

ДИФфуЗИЯ ГАЗОВОЗДУШНОГО ПОТОКА ЧЕРЕЗ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ

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

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 нормальной жизнедеятельности человека. В настоящее время наиболее распространены способы повышения температуры с помощью различных источников тепла. Задача заключается в сокращении потребления энергии за счет использования энергоэффективных энергосберегающих технологий за счет увеличения температуры воздуха. Новизна нового регламента отражена в полученном патенте, реализация которого не только интенсифицирует процесс, но и позволяет повысить энергоэффективность. Устройство может служить в качестве основы для разработки оптимальной системы управления. Разработанная модель может служить основой для создания методов проектирования и выработки оптимального алгоритма управления устройствами.

Ключевые слова: диффузия, теплообмен, температура, теплоносители.

DIFFUSION OF AIR-GAS FLOW THROUGH MATERIAL FOR INCREASING TEMPERATURE

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

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 temperatures in residential areas or industrial facilities necessary for the normal functioning of human. Currently, the most common ways to increase the temperature by means of different heat sources. The tasks is to reduce energy consumption through the use of energy-efficient energy-saving technologies by increasing the air temperature. The novelty of the new rules reflected in the resulting patent, which not only intensifies the process, but also improves energy efficiency. The device can serve as a basis for the development optimal control systems. The developed model can serve as a basis for the development of methods for design and develop optimal control algorithm devices.

Keywords: diffusion, heat-and-mass transfer, temperature, heat-carriers.

Введение

На промышленных предприятиях и в жилых помещениях используют оборудование для повышения температуры воздуха. К ним относят теплонагреватели воздуха с прямым или непрямым нагревом, корпусные или газовые, тепловые завесы или теплогенераторы. Это, естественно, связано с тем, что повышение температуры в жилых помещениях или на предприятиях необходимо для обеспечения жизнеобеспечения человека и животных.

Основным недостатком этих устройств является необходимость использования нагревательных элементов, таких как спирали или инфракрасные излучатели, которые повышают расход электроэнергии. Данный недостаток определяется сложностью монтажа проводки в помещениях, так как не всегда можно точно рассчитать, на какой расход электроэнергии предполагается в дальнейшем рассчитывать.

Состояние вопроса

Температура в помещениях является одним из ведущих факторов, определяющих метеорологические условия производственной среды. Высокие температуры оказывают отрицательное воздействие на здоровье человека. Работа в условиях высокой температуры сопровождается интенсивным потоотделением, что приводит к обезвоживанию организма, потере минеральных солей и водорастворимых витаминов, вызывает серьезные и стойкие изменения в деятельности сердечно-сосудистой системы, увеличивает частоту дыхания, а также оказывает влияние на функционирование других органов и систем – ослабляется внимание, ухудшается координация движений, замедляются реакции и т. д.

Проблема энергосбережения специалистами различного уровня была поднята с началом экономической перестройки в стране. И только в 1995 году энергосбережение было закреплено как основа энергетической стратегии и энергетической политики России на длительную перспективу [1,6].

Основная проблема, которой посвящена публикация, – разработка мероприятий для систем энергоэффективности на основе повышения температуры теплоносителей с минимальными затратами. Данное устройство используется для повышения температуры теплоносителя с использованием температуроповышающих элементов [4,5,7,8].

При исследовании использованы теоретические и экспериментальные методы. Теоретические исследования базируются на научных основах прикладной механики жидкости и газа, гидрогазодинамики и термодинамики, физической химии, газового анализа и материаловедения. Экспериментальные исследования выполнялись с использованием современных аппаратных средств и приборов для количественной и качественной оценки физико-химических процессов [1]. При проведении экспериментов и обработке их результатов применяются методы теории планирования эксперимента и статистической обработки данных [1].

На основании полученных результатов предложена гипотеза и теоретически установлена взаимосвязь диффузии и массопереноса с температурой газообразных теплоносителей в зоне исследования, проведены экспериментальные исследования, подтверждающие адекватность предлагаемых физических и математических моделей.

На основе предлагаемой модели создана методика исследования повышения температуры газообразных теплоносителей без использования дополнительных нагревательных приборов, произведенные расчеты по данной методике показывают целесообразность применения предлагаемой системы повышения температуры теплоносителей, эффективность которой подтверждается экспериментально.

Тепломассообмен при повышении температуры теплоносителей

Разработка моделей в естественных и технологических физических системах в зависимости от внешних воздействий является актуальной проблемой, которая исследуется в рамках ряда направлений, описание которых ведет к нелинейным или нестационарным уравнениям для систем, включающим дополнительные условия моделирования процессов. Это важно при построении алгоритмов, развитии численных методов, разработке программ и их реализаций для проведения компьютерных расчетов.

Одним из малоизученных переходных процессов в физике является процесс нагрева газообразного или, тем более, жидкого вещества при прохождении через любой материал. Интерес к этой проблеме связан с экспериментальными исследованиями данных процессов и явлений, на нестандартном толковании термодиффузии [1].

При решении задач теплофизики широко используют математическое описание температурных полей, возникающих в твердых телах под действием различных источников теплоты, в основе которого лежит следующее положение. Температурное поле, возникающее в твердом теле под действием движущегося или неподвижного источника теплоты любой формы, действующего временно или непрерывно, можно получить как результат той или иной комбинации температурных полей, возникающих под действием системы точечных мгновенных источников теплоты.

Создание общей модели, проходящих процессов, является сложным и громоздким. Поэтому возникает необходимость объединить часть связанных между собой явлений. Решение известного уравнения $D = D_0 \exp(-A/RT)$ 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 всей постоянной диффузии поддерживается постоянная концентрация газа.

При рассмотрении уравнения второго закона Фика имеем следующее [1]:

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

где N_0 – начальная концентрация атомов в металле;

$N(z, \tau)$ – концентрация диффундирующих атомов;

z – ширина диффундирующего слоя;

τ – время диффузии;

D – коэффициент диффузии;

erf – функция ошибок Гаусса, которая определяется выражением

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

Выражение (2) можно представить в виде дополнительной функции ошибок erfc , где

$$\operatorname{erfc}U = 1 - \operatorname{erf}U. \quad (3)$$

Тогда

$$N(z, \tau) = N_0 \cdot \operatorname{erfc}\left(\frac{z}{2\sqrt{D \cdot \tau}}\right). \quad (4)$$

Время диффузии τ атомов определяется периодом действия внешних сил, когда поток диффундирующих элементарных частиц наибольший. Ширина диффундирующего слоя определяется размером температуроповышающего элемента. То есть, исходя из данного математического описания диффузии, время диффузии или массопереноса частиц воздуха на некоторой длине ΔL до температуроповышающего материала и в нем будет одинаковым.

Во-первых, при прохождении воздушного потока через «лабиринт» пористого материала пройденный путь молекул воздуха будет больше элементарной длины. Во-вторых, концентрация составляющих газов воздуха в газовой смеси перед температуроповышающим элементом в нем и после него будет одинаковой. То есть выполняется условие равенства концентраций $N = N_0$.

Описание экспериментальной установки

На рис.1 представлен общий вид экспериментальной установки [3]. Повышение температуры воздуха в помещениях основано на физико-химическом явлении, сущность которого заключается в прохождении воздуха через вещество в виде температуроповышающего элемента. Повышение температуры осуществляется за счет увеличения давления внутри системы, трения частиц вещества между собой и создания внутри нее термоаккумулирующего эффекта, что повышает температуру теплоносителя. Наиболее простым подтверждением работоспособности данного способа является направление потока воздуха через температуроповышающий элемент в виде лоскута шерстяной ткани на медицинский термометр для измерения температуры тела.

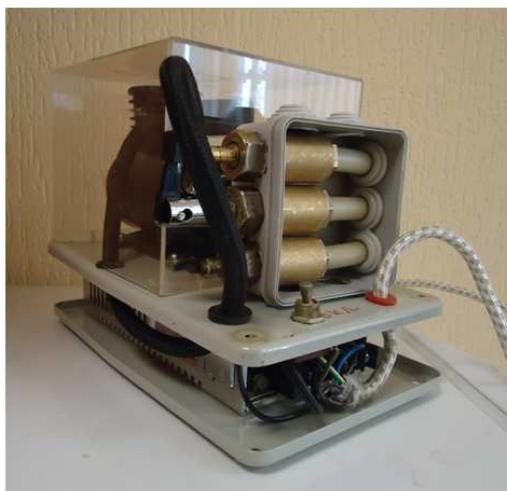
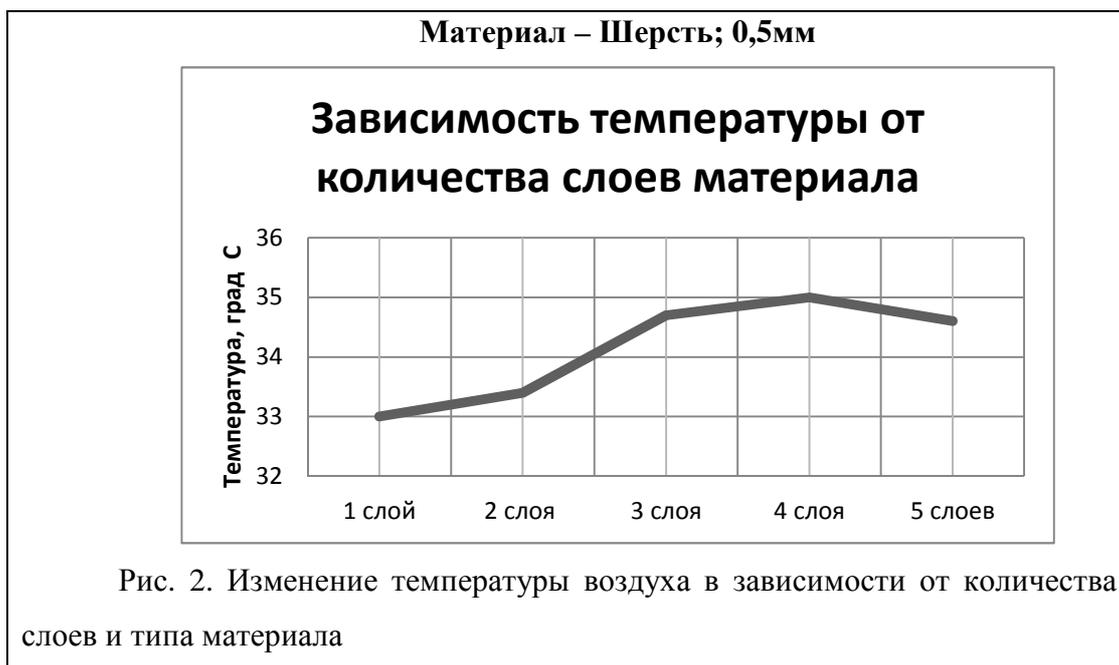


Рис.1. Общий вид экспериментальной установки без кожуха

Устройство работает в различном диапазоне температур, при которых осуществляется процесс нагревания жилых или нежилых помещений, отличается высоким быстродействием и низкой погрешностью измерений. В качестве информационной среды используют зону изменения температуры в корпусе. В качестве материалов, используемых в ходе эксперимента, были выбраны различные волокна для определения наиболее оптимальных для применения в качестве температуроповышающих элементов.



Одной из наиболее ярких представителей при проведении экспериментальных исследований применялась ткань костюмная шерстяная толщиной около 0,5 мм. Начальная температура воздуха в помещении, где проводились исследования, на данный момент, составила 18,2 °С. Перед оценкой влияния материала, его характеристик и толщины на изменение температуры газовой среды, в течение 3 минут осуществлялась работа компрессора на холостом ходу для стабилизации подаваемого воздуха на выход из установки. На рисунке 2 видно, что на повышение температуры воздуха оказывает влияние

сам материал. Увеличение слоев материала несколько повышает температуру, затем снижает вследствие роста сопротивляемости и снижения проходимости. В качестве опытных образцов применялись в рамках исследовательской работы образцы из других материалов, которые дали схожие результаты с ткаными материалами [1,2].

Выводы

Представленные данные показывают, что причиной повышения температуры газа (газовоздушной среды, газообразного теплоносителя, воздуха и т.д.) является прохождение его в температуроповышающем элементе (пористом или тканевом материале) вследствие увеличения скорости диффузии и внешнего воздействия, заключающегося в трении о стенки материала и друг с другом газовых молекул.

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

Список литературы

1. Дараселия Н. В., Швецов И. В. Газоаналитическое отображение физико-химических явлений в производственных процессах: Монография. – Великий Новгород: НовГУ, 2012. – 112 с.
2. Дараселия Н. В., Швецов И. В. Газоаналитическое отображение явлений в производственных процессах. – М.: ИНФРА-М (Научная мысль), 2013. – 92 с.
3. Дараселия Н. В., Хисамов Р. И., Швецов И. В., Швецова С. А. Патент №113339 Российской Федерации. МПК⁷ F24D 13/00. Устройство для повышения температуры теплоносителей; заявитель и патентообладатель Новгород. гос. ун-тет им. Ярослава Мудрого. № 2010127382/03; заявл. 02.07.2010; опубл. 10.02.2012, Бюл. № 2. 3 с.
4. Дараселия Н.В. Контроль концентрации газов и температуры в газовой среде / Н.В. Дараселия, И.В. Швецов // Модернизация АПК – механизмы взаимодействия государства, бизнеса и науки: материалы Междунар. агропромышленного конгресса. СПб., 2011. С. 47.
5. Дараселия Н. В. 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.

6. Дараселия Н. В., Плужников А. А., Швецов И. В. Повышение эффективности энергопотребления в системах теплоснабжения на основе повышения температуры теплоносителей. Научно-техническая конференция «Энергетическая эффективность теплосиловых и теплогенерирующих установок» в рамках международной специализированной выставки «Энергетика и электротехника», г. Санкт-Петербург, Ленэкспо, 22-25 мая 2012 г. – С.209-212.
7. Дараселия Н. В., Плужников А. А., Швецов И. В. Эффективность систем тепловентиляции при увеличении температуры теплоносителей. Материалы Всероссийской молодежной конференции. «Пути совершенствования работы теплоэнергетических устройств». 28–29 мая 2012 года. Дальневосточный федеральный университет, Владивосток. – С.110-114.
8. N. V. Daraseliya, A. A. Pluzhnikov, and I. V. Shvetsov. Determining the Temperature and Gas Concentration in a Gas–Air Mixture. ISSN 1068_798X, Russian Engineering Research, 2013. – Vol. 33. – No. 2. – P. 63–64.

Рецензенты:

Андрианов Н. М., д.т.н., профессор кафедры «Механизация сельского хозяйства» сельскохозяйственного института Новгородского государственного университета имени Ярослава Мудрого, г. Великий Новгород.

Бондаренко Е. А., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Управление и деловое администрирование», проректор по научной работе Новгородского государственного университета имени Ярослава Мудрого, г. Великий Новгород.