

УДК 697. 34; 621.9

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕЙ

Швецов И.В., Дараселия Н.В., Попсуй С.П.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого», Великий Новгород, Россия (173003, г. Великий Новгород, ул. Большая Санкт-Петербургская, 41), siv-62@mail.ru

Поддержание нормальной температуры в жилых помещениях или на промышленных предприятиях необходимо для нормального жизнеобеспечения человека. В быту и на производстве используют устройства для повышения температуры. В настоящее время наиболее распространены способы повышения температуры с помощью различных нагревательных приборов. Основным недостатком этих устройств является необходимость использования нагревательных элементов, таких как спирали или инфракрасные излучатели, которые повышают расход электрической энергии. Задачей, которая ставилась авторами, является снижение энергетических затрат путем применения энергоэффективной энергосберегающей технологии за счет использования повышающих температуру элементов при уменьшении количества электрических агрегатов. Для решения поставленной задачи повышения температуры теплоносителей разработан способ и устройство повышения температуры теплоносителей за счет применения в конструкции прибора повышающего температуру элемента.

Ключевые слова: температура, теплоносители, устройство.

ENERGY-EFFICIENT SYSTEMS TO IMPROVE THE TEMPERATURE OF THE CONTROL

Shvetsov I.V., Daraselia N.V., Popsui S.P.

Federal State-Funded Educational Institution of Higher Vocational Education "Yaroslav-the-Wise Novgorod State University" Novgorod State University after Yaroslav the Wise, Veliky Novgorod, Russia (173003, Veliky Novgorod, ul. Most of St. Petersburg, 41), siv-62@mail.ru

Maintaining normal temperature in residential areas or in industrial plants is necessary for normal human livelihoods. At home and at work using the device to increase the temperature. Currently, the most common ways to increase the temperature by means of different heat sources. The main drawback of these devices is the need for heating elements, such as a spiral or infrared emitters that increase consumption of electrical energy. The tasks given by the authors, is to reduce energy consumption through the use of energy-efficient energy-saving technologies through the use of raising the temperature of the elements in reducing the number of electrical units. To solve the problem of increasing temperature of the coolant, a method and apparatus for coolant temperature increase by the use of the device design increases the temperature of the element.

Key words: temperature, heat-carriers, the device.

Введение

Известно, что теплоносители представляют жидкое или газообразное вещество, которое используют в приборах или инженерных системах, служащих для передачи или распределения тепла в системах отопления зданий, холодильниках, кондиционерах, тепловых завесах и т.д. В настоящее время наиболее распространены способы повышения температуры с помощью различных нагревательных приборов. В быту и в производственных условиях используют устройства для повышения температуры с помощью теплонагревателей воздуха с прямым или непрямым нагревом, с помощью

мобильных и подвесных нагревателей воздуха и др. Основным недостатком этих устройств является необходимость использования нагревательных элементов, таких как спирали или инфракрасные излучатели, которые повышают расход электроэнергии. Понижение или повышение температуры теплоносителей в газовом или жидком виде является актуальным при решении многих вопросов, касающихся энергосбережения и энергоэффективности систем и отдельных установок. Это также является современной проблемой научного сообщества при создании энергоэффективных установок для повышения температуры теплоносителей.

Во многих работах описан вихревой эффект для увеличения температуры, например, в [1–3]. Вихревое охлаждение впервые было предложено французским инженером Ж.Ж. Ранком в 1933 г. Французский инженер-металлург Жорж Жозеф Ранк (Ranque G.) первым провел экспериментальное исследование пылеотделителя-циклона и запатентовал первую вихревую трубу – устройство, использующее эффект «самопроизвольного» температурного разделения газоздушного вихря на холодный осевой и горячий периферийный потоки. Теоретические и экспериментальные исследования, разработка вихревых охлаждающих устройств до сих пор проводятся в исследовательских лабораториях.

Состояние вопроса

Проведен расширенный анализ устройств и способов повышения температуры на основе минимальных затрат человеческих и энергетических ресурсов. Задачей, которая поставлена авторами, является снижение энергозатрат путем применения энергоэффективной энергосберегающей технологии за счет применения температуроповышающих элементов и уменьшения количества электроагрегатов или их полное отсутствие. Для решения данной проблемы разработано устройство повышения температуры теплоносителей за счет применения в конструкциях прибора температуроповышающего элемента [4]. Поставленная цель и технический результат в снижении энергозатрат достигаются за счет применения температуроповышающих элементов из пористого или тканевого материала при прохождении через него сжатого воздуха. В настоящее время на основе нанотехнологий интенсивно развиваются новые методы производства многослойных материалов с заранее заданными потребительскими свойствами. В этом направлении создаются структуры, представляющие собой достаточно тонкие пленки и покрытия, нанесенные на материал подложки.

Устройство повышения температуры для энергосберегающей системы

Для решения поставленной задачи разработано устройство повышения температуры теплоносителей за счет применения в конструкциях прибора температуроповышающего элемента, реализующее соответствующий способ. Поставленная цель и технический результат в снижении энергозатрат достигаются за счет применения температуроповышающего элемента при использовании нагнетателя воздуха с электронагревателем низкого энергопотребления или без применения нагревательного прибора. До настоящего времени проведенный авторами информационный поиск и анализ литературных источников не дал возможность оценить и сравнить разработанное устройство повышения температуры теплоносителей за счет использования температуроповышающих элементов, с помощью которого реализуется соответствующий способ.

Схема конструкции устройства, реализующего способ, для повышения температуры теплоносителей в жилых или производственных помещениях с использованием температуроповышающего элемента представлена на рисунке 1. Работа устройства заключается в следующем. Теплоноситель через входной патрубок поступает в компрессор (вентилятор) 1. Под действием создавшегося давления теплоноситель подается на выход 2, где проходит через один или несколько температуроповышающих элементов 5, находящихся в корпусе 4 и, нагреваясь, подается на выход 2, затем в помещение. Результаты нагревания воздуха анализируются с помощью цифровых термометров 6. Относительные показания температуры термометров 6 различны. Так, температура термометра, находящегося на выходе корпуса, выше температуры термометра, находящегося на входе в корпус.

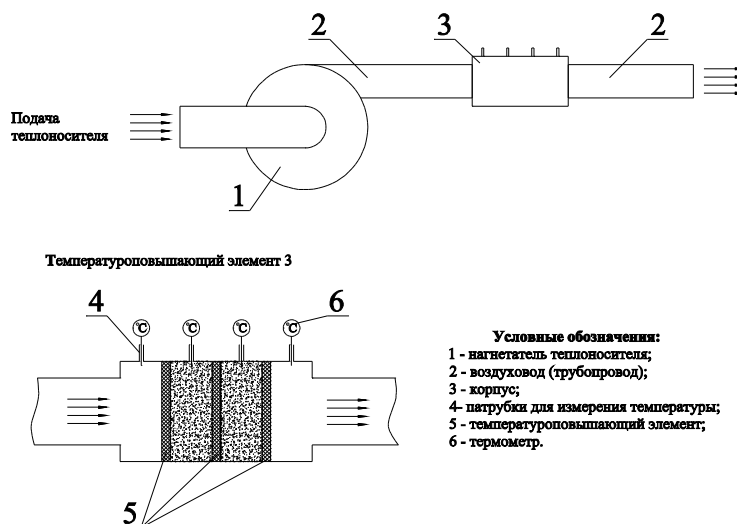


Рис. 1. Устройство для повышения температуры теплоносителей:

1 – нагнетатель; 2 – воздуховод (трубопровод); 3 – корпус; 4 – патрубки для измерения температуры; 5 – температуроповышающий элемент; 6 – термометр.

Предварительные эксперименты показали, что температура воздуха на выходе нагнетателя (компрессора, пылесоса и другое) с $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ увеличивается до $29\text{ }^{\circ}\text{C}$, при прохождении через пористый материал или ткань. Наиболее простым подтверждением работоспособности данного способа является направление потока воздуха ртом через температуроповышающий элемент в виде лоскута шерстяной ткани на медицинский термометр для измерения температуры тела. При средней температуре тела $36,6\text{ }^{\circ}\text{C}$, путем продувания воздуха через ткань на медицинский термометр, повышение температура увеличивается до $38\text{--}39\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Диффузия и теплообмен при повышении температуры теплоносителей

Для описания самого процесса повышения температуры за основу принимаем известные законы и положения диффузии и массопереноса. Процесс массопереноса газовой среды через температуроповышающие материалы не сопровождается ни пластическим деформированием, ни разрушением кристаллической решетки металла, поэтому разрыв атомно-молекулярных связей при наличии приложенных усилий воздушных потоков и увеличение избыточной энергии не происходит [5; 7; 8]. Пористость структуры используемого материала и трение молекул газовой среды о стенки пор способствует выделению тепловой энергии. В предлагаемой модели предполагается, что законы диффузии действуют так же, как и при других процессах. В связи с этим, не нарушая основной принцип модели массопереноса и диффузии, полагаем, что миграция

газовоздушных потоков в температуроповышающих материалах протекает согласно следующим положениям:

- законы диффузии газовой среды (воздуха) выполняются по всему пути движения и соответствуют классической теории;
- на состояние газовой среды (в данном случае увеличение температуры) оказывает влияние трение ее молекул со стенками материала и скорость прохождения молекул в «лабиринтах» пористого материала.

При свободной диффузии и наличии внешних сил основное уравнение диффузии в общем виде имеет вид [6; 10]:

$$\mathbf{J} = -\mathbf{D} \cdot \Delta \mathbf{N}; \quad (1)$$

$$\mathbf{J} = -\mathbf{D} \cdot \Delta \mathbf{N} + \mathbf{v}, \quad (2)$$

где \mathbf{J} , $\Delta \mathbf{N}$ и \mathbf{v} – векторы потока, градиента концентрации и средней скорости дрейфа диффузионных частиц;

\mathbf{D} – тензор второго ранга.

В соответствии с представлениями классической теории диффузии концентрация или приращение концентрации имеется в любой точке равномерно распределенного объема. Если начальная концентрация \mathbf{N} объема равномерна, то полное значение концентрации равно $\mathbf{N} + \Delta \mathbf{N}$, где $\Delta \mathbf{N}$ – приращение концентрации. Решение уравнения диффузии дает различные случаи распределения концентрации в объеме. При стабильных условиях коэффициент диффузии предполагается постоянным и изменяется в зависимости от температуры:

$$\mathbf{D} = \mathbf{D}_0 \exp(-A/RT), \quad (3)$$

где \mathbf{D}_0 – постоянная диффузии;

A – энергия активации;

$R = 8,314$ Дж/моль · К – газовая постоянная;

$T = \theta + 273,16$ °С – температура по абсолютной шкале Кельвина.

Зависимость коэффициента диффузии \mathbf{D} от температуры T приводит к нелинейным дифференциальным уравнениям и достаточно усложняет получение решения аналитическими методами. Для технических целей точность решения может быть достаточной, если выбирается среднее значение \mathbf{D}_0 и A в некотором диапазоне температур, характерном для рассматриваемого процесса [4]. Судить о том, насколько удачно постоянные коэффициенты характеризуют изменения расчетных значений, можно на основании сравнения опытных и расчетных данных коэффициентов диффузии и концентрации. При рассмотрении проблемы массопереноса и диффузии при

использовании температуроповышающих материалов необходимо выделить несколько основных моментов:

- описание механизма диффузии при внешнем воздействии путем трения со стенками пор применяемого материала. Данной проблеме в известных автору работах не уделено внимания, и поэтому не может быть какой-то единой точки зрения на эту проблему. В первом приближении для решения данной задачи можно применить математический формализм теории диффузии с учетом моделирования условий, создаваемых при повышении температуры теплоносителя газообразного вида;

- влияние внешнего воздействия на диффузию как процесс трения молекул газовой среды в виде трения внутри пор материала.

Рассмотрим диффузию в условиях внешнего воздействия, заключающегося в выделении тепловой энергии при повышении скорости потока газа и трении его молекул о стенки пористого температуроповышающего материала. Также происходит трение молекул газа между собой при повышении его концентрации внутри объема материала и увеличение длины пробега при увеличении скорости потока по всей длине материала и одновременном снижении площади сечения.

В настоящее время более доступно поддаются формализации процессы, проходящие при подобных процессах и описываемые с достаточной достоверностью детерминированными моделями. При формализованном описании ряда процессов исследователи испытывают значительные трудности, так как большинство факторов, определяющих динамику явлений и полученные результаты, являются случайными величинами, переменными во времени и пространстве. Создание общей модели процессов является сложным и громоздким, что, возможно, нецелесообразно. Поэтому возникает необходимость объединить часть связанных между собой процессов.

Решение уравнения диффузии принимает различный вид в зависимости от начальных и граничных условий. Этот случай обычно реализуется при исследовании диффузии атомов из газовой фазы или из нанесенного на поверхность образца толстого слоя, когда на границе образца в течение всего диффузионного отжига поддерживается постоянная концентрация примеси. В этом случае начальные и граничные условия следующие:

$$\begin{cases} N(0, \tau) = N_0; \\ N(z, 0) = 0. \end{cases} \quad (4)$$

Отсюда уравнение второго закона Фика имеет следующее решение:

$$N = N_0 \left[1 - \operatorname{erf} \left(\frac{z}{2\sqrt{D\tau}} \right) \right], \quad (5)$$

Тогда:

$$N = N_0 \operatorname{erfc} \left(\frac{z}{2\sqrt{D\tau}} \right), \quad (6)$$

где:

N_0 – начальная концентрация примесей в металле;

N – концентрация диффундирующих атомов;

Z – ширина диффундирующего слоя;

τ – время диффузии;

D – коэффициент диффузии;

erf – функция ошибок Гаусса, которая определяется выражением:

$$\operatorname{erf}U = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^u \exp(-v^2) dv. \quad (7)$$

Время диффузии τ атомов определяется периодом действия внешних сил, когда поток диффундирующих элементарных частиц наибольший. Ширина диффундирующего слоя определяется размером температуроповышающего элемента. Полученное математическое выражение (5) позволяет теоретически показать движение газообразного теплоносителя в пористом температуроповышающем материале.

Экономические аспекты применения температуроповышающих элементов

Применение разработанного способа рассмотрим на примере использования теплогенератора и обычного нагнетателя воздуха виде компрессора с температуроповышающим элементом. Для повышения температуры на несколько градусов среднестатистического жилого помещения 20 м^2 необходим масляный теплоэлектронагреватель (ТЭН) или тепловентилятор мощностью $Q_{\text{ТВ}}$ около 1 кВт. Для повышения температуры в этом же помещении возможно использование нагнетатель воздуха с температуроповышающими элементами мощностью $Q_{\text{Н}}$ не более 0,3 кВт. Таким образом, экономия электроэнергии ΔE при тарифах $\Pi = 2,93$ рубля на сентябрь 2012 года в месяц, т.е. за $N=30$ дней составит:

$$\Delta E = E_{\text{ТВ}} - E_{\text{Н}} = 24 \times \Pi \times N \times (Q_{\text{ТВ}} - Q_{\text{Н}}), \quad (8)$$

$$\Delta E = 24 \times 2,93 \times 30 \times (1000 - 300) = 1476,72 \text{ руб/месяц}. \quad (9)$$

Применение устройств для повышения температуры теплоносителей на основе представленного способа позволяет в производственных или жилых помещениях

повышать температуру на 2–4 °С при пороговых минимальных значениях с минимальными энергозатратами. Например, с 15 °С в производственном помещении до 18 °С без применения нагрева воздуха с помощью дополнительных нагревательных приборов.

Выводы

Использование разработанного и устройства, реализующего данный способ, в системах повышения температуры теплоносителей позволяет решить проблему снижения энергозатрат. Проведенные теоретические и экспериментальные исследования показывают, что снижение энергозатрат осуществляется путем применения энергоэффективной и энергосберегающей технологии при применении температуроповышающих элементов.

Список литературы

1. Азаров А.И. Коммерциализация вихревой технологии в СССР, России. Промышленные вихревые трубы Азарова – инновационная продукция 1969-2007 г. // Сибирский промышленник. – 2007. – № 2/43. – С. 17-19.
2. Азаров А.И. Конструктивно-технологическое совершенствование вихревых воздухоохладителей // Технология машиностроения. – 2004. – № 3. – С. 56-60.
3. Азаров А.И. Направления совершенствования серийных вихревых труб // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2004. – № 7. – С. 24-27.
4. Дараселия Н.В., Швецов И.В. Газоаналитическое отображение физико-химических явлений в производственных процессах : монография. – Великий Новгород, 2012. – 112 с.
5. Дараселия Н.В., Плужников А.А., Швецов И.В. Способ бесконтактного определения температуры газовой смеси при изменении концентрации // Экология и промышленность России. – 2012. – Сентябрь. – С. 59-60.
6. Джафаров Т.Д. Радиационно-стимулированная диффузия в полупроводниках. – М. : Энергомашиздат, 1980. – 288 с.
7. Контроль измеряемой температуры в производственных помещениях / Н.В. Дараселия, И.В. Швецов // Физика, химия и механика трибосистем : труды научно-практической конференции Ивановского государственного университета. – Иваново, 2011. – Вып. 10. – С. 188.

8. Определение температуры в газовой среде по концентрации газов / Н.В. Дараселия, И.В. Швецов // *Фундаментальные исследования в области технологий двойного назначения : материалы Рос. науч.-техн. конф.* – Комсомольск-на-Амуре, 2011. – С. 143–144.

9. Устройство для повышения температуры теплоносителей / Дараселия Н.В., Хисамов Р.И., Швецов И.В., Швецова С.А. : патент № 113339 РФ, МПК⁷ F24D13/00. Заявитель и патентообладатель Новгород. гос. ун-т им. Ярослава Мудрого. № 2010127382/03; заявл. 02.07.2010; опубл. 10.02.2012, Бюл. № 2. – 3 с.

10. Старк Дж.П. Диффузия в твердых телах / пер. с англ. ; под ред Л.И. Трусова. – М. : Энергия, 1980. – 240 с.

Рецензенты

Бичурин Мирза Имамович, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой «Проектирование и технологии радиоаппаратуры» Новгородского государственного университета имени Ярослава Мудрого.

Бондаренко Евгений Александрович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Управление и деловое администрирование», проректор по научной работе Новгородского государственного университета имени Ярослава Мудрого.