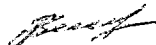


На правах рукописи



КОРЗИН Владимир Викторович

**СТРУЙНАЯ СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ
ГАЗОВЫХ СРЕД**

05.11.16 – Информационно-измерительные и управляющие системы
(в машиностроении)

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

3 МАЙ 2012

Волгоград - 2012



005016430

Работа выполнена на кафедре «Автоматика, электроника и вычислительная техника» в Волжском политехническом институте (филиале) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Волгоградский государственный технический университет».

Научный руководитель

доктор технических наук, профессор
Гольцов Анатолий Сергеевич.

Официальные оппоненты:

Шевчук Валерий Петрович,
доктор технических наук, профессор,
филиал ФГБОУ ВПО «Националь-
ный исследовательский университет
(МЭИ)» в г. Волжском, заведующий
кафедрой «Автоматизация техноло-
гических процессов и производств»;

Матюшков Василий Викторович,
кандидат технических наук,
ООО «АПК-Сити», директор.

Ведущая организация

ФГБУН «Институт проблем управ-
ления им. В.А. Трапезникова РАН».

Защита состоится «24» мая 2012 г. в 12⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 212.028.05 при Волгоградском государственном техническом университете по адресу: 400005, г. Волгоград, пр. Ленина, 28, ауд. 210.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Волгоградского государственного технического университета.

Автореферат разослан «23» апреля 2012 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Авдеюк Оксана Алексеевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ*

Актуальность исследования. Качество и уровень автоматизации производственных процессов в большой степени зависит от уровня развития преобразователей информации, а качество последних, в свою очередь, определяется развитием методов и средств измерений технологических параметров. Во многих случаях измеряемым параметром является температура газа.

Для измерения температуры газовых потоков до 160 °С в настоящее время широко применяются термоэлектрические преобразователи и термометры сопротивления. Эти датчики имеют линейную характеристику в своем диапазоне измерения и электрический выходной сигнал, позволяющий использовать их в системах микропроцессорного управления. Однако для защиты от механических повреждения чувствительные элементы этих приборов помещаются в защитные металлические чехлы, то есть непосредственно измеряется температура чехла, нагретого газовым потоком, температура защитного чехла изменяется с меньшей скоростью, чем температура измеряемой среды. В лучшем случае, инерционность термопреобразователей сопротивления составляет 15 – 20 секунд. Кроме того, для удобства обслуживания термопреобразователи сопротивления и термопары помещаются в герметичную бобышку, свариваемую внутрь трубопровода, а это дополнительно увеличивает инерционность отклика, как минимум, до 1 – 2 минут.

Для потоков газа с быстроизменяющейся температурой это представляет существенную задержку получения точной информации. Использование же термометров сопротивления и термопар с открытыми чувствительными элементами в потоках с высоким давлением невозможно. В условиях наличия электромагнитных и радиационных полей использование термопар и термометров сопротивления сопровождается дополнительными существенными погрешностями.

Существующие на данный момент струйные системы измерения температуры обладают высоким быстродействием, взрыво- и пожаробезопасностью, нечувствительностью к электромагнитным и радиационным полям, простотой конструкции и высокой надежностью, однако их недостатком является довольно высокая погрешность измерения, порядка 5...10%. Повышение точности осложняется отсутствием завершеного теоретического описания рабочего процесса струйных систем измерения температуры.

Струйные системы измерения имеют большие перспективы совершенствования в плане сопряжения с электронными цифровыми системами обработки данных.

Вышеизложенное определяет целесообразность и актуальность проведения исследований, направленных на повышение точности струйных систем измерения температуры, совершенствования струйной системы измерения температуры с использованием цифровой обработки данных, а также на создание простых и надёжных измерителей температуры для работы в условиях электромагнитных и радиационных полей.

* Автор выражает огромную благодарность д.т.н., профессору Чаплыгину Эдуарду Ивановичу за неоценимую помощь в работе над диссертацией.

Работа выполнена в ходе НИР кафедры «Автоматика, электроника и вычислительная техника» по теме «Анализ и синтез систем оптимального управления технологическими процессами».

Исследованию и разработке устройств струйной техники посвящены работы Л.А. Залмансона, Э.И. Чаплыгина, С.Л. Трескунова, И.В. Лебедева, А.М. Касимова, А.В. Рехтена, Симбирского Д.Ф. и многих других. Опыт разработки струйных измерителей температуры накоплен в научных коллективах Института проблем управления (ИПУ РАН), Государственном научно-исследовательском институте теплоэнергетического приборостроения (НИИТеплоприбор), институте атомной энергии им. И.В. Курчатова, Харьковском авиационном институте и других.

Целью работы является повышение точности и быстродействия струйных систем измерения температуры газовых сред, пригодных для работы в пожаро- и взрывоопасных условиях, а также в условиях электромагнитных и радиационных полей.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить **следующие задачи**:

1. Провести сравнительный анализ известных струйных систем измерения температуры для обоснованного выбора принципа действия преобразователя с наилучшими потенциальными возможностями.
2. Разработать математические модели элементов струйной системы измерения температуры.
3. Провести экспериментальные исследования для подтверждения адекватности предложенных математических моделей.
4. Разработать метод определения температуры с помощью струйной системы измерения.
5. Разработать струйные системы измерения температуры, использующие предложенные математические модели.

Методы исследования. При решении поставленных задач использовались методы аэродинамики, теория планирования эксперимента, информационно-статистическая теория измерений, методы физического моделирования, методы статистической обработки результатов.

Достоверность исследования. Обобщения, выводы и рекомендации диссертационной работы основаны на анализе теоретических и экспериментальных данных полученных с применением классических методов математической физики и с использованием современной вычислительной и регистрирующей аппаратуры.

Расчет параметров струйной системы измерения температуры и обработка полученных результатов осуществлялись с помощью прикладного пакета «Matcad».

В работе получены результаты, отличающиеся **научной новизной**:

1. Разработана математическая модель струйно-частотного преобразователя температуры потока газа, отличающаяся тем, что в ней используется аналитическая зависимость частоты колебаний выходного сигнала струйного генератора от температуры и учтена нелинейная зависимость вязкости от температуры.
2. Разработан струйный преобразователь температуры для информационно-измерительных и управляющих систем, отличающийся импульсным способом подачи измеряемой среды, защищенный патентом РФ на изобретение № 2248541.
3. Разработано струйное дифференцирующее устройство для системы регулирования температуры газа, отличающееся расширенным диапазоном

регулирования величины выходного сигнала, защищенное патентом РФ на полезную модель № 88465.

4. Разработан струйный генератор импульсов потока газа для системы измерения температуры газа, отличающийся тем, что позволяет задавать различные частоты генерации импульсов, защищенный патентом РФ на полезную модель № 107830.

Практическая значимость работы.

1. Разработан метод определения температуры с помощью струйной системы измерения.

2. Разработана струйная система измерения температуры газовых сред, пригодная для применения в пожаро- и взрывоопасных условиях, а также в условиях электромагнитных и радиационных полей.

3. Для струйных систем измерения температуры разработаны струйный импульсный преобразователь температуры, струйное дифференцирующее устройство, струйный генератор импульсов.

4. Разработан и внедрен в учебный процесс стенд, демонстрирующий работу системы контроля наличия пламени с помощью струйного газодинамического преобразователя температуры.

5. Разработан и внедрен в учебный процесс экспериментальный стенд для исследования элементов струйных систем измерения, который используется при выполнении бакалаврских, магистерских и научно-исследовательских работ.

Реализация работы. Результаты диссертационной работы используются в Волжском политехническом институте на кафедре «Автоматика, электроника и вычислительная техника» в госбюджетной НИР по теме «Анализ и синтез систем оптимального управления технологическими процессами» и в учебном процессе в курсах дисциплин «Гидравлика и гидропневмоавтоматика», «Технические средства автоматизации», а также при выполнении научно-исследовательских и выпускных работ.

Положения, выносимые на защиту:

1. Математическая модель струйной системы измерения температуры, позволяющая более точно описать процессы, происходящие в системе измерения и за счет этого повысить точность системы измерений, пригодной для использования в пожаро- и взрывоопасных условиях, а также в условиях электромагнитных и радиационных полей.

2. Метод определения температуры с помощью струйной системы измерения газовых сред, использующий предложенную математическую модель.

3. Струйная система измерения температуры газовых сред, реализующая предложенный метод определения температуры.

Соответствие паспорту специальности.

Указанная область исследования соответствует паспорту специальности 05.11.16 – «Информационно-измерительные и управляющие системы (по областям)», а именно: пункту 1 – «Научное обоснование перспективных информационно-измерительных и управляющих систем, систем их контроля, испытаний и метрологического обеспечения, повышение эффективности существующих систем»; пункту 6 – «Исследование возможностей и путей совершенствования существующих и создания новых элементов, частей, образцов информационно-измерительных и управляющих систем, улучшение их

технических, эксплуатационных, экономических и эргономических характеристик, разработка новых принципов построения и технических решений».

Апробация работы. Основные положения диссертации докладывались на 17 конференциях, из которых 4 – международные: Международная конференция «Актуальные проблемы конструкторско-технологического обеспечения машиностроительного производства» (г. Волгоград, 2003), XX Международная научная конференция «Математические методы в технике и технологиях» (г. Ярославль, 2007), III Международная научно-практическая конференция «Исследование, разработка и применение высоких технологий в промышленности» (г. Санкт-Петербург, 2007), XI Международная научно-практическая конференция «Исследование, разработка и применение высоких технологий в промышленности» (г. Санкт-Петербург, 2011).

Личный вклад автора. Личное участие Корзина В.В. в получении результатов, изложенных в диссертации, состояло в разработке математических моделей питающего, приемного каналов и свободного потока струи газодинамического преобразователя; математической модели газодинамического преобразователя; математической модели струйно-частотного преобразователя температуры; метода определения температуры газового потока с помощью струйной системы измерения; в получении и анализе результатов исследования струйной системы измерения температуры газовых сред.

В работах, опубликованных в соавторстве и приведенных в конце автореферата лично соискателю принадлежит:

[1,7,9,19,20,24] – обоснование и экспериментальные испытания импульсного режима работы преобразователя температуры; [2,3,27] – анализ рабочего процесса в камере струйного генератора; [4,5,8,12,13,14,15,16,17,18,19,25] – анализ и экспериментальные исследования рабочего процесса струйного преобразователя температуры; [6,9,10,11] – экспериментальные испытания разработанных устройств; [2,23,24] – разработка математической модели питающего канала струйного преобразователя температуры; [26] – разработка конструкции лабораторного стенда.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 28 печатных работ, из которых 9 – в изданиях по списку ВАК и 3 – патенты РФ.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка используемых источников из 229 наименования и приложения. Общий объем диссертации: 122 стр.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность исследования, сформулированы цель и задачи диссертационной работы, сформулированы положения выносимые на защиту.

В первой главе проведен обзор и предложена классификация существующих систем измерения температуры, выполнен анализ пневматических систем измерения температуры, в том числе дроссельных и струйных.

Известно, что на качество проведения технологических процессов большое влияние оказывает точное измерение температуры газовых сред с минимальным запаздыванием. Показано, что практически полным отсутствием запаздывания

обладают струйные измерители температуры, которые к тому же могут использоваться в пожаро- и взрывоопасных условиях, а также в условиях высоких электромагнитных и радиационных полей. Наиболее перспективным является струйно-частотный метод измерения, в связи с чем, проведен анализ существующих струйных генераторов частотного сигнала.

При сушке в сушильных камерах покрасочных производств качество продукта зависит от параметров, при которых происходит процесс, одним из таких параметров является температура. При измерении температуры в сушильных камерах покрасочных производств и в хлебопекарных печах с температурами до 160 °С могут использоваться струйно-электронные системы измерения температуры, измерение в которых может осуществляться за счет создания потока побудителями расхода.

Также струйные системы измерения температуры могут использоваться в устройствах кондиционирования воздуха.

С учетом вышеизложенного, для измерения температуры газовых потоков в условиях электромагнитных и радиационных полей, а также для измерения быстроизменяющихся температур газовых потоков имеющих диапазон изменения температуры 20 – 160 °С предлагается использовать струйную систему измерения температуры, включающую в себя струйно-частотный преобразователь, пневмоэлектропреобразователь, измерители давления, перепада и частоты, а также электронный блок обработки сигнала.

Во второй главе диссертации предложена структурная схема струйной системы измерения температуры потока газа, представленная на рис.1.

Газодинамический преобразователь 1 имеет питающий канал, формирующий в рабочей камере ламинарную струю, поступающую в приемный ламинарный канал и далее в струйный генератор частоты 2. Частота сигнала определяется измерителем частоты 5. В системе измеряются и преобразуются в электрические сигналы давление потока и перепад давления на датчики соответственно преобразователями 3 и 4. Эти сигналы поступают на вход электронного вычислительного блока ЭВБ, в котором осуществляется вычисление значения текущей температуры. Вычисленное значение температуры отображается на устройстве отображения информации УОИ и передается в архив или в систему регулирования.

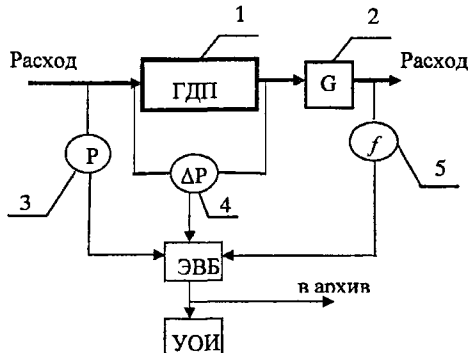


Рисунок 1 – Структурная схема струйной системы измерения температуры

Разработаны математические модели газодинамического преобразователя температуры, струйного генератора и струйной системы измерения температуры. Для этого составлены схема струи в рабочей камере струйного газодинамического преобразователя температуры, представленная на рис. 2 и схема струйного генератора (рис. 3).

Исходными уравнениями для вывода математической модели струйной системы измерения температуры потока газа являются:

$$\text{- уравнение количества движения: } Z_0 + \frac{p_0}{\rho g} + \frac{v_0^2}{2g} = Z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} + p_{\Sigma};$$

$$\text{- уравнение состояния газа: } \frac{p}{\rho} = RT / M;$$

$$\text{- уравнение Сатерленда: } \mu = \mu_0 \frac{273 + C}{T + C} \left(\frac{T}{273} \right)^{\frac{3}{2}}.$$

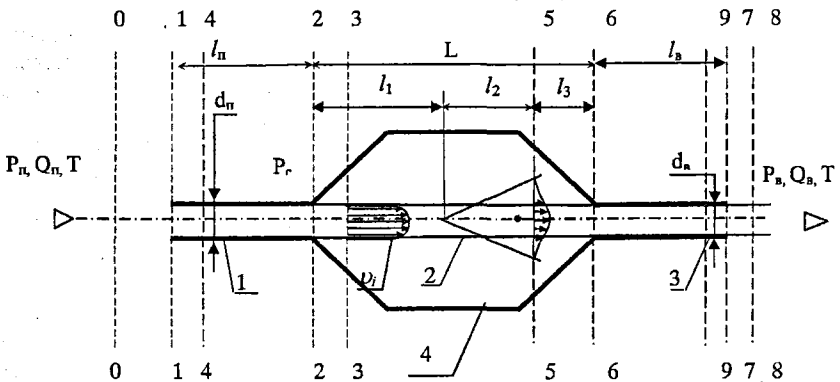


Рисунок 2 - Схема струи в рабочей камере газодинамического преобразователя

По физической модели течения струи струи в рабочей камере газодинамического преобразователя (ГДП) составлены математические модели питающего (1) и приемного (2) каналов, а также свободного участка струи (3), которые сведены в математическую модель всего ГДП (4)

$$\Delta p_1 = \alpha \frac{\rho v_1^2}{2} (\zeta_{\text{вых}} - \zeta_{\text{вх}}) + \frac{32 \mu_1 v_1}{d_1^2}, \quad (1)$$

$$\Delta p_2 = \alpha \frac{\rho v_2^2}{2} (\zeta_{\text{вых}} - \zeta_{\text{вх}}) + \frac{32 \mu_2 v_2}{d_2^2}, \quad (2)$$

$$\Delta p_{\text{срп}} = \Delta p_n + \Delta p_k = \alpha \frac{\rho v_n^2}{2} (1 - \zeta_{\text{вых}}) + \alpha \frac{\rho v_k^2}{2} (\zeta_{\text{вх}} - 1), \quad (3)$$

$$\Delta p = \frac{k_3 p M Q (Q + k_0 v)}{T}, \quad (4)$$

где T - температура потока газа;

p – давление потока;

Q – расход потока;

$\Delta p_1, \Delta p_2, \Delta p_{стр}, \Delta p$ – перепады давления на питающем, приемном каналах, на свободном участке струи и на всем ГДП соответственно;

α – коэффициент, учитывающий неравномерность распределения скоростей по сечению канала;

ρ, μ, ν, ν – плотность, динамическая и кинематическая вязкость и скорость потока соответственно;

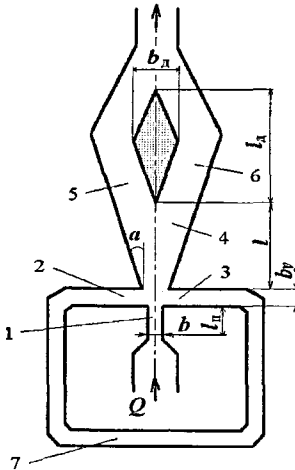
l_1, d_1 – длины и диаметры питающего и приемного каналов;

$\zeta_{вх}, \zeta_{вых}$ – коэффициенты сопротивления потока рабочей среды на входе и выходе каналов соответственно;

k_0, k_3 – коэффициенты, зависящие от геометрических размеров ГДП:

$$k_0 = 10,67 \cdot l; \quad k_3 = \frac{7,64}{\pi R d^4} \cdot \nu = \mu_0 \frac{273 + C}{T + C} \left(\frac{T}{273} \right)^{\frac{3}{2}} \cdot \frac{RT}{pM},$$

R – универсальная газовая постоянная.



1 – канал питания;

2,3 – управляющие каналы;

4 – рабочая камера;

5,6 – выходные каналы;

7 – канал обратной связи.

Рисунок 3 - Струйный генератор с аэродинамической обратной связью.

Математическая модель струйного генератора получена из основных уравнений газодинамики с учетом особенностей конструкции струйного генератора:

$$Q = f / \left(d_{св} \left(1 - \sqrt{\frac{\nu}{\pi f d_{св}^2}} \right) \frac{1}{2l_2 \sqrt{2\pi h^3 b b_y l_{св}}} \right), \quad (5)$$

где f – частота колебаний на выходе струйного генератора;

Q – расход потока;

h, b – высота и ширина канала питания генератора;

b_y – ширина управляющих каналов;

d_{cb}, l_{cb}, l_2 – диаметр и длина каналов обратных связей и рабочей камеры генератора.

Поскольку расход газа, протекающий через ГДП и струйный генератор имеет одно и то же значение, то выразив из уравнений (4) и (5) расход и приравняв их получим математическую модель системы измерения температуры потока газа, связывающую температуру потока газа с частотой колебаний струйного генератора, которая выносится на защиту:

$$T = \frac{f \cdot k_1 \cdot k_3 \cdot pM \cdot F}{\Delta p} - 273,15, \quad (6)$$

где T – температура, °C;

f – частота, Гц;

p – давление потока, Па;

Δp – перепад давления на ГДП, Па;

$$F = \frac{F_2}{F_1}; \quad (7)$$

$$F_1 = \left(1 - \sqrt{\frac{\nu}{k_2 \cdot f}} \right) - \text{комплекс 1}; \quad (8)$$

$$F_2 = \frac{k_1 \cdot f}{F_1} + k_0 \cdot \nu - \text{комплекс 2}; \quad (9)$$

k_1, k_2 , – коэффициенты, зависящие от геометрических размеров генератора:

$$k_1 = \frac{2l_2 \sqrt{2\pi h^3 b b_y l_{cb}}}{d_{cb}}, \quad k_2 = \pi d_{cb}^2$$

Струйный частотный выходной сигнал от генератора преобразуется в электрический с помощью пьезоэлемента.

Таким образом, разработана математическая модель системы измерения температуры (6), учитывающая изменение кинетической энергии потока, а также влияние зависимости вязкости газовой среды от температуры.

В третьей главе описана разработанная экспериментальная установка, представленная на рис. 4, приведены результаты экспериментальных данных.

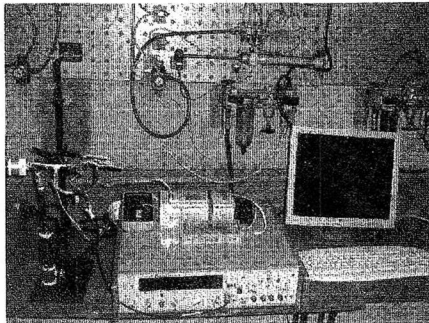


Рисунок 4 – Экспериментальная установка

Исследован ГДП и получены его статические характеристики, приведенные на рис. 5, 6. Полученные зависимость перепада давления от температуры и зависимость расхода от температуры (обозначены синими точками) хорошо согласуются с характеристиками, рассчитанными по формуле (4).

Экспериментально исследован струйный генератор и получена зависимость его частоты от расхода, приведенная на рис. 7.

Разработан метод определения температуры газового потока с помощью струйной системы измерения. Данный метод определения температуры выносятся на защиту.

Исследована струйная система измерения температуры и получена связь экспериментальных и вычисленных значений температуры с частотой колебаний струйного генератора, приведенная на рис. 8 (синими точками обозначенные экспериментальные данные, красная прямая – результат вычисления по разработанной математической модели (6)).

Проведен статистический анализ полной, инструментальной и приведенной погрешностей. Результаты анализа приведены на рис. 9 – 10.

Таким образом, в диапазоне измерений от 20 до 160 °С полная относительная погрешность составляет 2,6%, инструментальная относительная погрешность составляет 2,0% и методическая погрешность составляет 0,6%. Это позволяет сделать вывод о том, что с помощью разработанной математической модели можно выполнить расчеты элементов системы, обеспечивающие такую точность.

В четвертой главе приведены системы измерения температуры, использующие разработанную математическую модель, защищенные патентами на изобретение и на полезные модели и выносятся на защиту.

В заключении приводятся основные результаты, полученные в работе.

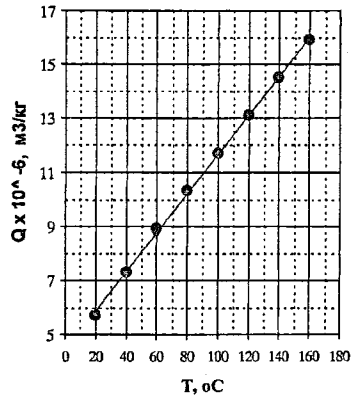
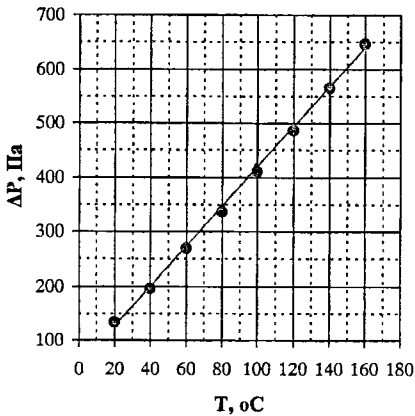


Рисунок 6 - Зависимость расхода от температуры

Рисунок 5 - Зависимость перепада давления на ГДП от температуры.

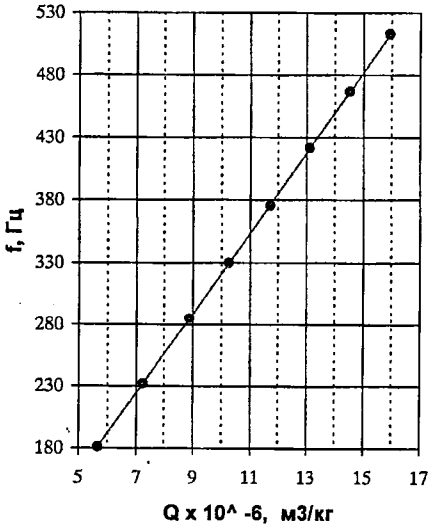


Рисунок 7 - Зависимость частоты струйного генератора от расхода

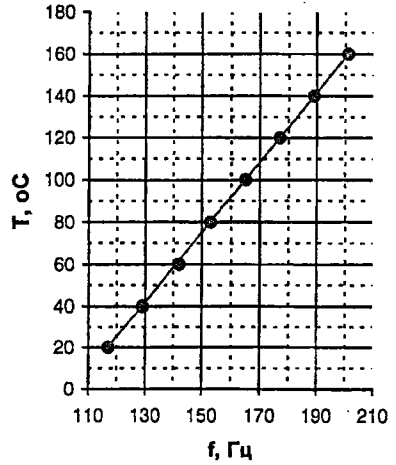


Рисунок 8 - Связь экспериментальных и вычисленных значений температуры с частотой колебаний генератора

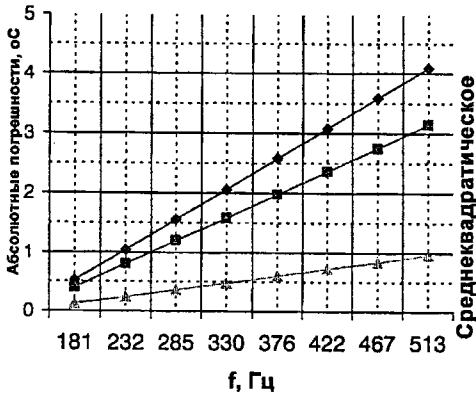


Рисунок 9 - Полная, инструментальная и методическая абсолютные погрешности на разных частотах

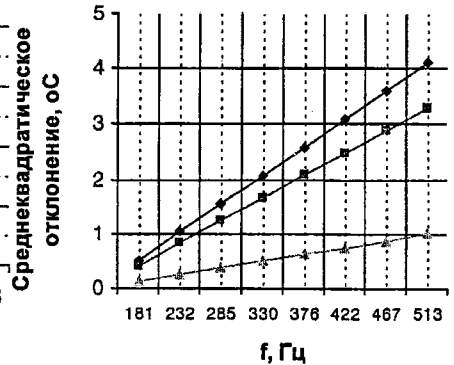


Рисунок 10 - Среднеквадратические отклонения полной, инструментальной и методической абсолютных погрешностей на разных частотах

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

На основании проведенных в диссертационной работе исследований получены следующие основные результаты и выводы.

1. Проведен сравнительный анализ методов и средств измерения температуры. На основе этого анализа выбран струйно-частотный преобразователь температуры, обладающий потенциальными возможностями для совершенствования.

2. Разработана структурная схема системы измерения температуры потока газа. Система измерения включает в себя ГДП, струйный генератор, измерители давления, перепада, частоты, электронный вычислительный блок и устройство отображения информации. Измеренные значения параметров пересчитываются в вычислительном блоке в значение текущей температуры согласно разработанному алгоритму.

3. Разработаны математические модели элементов струйной системы измерения температуры. Математическая модель ГДП описывает зависимость перепада давления на ГДП от измеряемой температуры, давления, расхода и вязкости потока газа. Математическая модель струйного генератора описывает влияние расхода на частоту генерации, также с учетом вязкости газового потока.

4. Разработана математическая модель струйной системы измерения температуры потока газа, связывающая между собой температуру потока и частоту колебаний струйного генератора. На основе данной математической модели разработаны метод определения температуры газового потока с помощью струйной системы измерения и алгоритм работы электронного вычислительного блока.

5. Разработана экспериментальная установка и методика исследований. Экспериментально подтверждена адекватность разработанной математической модели системы измерения. Проведен статистический анализ результатов экспериментального исследования струйной системы измерения температуры. По результатам анализа в диапазоне температуры от 20 до 160 °С полная относительная погрешность составляет 2,6%, инструментальная относительная погрешность составляет 2,0%, методическая относительная погрешность составляет 0,6%.

6. На основе полученных моделей предложены метод и алгоритм определения температуры с помощью струйной системы измерения. С использованием данного метода и алгоритма в электронном вычислительном блоке осуществляется вычисление значения текущей температуры. Значение температуры выводится на устройство отображения информации и передается в архив или в систему управления.

7. Разработаны струйные системы измерения температуры, использующие предложенные математические модели. Предложена струйная система контроля наличия пламени в газовых горелках, обеспечивающая отключение подачи газа в горелку при погасании пламени.

Основные результаты исследования отражены в следующих публикациях:

Статья в журналах, рекомендованных ВАК РФ

1. Корзин, В.В. Повышение стабильности работы струйных термопреобразователей. / Э.И. Чаплыгин, Е.А. Дьячков, В.А. Горюнов, В.В. Корзин // Датчики и системы \ Sensors & Systems. – 2003. – № 10. – С. 31-33.

2 Корзин, В.В. Математическая модель струйного расходомера. / Э.И. Чаплыгин, Ю.В. Земсков, В.В. Корзин // Журнал технической физики. – 2004. – том 74, вып. 6. – С. 16-19.

3. Korzin, V.V., Mathematical model of a fluid flowmeter. / E.I. Chaplygin, Yu.V. Zemskov, V.V. Korzin // Technical Physics. – 2004. – Volume 49, Number 6.

4. Корзин, В.В. Теоретический анализ рабочего процесса струйного импульсного преобразователя температуры. / В.В. Корзин // Изв. ВолгГТУ. Сер. «Прогрессивные технологии в машиностроении». Вып. 3: межвуз. сб. науч. ст. / ВолгГТУ. – Волгоград, 2007. – № 4. – С. 46-47.

5. Корзин, В.В. Экспериментальные исследования струйного импульсного преобразователя температуры. / В.В. Корзин // Изв. ВолгГТУ. Сер. «Прогрессивные технологии в машиностроении». Вып. 3: межвуз. сб. науч. ст. / ВолгГТУ. – Волгоград, 2007. – № 4. – С. 47-49.

6. Корзин, В.В. Организация обратных связей в пневматических системах управления. / Э.И. Чаплыгин, Е.А. Дьячков, В.А. Горюнов, В.В. Корзин // Датчики и системы \ Sensors & Systems. – 2008. – № 5. – С. 27-29.

7. Корзин, В.В. Струйные преобразователи температуры повышенной стабильности. / В.В. Корзин, Э.И. Чаплыгин, В.А. Горюнов // Изв. ВолгГТУ. Сер. «Прогрессивные технологии в машиностроении». Вып. 5: межвуз. сб. науч. ст. / ВолгГТУ. – Волгоград, 2009. – № 8. – С. 98-100.

8. Корзин, В.В. Исследование динамических характеристик аэродинамического измерителя температуры. / В.А. Горюнов, В.В. Корзин, Ю.Г. Бурков // Изв. ВолгГТУ. Сер. «Прогрессивные технологии в машиностроении». Вып. 6: межвуз. сб. науч. ст. / ВолгГТУ. – Волгоград, 2010. – № 12 – С. 75 – 77.

9. Корзин В.В. Измерение расхода и температуры струйным измерителем. / Корзин В.В., Горюнов В.А., Бурков Ю.Г. // Изв. ВолгГТУ. Сер. «Прогрессивные технологии в машиностроении». Вып. 7: межвуз. сб. науч. ст. / ВолгГТУ. – Волгоград, 2011. – № 13 – С. 77 – 79.

Патенты на изобретение и полезные модели

10. Корзин, В.В. Пат. RU 2248541 С1, МПК 7 G 01 K 13/02, F 15 C 1/08. Струйный импульсный датчик температуры. / Чаплыгин Э.И., Дьячков Е.А., Горюнов В.А., Корзин В.В. – Оpubл. 20.03.05, Бюл. № 8.

11. Корзин, В.В. Пат. RU 88465 U1 МПК G06G 5/00. Струйное дифференцирующее устройство. / Чаплыгин Э.И., Горюнов В.А., Корзин В.В. – Оpubл. 10.11.09, Бюл. № 31.

12. Корзин, В.В. Пат. RU 107830 U1, МПК F15B21/12. Струйный генератор импульсов. / Горюнов В.А., Корзин В.В. – Оpubл. 27.08.11.

**Статьи в журналах, тезисы докладов в материалах
и сборниках трудов научных конференций**

13. Корзин, В.В. Аэродинамические преобразователи температуры. / В.В. Корзин, Э.И. Чаплыгин // Тез. докл. V Межвузовской научно-практической конференции молодых ученых и студентов, Волжский, 25-27.05.99 / Изд. ВолгГТУ. – Волгоград, 2000. – С. 29.
14. Корзин, В.В. Струйные преобразователи температуры. / В.В. Корзин // Научно-технические и экологические проблемы г.Волжского: тез. докл. Межвузовской конференции по региональной научно-технической программе, Волжский, 23-24.11.99/Изд. ВолгГТУ. – Волгоград, 1999. – С. 8.
15. Корзин, В.В. Аэродинамические преобразователи температуры. / В.В. Корзин // Сб. матер. Научно-практической конференции «Философия жизни волжан», Волжский, весна 2000 г. / Изд. – Волжский филиал МЭИ (ТУ). – Волжский, 2000. – С. 77.
16. Корзин, В.В. Аэродинамический метод контроля параметров. / Чаплыгин, Э.И, Корзин В.В., Мелехов Д.Б. ВолгГТУ 2001.
17. Корзин, В.В. Проблемы разработки струйных систем контроля температуры. / В.В. Корзин, Э.И. Чаплыгин // Тез. докл. VII Межвузовской научно-практической конференции молодых ученых и студентов, Волжский, 2001 / Изд. ВолгГТУ. – Волгоград, 2001. – С..
18. Корзин, В.В. Исследование аэромеханических параметров турбулентных преобразователей. / В.В. Корзин, Э.И. Чаплыгин// Материалы I Конференции профессорско-преподавательского состава г.Волжского. ВолгГТУ, 2001.
19. Корзин, В.В. Проблемы исследования параметров турбулентных преобразователей. Тезисы докладов докладов VIII Межвузовской научно-практической конференции молодых ученых и студентов. ВолгГТУ, 2002.
20. Корзин, В.В. Разработка преобразователей физических величин. / В.А. Горюнов, Е.А. Дьячков, В.В. Корзин, С.Г. Телица, Э.И. Чаплыгин. // Материалы международной конференции «Актуальные проблемы конструкторско-технологического обеспечения машиностроительного производства», Волгоград, 16-19 сентября 2003, РПК «Политехник». – Волгоград, 2003. – С. 214-215.
21. Корзин, В.В. Импульсный струйный термопневмопреобразователь повышенной стабильности. / Э.И. Чаплыгин, Е.А. Дьячков, В.А. Горюнов, В.В. Корзин. // Изв. ВолгГТУ. Сер. «Автоматизация технологических процессов в машиностроении». Вып. 1: межвуз. сб. науч. ст. / ВолгГТУ. – Волгоград, 2004. – № 1. – С. 19-22.
22. Корзин, В.В. / Математическая модель питающего канала аэродинамического преобразователя температуры. // В.В. Корзин / Сб. материалов V н.-пр. конф. проф.-препод. состава ВПИ (филиала) ВолгГТУ, Волжский, 27.01.2006. / ВПИ (филиал) ВолгГТУ. – Волжский, 2006, [Электронный ресурс]. URL: http://www.volpi.ru/science/science_conference/5npps/index.php#vaevt (дата обращения 26.04.11). С. 102-103.
23. Корзин, В.В. Аэродинамический измеритель температуры. / Корзин В.В., Чаплыгин Э.И., Горюнов В.А. // Высокие технологии, фундаментальные и прикладные исследования, образование: сб. трудов III Международной науч.-

практ. конф. «Исследование, разработка и применение высоких технологий в промышленности», С-Пб, 14-17.03.2007 / Изд. Политехнического университета. – С-Пб., 2007. – Т. 8, С. – 66-67.

24. Корзин, В.В. Механико-математическая модель аэродинамического преобразователя температуры. / Корзин В.В., Чаплыгин Э.И., Горюнов В.А. // Сб. Математические методы в технике и технологиях. Ярославль, 2007.

25. Корзин В.В. Механико-математическая модель рабочего процесса аэродинамического преобразователя температуры. / В.В. Корзин // Сб. материалов VII Н.-пр. конф. проф.-препод. состава ВПИ (филиала) ВолгГТУ, Волжский, 30-31.01.2008. / ВПИ (филиал) ВолгГТУ. – Волжский, 2008, [Электронный ресурс]. URL: http://www.volpi.ru/science/science_conference/science_conference_archive/ (дата обращения: 26.04.11).

26. Корзин В.В. Характеристики аэродинамических преобразователей. / В.В. Корзин // Сб. материалов IX н.-пр. конф. проф.-препод. состава ВПИ (филиала) ВолгГТУ, Волжский, 29-30.01.2010. / ВПИ (филиал) ВолгГТУ. – Волжский, 2010, [Электронный ресурс]. URL: http://www.volpi.ru/science/science_conference/science_conference_archive/ (дата обращения: 26.04.11).

27. Корзин В.В. Лабораторный стенд для исследования характеристик струйных элементов. / В.В. Корзин // Сб. материалов X н.-пр. конф. проф.-препод. состава ВПИ (филиала) ВолгГТУ, Волжский, 27-28.01.2011. / ВПИ (филиал) ВолгГТУ. – Волжский, 2011, [Электронный ресурс]. URL: http://www.volpi.ru/science/science_conference/science_conference_archive/ (дата обращения: 26.04.11).

28. Корзин В.В. Струйный измеритель расхода и температуры. /Корзин В.В., Бурков Ю.Г., Горюнов В.А., Казакова Л.Г., Кудряков Т.Ш. // Высокие технологии, образование, промышленность: сб. статей XI Международной науч.-практ. конф. «Фундаментальные и прикладные исследования, разработка и применение высоких технологий в промышленности», С-Пб, 27-29 апреля 2011. / Изд. Политехнического университета. – С-Пб., 2011. – Т. 1, С. – 381 – 382.

Подписано в печать 19.04.2012 г. Заказ № 279. Тираж 100 экз. Печ. л. 1,0.
Формат 60 х 84 1/16. Бумага офсетная. Печать офсетная.

Отпечатано в типографии ИУНЛ
Волгоградского государственного технического университета.
400005, Волгоград, просп. им. В.И. Ленина, 28, корп. №7.