

Для цитирования: *Макеев А.Н. Тепловые пункты систем теплоснабжения с импульсной циркуляцией теплоносителя. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2017; 44 (1): 37-47. DOI:10.21822/2073-6185-2017-44-1-37-47*

For citation: *Makeev A.N. Substations of district heating systems with pulse coolant circulation. Herald of Dagestan State Technical University. Technical Sciences. 2017; 44 (1): 37-47. (in Russ.) DOI:10.21822/2073-6185-2017-44-1-37-47*

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ, МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ И ХИМИЧЕСКОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

УДК 658.264

DOI: 10.21822/2073-6185-2017-44-1-37-47

ТЕПЛОВЫЕ ПУНКТЫ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ С ИМПУЛЬСНОЙ ЦИРКУЛЯЦИЕЙ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ

Макеев А.Н.

ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарёва»,

430000, Республика Мордовия, г. Саранск, ул. Большевистская, 68.

e-mail: tggi@rambler.ru

Резюме: *Цель.* Целью исследования является обобщение результатов применения технологий и средств организации импульсного движения теплоносителя в системе теплоснабжения для повышения ее энергетической эффективности на основе организации локальных гидравлических ударов с последующим использованием их энергии для обеспечения очищения теплоэнергетического оборудования, интенсификации процесса теплообмена, а также для реализации возможности трансформации располагаемого напора из одного гидравлического контура в другой. **Методы.** Аналитически обобщены тепловые пункты для подключения тепловых энергоустановок потребителей к тепловым сетям по зависимой и независимой схемам. Для устранения выявленных недостатков предложено использовать импульсную циркуляцию теплоносителя. **Результаты.** Приведены принципиальные схемы тепловых пунктов с импульсной циркуляцией теплоносителя для зависимого и независимого подключения тепловых энергоустановок. Дано подробное описание их работы. Показаны преимущества использования импульсной циркуляции теплоносителя в тепловых пунктах. Представлены материалы, отражающие результаты технического воплощения и практического внедрения данной технологии. **Вывод.** Теоретический анализ работы принципиальных схем тепловых пунктов с импульсной циркуляцией теплоносителя, результаты их практического применения, а также материалы научных работ, посвященных использованию энергии гидравлического удара и исследованию влияния импульсного движения теплоносителя на тепловые и гидродинамические процессы, позволили получить совокупность факторов, отражающих техническую и экономическую рациональность применения импульсной циркуляции теплоносителя.

Ключевые слова: *система теплоснабжения, источник теплоты, тепловая сеть, система теплоснабжения, тепловая нагрузка, тепловой пункт, зависимая схема присоединения тепловой нагрузки, независимая схема присоединения тепловой нагрузки, импульсная циркуляция теплоносителя, интенсификация теплообмена, трансформация располагаемого напора*

TECHICAL SCIENCE
POWER, METALLURGICAL AND CHEMICAL MECHANICAL ENGINEERING

SUBSTATIONS OF DISTRICT HEATING SYSTEMS WITH PULSE COOLANT
CIRCULATION

Andrey N. Makeev

Ogarev Mordovia State University

68 I. Bolshevikskaya Str., Saransk 430000, Russia

e-mail: tggi@rambler.ru

Abstract. Objectives The aim of the study is to generalise the results of the application of technologies and means for organising pulse coolant flow within a district heating system in order to increase its energy efficiency based on the organisation of local hydraulic shocks and the subsequent use of their energy to ensure the purification of heat energy equipment, intensify the heat transfer process and realise the possibility of transforming the available head from one hydraulic circuit to another. **Methods** Substations connecting the thermal power installations of consumers with heat networks via dependent and independent schemes are analytically generalised. The use of pulse coolant circulation is proposed as a means of overcoming identified shortcomings. **Results** Principal schemes of substations with pulse coolant circulation for dependent and independent connection of thermal power installations are detailed. A detailed description of their operation is given. The advantages of using pulse coolant circulation in substations are shown. The materials reflecting the results of the technical implementation and practical introduction of this technology are presented. **Conclusion** Theoretical analysis of the operation of the basic schemes of substations with pulse coolant circulation and the results of their practical application, as well as the materials of scientific works devoted to the use of the energy of a hydraulic impact and the study of the effect of pulse coolant flow on thermal and hydrodynamic processes, have yielded a combination of factors reflecting technical and economic rationality of application of pulse coolant circulation.

Keywords: heat supply system, heat source, heat network, heat consumption system, heat load, heat point, dependent scheme of heat load connection, independent scheme of heat load connection, pulse coolant circulation, heat exchange intensification, transformation of available flow

Введение. В соответствии с Правилами эксплуатации теплотребляющих установок и тепловых сетей потребителей [1], тепловой пункт представляет собой комплекс устройств, состоящий из элементов тепловых энергоустановок, обеспечивающих их присоединение к тепловой сети, работоспособность, управление режимами теплотребления, трансформацию располагаемых напоров, регулирование параметров теплоносителя. Тепловые пункты бывают индивидуальными (если они обслуживают одно здание или его часть), а также центральными (при числе обслуживаемых зданий более одного). Данный комплекс устройств позволяет обеспечить возможность технологического присоединения тепловых энергоустановок потребителей к тепловой сети по зависимой и независимой схемам.

В первом случае система теплотребления может быть подключена к тепловой сети: непосредственно – при совпадении температурного и гидравлического режимов; через водоструйный элеватор – при необходимости понижения температуры теплоносителя у конечного потребителя и располагаемом напоре в тепловой сети, достаточном для работы элеватора; через смесительный насос – при необходимости понижения температуры теплоносителя у конечного потребителя и располагаемом напоре в тепловой сети, недостаточном для работы элеватора. Во втором случае используется два вида теплоносителей – греющий, который циркулирует в тепловой сети и нагреваемый, циркулирующий в гидравлическом контуре системы теплотребления, при этом процесс теплообмена между ними осуществляется при помощи теплообменника.

Используемые технические решения тепловых пунктов для зависимого присоединения

тепловых энергоустановок характеризуются следующими недостатками:

- низкая эффективность, а в некоторых случаях полное отсутствие возможности регулирования тепловой нагрузки со стороны потребителя (например, в случае установки дросселирующих шайб регулирование не возможно по причине того, они подлежат пломбированию; коэффициент смещения большинства применяемых элеваторов фиксирован его конструктивными параметрами и т.п.);
- необходимость поддержания на входе элеватора значительного располагаемого напора [2];
- затраты электроэнергии на привод смесительного насоса;
- гидравлическая и тепловая зависимости потребителей тепловой энергии между собой.

Недостатками применяемых технических решений тепловых пунктов для независимого присоединения тепловых энергоустановок потребителей являются их сложность и, соответственно, высокая начальная стоимость, а также большие эксплуатационные затраты. Последние обусловлены необходимостью поддержания технически исправного состояния теплообменника путем проведения его регулярных промывок, применением дополнительных циркуляционного, смесительного и корректирующего насосов. В некоторых случаях для уменьшения количества используемых насосов применяют напорные преобразователи [3], однако, эффективность их применения относительно не велика, особенно на фоне постоянно растущего гидравлического сопротивления теплообменника [4], обусловленного постепенным закупориванием его проходного сечения отложениями, содержащимися в теплоносителе.

Постановка задачи. Для устранения отмеченных недостатков в тепловых пунктах зависимого и независимого присоединения систем теплоснабжения к тепловой сети предлагается использовать технологию импульсной циркуляции теплоносителя [5]. Она заключается в организации локальных гидравлических ударов [6] с последующим использованием их энергии [7] для обеспечения очищения теплоэнергетического оборудования [8], интенсификации процесса теплообмена [9], а также для реализации возможности трансформации располагаемого напора из одного гидравлического контура в другой [10].

Методы исследования. Настоящая работа выполнялась на базе учебно-научной лаборатории «Импульсные системы тепло- и водоснабжения» ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарёва» и представляет собой собственное научное исследование, содержащее обобщение и разъяснение теоретических данных по теме эффективного использования технологий и средств организации импульсного движения теплоносителя в системе теплоснабжения. Для конкретизации рассматриваемых вопросов приводятся принципиальные схемы и подробное описание работы тепловых пунктов с импульсной циркуляцией теплоносителя для зависимого и независимого присоединения тепловых энергоустановок к тепловой сети. Приведенные технические решения подкреплены авторскими патентами Российской Федерации на изобретения и полезные модели.

Обсуждение результатов. Предлагаемый вариант теплового пункта с импульсной циркуляцией теплоносителя для подключения тепловой нагрузки к тепловым сетям по зависимой схеме приведен на рисунке 1.

Работает тепловой пункт следующим образом [11]. Высокотемпературный теплоноситель T_1 поступает по подающему трубопроводу 1 тепловой сети через входную задвижку 3, проходит грязевик 5, очищаясь от механических примесей, и регулятор давления 8, где стабилизируется до требуемого значения. Затем, минуя узел смешения в точке присоединения смесительного трубопровода 13, поступает в подающий трубопровод 9 системы теплоснабжения и через выходную задвижку 11 с температурой T_3 покидает тепловой пункт. От системы теплоснабжения (на схеме не показана) охлажденный теплоноситель T_2 через входную задвижку 12 обратного трубопровода 10, поступает в тепловой пункт, проходит последовательно установленные ударный узел 14 [12], регулятор давления 8, грязевик 5 и через выходную задвижку 4 обратного трубопровода 2 тепловой сети покидает тепловой пункт.

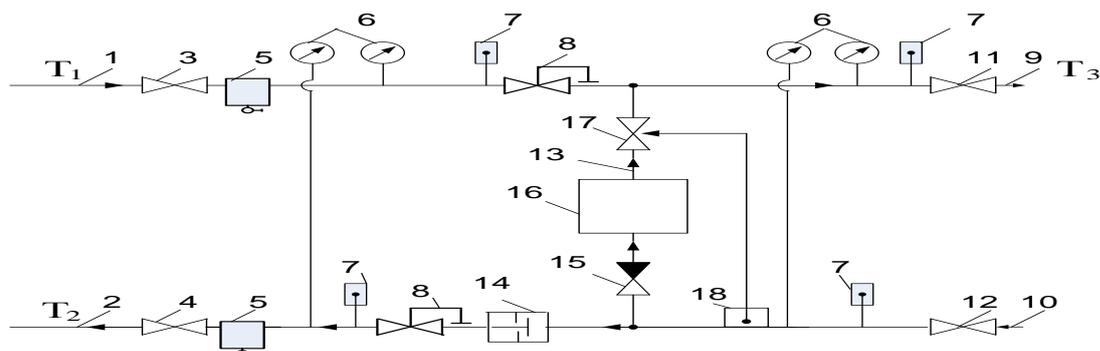


Рис.1. Схема теплового пункта с зависимым присоединением системы теплопотребления

Fig.1. Scheme of a heat point with a dependent connection of a heat consumption system

При движении охлажденного теплоносителя T_2 через ударный узел 14 возникает серия периодических гидравлических ударов, положительная волна распространения которых обеспечивает поступление охлажденного теплоносителя T_2 в смесительный трубопровод 13 последовательно через обратный клапан 15, гидроаккумулятор 16 и терморасширительный клапан 17 в подающий трубопровод 1 тепловой сети. Количество охлажденного теплоносителя T_2 , подаваемого через смесительный трубопровод 13, зависит от частоты и амплитуды генерации гидравлических ударов в ударном узле 14 и степени открытия терморасширительного клапана 17, которая автоматически (механически или гидравлически) задается термочувствительным элементом 18, установленным на обратном трубопроводе 10 системы теплопотребления. Для контроля параметров теплоносителя в тепловом пункте на каждом из трубопроводов установлена измерительная аппаратура – манометры 6 и термометры 7.

Принципиальная схема теплового пункта с импульсной циркуляцией теплоносителя, приведенная на рисунке 1, задействована при реконструкции теплового пункта «Центральный» ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарева». На рисунке 2 представлен фрагмент данного объекта, содержащий Т-образный (оппозитный) ударный узел [13] Ду 100мм с элементами трубопроводов и запорно-регулирующей арматурой.



Рис.2. Фрагмент теплового пункта с импульсной циркуляцией теплоносителя для зависимого присоединения системы теплопотребления

Fig.2. Fragment of the heat point with impulse circulation of the heat carrier for the dependent connection of the heat consumption system

Эксплуатация данного теплового пункта возможна как в обычном, так и в экспериментальном импульсном режиме работы, что предоставляет значительный потенциал для последующих сравнительных испытаний.

Принципиальная схема теплового пункта для независимого присоединения системы теплоснабжения к тепловой сети представлена на рисунке 3. Схема работает следующим образом [14]. Сначала осуществляют подачу греющей среды по подающему трубопроводу тепловой сети 1 через входную задвижку 16, второй регулятор температуры 13 параллельно на входы по греющей среде теплообменника 3 и дополнительного теплообменника 11, на выходе которых она поступает одновременно ко входам рабочей среды 17 двухпоточного [15] ударного узла 6 и через его выход(ы) рабочей среды 18 истекает в обратный трубопровод 2 тепловой сети.

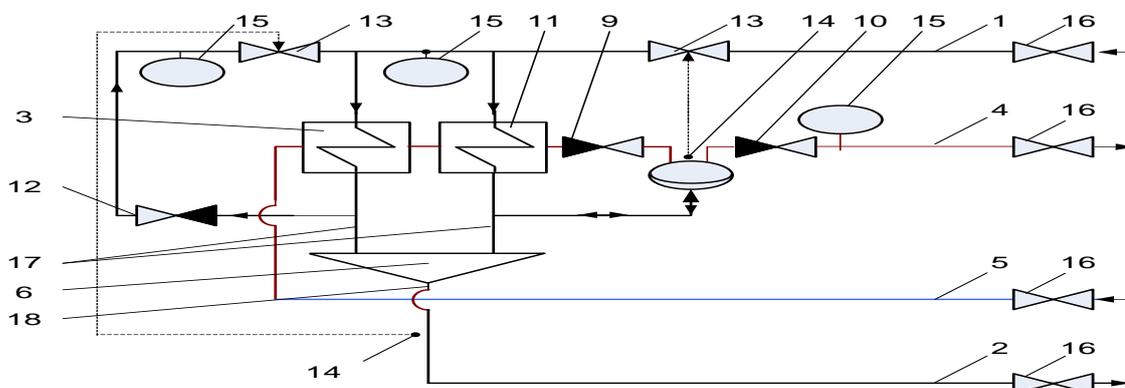


Рис.3.Схема теплового пункта с независимым присоединением системы теплоснабжения

Fig.3. The scheme of a heat point with independent connection of a heat consumption system

При этом ударный узел 6 попеременно генерирует импульсы количества движения рабочей среды во входах 17, благодаря чему обеспечивается импульсная подача греющей среды с выхода теплообменника 3 и/или дополнительного теплообменника 11 через дополнительный обратный клапан 12 в гидроаккумулятор 15, где пульсации сглаживаются и греющая среда через первый регулятор температуры 13 по рециркуляционному трубопроводу вновь поступает в подающий трубопровод 1 тепловой сети и затем к входам по греющей среде теплообменника 3 и дополнительного теплообменника 11. Контролирующий элемент 14 первого регулятора температуры 13, установленный в обратном трубопроводе 2 тепловой сети, регулирует подачу греющей среды из обратного 2 в подающий трубопровод 1 тепловой сети. Импульсы количества движения греющей среды на выходе теплообменника 3 и/или дополнительного теплообменника 11 также обеспечивают пульсирующее изменение пространственного положения эластичной диафрагмы 8 импульсного нагнетателя 7 [16]. Благодаря этому через систему обратных клапанов входа 9 и выхода 10 импульсного нагнетателя 7 обеспечивается пульсирующая циркуляция нагреваемой среды по теплообменнику 3 и дополнительному теплообменнику 11, которая, поступая в третий гидроаккумулятор 16, стабилизируется по давлению и подается через выходную задвижку 16 подающего трубопровода 4 системы теплоснабжения непосредственно в саму систему теплоснабжения. Температура нагреваемой среды постоянно фиксируется контролирующим элементом 14 второго регулятора температуры 13 и в случае перегрева (недогрева) количество греющей среды, поступающей к теплообменнику 3 и дополнительному теплообменнику 11, пропорционально уменьшается или увеличивается.

Второй гидроаккумулятор 15 предназначен для сглаживания остаточных пульсаций греющей среды, распространяющихся от ударного узла 6 к входной задвижке 16 подающего трубопровода 1 тепловой сети. Если конструкцию данного теплового пункта предполагается использовать для подключения системы горячего водоснабжения, а также при необходимости в других случаях между подающим 4 и обратным 5 трубопроводами системы теплоснабжения рекомендуется установить регулятор давления «до себя» и/или регулятор по температуре, назначение которых – защита теплообменника от чрезмерного повышения давления при

отсутствии разбора горячей воды и дополнительный подогрев нагреваемой среды при осуществлении ее рециркуляции. Для повышения надежности работы теплового пункта между подающим 4 и обратным 5 трубопроводами системы теплоснабжения, а также в рециркуляционный трубопровод тепловой сети могут быть установлены рециркуляционные насосы. В случае отказа, ремонта или иной причины, остановка ударного узла 6 они позволят защитить теплообменник 3 и дополнительный теплообменник 11 от «закипания».

Внешний вид экспериментального образца теплового пункта с импульсной циркуляцией теплоносителя для присоединения тепловой нагрузки по независимой схеме, изготовленный на базе оппозитного ударного узла [17], двух импульсных нагнетателей [18] и двух теплообменников «РИДАН» выполнен на базе учебно-научной лаборатории «Импульсные системы тепло- и водоснабжения» ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарева» и представлен на рисунке 4.



Рис. 4. Тепловой пункт с импульсной циркуляцией теплоносителя для независимого присоединения системы теплоснабжения

Fig. 4. Thermal station with impulse coolant circulation for independent connection of the heat consumption system

Экспериментальные испытания [19] данного образца также подтвердили работоспособность и эффективность представленного выше технического решения.

Вывод. Технический результат применения теплового пункта с импульсной циркуляцией теплоносителя для независимого присоединения системы теплоснабжения заключается в повышении эффективности работы системы теплоснабжения, которая достигается за счет:

- обеспечения возможности трансформации располагаемого напора тепловой сети в напор местной системы теплоснабжения [20];
- реализации условий для самоочистки теплопередающих поверхностей в теплоэнергетическом оборудовании системы теплоснабжения от использования энергии гидравлического удара [21];
- обеспечения автоматического регулирования коэффициента смещения и тепловой нагрузки [22];
- увеличения коэффициента теплопередачи в теплоэнергетическом оборудовании системы теплоснабжения [23,24].

Технический результат теплового пункта с импульсной циркуляцией теплоносителя для независимого присоединения системы теплоснабжения заключается в повышении его энергетической эффективности путем использования импульсной циркуляции греющей и нагреваемой сред для решения следующих задач:

- реализация количественно-качественной трансформации располагаемого напора греющей среды тепловой сети в напор нагреваемой среды системы теплоснабжения [25];
- обеспечение условий для самоочистки теплопередающих поверхностей

теплообменника [26];

- повышение коэффициента теплопередачи в теплообменнике между его греющим и нагреваемым контурами [27];
- обеспечение возможности организации корректирующей линии с импульсной циркуляцией теплоносителя, которая не требует применения дополнительных насосов [28].

Учитывая отмеченные преимущества тепловых пунктов с импульсной циркуляцией теплоносителя для зависимого и независимого присоединения тепловой нагрузки к тепловой сети можно полагать, что они содержат в себе значительный потенциал для повышения энергетической эффективности систем теплоснабжения. Подтверждение данного потенциала является лишь вопросом времени.

Библиографический список:

1. Правила технической эксплуатации тепловых энергоустановок: утв. приказом Минэнерго Рос. Федерации от 24 марта 2003 г. № 115 : ввод в действие с 01.10.03 // Рос.газ. – 2003. – № 184, 6 сент.
2. Отопление и вентиляция: учеб. для вузов: в 2 ч. Ч. 1.: Отопление / П. Н. Каменев, А. Н. Сканави, В. Н. Богословский [и др.]. – Изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1975. – 483 с.
3. Пат.на изобретение 2151344 Российская Федерация, МПК F24D 3/00. Система водяного отопления / А. Д. Чумаченко; заявитель и патентообладатель Брян. гос. инженерно-технол. акад. – № 98121968/06; заявл. 04.12.1998; опубл. 20.06.2000, Бюл. № 18.
4. Филиппов В.В. Теплообмен в химической технологии. Теория. Основы проектирования: учеб.пособие / В. В. Филиппов. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2014. – 197 с.
5. Макеев А.Н. Импульсная система теплоснабжения общественного здания: дис. ... канд. техн. наук / А. Н. Макеев. – Саранск, 2010. – 153 с.
6. Bakunin V.V. Optimization of selection and adjustment of hydraulic ram for maximum productivity / V. V. Bakunin // International scientific journal life and ecology . – Sarov, 2014. – No 1. – pp. 71–72.
7. Ahn B. Experimental Study Swirl Injector Dynamic Response Using a Hydromechanical Pulsator / Benjamin Ahn, Maksud Ismailov, Stephen Heister // Journal of Propulsion and Power, Vol. 28, No. 3 (2012), pp. 585–595.
8. Погребняк, А.П. О внедрении систем импульсной очистки поверхностей нагрева / А. П. Погребняк, В. Л. Кокорев, А. Л. Кокорев, И. О. Моисеинко, А. В. Гультаев, Н. Н. Ефимова // Новости теплоснабжения. – 2014. – №1 (январь). – С. 22–24.
9. Levtsev, A. P. Pulsating heat transfer enhancement in the liquid cooling system of power semiconductor converter / A. P. Levtsev, A. N. Makeev, S. F. Kudashev // Indian Journal of Science and Technology. – March 2016. Vol. 9(11) – P. 1 – 5. DOI: 10.17485 / ijst / 2016 / v9i11 / 89420 ; URL: [http : // www.indjst.org / index.php / indjst / article / view / 89420 / 68096](http://www.indjst.org/index.php/indjst/article/view/89420/68096) (датаобращения: 30.01.2017)
10. Макеев, А. Н. Импульсные системы теплоснабжения общественных зданий / А. Н. Макеев, А. П. Левцев // Региональная архитектура и строительство. – Пенза, 2010. – №2 (9). – С. 45–51.
11. Пат.на полезную модель 102760 Российская Федерация, МПК F24D 3/00. Тепловой пункт / С. Ф. Кудашев, А. П. Левцев, А. Н. Макеев; заявитель и патентообладатель гос. образоват. учреждение высш. проф. образования «Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва». – № 2010143635/03; заявл. 25.10.2010; опубл. 10.03.2011, Бюл. № 7.
12. Левцев, А. П. Обзор и анализ основных конструкций ударных клапанов для создания гидравлического удара / А. П. Левцев, А. Н. Макеев, Н. Ф. Макеев, Я. А. Нарватов,

- А. А. Голянин // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2-2. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=23253> (дата обращения: 28.09.2016).
13. Пат.на изобретение 2558740 Российская Федерация, 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.
 14. Пат.на изобретение 2543465 Российская Федерация, МПК F24D 3/00. Тепловой пункт / А. П. Левцев, А. Н. Макеев, С. Н. Макеев, С. И. Храмов, Я. А. Нарватов ; заявитель и патентообладатель А. П. Левцев, А. Н. Макеев, С. Н. Макеев. – № 2013137717/12 ; заявл. 12.08.2013 ; опубл. 27.02.2015, Бюл. № 6.
 15. Пат.на полезную модель 113546 Российская Федерация, МПК F15B 21/12. Ударный узел для газогидравлического устройства (варианты) / А. П. Левцев, А. Н. Макеев, А. М. Зюзин; заявитель и патентообладатель НОУ «Саранский Дом науки и техники РСНИИОО». – № 2011141604/06; заявл. 13.10.2011; опубл. 20.02.2012, Бюл. № 5.
 16. Пат.на полезную модель 159837 Российская Федерация, МПК F04F 7/00, F04B 43/02. Импульсный нагнетатель / А. П. Левцев, А. Н. Макеев, Я. А. Нарватов, Г. Б. Кенчадзе; заявитель и патентообладатель федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования «Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва». – № 2015137314/06 ; заявл. 01.09.2015 ; опубл. 20.02.2016, Бюл. № 5.
 17. Пат.на изобретение 2484380 Российская Федерация, МПК F24D 3/02. Ударный узел / А. П. Левцев, А. Н. Макеев, С. Ф. Кудашев; заявитель и патентообладатель федер. гос. бюджет.образоват. учреждение высш. проф. образования «Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва». – № 2012111639/12; заявл. 26.03.2012; опубл. 10.06.2013, Бюл. № 16.
 18. Пат.на полезную модель 168152 Российская Федерация, МПК F24D 3/00, F04B 43/00, F04F 1/00, F04F 7/00. Импульсный нагнетатель / А. П. Левцев, А. Н. Макеев, А. А. Голянин; заявитель и патентообладатель федер. гос. бюджет.образоват. учреждение высш. проф. образования «Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва». – № 2016115435; заявл. 20.04.2016; опубл. 19.01.2017, Бюл. № 2.
 19. Кудашев С.Ф. Индивидуальный тепловой пункт с импульсной циркуляцией теплоносителя :дис. ... канд. техн. наук / С. Ф. Кудашев. – Саранск, 2014. – 133 с.
 20. Пат.на полезную модель 88104 Российская Федерация, МПК F24D 3/02. Система отопления (варианты) / А. Н. Макеев, А. П. Левцев, А. А. Лазарев; заявители и патентообладатели А. Н. Макеев, А. П. Левцев, А. А. Лазарев. – № 2009126711/22; заявл. 13.07.2009; опубл. 27.10.2009, Бюл. № 30.
 21. Hsu C.Y. A numerical study on high-speed water jet impact / C. Y. Hsu, C. C. Liang, A. T. Nguyen, T. L. Teng // *Ocean engineering*, Vol. 72 (2013), – pp. 98–106.
 22. Левцев А. П. Импульсные системы тепло- и водоснабжения: монография / А. П. Левцев, А. Н. Макеев; под общ.ред. д-ра техн. наук проф. А. П. Левцева. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2015. – 172 с.
 23. Галицейский Б. М. Тепловые и гидродинамические процессы в колеблющихся потоках / Б. М. Галицейский, Ю. А. Рыжов, Е. В. Якуш. – М.: Машиностроение, 1977. – 256 с.
 24. Valueva E.P. Hydrodynamics and heat transfer in pulsating turbulent pipe flow of a liquid of variable properties / E. P. Valueva // *High Temperature*. – 2005.– Т. 43. – № 6. С.– 890–899.
 25. Пат.на изобретение 2423650 Российская Федерация, МПК F24D 3/00. Способ теплоснабжения / А. Н. Макеев, А. П. Левцев; заявители и патентообладатели А. Н. Макеев, А. П. Левцев. – № 2010112729/03; заявл. 01.04.2010; опубл. 10.07.2011, Бюл. № 19.
 26. Пат.на изобретение 2191642 Российская Федерация, МПК B08B9/032. Способ обработки системы отопления здания / Т. В. Жунусова, В. М. Низовкин; заявители и патентообладатели Т. В. Жунусова, В. М. Низовкин. – № 2000128479/12; заявл. 16.11.2000; опубл. 27.10.2002, Бюл. 12.

27. Левцев А. П. Влияние импульсного режима течения теплоносителя на коэффициент теплопередачи в пластинчатом теплообменнике системы горячего водоснабжения / А. П. Левцев, С. Ф. Кудашев, А. Н. Makeev, А. И. Лысяков // *Современные проблемы науки и образования*. – 2014. – №2; URL: <http://www.science-education.ru/116-12664> (дата обращения: 20.02.2017).
28. Левцев А. П. Корректирующий контур с импульсной циркуляцией теплоносителя в составе теплового пункта системы теплоснабжения / А. П. Левцев, А. Н. Makeev, Я. А. Нарватов, А. А. Голянин // *Современные проблемы науки и образования*. – 2015. – № 2-1. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=20925> (дата обращения: 20.02.2017).

References:

1. Pravila tekhnicheskoi ekspluatatsii teplovykh energoustanovok: utv. prikazom Minenergo RF ot 24 marta 2003 g. № 115: vvod v deystvie s 01.10.03. Rossiyskaya Gazeta. 2003; 184, 6 sentyabrya. [Rules of technical operation of heat power systems: affirmed by the Order of Ministry of Energy of Russian Federation from 24 of March 2003 № 115; put into action since 01.10.03. Rossiyskaya Gazeta. 2003; 184, 6 of September. (in Russ.)]
2. Kamenev P.N., Skanavi A.N., Bogoslovskiy V.N. i dr. Otoplenie i ventilyatsiya: uchebnik dlya vuzov v 2 chastyakh. Ch. 1. Otoplenie. Izd. 3-e, pererab. i dop. Moscow: Stroyizdat; 1975. 483 s. [Kamenev P.N., Skanavi A.N., Bogoslovskiy V.N. et al. Heating and ventilation: tutorial for higher education institutions in 2 parts. Part 1. Heating. 3rd Edition. Moscow: Stroyizdat; 1975. 483 s. (in Russ.)]
3. Chumachenko A.D. Sistema vodyanogo otopleniya. Patent RU № 2151344. MPK F24D 3/00. Opubl. 20.06.2000. Byul. № 18. [Chumachenko A.D. System of water heating. Patent RU № 2151344. MPK F24D 3/00. Publ. 20.06.2000. Bull. № 18. (in Russ.)]
4. Filippov V.V. Teploobmen v khimicheskoi tekhnologii. Teoriya. Osnovy proektirovaniya: uchebnoe posobie. Samara: Samara State Technical University; 2014. 197 s. [Filippov V.V. Heat transfer in chemical technology. Theory. Basics of design: Tutorial. Samara: Samara State Technical University; 2014. 197 p. (in Russ.)]
5. Makeev A.N. Impul'snaya sistema teplosnabzheniya obshchestvennogo zdaniya. Avtoreferat dissertatsii na soiskanie uchenoy stepeni cand. tekhn. nauk. Saransk; 2010. [Makeev A.N. Impulse heating system of a public building. Published summary of PhD of Technical Sciences thesis. Saransk; 2010. (In Russ.)]
6. Bakunin V.V. Optimization of selection and adjustment of hydraulic ram for maximum productivity. International scientific journal life and ecology. 2014; 1:71–72.
7. Ahn B., Ismailov M., Heister S. Experimental Study Swirl Injector Dynamic Response Using a Hydromechanical Pulsator. Journal of Propulsion and Power. 2012; 3:585–595.
8. Pogrebnyak A.P., Kokorev V.L., Kokorev A.L., Moiseenko I.O., Gul'tyaev A.V., Efimova N.N. O vnedrenii sistem impul'snoi ochistki poverkhnostei nagreva. Novosti teplosnabzheniya. 2014; 1:22–24. [Pogrebnyak A.P., Kokorev V.L., Kokorev A.L., Moiseenko I.O., Gul'tyaev A.V., Efimova N.N. On the introduction of impulse heating systems for heating surfaces. Novosti teplosnabzheniya. 2014; 1:22–24. (In Russ.)]
9. Levtshev A.P., Makeev A.N., Kudashev S.F. Pulsating heat transfer enhancement in the liquid cooling system of power semiconductor converter. Indian Journal of Science and Technology. 2016; 9:1-5. DOI: 10.17485 / ijst / 2016 / v9i11 / 89420; URL: <http://www.indjst.org/index.php/indjst/article/view/89420/68096> (access date: 30.01.2017).
10. Makeev A.N., Levtshev A.P. Impul'snye sistemy teplosnabzheniya obshchestvennykh zdanii. Regional'naya arkhitektura i stroitel'stvo. 2010; 2(9):45–51. [Makeev A.N., Levtshev A.P. Impulse heat supply systems for public buildings. Regional'naya arkhitektura i stroitel'stvo. 2010; 2(9):45–51. (In Russ.)]

11. Kudashev S.F., Levtshev A.P., Makeev A.N. Teplovoy punkt. Patent RU № 102760. MPK F24D 3/00. Opubl. 10.03.2011. Byul. № 7. [Kudashev S.F., Levtshev A.P., Makeev A.N. Heat point. Patent RU № 102760. MPK F24D 3/00. Publ. 10.03.2011. Bull. № 7. (In Russ.)]
12. Levtshev A.P., Makeev A.N., Makeev N.F., Narvatov Ya.A., Golyanin A.A. Obzor i analiz osnovnykh konstruksii udarnykh klapanov dlya sozdaniya gidravlicheskogo udara. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. 2015; № 2-2. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=23253> (data obrashcheniya: 28.09.2016). [Levtshev A.P., Makeev A.N., Makeev N.F., Narvatov Ya.A., Golyanin A.A. Overview and analysis of the basic designs of impact valves for the creation of a hydraulic shock. *Modern problems of science and education*. 2015; № 2-2. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=23253> (access date: 28.09.2016). (in Russ.)]
13. Levtshev A.P., Makeev A.N., Makeev S.N., Khramov S.I., Kudashev S.F., Zyuzin A.M., Narvatov Ya.A. Patent RU № 2558740. MPK F15B 21/12. Udarny uzel. Opubl. 10.08.2015. Byul. № 22. [Levtshev A.P., Makeev A.N., Makeev S.N., Khramov S.I., Kudashev S.F., Zyuzin A.M., Narvatov Ya.A. Patent RU № 2558740. MPK F15B 21/12. Impact knot. Publ. 10.08.2015. Bull. № 22. (in Russ.)]
14. Levtshev A.P., Makeev A.N., Makeev S.N., Khramov S.I., Narvatov Ya.A. Patent RU № 2543465. MPK F24D 3/00. Teplovoy punkt. Opubl. 27.02.2015. Byul. № 6. [Levtshev A.P., Makeev A.N., Makeev S.N., Khramov S.I., Narvatov Ya.A. Patent RU № 2543465. MPK F24D 3/00. Heat point. Publ. 27.02.2015. Bull. № 6. (in Russ.)]
15. Levtshev A.P., Makeev A.N., Zyuzin A.M. Patent RU № 113546. MPK F15B 21/12. Udarny uzel dlya gazogidravlicheskogo ustroystva (varianty). Opubl. 20.02.2012. Byul. № 5. [Levtshev A.P., Makeev A.N., Zyuzin A.M. Patent RU № 113546. MPK F15B 21/12. Impact knot for gas-hydraulic device (variants). Publ. 20.02.2012. Bull. № 5. (in Russ.)]
16. Levtshev A.P., Makeev A.N., Narvatov Ya.A., Kenchadze G.B. Patent RU № 159837, MPK F04F 7/00, F04B 43/02. Impul'sny nagnetatel'. Opubl. 20.02.2016. Byul. № 5. [Levtshev A.P., Makeev A.N., Narvatov Ya.A., Kenchadze G.B. Patent RU № 159837, MPK F04F 7/00, F04B 43/02. Impulse blower. Publ. 20.02.2016. Bull. № 5. (in Russ.)]
17. Levtshev A.P., Makeev A.N., Kudashev S.F. Patent RU № 2484380. MPK F24D 3/02. Udarny uzel. Opubl. 10.06.2013. Byul. № 16. [Levtshev A.P., Makeev A.N., Kudashev S.F. Patent RU № 2484380. MPK F24D 3/02. Impact knot. Publ. 10.06.2013. Bull. № 16. (in Russ.)]
18. Levtshev A.P., Makeev A.N., Golyanin A.A. Patent RU № 168152. MPK F24D 3/00, F04B 43/00, F04F 1/00, F04F 7/00. Impul'sny nagnetatel'. Opubl. 19.01.2017. Byul. № 2. [Levtshev A.P., Makeev A.N., Golyanin A.A. Patent RU № 168152. MPK F24D 3/00, F04B 43/00, F04F 1/00, F04F 7/00. Impulse blower. Publ. 19.01.2017. Bull. № 2. (in Russ.)]
19. Kudashev S.F. Individual'nyi teplovoi punkt s impul'snoi tsirkulyatsiei teplonosatelya. Avtoreferat dissertatsii na soiskanie uchenoy stepeni cand. tekhn. nauk. Saransk; 2014. [Kudashev S.F. Saransk; 2014. Individual heat station with impulse coolant circulation. Published summary of PhD of Technical Sciences thesis. Saransk; 2014. (in Russ.)]
20. Makeev A.N., (in Russ.), Lazarev A.A. Patent RU № 88104. MPK F24D 3/02. Sistema otopleniya (varianty). Opubl. 27.10.2009. Byul. № 30. [Makeev A.N., Levtshev A.P., Lazarev A.A. Patent RU № 88104. MPK F24D 3/02. Heating system (variants). Publ. 27.10.2009. Bull. № 30. (in Russ.)]
21. Hsu C.Y., Liang C.C., Nguyen A.T., Teng T.L. A numerical study on high-speed water jet impact. *Ocean engineering*. 2013;72:98–106.
22. Levtshev A.P., Makeev A.N. Impul'snye sistemy teplo- i vodosnabzheniya. Pod red. Levtsheva A.P. Saransk: Mordovia State University; 2015. 172 s. [Levtshev A.P., Makeev A.N. Pulse systems of heat and water supply. Levtshev A.P. (Ed). Saransk: Mordovia State University; 2015. 172 p. (in Russ.)]
23. Galitseyskiy B.M., Ryzhov Yu.A., Yakush E.V. Teplovye i gidrodinamicheskie protsessy v koleblyushchikhsya potokakh. Moscow: Mashinostroenie; 1977. 256 s. [Galitseyskiy B.M.,

- Ryzhov Yu.A., Yakush E.V. Thermal and hydrodynamic processes in oscillating flows. Moscow: Mashinostroenie; 1977. 256 p. (in Russ.)]
24. Valueva E.P. Hydrodynamics and heat transfer in pulsating turbulent pipe flow of a liquid of variable properties. High Temperature. 2005; 43(6):890–899.
25. Makeev A.N., Levtshev A.P. Patent RU № 2423650. MPK F24D 3/00. Sposob teplosnabzheniya. Opubl. 10.07.2011. Byul. № 19. [Makeev A.N., Levtshev A.P. Patent RU № 2423650. MPK F24D 3/00. The way of heat supply. Publ. 10.07.2011. Bull. № 19. (in Russ.)]
26. Zhunusova T.V., Nizovkin V.M. Patent RU № 2191642. MPK B08B9/032. Sposob obrabotki sistemy otopleniya zdaniya. Opubl. 27.10.2002, Byul. 12. [Zhunusova T.V., Nizovkin V.M. Patent RU № 2191642. MPK B08B9/032. Method of processing building's heating system. Publ. 27.10.2002, Bull. 12. (in Russ.)]
27. Levtshev A.P., Kudashev S.F., Makeev A.N., Lysyakov A.I. Vliyanie impul'snogo rezhima techeniya teplonosatelya na koeffitsient teploperedachi v plastinchatom teploobmennike sistemy goryachego vodosnabzheniya. Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 2014; 2: URL: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=12664>. (data obrashcheniya: 20.02.2017). [Levtshev A.P., Kudashev S.F., Makeev A.N., Lysyakov A.I. Influence of the pulsed regime of the heat carrier flow on the heat transfer coefficient in the plate heat exchanger of the hot water supply system. Modern problems of science and education. 2014; 2: URL: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=12664>. (access date 20.02.2017) (in Russ.)]
28. Levtshev A.P., Makeev A.N., Narvatov Ya.A., Golyanin A.A. Korrektiruyushchii kontur s impul'snoi tsirkulyatsiei teplonosatelya v sostave teplovogo punkta sistemy teplosnabzheniya. Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 2015; 2-1: URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=20925> (data obrashcheniya: 20.02.2017). [Levtshev A.P., Makeev A.N., Narvatov Ya.A., Golyanin A.A. Correcting circuit with impulse circulation of heat carrier in the heat point of the heat supply system. Modern problems of science and education. 2015; 2-1: URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=20925> (access date: 20.02.2017). (in Russ.)]

Сведения об авторе.

Макеев Андрей Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры теплоэнергетических систем, руководитель учебно-научной лаборатории «Импульсные системы тепло- и водоснабжения» ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарёва».

Information about the author.

Andrey N. Makeev – Cand. Sc.(Technical), Assoc. Prof., Department of heat and power systems, director of teaching and research laboratory «Pulsed the system heating and water supply».

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов. The author declare no conflict of interest.

Conflict of interest

Поступила в редакцию 17.01.2017.

Received 17.01.2017.

Принята в печать 27.01.2017.

Accepted for publication 27.01.2017.