

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

КУДАШЕВА Сергея Федоровича

на тему: **«Индивидуальный тепловой пункт с импульсной циркуляцией теплоносителя»** по специальности: 05.23.03 – Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение, представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, общих выводов и приложений, изложена на 132 страницах машинописного текста, включает 26 таблиц, 41 рисунок; список литературы состоит из 121 наименования; автореферат представлен на 20 страницах. Диссертация выполнена в ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева».

1. Актуальность темы.

Исторически так сложилось, что на территории нашей страны системы централизованного теплоснабжения имеют наибольшее распространение, а их бурному развитию способствовали общие успехи теплофикации в послевоенное время. Повышение энергетической эффективности существующих систем централизованного теплоснабжения во многом связано с модернизацией тепловых пунктов: центральных (ЦТП) и индивидуальных (ИТП), в которых основным технологическим оборудованием являются теплообменники. В настоящее время, в связи с широким распространением пластинчатых теплообменников наблюдается переход от ЦТП к ИТП, кроме того, при разработке перспективных схем теплоснабжения городов отдельные районы застройки присоединяются по независимой схеме, где в каждом доме предполагается ИТП. Направлением повышения энергетической эффективности тепловых пунктов являются снижение габаритов теплообменного оборудования, а также уменьшение гидравлических и тепловых потерь, что достигается увеличением коэффициентов теплопередачи в теплообменном оборудовании и снижением гидравлических сопротивлений контуров.

При централизованном теплоснабжении тепловая сеть имеет большую протяженность, и для ее балансировки, как правило, в ЦТП устанавливаются дросселирующие устройства. Разность между располагаемыми напорами на входе теплового пункта и на выходе из него в случае протяженных тепловых сетей достигает 35 м.в.ст. и более, в связи с чем возникает потенциал неиспользованной энергии.

В связи с этим, диссертационная работа С.Ф. Кудашева, направленная на повышение коэффициента теплопередачи теплообменного оборудования и ис-

пользование дросселируемого напора тепловой сети, является актуальной и практически значимой.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, поставлены цели и задачи исследования, приведены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе «Анализ способов повышения эффективности систем теплоснабжения» автором проведен анализ литературных источников, дана оценка состояния проблемы и поставлены задачи исследования.

В главе приведены сведения о методах повышения коэффициента теплопередачи в теплообменном оборудовании, а также конструктивные решения, обеспечивающие данные методы. Отдельно рассмотрены активные и пассивные способы улучшения теплопередачи, особое внимание уделено активным методам интенсификации теплообмена ввиду универсальности их применения, а именно пульсациям расхода теплоносителя. Показан опыт и результаты практического применения пульсаций расхода для интенсификации теплопередачи, накопленные МЭИ, а также на кафедре теплоэнергетических систем Мордовского государственного университета им. Н. П. Огарева.

Рассмотрены способы использования дросселируемого напора тепловой сети, предложенные различными исследователями. Проанализирован переход к импульсным системам подачи теплоносителя на основе одноклапанного преобразователя потока, позволяющий реализовать импульсный режим течения теплоносителя и одновременно использовать дросселируемый напор тепловой сети. Широко приведены возможности конструкции основного элемента систем с импульсной подачей теплоносителя – преобразователя потока. Проведенный в работе анализ конструкций и результатов экспериментальных исследований устойчивости работы одноклапанного преобразователя потока выявил необходимость модернизации его конструкции.

Вторая глава «Теоретические исследования» посвящена разработке схемных решений ИТП с двухклапанным преобразователем потока, разработке математических моделей гидравлических и тепловых процессов.

Предложены схемные решения ИТП с импульсной подачей теплоносителя на основе двухклапанного преобразователя потока. В схемах с независимым подключением теплопотребляющих установок к тепловой сети за счет использования двухклапанного преобразователя потока предполагается организовать рециркуляцию теплоносителя, в случае независимого подключения – создание циркуляции в системе отопления. Все рассмотренные схемы тщательно проработаны, перспективны и имеют неоспоримое практическое значение.

На основе идеализированной схемы импульсной системы теплоснабжения с учетом гипотезы наложения волн (прямой и обратной), получены уравнения колебания расхода жидкости в произвольной точке схемы, которые не расходятся с общими представлениями физики процессов. В работе приведены оценки для определения таких параметров модели, как амплитуда колебаний, пространственная и циклическая частота колебаний. Разработана математическая модель в виде дифференциального уравнения движения ударных клапанов в зависимости от сил тяжести, гидравлического сопротивления, вязкости теп-

лоносителя, массы ударных клапанов и жесткости пружин преобразователя потока. В результате численного решения данного уравнения, с учетом колебаний расхода теплоносителя, построен график изменения положения ударных клапанов в функции времени, хорошо согласующийся с результатами экспериментальных данных. На основе теории энергетических цепей получена модель гидродинамической системы схемы теплоснабжения, при решении которой построена амплитудно-частотная характеристика подводящего трубопровода с пластинчатым теплообменником. Последняя характеризует изменение амплитуды колебаний давления теплоносителя к приращению расхода, что позволяет моделировать процессы колебаний и выбирать рациональную полосу частот колебаний и тем самым управлять теплопередачей. Усовершенствован алгоритм определения коэффициента теплоотдачи на основе аналогии Рейнольдса за счет учета постоянной составляющей расхода теплоносителя. Алгоритм определения коэффициента теплоотдачи удобен для расчета и может успешно применяться на предконструкторской стадии выполнения проектов импульсных систем теплоснабжения.

В третьей главе «Методика экспериментальных исследований» автором дано описание экспериментальной установки, показаны ее основные функциональные возможности, а также приведено описание применяемого стандартного и нестандартного оборудования, средств измерения. Подробно представлены конструкции разработанных и запатентованных двухклапанных преобразователей потока (осевых, коромысловых), а также рассмотрен положительный опыт практического применения двухклапанных преобразователей потока, описаны конструктивные особенности, основные неисправности преобразователей потока и способы их решения, что в конечном итоге показывает достаточно высокий уровень исследовательской базы.

В четвертой главе «Экспериментальные исследования» приведены методики и результаты экспериментальных исследований, проведенных автором.

В данной главе широко представлены результаты экспериментального исследования гидравлической характеристики ударных клапанов преобразователя потока, определена скорость распространения волны гидравлического удара в закрытой гидравлической системе при различных избыточных давлениях. Полученные параметры использовались при проведении моделирования положения ударного клапана. Приведена экспериментальная амплитудно-частотная характеристика подводящего трубопровода с установленным на нем теплообменником, свидетельствующая о повышении амплитуды колебания давления теплоносителя с увеличением частоты колебаний при единичном расходе через ударный клапан преобразователя расхода. Полученные автором экспериментально амплитудно-частотные характеристики хорошо согласуются с теоретическими кривыми для базового режима. Таким образом, частотные характеристики системы теплоснабжения являются базовой основой для дальнейшего прогнозирования теплопередачи.

Результаты представленных тепловых испытаний убедительно свидетельствуют о повышении коэффициента теплопередачи в случае импульсного ре-

жима течения теплоносителя при температуре греющего теплоносителя на входе в теплообменник 50 °С на 23 – 28 %, при 70 °С на 18 – 23 %.

Полученные регрессионные зависимости коэффициента теплопередачи для импульсного режима течения теплоносителя в зависимости от длины подводящего трубопровода к преобразователю потока, среднего расхода греющего теплоносителя, температуры греющего теплоносителя на входе в теплообменник в полной мере отражают основные значимые факторы. Полученные регрессионные зависимости производительности импульсного нагнетателя в зависимости от располагаемого напора тепловой сети и длины подводящих трубопроводов к ударным клапанам преобразователя потока, также вполне отражают основные значимые факторы, характерные для реальной системы теплоснабжения.

В пятой главе «Технико-экономический расчет» представлены основные технико-экономические показатели внедрений разработок автора на объектах: Мордовский филиал ОАО «ТГК-6», ОАО «Энергосервис», Ковылкинский филиал «МГУ им. Н.П. Огарева». Расчеты выполнены по упрощенной методике, широко применяемой в оценочных расчетах в энергетике.

В приложениях приведены численные значения экспериментальных данных и листинги программ для построения регрессионных зависимостей.

2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций.

Достоверность и обоснованность полученных автором научных и практических результатов, сделанных выводов и рекомендаций по созданию и использованию импульсного режима течения теплоносителя для повышения энергетической эффективности ИТП обеспечены глубокой проработкой литературных источников, патентными исследованиями, что позволило определить основные подходы по повышению энергетической эффективности тепловых пунктов.

На основе выполненного анализа принято решение о совершенствовании конструкции преобразователя потока путем выполнения его из двух клапанов. Проверка полученных результатов осуществлялась на компьютерных моделях, на лабораторных стендах, а также апробирована на реальных объектах.

Основные положения диссертационной работы изложены в 16 печатных изданиях, в т.ч. 4 изданиях, рекомендуемых ВАК, а результаты исследований докладывались на российских и международных конференциях и семинарах.

3. Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций.

Основные положения научных разработок автора отражены в общих выводах по диссертационной работе, подтвержденные теоретическими и экспериментальными исследованиями. Применены современные методы и средства расчетов, их научное обоснование и необходимый объем статистики, которые обеспечивают достаточный уровень надежности исследований. Выводы, сделанные по работе, в большей части, соответствуют поставленной проблеме, вытекают из содержания диссертации и отражают сущность полученных в ней ре-

зультатов, а методики расчетов сопровождаются конкретными примерами и комментариями.

4. Научная и практическая ценность проведенной соискателем работы.

Несомненную научную ценность представляют следующие результаты исследований автора:

- сравнительные тепловые испытания пластинчатого теплообменника для традиционного и импульсного режима течения теплоносителя;
- усовершенствованный способ организации импульсной циркуляции теплоносителя с двухклапанным преобразователем потока в системе теплоснабжения;
- математические модели двухклапанного преобразователя потока и гидравлической сети контура системы горячего водоснабжения с импульсной циркуляцией теплоносителя.

Практическую значимость работы составляют принципиальные тепловые схемы тепловых пунктов с импульсной подачей теплоносителя, а также предложенные новые конструкции преобразователей потока.

На все конструкции преобразователей потока, представленных в работе, имеются патенты, выданные патентным ведомством по установленной законодательством форме.

5. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации.

Считаю, что полученные автором результаты исследований должны стать научной теоретической основой для разработки энергоэффективных и эксплуатационно надежных технических решений по конструированию ИТП по независимой схеме подключения и последующего их внесения в соответствующую нормативную документацию, регламентирующую проектирование и строительство тепловых пунктов.

6. Оценка содержания диссертации, ее завершенности в целом.

Представленная диссертация является законченной научной квалификационной работой, в которой содержится научно обоснованные технологии, обеспечивающие повышение энергетической эффективности тепловых пунктов за счет создания импульсного режима течения теплоносителя. Она представляет собой выполненный соискателем завершенный труд, имеющий внутреннее единство и свидетельствующий о личном вкладе соискателя в науку. Предложенные автором новые технические решения подтверждены 5 патентами и имеют практическое подтверждение.

7. Основные замечания по диссертационной работе.

К основным замечаниям по диссертации можно отнести следующее.

- 1). Первая глава представлена очень широко, ее название следовало бы конкретизировать и приблизить к предмету исследования, например: «Анализ способов и средств создания импульсного (пульсирующего) режима течения теплоносителя».

2). В разделе 1.6 первой главы описываются конструкции ударных клапанов без приведения их основных характеристик: гидравлическое сопротивление, расходные характеристики и т.д., являющимися предметом исследований.

3). В первой главе следовало бы привести сведения о методах исследования импульсных систем.

4). В диссертации на стр. 29 (последний абзац) не четко сформулированы требования к конструкции ударных клапанов.

5). Во второй главе на схеме с импульсной подачей для независимого подключения системы отопления (рис.2.4) не предусмотрено регулирование подачи теплоносителя в контуре отопления. Также, при рассмотрении сил, действующих на клапан (рис. 2.7), автор пренебрег касательными напряжениями, которые в данной конструкции имеют место.

6). Формула (2.50) приведена некорректно, не сходится размерность.

7). Во второй главе результаты моделирования положения клапанов по разработанной модели и алгоритму численного моделирования приведены в ограниченном виде.

8). Планирование эксперимента в общем виде предполагает задание заранее относительной погрешности измерения, которое не конкретизируется для каждого случая (глава 4). При проведении факторного эксперимента с целью оценки процесса теплопередачи выбраны режимные параметры ИТП, средний расход греющего теплоносителя и температуры греющего теплоносителя, которые для систем ограниченной мощности могут зависеть друг от друга.

9). При определении экономического эффекта внедрения ИТП с импульсной циркуляцией теплоносителя соискателем допущен ряд неточностей, например:

- в экономический эффект, измеряемый в руб/год, внесены капитальные затраты на реконструкцию ИТП (стр. 116-117), характерные только для первого года эксплуатации;

- не учтен срок службы и текущего ремонта применяемых преобразователей потока и импульсных нагнетателей;

- стоимость импульсных нагнетателей учтена без учета обязательного резервирования.

10). Приложения «Г» и «Д» (листинги программы MathCad) следовало бы не приводить в диссертационной работе как не несущие научной и практической ценности.

Однако, отдельные замечания и недостатки не снижают новизну и достоверность проведенных автором экспериментальных и теоретических исследований и не снижают общего положительного впечатления от рецензируемой работы.

Диссертация написана грамотным техническим языком, имеет четкую логичную структуру, хорошо оформлена. Автореферат полно и правильно передает содержание диссертационной работы.

