

КОРРЕКТИРУЮЩИЙ КОНТУР С ИМПУЛЬСНОЙ ЦИРКУЛЯЦИЕЙ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ В СОСТАВЕ ТЕПЛООВОГО ПУНКТА СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Левцев А.П.¹, Макеев А.Н.¹, Нарватов Я.А.¹, Голянин А.А.¹

¹ФГОУ ВПО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва», Саранск, Россия (430000, Республика Мордовия, г. Саранск, ул. Большевикская, 68.), e-mail: dep-general@adm.mrsu.ru

Рассматриваемый в статье вопрос организации корректирующего контура в тепловом пункте системы теплоснабжения является основополагающим при обеспечении качественной подачи и распределения теплоносителя между однотипными потребителями. В этой связи актуален поиск технических решений для оптимизации процесса смешения теплоносителей посредством использования корректирующего контура. Предложенный вариант организации корректирующего контура импульсной циркуляции теплоносителя с применением самоподдерживающегося водоподъемного устройства на основе гидравлического тарана представляет собой инновационное запатентованное решение, позволяющее решить вопрос регулируемого подмеса теплоносителя из обратного трубопровода в подающий трубопровод без дополнительных затрат электрической энергии. Корректирующий контур с импульсной циркуляцией теплоносителя является достойной альтернативой имеющимся схемам регулирования величины инъекции элеваторного узла и применения корректирующих насосов в современных тепловых пунктах. Внедрение предлагаемого технического решения позволит сэкономить топливно-энергетические ресурсы, упростить межсезонное обслуживание оборудования теплового пункта и повысить надёжность работы всей системы теплоснабжения объектов.

Ключевые слова: система теплоснабжения, система теплопотребления, тепловой пункт, корректирующий контур, элеваторный узел, электронасос, самоподдерживающееся водоподъемное устройство, гидравлический таран, самовозбуждаемый генератор гидравлического удара, импульс количества движения теплоносителя, гидроаккумулятор, импульсный нагнетатель, импульсная циркуляция теплоносителя, смешение теплоносителей.

CORRECTIVE CIRCUIT WITH PULSE CIRCULATION OF THE COOLANT COMPOSITION OF CALORIFIC POINT HEATING SYSTEM

Levtsev A.P.¹, Makeev A.N.¹, Narvatov J.A.¹, Golyanin A.A.¹

FGBOU VPO "Mordovia State University N.P. Ogarev", Saransk, Russia (430000, Republic of Mordovia, Saransk, street Bolshevik, 68.), e-mail: dep-general@adm.mrsu.ru

The article considered the question of the organization of the correcting circuit in the heating point, the heating system is fundamental in ensuring quality of supply and distribution of the coolant between the same type of consumers. In this regard, relevant to the search for technical solutions to optimize the mixing of the fluids through the use of corrective circuit. The proposed variant of the organization of corrective contra pulsed coolant circulation with the use of a self-sustaining water-lifting device based on the hydraulic RAM is an innovative patented solution to solve the problem of controlled mixing of the coolant return line in flow without additional costs of electrical energy. Corrective circuit with pulse circulation of the coolant is a good alternative to existing schemes of adjusting the value of the injection silo unit and applying corrective pumps in modern buildings. The implementation of the proposed technical solutions will allow you to save fuel and energy resources, to simplify the off-equipment maintenance of the substation and improve the reliability of the whole system of a heat supply of objects.

Keywords: heating system, heat system, heating unit, a correcting circuit, an Elevator unit, electric, samopodderzhivayushcheyesya water-lifting device, hydraulic RAM, samovospriyatii generator water hammer, the impulse momentum of the coolant, the hydraulic accumulator, the pulse supercharger, the pulse circulation of the coolant, mixing of coolants.

Тепловой пункт занимает важное место в современной системе централизованного теплоснабжения (СЦТ). С его помощью осуществляется согласование гидравлических и температурных режимов источника и потребителей тепловой энергии [1,10]. При этом

особое место отводится согласованию температуры обратной сетевой воды, возвращаемой в тепловую сеть. По целому ряду причин температура обратной сетевой воды, как возвращаемой с квартала жилой нагрузки, так и теплообменника горячей воды оказывается выше требуемой для большинства тепловых пунктов (завышен расход сетевой воды, не тот типоразмер регулятора, несогласованные циркулирующие насосы и т.п.). Превышение температуры обратной сетевой воды, возвращаемой на источник для теплоснабжающей организации нежелательно в силу известных причин. Основные из них – это увеличенные потери через ограждающие конструкции теплопроводов и снижение эффективности теплопередачи теплоприготовительного оборудования. В связи с этим Правила эксплуатации тепловых установок [10] предусматривают предельную величину превышения температуры обратной сетевой воды для потребителей в размере 5%. Превышение указанного норматива предусматривает применение штрафных санкций.

Для снижения температуры обратной сетевой воды в схеме тепловых пунктов обычно предусматривается корректирующий контур (корректирующая линия), представляющий собой систему трубопроводов в совокупности с регулирующей и запорной арматурой и, как правило, перекачивающим устройством, при помощи которых производится регулируемый подмес теплоносителя из обратного трубопровода в подающий с целью поддержания температуры теплоносителя на выходе из теплового пункта в тепловую сеть и на входе его в систему теплопотребления согласно температурному графику. С этой же целью для управления электронасосами применяются преобразователи частоты, регулирующие вентили и задвижки, а на входе и выходе из теплового пункта устанавливаются приборы учёта. Вместе с тем практика показывает, что осуществление подмеса из обратного трубопровода в подающий требует значительных затрат энергии, тогда как часть напора в подающем трубопроводе на входе в тепловой пункт дросселируется шайбой.

Цель исследования

Поиск технического решения по оптимизации работы теплового пункта за счет:

- организации импульсной циркуляции теплоносителя в корректирующей линии от использования в гидравлической схеме самоподдерживающегося водоподъемного устройства на основе гидравлического тарана;
- снижения потребления электрической энергии на обеспечение регулируемого подмеса в корректирующей линии;
- повышения эффективности работы теплоэнергетического оборудования теплового пункта от интенсификации теплообмена в случае импульсной циркуляции теплоносителя относительно поверхности теплообмена.

Материал и методы исследования

Используемый метод исследования – сравнение по наиболее важным, существенным (в плане познавательной задачи) признакам. Применяемые методы анализа и синтеза научных изысканий позволили получить техническое решение, являющееся одним из возможных путей по оптимизации корректирующего контура в тепловом пункте системы теплоснабжения, на которое был получен патент на изобретение.

Результаты исследования и их обсуждение

Известны стандартные схемы организации корректирующего контура на основе электронасосов, водоструйных элеваторов, струйных смесительных аппаратов (фисонников), гидрострелок, регуляторов температуры сетевой воды и т.п. Также известны нестандартные схемы организации корректирующего контура, которые применимы как для центральных, так и индивидуальных тепловых пунктов. Например, способ автоматического регулирования тепловой нагрузки здания закрытой системы теплоснабжения с зависимым присоединением абонентских вводов контура системы отопления через водо-водяной элеватор, включающий поддержание заданной тепловой нагрузки здания с учетом действительной температуры наружного воздуха. Тепловую нагрузку регулируют соответствующим изменением расхода воды через систему отопления в зависимости от мгновенного изменения метеоусловий ниже точки излома температурного графика изменением инжекции элеватора и дополнительно корректирующим насосом при работе системы теплоснабжения выше точки излома температурного графика [6].

В данной схеме в корректирующем контуре используется принцип регулирования величины инжекции элеваторного узла с параллельным включением, при необходимости, электронасоса, двигатель которого имеет определённый ресурс и часто нуждается в ревизиях и ремонтах. Естественно, возникает вопрос, как же сделать работу теплового пункта еще более эффективной?

Ответом может стать использование в корректирующем контуре водоподъемного устройства на основе гидравлического тарана [5,8], принцип работы которого основывается на гидроударе. Так в работе [4] представлена схема теплового пункта с пульсирующим корректирующим контуром для присоединения систем теплоснабжения по зависимой схеме. Следует отметить, что названное техническое решение характеризуется такими недостатками, как узкий диапазон изменения расхода теплоносителя через корректирующую линию и, следовательно, имеет относительно малую вариативность коэффициента смешения. Данные обстоятельства обусловлены низкой устойчивостью работы самовозбуждаемого генератора гидравлического удара на основе однопоточного ударного узла (прерывателя потока) [9].

На рисунке .1 представлена блок-схема теплового пункта с корректирующим контуром на основе принципа работы гидравлического тарана для присоединения систем теплоснабжения по независимой схеме, в котором обозначенные недостатки устранены путем введения в схему двухпоточного ударного узла (генератора гидравлического удара)[7].

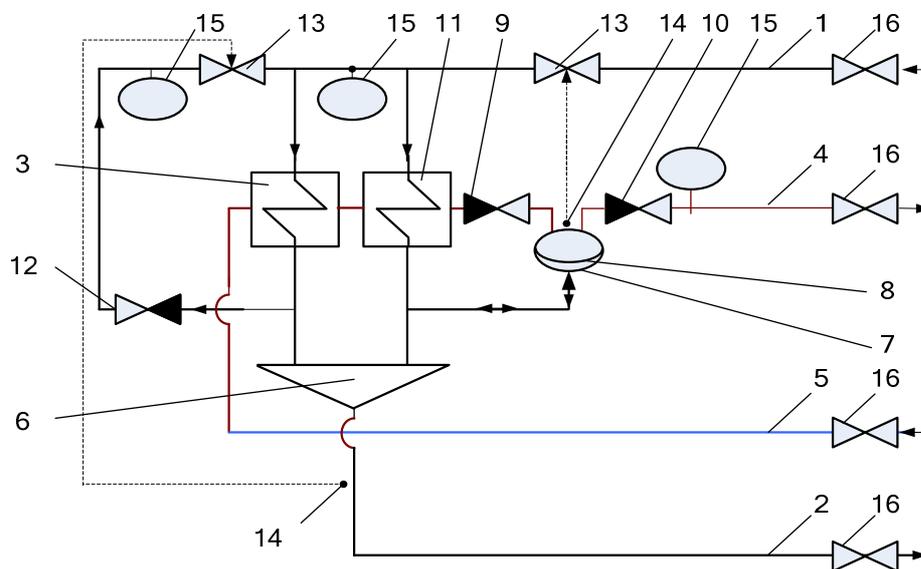


Рис.1. Корректирующий контур на основе гидравлического тарана в схеме теплового пункта:

1 и 2 – подающий и обратный трубопроводы тепловой сети; 3 – теплообменник; 4 и 5 – подающий и обратный трубопроводы системы теплоснабжения; 6 – генератор гидравлического удара; 7 – импульсный нагнетатель; 8 – эластичная диафрагма; 9 и 10 – обратные клапаны входа и выхода; 11 – дополнительный теплообменник, 12 – обратный клапан корректирующей линии; 13 – регуляторы температуры с контролирующими элементами; 14, 15 – гидроаккумуляторы; 16 – задвижки.

Тепловой пункт работает следующим образом. Изначально осуществляют присоединение соответствующих трубопроводов теплового пункта через установленные на них задвижки 16 к тепловой сети и системе теплоснабжения (на рисунке .1 не указаны). Затем, через входную задвижку 16, осуществляют подачу греющей среды по подающему 1 трубопроводу тепловой сети через регулятор температуры 13 параллельно на входы по греющей среде теплообменника 3 и дополнительного теплообменника 11, после которых она поступает ко входам рабочей среды самовозбуждаемого генератора гидравлического удара 6 и через его выход(ы) рабочей среды истекает в обратный трубопровод 2 тепловой сети. При этом самовозбуждаемый генератор гидравлического удара 6 попеременно генерирует импульсы количества движения рабочей среды во входах рабочей среды, благодаря чему обеспечивается импульсная подача греющей среды с выхода дополнительного теплообменника 11 и/или теплообменника 3 через дополнительный обратный клапан 12 в гидроаккумулятор 15, где пульсации сглаживаются и греющая среда через второй регулятор

температуры 13 по корректирующей линии вновь поступает в подающий трубопровод 1 тепловой сети и затем ко входам по греющей среде теплообменника 3 и дополнительного теплообменника 11. Температура нагреваемой среды постоянно фиксируется контролирующим элементом 14 первого регулятора температуры 13 и, в случае ее перегрева или 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 самовозбуждаемого генератора гидравлического удара 6 к входной задвижке 16 подающего трубопровода 1 тепловой сети. Контролирующий элемент 14 второго регулятора температуры 13, установленный в обратном 2 трубопроводе тепловой сети, регулирует подачу греющей среды из обратного 2 в подающий 1 трубопровод тепловой сети пропорционально общему расходу греющей среды, поступающей по подающему 1 трубопроводу тепловой сети в теплообменники 3 и 11 и ее температуре в обратном трубопроводе 2 тепловой сети. Импульсы количества движения греющей среды на выходе теплообменника 3 и/или дополнительного теплообменника 11 обеспечивают пульсирующее изменение пространственного положения эластичной диафрагмы 8 импульсного нагнетателя 7, благодаря чему через систему обратных клапанов входа 9 и выхода 10 импульсного нагнетателя 7 обеспечивается пульсирующая циркуляция нагреваемой среды в теплообменнике 3 и дополнительном теплообменнике 11, которая, поступая в третий гидроаккумулятор 16, стабилизируется по давлению и подается через выходную задвижку 16 подающего 4 трубопровода системы теплоснабжения непосредственно в саму систему теплоснабжения (на рисунке *.1* не указана).

В случае, если конструкцию данного теплового пункта предполагается использовать для подключения системы горячего водоснабжения, а также в других случаях при необходимости, в рециркуляционный трубопровод между подающим 4 и обратным 5 трубопроводами системы теплоснабжения возможна установка регулятора давления «до себя» и/или регулятора по температуре, назначение которых – защита теплообменника от чрезмерного повышения давления при отсутствии разбора горячей воды и дополнительный подогрев нагреваемой среды за счет ее рециркуляции. Для повышения надежности работы теплового пункта между подающим 4 и обратным 5 трубопроводами системы теплоснабжения, а также в корректирующий контур тепловой сети могут быть установлены электронасосы, которые, в случае отказа, ремонта или по иной причине остановки самовозбуждаемого генератора гидравлического удара 6, позволят защитить теплообменник 3 и дополнительный теплообменник 11 от «закипания» и обеспечат работу

теплового пункта в режиме традиционной (постоянной) циркуляции греющей и нагреваемой сред через теплообменники 3 и 11.

С целью апробации предложенного технического решения был изготовлен макетный образец теплового пункта, выполненный согласно схеме рисунка 1 на базе двух пластинчатых теплообменников «Ридан», который представлен на рисунке 2.



Рис.2. Общий вид макетного образца теплового пункта с корректирующим контуром импульсной циркуляции

Работоспособность данного технического решения была оценена в учебно-научной лаборатории «Импульсные системы тепло- и водоснабжения» ФГБОУ ВПО «МГУ им. Н.П. Огарёва» г. Саранск. На рисунке 3 представлены графики пульсации давления, генерируемые на вход теплообменников теплового пункта. Данные пульсации являются локальными и за пределы гидравлической схемы теплового пункта не распространяются. Это обеспечивается за счет применения гидроаккумуляторов 15 (рисунок 1).

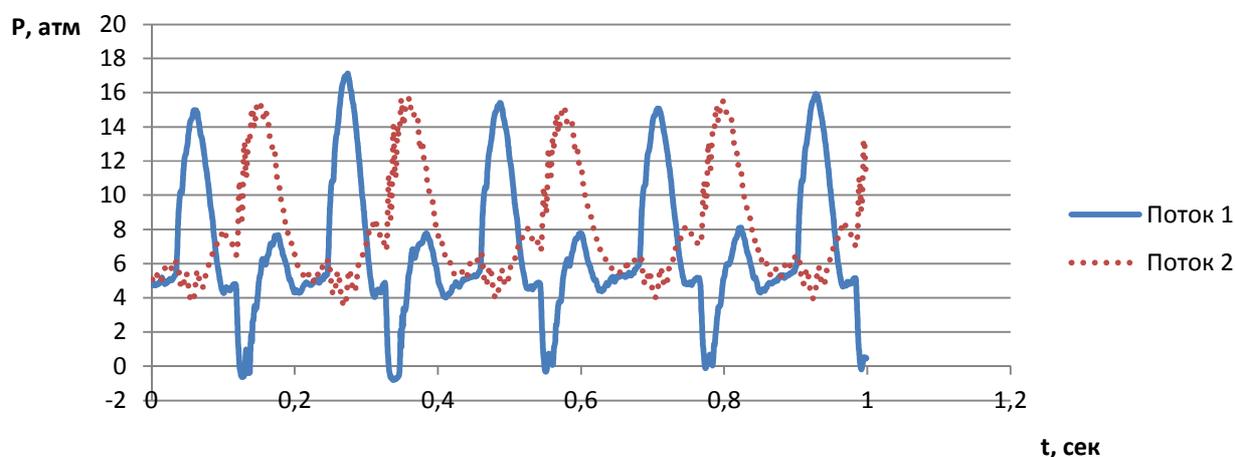


Рис.3. Графики пульсации давлений, генерируемые двухпоточным ударным клапаном в теплообменники макета теплового пункта

Из графика, представленного на рисунке 3, видно, что обеспечиваемые двухпоточным ударным узлом пульсации греющей среды являются периодическими и успешно могут быть использованы для реализации импульсной корректирующей линии. Предварительный массовый расход среды через корректирующую линию может быть определен по отношению ее массы m к общей массе теплоносителя M , поступившей к двухпоточному ударному узлу, которая связана отношением величины давления h , поддерживаемого в гидроаккумуляторе 15 перед вторым регулятором температуры 13, к располагаемому напору H на теплообменниках 3 и 11 теплового пункта (таблица 1).

Таблица 1

Производительность корректирующей линии

m/M	0,3	0,2	0,15	0,1	0,06	0,05	0,03	0,02	0,01
h/H	2	3	4	6	8	10	12	15	18

Из таблицы 1 видно, что смешение теплоносителя из корректирующей линии и теплоносителя, поступающего из тепловой сети на вход теплообменников теплового пункта может быть осуществлено в относительно широком диапазоне изменения величины их давлений и расходов.

Заключение

1. Испытания макетного образца позволили подтвердить устойчивость работы предложенного технического решения по организации импульсной корректирующей линии при изменении частоты генерации импульсов количества движения греющего теплоносителя от 0,1 до 0,5 Гц.
2. Осуществление регулируемого подмеса теплоносителя из корректирующей линии к теплоносителю, поступающего из тепловой сети обеспечивается без дополнительных затрат электрической энергии.
3. Наличие одновременных признаков, таких как периодические пульсации давления и расхода теплоносителя, установленных в данной работе, с учетом фактов, полученных в ранних работах [2], позволяют утверждать, что применение данного технического решения по организации корректирующего контура с импульсной циркуляцией теплоносителя в тепловом пункте позволит наиболее полно использовать топливно-энергетические ресурсы за счет:
 - увеличения коэффициента теплопередачи между греющей и нагреваемой средами в теплообменнике;
 - обеспечения возможности трансформации располагаемого напора греющей среды тепловой сети в напор нагреваемой среды системы теплоснабжения;

- реализации условий для самоочищения теплопередающих поверхностей в теплообменнике [1, 3].

Причем, данные процессы в предлагаемой схеме теплового пункта обеспечиваются при достаточно надежном регулировании параметров греющей среды тепловой сети и нагреваемой среды системы теплоснабжения.

Список литературы

1. Кудашев С.Ф. Индивидуальный тепловой пункт с импульсной циркуляцией теплоносителя: автореф. дис. ... канд. техн. наук / С. Ф. Кудашев. – Саранск, 2014. – 20 с.
2. Левцев А.П., Кудашев С.Ф., Макеев А.Н., Лысяков А.И. Влияние импульсного режима течения теплоносителя на коэффициент теплопередачи в пластинчатом теплообменнике системы горячего водоснабжения // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 2; URL: www.science-education.ru/116-12664 (дата обращения: 06.07.2015).
3. Макеев А. Н. Импульсная система теплоснабжения общественного здания: автореф. дис. ... канд. техн. наук / А. Н. Макеев. – Саранск, 2010. – 20 с.
4. Пат. 102760 Российская Федерация, МПК F24D3/00. Тепловой пункт/ С.Ф. Кудашев, А. П. Левцев, А.Н. Макеев; Заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва". –№2010143635/03; заявл. 25.10.2010; опубл. 10.03.2011, Бюл. № 7.– 2 с.
5. Пат. 145220 Российская Федерация, МПК F04F7/02. Таран гидравлический/ А. П. Левцев, А.Н. Макеев, С.Н. Ганина; Заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва".–№ 2014115162/06; заявл. 15.04.2014; опубл. 10.09.2014, Бюл. № 25. – 2 с.
6. Пат. 2415348 Российская Федерация, МПК F24D3/02. Способ автоматического регулирования тепловой нагрузки здания и устройство для его осуществления/ А. П. Левцев, А. Н. Макеев; Заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва". – № 2009141740/03; заявл. 11.11.2009; опубл. 27.03.2011, Бюл. №9.– 8 с.
7. Пат. 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. – 10 с.

8. Пат. 82798 Российская Федерация, МПК F04F7/02. Таран гидравлический/ А. П. Левцев, А. Н. Макеев; Заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва". – № 2008150029/22; заявл. 17.12.2008; опубл. 10.05.2009, Бюл. № 13. – 2с.

9. Пат. 86841 Российская Федерация, МПК A01G25/00. Ударный узел для газогидравлического устройства / А. П. Левцев, А.Н. Макеев; Заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева". – № 2009116882/22; заявл. 04.05.2009; опубл. 20.09.2009, Бюл. № 26.– 1 с.

10. Правила технической эксплуатации тепловых энергоустановок (утв. приказом Минэнерго РФ от 24 марта 2003 г. N 115.

Рецензенты:

Котин А.В., д.т.н., профессор, директор Института механики и энергетики ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва», г. Саранск;

Комаров В.А., д.т.н., профессор, заместитель директора по научной работе Института механики и энергетики ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва», г. Саранск.