

005010913

*На правах рукописи*

**УСАДСКИЙ ДЕНИС ГЕННАДИЕВИЧ**

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СХЕМ АВТОНОМНЫХ  
ИСТОЧНИКОВ ТЕПЛОТЫ В СИСТЕМАХ ОТОПЛЕНИЯ  
И ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ**

05.23.03 – Теплоснабжение, вентиляция,  
кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

1 МАР 2012

Волгоград – 2012

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет».

Научный руководитель  
доктор технических наук, профессор

Фокин Владимир Михайлович

Официальные оппоненты:

доктор технических наук,  
профессор

Федянов Евгений Алексеевич,  
ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный технический университет»

кандидат технических наук,  
доцент

Торгашина Светлана Николаевна,  
ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет»

Ведущая организация

ФГБОУ ВПО «Ростовский государственный строительный университет»

Защита состоится «23» марта 2012 г. в 12 часов на заседании диссертационного совета Д 212.026.01 при ФГБОУ ВПО Волгоградском государственном архитектурно-строительном университете по адресу:  
400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1, ауд. Б-203.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета.

Автореферат разослан «17» февраля 2012 г.

Учсный секретарь  
диссертационного совета



Пшеничкина В. А.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность проблемы.** В настоящее время приоритетным направлением энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2020 года является снижение удельных затрат на производство энергоресурсов и повышение эффективности их использования за счёт более рационального применения энергосберегающих технологий и оборудования. Наибольший потенциал энергосбережения имеется в сфере теплоснабжения, достигающий примерно 40 % от всего теплопотребления страны. Создание новых источников теплоты и тепловых трасс (ТЭЦ, районных котельных) требует значительных капитальных вложений и имеет длительный цикл строительства. Поэтому в настоящее время развитие получили и системы автономного теплоснабжения. Одним из важнейших факторов, влияющих на работу современных систем отопления и горячего водоснабжения, является обеспечение требуемых параметров при эксплуатации источников теплоты. Поэтому современная тенденция развития систем теплоснабжения в России заключается в повышении надежности и эффективности существующих централизованных систем при одновременном широком применении автономных систем теплоснабжения. Для реализации таких мероприятий необходим системный подход, который предполагает совместное исследование и моделирование источников теплоты, а также разработку, анализ и оптимизацию вариантов проектных решений по повышению надежности существующих систем отопления и горячего водоснабжения в соответствии с действующими нормативными документами. Это также предполагает оценку технико-экономической эффективности и надежности источника теплоты для систем отопления и горячего водоснабжения.

Данные вопросы явились предметом исследования диссертационной работы.

**Цель работы** – повышение надёжности работы систем отопления и горячего водоснабжения объектов индивидуального строительства с использованием автономных источников теплоты.

Для достижения поставленной цели в работе решались следующие задачи:

- анализ современного состояния проблемы использования автономных источников теплоты в системах отопления и горячего водоснабжения;
- выбор пароконденсатного нагревателя и механического теплогенератора в качестве теплогенераторов для систем отопления и горячего водоснабжения;
- оценка характеристик, оптимальной формы и размеров пароконденсатного нагревателя для повышения его коэффициента полезного действия;
- проведение натурных исследований эффективности работы пароконденсатного нагревателя в стационарном тепловом режиме при различных параметрах потребляемой электрической мощности и конструктивных особенностях;
- создание методики экспериментального определения эксергетического коэффициента полезного действия механического теплогенератора;
- разработка схем систем отопления и горячего водоснабжения с использованием механического теплогенератора;

- проведение лабораторных тепловых и гидравлических исследований и обоснование комплекса инженерных мероприятий, повышающих надёжность работы систем отопления и горячего водоснабжения;
- разработка алгоритма управления механическим теплогенератором;
- анализ технико-экономических показателей систем отопления и горячего водоснабжения с применением пароконденсатных нагревателей и механических теплогенераторов.

**Основная идея работы** состоит в повышении эффективности работы систем отопления и горячего водоснабжения объектов индивидуального строительства с использованием пароконденсатных нагревателей и механических теплогенераторов

**Методы исследования** включали: аналитическое обобщение известных научных и технических результатов, лабораторные и натурные исследования, моделирование изучаемых процессов, обработку экспериментальных данных методами математической статистики и корреляционного анализа с применением ПЭВМ и сертифицированных компьютерных программ.

**Достоверность** научных разработок и полученных в работе результатов основана на применении общепризнанных законов физики, математики и использовании общепринятых методов эксперимента. Достоверность обеспечивается удовлетворительным совпадением расчетов с данными, полученными при экспериментах на опытных установках, стендах в лабораторных и производственных условиях, а также достаточно широкой публикацией результатов и их обсуждением на конференциях.

**Научная новизна работы** состоит в том, что:

- разработана оптимальная конструктивная схема пароконденсатного нагревателя;
- получены экспериментальные данные, характеризующие тепловой режим работы пароконденсатного нагревателя;
- предложена комплексная схема работы пароконденсатного нагревателя в системах отопления;
- разработана методика экспериментального исследования механического теплогенератора;
- оптимизированы принципиальные схемы подключения механического теплогенератора к системам отопления и горячего водоснабжения;
- получены уточнённые на современном уровне теплотехнические характеристики и оригинальные экспериментальные данные, характеризующие тепловой и гидравлический режимы работы механического теплогенератора в системах отопления и горячего водоснабжения;
- предложена схема управления механическим теплогенератором;
- разработан алгоритм и его компьютерная реализация для технико-экономической оценки использования автономного источника теплоты в системах отопления и горячего водоснабжения.

**Практическое значение работы** заключается в разработке энергоэффективных источников теплоты для автономного отопления и горячего водоснабжения зданий и помещений различного назначения.

Выполнена оценка использования современных автономных источников теплоты в системах отопления и горячего водоснабжения, в том числе с учётом предложенных разработок.

Разработаны рекомендации по выбору и обоснованию оптимальных конструкций пароконденсатного нагревателя и механического теплогенератора и их использованию в системах отопления и горячего водоснабжения.

### **Реализация результатов работы**

Результаты теоретических и экспериментальных исследований внедрены и приняты для использования современных технологий на следующих предприятиях:

- в МУП «Волгоградское коммунальное хозяйство», в качестве отопительных приборов установлены пароконденсатные нагреватели; в качестве источника теплоты для системы отопления используется механический теплогенератор;

- в ООО «Газпром трансгаз Волгоград», в качестве отопительных приборов в бытовых помещениях установлены пароконденсатные нагреватели и механические теплогенераторы;

- в ОАО «Термалком», в качестве отопительных приборов установлены пароконденсатные нагреватели.

Теоретические и экспериментальные результаты работы используются: в учебном процессе кафедры «Энергоснабжение и теплотехника» Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета (ВолгГАСУ) при чтении лекций, проведении практических и лабораторных занятий. Издана монография «Пароконденсатные нагреватели в автономных системах отопления».

### **На защиту выносятся:**

- пароконденсатный нагреватель (положительное решение о выдаче патента на полезную модель № 2011140679/06(060838); заявл. 06.10.2011);

- механический теплогенератор (положительное решение о выдаче патента на полезную модель № 2011140680/06(060839); заявл. 06.10.2011);

- экспериментальные данные и критериальные уравнения, характеризующие тепловой режим работы пароконденсатного нагревателя;

- комплексная компоновочная схема работы пароконденсатного нагревателя в системах отопления;

- методика экспериментального исследования механического теплогенератора;

- принципиальные схемы подключения механического теплогенератора к системам отопления и горячего водоснабжения;

- теплотехнические характеристики и оригинальные экспериментальные данные, характеризующие тепловой и гидравлический режимы работы механического теплогенератора в системах отопления и горячего водоснабжения;

- алгоритм управления механическим теплогенератором;

- численный алгоритм для технико-экономической оценки использования автономного источника теплоты в системах отопления и горячего водоснабжения.

**Апробация.** Основные положения и результаты работы представлялись и докладывались:

- На ежегодных научно-технических конференциях ВолгГАСУ, Волгоград, 2008...2011 гг.;
- Международной научно-практической конференции «Малозэтажное строительство в рамках национального проекта «Доступное и комфортное жильё гражданам России»», ВолгГАСУ, Волгоград, 2009 г.;
- VII международной научной конференции «Качество внутреннего воздуха и окружающей среды», ВолгГАСУ, Волгоград, 2009 г.;
- Международной научно-практической конференции «Научный потенциал молодых ученых для инновационного развития строительного комплекса Нижнего Поволжья», Волгоград, ВолгГАСУ, 2010 г.;
- Международной молодёжной конференции «Энергосберегающие технологии», Томск, 2011г.;
- IV Российская научно-техническая конференция с международным участием « Социально-экономические и технологические проблемы развития строительного комплекса региона. Наука. Практика. Образование», Волгоград – Михайловка, 2011г.;
- IX международной научной конференции «Качество внутреннего воздуха и окружающей среды», ВолгГАСУ, г. Кошалин. - Волгоград, 2011 г.;
- Сборник научных трудов «Проблемы теплоэнергетики», Саратов, 2011г.;

**Публикации.** По результатам исследований опубликовано 17 печатных работ, в том числе 3 работы в рецензируемых научных журналах и в изданиях, 1 монография, положительное решение от 23.11.2011 г. о выдаче патента на полезную модель по заявке № 2011140679/06(060838); заявл. 06.10.2011, положительное решение от 01.02.2012 г. о выдаче патента на полезную модель по заявке № 2011140680/06(060839); заявл. 06.10.2011.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, 5 глав и общих выводов, списка использованных литературных источников и приложений. Общий объем диссертации включает 197 страниц основного текста, содержащего 19 таблиц, 44 рисунка, список использованных источников из 216 наименований и 3 приложения на 14 стр.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** дана общая характеристика диссертационной работы, сформулированы ее цель, задачи, научная новизна и практическая ценность.

**В первой главе** проанализировано современное состояние систем отопления и горячего водоснабжения и систематизированы имеющиеся в литературе сведения об их работе. Также произведён обзор возобновляемых источников энергии для систем отопления и теплоснабжения, существующие теплогенераторы для этих систем. Преимущества и недостатки перечисленных способов получения теплоты для использования в автономных системах отопления и теплоснабжения приведены в табл. 1. В соответствии с изученными вопросами сформулированы цель и задачи исследований.

Преимущества и недостатки способов получения теплоты для автономных систем отопления и теплоснабжения

Способ	Преимущества способа	Недостатки способа
Использование природного газа	Экологически чистый, высокая степень автоматизации.	Невозможность или высокая стоимость подключения к сетям в отдельных случаях
Использование твердого топлива	Простота эксплуатации	Высокий уровень выбросов в окружающую среду, отсутствие автоматизации процесса горения
Использование электрической энергии от распредел. сетей	Экологически чистый, высокая степень автоматизации	Эксплуатация осложняется выходом из строя нагревательных элементов.
Ветроэнергетика	Автономность, высокая степень автоматизации	Нестабильные параметры вырабатываемой энергии
Солнечная энергетика	Автономность, высокая степень автоматизации	Нестабильные параметры вырабатываемой энергии
Использование теплового насоса	Высокая степень автоматизации	Высокая стоимость оборудования, эксплуатации

Во второй главе произведены исследования возможностей использования тепловых труб в автономных теплогенераторах. В работе даны теоретические основы разработки пароконденсатного нагревателя, указаны необходимые условия для его нормальной эксплуатации, пусковые характеристики, разработана конструкция пароконденсатного нагревателя для систем отопления.

Общий вид пароконденсатного нагревателя и вид радиатора пароконденсатного нагревателя приведены на рис. 1.

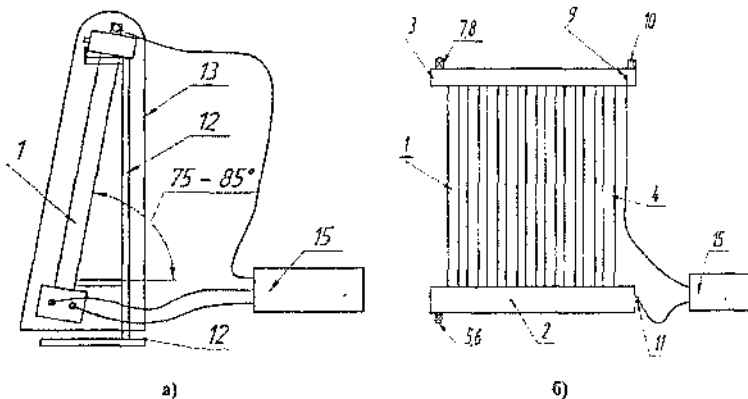


Рис. 1. Пароконденсатный нагреватель а) (вид сбоку); радиатор пароконденсатного нагревателя б) (вид спереди)

1 – радиатор; 2, 3 – горизонтальный коллектор; 4 – вертикальные трубы; 5 – сливной патрубков; 6, 8 – заглушка; 7 – паливной патрубков; 9 – термопара; 10 – сбросной клапан; 11 – ТЭН; 12 – опорная стойка; 13 – кожух; 14 – отверстие; 15 – электронный блок управления

Для исследований разработана экспериментальная установка, схема которой приведена на рис. 2. Для измерения температур на поверхности нагревателя используются термоэлектрические преобразователи (термопары) типа ДТЩ-011-0,5/1,5. ТермоЭДС от термопар поступает на входы модуля ввода аналогового измерительного МВА8 производства ООО «ОВЕН». Выполнены экспериментальные исследования теплотехнических параметров пароконденсатного нагревателя в стационарном тепловом режиме.

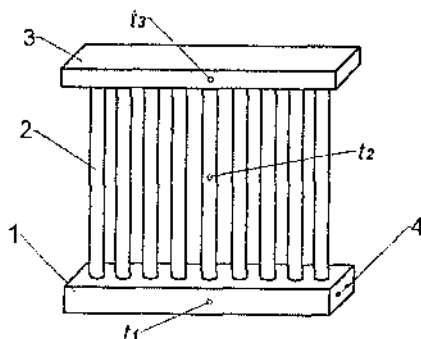


Рис. 2. Схема экспериментальной установки для определения теплотехнических параметров пароконденсатного нагревателя.

1 - нижний коллектор; 2 - вертикальные трубы; 3 - верхний коллектор; 4 - ТЭН;  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$  - точки закрепления термопар

Графики экспериментального распределения температур на поверхности пароконденсатного нагревателя без кожуха и на поверхности парокapelьного нагревателя с кожухом приведены на рис. 3,4.

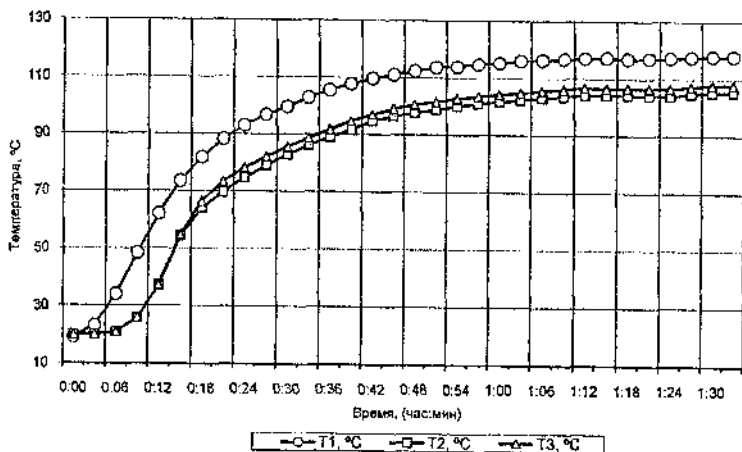


Рис. 3. График распределения температур на поверхности пароконденсатного нагревателя без кожуха при потребляемой мощности 1000 Вт  
 $T_1$  - температура нижнего коллектора;  $T_2$  - температура вертикальных труб;  
 $T_3$  - температура верхнего коллектора



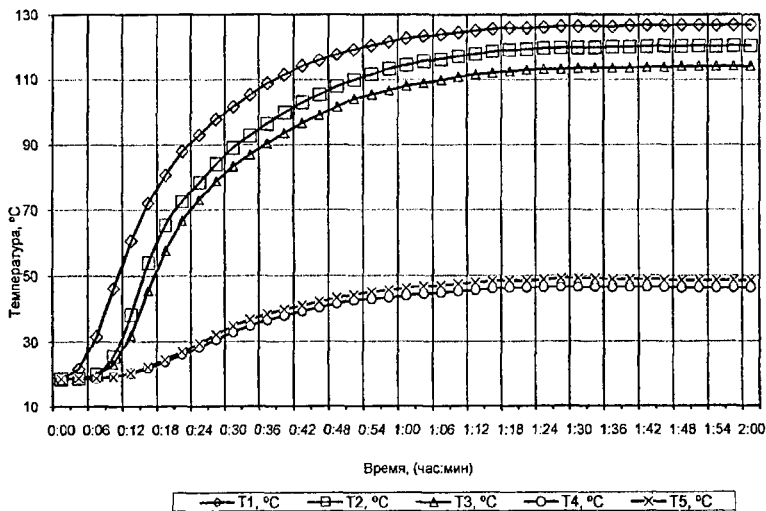


Рис. 4. График распределения температур на поверхности пароконденсатного нагревателя с кожухом при потребляемой мощности 1000 Вт  
 $T_1$  – температура нижнего коллектора;  $T_2$  – температура вертикальных труб;  
 $T_3$  – температура верхнего коллектора;  $T_4$  – температура нижней части кожуха нагревателя;  $T_5$  – температура верхней части кожуха нагревателя

В таблицах 2 и 3 приведены результаты исследований теплотехнических параметров пароконденсатного нагревателя с кожухом и без кожуха при потребляемой мощности 1000 Вт в стационарном тепловом режиме.

Таблица 2

Результаты исследований теплотехнических параметров пароконденсатного нагревателя без кожуха при потребляемой мощности 1000 Вт

Теплотехнический параметр	
Средняя температура нижней части кожуха $t_1$ , °C	118,7
Средняя температура средней части кожуха $t_2$ , °C	106,8
Средняя температура верхней части кожуха $t_3$ , °C	108,8
Конвективный тепловой поток нагревателя $Q_k$ , Вт	380,42
Лучистый тепловой поток нагревателя $Q_{\text{л}}$ , Вт	532,54
Общий тепловой поток нагревателя $Q_{\text{общ}}$ , Вт	912,97
Отношение рассчитанного теплового потока к потребляемой электрической мощности	91,3%

Результаты исследований теплотехнических параметров пароконденсатного нагревателя с кожухом при потребляемой мощности 1000 Вт

<i>Теплотехнический параметр</i>	
Средняя температура нижнего коллектора $t_1$ , °С	125,9
Средняя температура средней части кожуха $t_2$ , °С	120,7
Средняя температура верхней части кожуха $t_3$ , °С	115,1
Средняя температура поверхности кожуха $t_k$ , °С	46,8
Конвективный тепловой поток нагревателя $Q_k$ , Вт	427,07
Лучистый тепловой поток нагревателя $Q_n$ , Вт	206,09
Конвективный тепловой поток кожуха $Q_k$ , Вт	205,44
Лучистый тепловой поток кожуха $Q_n$ , Вт	77,35
Общий тепловой поток нагревателя с кожухом $Q_{общ}$ , Вт	915,95
Отношение рассчитанного теплового потока к потребляемой электрической мощности	91,6 %

В работе были проведены экспериментальные исследования пароконденсатного нагревателя при потребляемой мощности 900, 800, 700, 600 Вт. По результатам исследований распределения температуры на поверхности пароконденсатного нагревателя доказано, что при различных режимах расхождение отношения рассчитанного теплового потока нагревателя к потребляемой электрической мощности не превышает 5-7%.

Проведены исследования по интенсификации теплопередачи при конвективном теплообмене от поверхности нагревателя к воздуху. Впервые получена зависимость, позволяющая определить долю теплоты, подходящей к вершине ребра  $\varphi$ , по отношению к полному расходу теплоты в ребре.

$$\varphi \leq \frac{Bi_2 \cdot 100}{P \cdot sh(2P) + Bi_2 \cdot ch(2P)}, \% \quad (1)$$

где  $Bi_2$  – число Био для боковой поверхности ребра;  $P = \sqrt{Bi_3 \cdot \xi}$ ;  $Bi_3$  – число Био для торцевой поверхности ребра;  $\xi$  – безразмерный параметр;  $\xi = \frac{u \cdot R}{f}$ ;

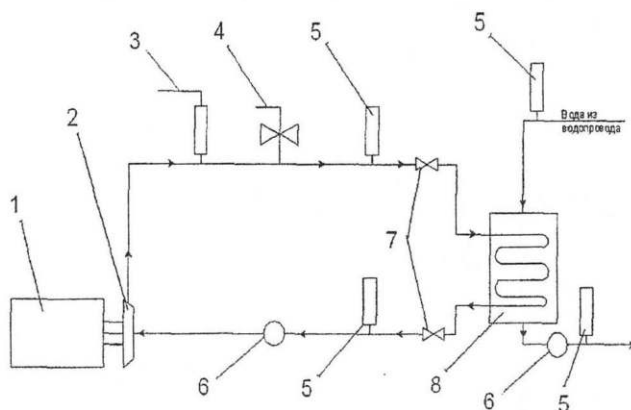
$u$  – периметр сечения ребра, м;  $R$  – высота ребра, м;  $f$  – площадь сечения ребра, м<sup>2</sup>.

Используя зависимость (1), возможно по тепловым условиям определять геометрические параметры ребра.

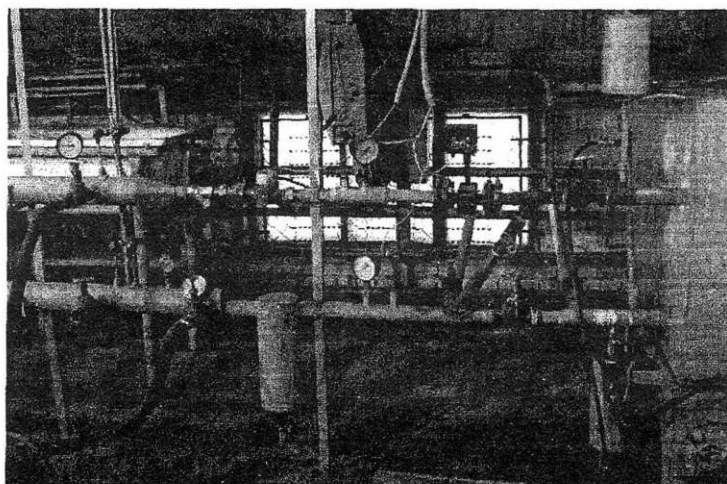
В третьей главе разработана конструкция механического теплогенератора. Для исследования теплотехнических параметров механического теплогенератора разработана экспериментальная установка и методика проведения эксперимента. Принципиальная схема экспериментальной установки приведена на рис. 5., фото экспериментальной установки приведено на рис. 6.

Определение теплотехнических параметров механического теплогенератора произведено в стационарном тепловом режиме, т.е. при установившихся значениях температур на входе и выходе из теплогенератора и потребляемой мощности установки 18 кВт.

В данной экспериментальной установке для достижения стационарного теплового режима применяется охлаждение теплообменника с помощью водопроводной воды, расход которой устанавливается с помощью шарового крана.



**Рис. 5.** Принципиальная схема экспериментальной установки для определения теплотехнических параметров механического теплогенератора  
 1 – электродвигатель; 2 – механический теплогенератор; 3 – воздухооборник; 4 – предохранительный клапан; 5 – датчики температуры; 6 – измерители расхода теплоносителя; 7 – регулировочные вентили; 8 – водо-водяной теплообменник



**Рис. 6.** Фото экспериментальной установки для определения теплотехнических параметров механического теплогенератора

Замеры температур на входе  $t_1$  и выходе  $t_2$  из нагревателя, расхода нагреваемого теплоносителя, потребляемой мощности электродвигателя выполнялись с момента пуска установки с интервалом в 2 минуты.

Результаты экспериментальных замеров приведены на рис. 7. Излом на графике потребляемой мощности связан с изменением гидродинамического режима движения жидкости внутри нагревателя при установившемся стационарном тепловом режиме.

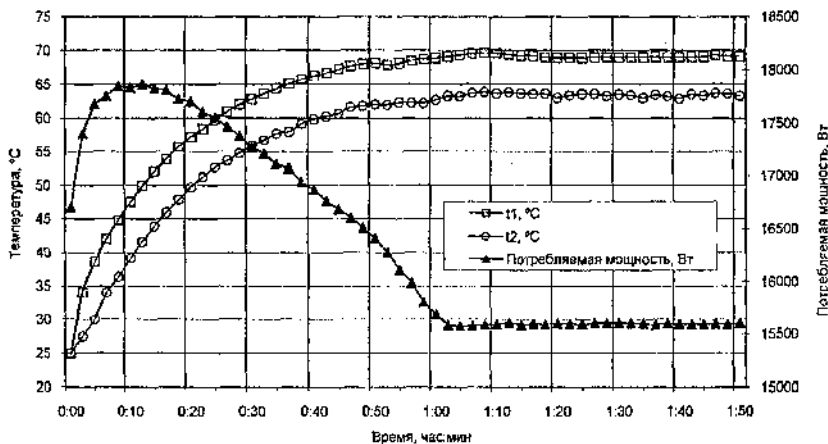


Рис. 7. Результаты экспериментальных исследований механического теплогенератора при  $P=0,1$  МПа

На рис. 8 приведена зависимость коэффициента полезного действия механического теплогенератора от давления теплоносителя. Выявлено, что в зависимости от давления теплоносителя коэффициент полезного действия механического теплогенератора изменяется незначительно и его значения находятся в пределах 91-94%.

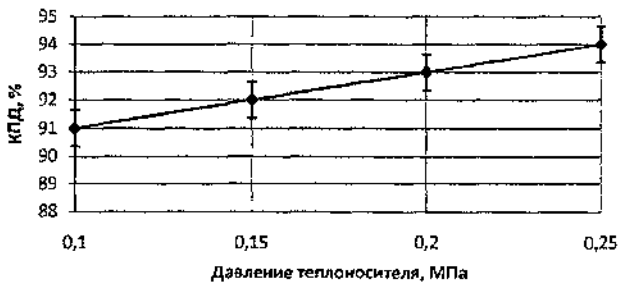


Рис. 8 Зависимость коэффициента полезного действия механического теплогенератора от давления теплоносителя (МПа)

Разработана принципиальная схема управления механическим теплогенератором и схемы присоединения механического теплогенератора к системам отопления и горячего водоснабжения (рис. 9, 10).

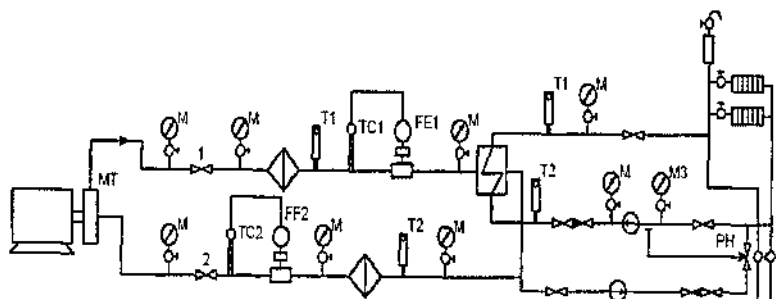


Рис. 9. Схема независимого подключения механического теплогенератора к системе отопления

*MT* – механический теплогенератор; *FE* – теплосчётчик, *PH* – регулятор давления прямого действия, *M* – манометр, *TC* – термометр сопротивления, *T* – термометр; *1, 2* – задвижка

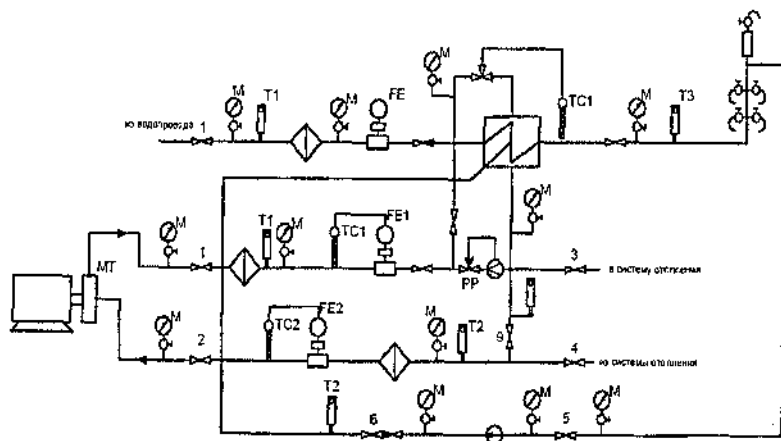


Рис. 10. Схема узла параллельного подключения механического теплогенератора к водо-водяному подогревателю для системы горячего водоснабжения

*MT* – механический теплогенератор; *FE* – теплосчётчик, *PH* – регулятор давления прямого действия, *M* – манометр, *TC* – термометр сопротивления, *T* – термометр; *1, 2, 3, 4, 5, 7* – задвижка; *6* – обратный клапан

В четвёртой главе выполнена сравнительная оценка экономической эффективности при внедрении современного оборудования. Разработан численный алгоритм для технико-экономической оценки использования автономного источника теплоты в системах отопления и горячего водоснабжения. Сравнительного анализ эффективности показывает, что наиболее экономически целесообразным является внедрение пароконденсатных нагревателей. При внедрении пароконденсатных нагревателей наблюдается более быстрый срок окупаемости. Определён чистый дисконтированный доход, динамический срок окупаемости, простой срок окупаемости и индекс прибыльности. На рис. 11. приведён график зависимости чистого дисконтированного дохода  $NPV$  от времени.

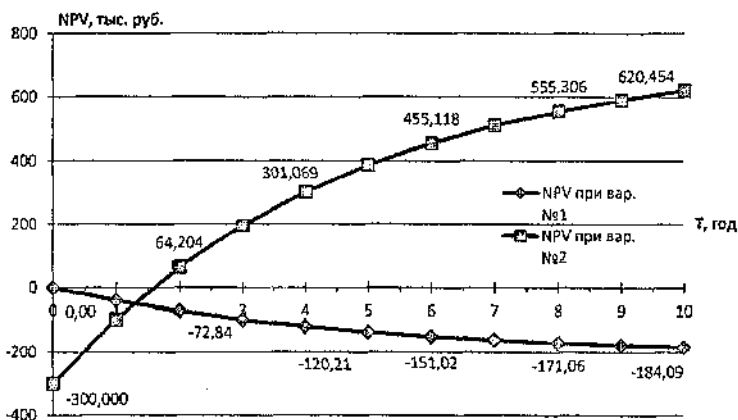


Рис. 11. График зависимости  $NPV$  (тыс. руб.) при внедрении механических теплогенераторов от времени  $t$  (год).

Произведён расчёт показателей эффективности применения механических теплогенераторов при реконструкции системы горячего водоснабжения предприятия. Сравнение производилось для существующей системы горячего водоснабжения предприятия и для варианта с установкой в системе механических теплогенераторов. Расчёт показал, что внедрение механических теплогенераторов более целесообразно, срок окупаемости при их внедрении составляет 1,6 года, индекс рентабельности 3,07.

Проведённый анализ показал, что установка пароконденсатных нагревателей и механических теплогенераторов для отопления и горячего водоснабжения различных объектов оправдана с экономической точки зрения. При внедрении пароконденсатных нагревателей и механических теплогенераторов наблюдаются меньшие сроки простой и динамической окупаемости (период, необходимый для возмещения капитальных затрат), больший индекс рентабельности (высокая доходность инвестиций). В расчёте экономической эффективности внедрения оборудования учитывалась стоимость оборудования, сроки и стоимость монтажа, экологические показатели оборудования, сроки согласования с контролирующими организациями.

В пятой главе приводятся метрологические характеристики и погрешности определения теплотехнических параметров пароконденсатного нагревателя и механического теплогенератора. Дана оценка погрешности, надежности и степени точности при экспериментальном определении теплотехнических параметров автономных теплогенераторов. Оценка погрешности, надежности, степени точности, проводилась для полученных теоретических закономерностей и формул, а также результатов экспериментального определения температур.

Суммарная и предельная относительная погрешность измерения всего измерительного комплекса составили при измерении температуры исследуемой поверхности  $\Delta T_k = 8,1\%$ .

Надежность метода экспериментального исследования составляет  $0,92 \dots 0,95$  при доверительном интервале  $0,5$ .

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе дано инженерное решение актуальной научно-технической проблемы совершенствования схем автономных источников теплоты для систем отопления и горячего водоснабжения путём разработки и совершенствования конструкции пароконденсатного нагревателя и механического теплогенератора. На основании результатов проведенных натурных и экспериментальных исследований, а также практической реализации можно сделать следующие основные выводы по работе:

Разработана конструктивная схема пароконденсатного нагревателя.

Разработана методика и экспериментальная установка для исследования теплотехнических параметров пароконденсатного нагревателя.

Получены оригинальные экспериментальные данные и критериальные уравнения, характеризующие тепловой режим работы пароконденсатного нагревателя в стационарном тепловом режиме.

Разработаны мероприятия по улучшению теплотехнических параметров пароконденсатного нагревателя.

Разработана принципиальная конструктивная схема механического теплогенератора.

Создана методика экспериментального определения эксергетического коэффициента полезного действия механического теплогенератора.

Проведены лабораторные тепловые и гидравлические исследования и обоснование комплекса инженерных мероприятий, повышающих надёжность работы систем отопления и горячего водоснабжения.

Определены теплопроизводительность и коэффициент полезного действия механического теплогенератора в стационарном тепловом режиме.

Разработана принципиальная схема управления механическим теплогенератором.

Разработаны схемы систем отопления и горячего водоснабжения с использованием механического теплогенератора.

Разработан численный алгоритм и его компьютерная реализация для технико-экономической оценки использования пароконденсатных нагревателей и

механических теплогенераторов в системах отопления и горячего водоснабжения.

Выполнено сравнение двух вариантов устройства отопления производственного здания: строительство автономной котельной и установка пароконденсатных нагревателей. Внедрение пароконденсатных нагревателей является наиболее экономически целесообразным, так как наблюдается более быстрый срок окупаемости (0,93 года) и индекс рентабельности составляет 3,94.

Выполнено сравнение двух вариантов устройства отопления здания школы: строительство автономной котельной и установка механических теплогенераторов. Проведённый анализ показал, что установка механических теплогенераторов наиболее экономически целесообразна, при этом варианте срок окупаемости составляет 1,4 года, индекс рентабельности равен 2,63.

Приведены метрологические характеристики и погрешности при экспериментальном определении теплотехнических параметров пароконденсатного нагревателя и механического теплогенератора. Суммарная и предельная относительная погрешности измерения всего измерительного комплекса при максимальных статических и динамических погрешностях составляет 8,1 %. Надежность метода измерения температуры поверхности составляет 0,92...0,95.

Изложены рекомендации, методики и порядок проведения экспериментов и обработки опытных данных. Экспериментальные данные теплотехнических параметров пароконденсатного нагревателя и механического теплогенератора, полученные в лабораторных условиях, согласуются с результатами исследований других авторов, опубликованных в справочной и технической литературе.

### **Основные результаты диссертационной работы опубликованы в следующих изданиях:**

#### **Публикации в рецензируемых научных журналах и изданиях**

1. Усадский Д. Г., Карпенко А. Н., Фокин В. М. Сравнительный анализ работы нагревателя жидкого теплоносителя и существующих теплогенераторов для систем теплоснабжения // Вестн. ВолгГАСУ Сер.: Стр-во и архитектура. Волгоград : Изд-во ВолгГАСУ, 2010. Вып. 20 (39). С. 108–111.

2. Усадский Д. Г., Карпенко А. Н., Фокин В. М. Экспериментальное определение теплопроизводительности нагревателя жидкого теплоносителя в стационарном тепловом режиме // Вестн. ВолгГАСУ Сер.: Стр-во и архитектура. Волгоград : Изд-во ВолгГАСУ, 2010. Вып. 19 (38). С. 108–111.

3. Усадский Д. Г., Фокин В. М. Экспериментальное определение теплотехнических свойств и параметров пароконденсатного нагревателя в стационарном тепловом режиме // Вестн. ВолгГАСУ Сер.: Стр-во и архитектура. Волгоград : Изд-во ВолгГАСУ, 2011. Вып. 21 (40). С. 118–123.



## Патенты

4. Положительное решение о выдаче патента на полезную модель № 2011140679/06(060838); заявл. 06.10.2011.; Пароконденсатный нагреватель: пат./ Усадский Д. Г., Фокин В. М.

5. Положительное решение о выдаче патента на полезную модель № 2011140680/06(060839); заявл. 06.10.2011.; Механический теплогенератор: пат./ Усадский Д. Г., Фокин В. М.

## Монографии

6. Фокин В.М., Усадский Д.Г. Пароконденсатные нагреватели в автономных системах отопления. // Волгоград : [ВолГАСУ], 2012., 72с.

## Отраслевые издания и материалы конференций

7. Усадский Д. Г., Фокин В. М. Экспериментальное исследование теплотехнических параметров масляного электронагревателя и электрической нагревательной панели "Ноба" в стационарном тепловом режиме // Интернет-вестн. ВолГАСУ. Политемат. сер. Волгоград, 2011. Вып. 1 (15). Режим доступа : [www.vestnik.vgasu.ru](http://www.vestnik.vgasu.ru).

8. Усадский Д. Г., Карпенко А. Н., Фокин В. М. Парокапельные нагреватели для отопления жилых и промышленных помещений // Малоэтажное строительство в рамках национального проекта «Доступное и комфортное жилье гражданам России»: технологии и материалы, проблемы и перспективы развития в Волгоградской области : материалы Междунар. науч.-практ. конф., 15-16 дек. 2009 г., Волгоград. Волгоград : Изд-во ВолГАСУ, 2009. С. 318–320.

9. Усадский Д. Г. Энергосберегающие технологии в системах теплоснабжения и отопления // Качество внутреннего воздуха и окружающей среды : материалы VII Междунар. науч. конф., 13-17 мая 2009 г., Волгоград : Изд-во ВолГАСУ, 2009. С. 228–232.

10. Усадский Д. Г. Анализ параметров работы пароконденсатного нагревателя в стационарном тепловом режиме // Энергосберегающие технологии : Междунар. молодежная конф., Томск, 28-30 июня 2011 г. Томск : Изд-во НИ ТПУ, 2011. Т. II. С. 111–115.

11. Усадский Д. Г. Исследование оребрения пароконденсатного нагревателя // Энергосберегающие технологии : Междунар. молодежная конф., Томск, 28-30 июня 2011 г. Томск : Изд-во НИ ТПУ, 2011. Т. II. С. 108–110.

12. Усадский Д. Г., Фокин В. М., Карпенко А. Н. Исследование работы нагревателя жидкого теплоносителя для систем теплоснабжения // Проблемы теплоэнергетики : сб. науч. тр. Саратов : Изд-во Саратов. гос. техн. ун-та, 2011. Вып. 1. С. 155–159.

13. Усадский Д. Г., Фокин В. М. Исследование теплотехнических параметров при работе пароконденсатного нагревателя // Энергоресурсосберегающие технологии : наука. Образование. Бизнес. Производство : материалы V Междунар. науч.-практ. конф., 24-28 окт. 2011 г. Астрахань. Астрахань : АИСИ, 2011. С. 78-81.

14. Усадский Д. Г., Фокин В. М. Практическое определение параметров работы парокапельного нагревателя в стационарном тепловом режиме // Качество внутреннего воздуха и окружающей среды : материалы IX Междунар. науч. конф., 17-22 мая 2011 г., г. Кошалин. Волгоград : Изд-во ВолгГАСУ, 2011. С. 359–365.

15. Усадский Д. Г., Фокин В. М. Совершенствование работы систем отопления жилых, общественных, производственных помещений с использованием парокапельных нагревателей // Научный потенциал молодых ученых для инновационного развития строительного комплекса Нижнего Поволжья : материалы Междунар. науч.-практ. конф., 24 дек. 2010 г., Волгоград : [в 2 ч.]. Волгоград : Изд-во ВолгГАСУ, 2011. Ч. II. С. 206–209.

16. Усадский Д. Г., Фокин В. М. Совершенствование работы систем теплоснабжения жилых, общественных, производственных помещений с использованием нагревателя жидкого теплоносителя // Научный потенциал молодых ученых для инновационного развития строительного комплекса Нижнего Поволжья : материалы Междунар. науч.-практ. конф., 24 дек. 2010 г., Волгоград : [в 2 ч.]. Волгоград : Изд-во ВолгГАСУ, 2011. Ч. II. С. 203–205.

17. Усадский Д. Г., Фокин В. М. Сравнительное определение параметров масляного электронагревателя и электрической нагревательной панели в стационарном тепловом режиме // Социально-экономические и технологические проблемы развития строительного комплекса региона. Наука. Практика. Образование : материалы IV Рос. науч.-техн. конф. с междунар. участием, Волгоград – Михайловка, 17-18 мая 2011 г. Волгоград : Изд-во ВолгГАСУ, 2011. С. 216–220.

**УСАДСКИЙ ДЕНИС ГЕННАДИЕВИЧ**

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СХЕМ АВТОНОМНЫХ  
ИСТОЧНИКОВ ТЕПЛОТЫ В СИСТЕМАХ ОТОПЛЕНИЯ  
И ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ**

05.23.03 – Теплоснабжение, вентиляция,  
кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Подписано в печать 28.12.2011 года. Формат 60×84 1/16. Печать трафаретная.  
Бумага офсетная. Усл. печ. л. 1,0. Уч.-изд. л. 1,0. Тираж 100 экз. Печ. л. 1,0. Заказ № 26

Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет  
Сектор оперативной полиграфии ЦИТ  
400074, Волгоград, ул. Академическая, 1