



УДК 628.8.02

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИТОЧНЫХ УСТАНОВОК В СИСТЕМЕ ВЕНТИЛЯЦИИ ЗДАНИЙ

Шелехов И.Ю., Шишелова Т.И.

*Национальный исследовательский Иркутский государственный технический университет,
Иркутск, e-mail: promteplo@yandex.ru*

Приведены результаты исследования нагревательных элементов в системах вентиляции с принудительным побуждением воздушного потока. Показано, что полупроводниковые нагревательные элементы стабилизируют параметры микроклимата и повышают эффективность приточных установок в системе вентиляции зданий.

Ключевые слова: полупроводниковый резистивный нагревательный элемент, отопительное оборудование, вентиляция

IMPROVING THE EFFICIENCY OF SUPPLY PLANT IN THE SYSTEM OF VENTILATION OF BUILDINGS

Shelekhov I.Y., Shishelova T.I.

National Research Irkutsk State Technical University, Irkutsk, e-mail: promteplo@yandex.ru

The results of investigation of the heating elements in ventilation systems with forced air flow inducement. It is shown that semiconductor heating elements stabilize the parameters of the microclimate and increase the efficiency of supply plant in the ventilation system of buildings.

Keywords: semi-conductor heating elements, the heating equipment, ventilation

Система вентиляции обеспечивает не только воздухообмен в зданиях, но и регулицию температуры и уровня влажности в помещении, тем самым способствуя повышению комфорта. Объем российского рынка вентиляционного оборудования приближается к 0,7 млрд долларов США. На долю России приходится 12–15% от общего объема вентиляционного оборудования, реализованного на европейском рынке. В денежном выражении это соответствует 500–650 млн долларов США.

Одним из сегментов рынка вентиляционного оборудования являются приточные установки, роль которых могут выполнять тепловые завесы, тепловентиляторы, тепловые пушки [7].

Тепловые завесы защищают от воздуха, который попадает внутрь отапливаемого помещения через двери и окна. Их используют в ресторанах, банках, супермаркетах, в медицинских учреждениях, а также в других помещениях, где большой поток посетителей не позволяет дверям быть всегда закрытыми. Наиболее популярные в России марки тепловых завес: Frico (Швеция), Ругох (Норвегия), Termoscreens (Англия), «Тепломаш» (Россия).

Тепловентиляторы или тепловые пушки используются для ускоренного обогрева больших помещений. Тепловентилятором называют бытовой обогреватель небольшой мощности, а тепловой пушкой – обогреватель полупромышленного применения мощностью от 2 кВт и выше. На российском рынке представлены тепловентилято-

ры следующих марок: «Тропик» (Россия), «Элара» (Россия), Frico, Finwik (Швеция), Ругох (Норвегия), DeLonghi (Италия), General (Италия).

Приточная вентиляция производится посредством приточных установок. Вентиляционная приточная установка служит для подачи свежего воздуха в помещение взамен удаляемого. Приточная установка в качестве основных узлов имеет калорифер, вентиляторы, систему фильтрации и электроавтоматику для управления и контроля. Если к качеству воздуха предъявляются особые требования, то приточный воздух может подвергаться дополнительной обработке, такой как нагрев, охлаждение, осушение, увлажнение воздуха, очистка с помощью фильтров и т.д. Приточные установки бывают как промышленного назначения (используются на промышленных объектах), так и бытового (вентиляция квартир). Основные поставщики на Российском рынке это: «Atlantic» (Франция), «Noval» (Лихтенштейн), «Systemair» – Kanalflakt (Швеция), «Thermoscreens» (Англия), «ВЕЗА» (Россия) [6].

Конструкции электрокалориферов в большинстве своем основаны на обдуве воздушным потоком трубчатых электронагревателей, при этом осуществляется принудительный конвективный теплообмен между движущимся воздухом и поверхностью нагревателя. В процессе работы трубчатых электронагревателей возникают необратимые изменения через 2000–3000 часов непрерывной работы: образуется нагар на

поверхности нихромовой спирали и, как следствие этого, – неравномерный нагрев поверхности. Кроме этого, режим регулирования выходной температуры воздуха в основном осуществляется посредством постоянного включения–отключения, по аналогии работы с лампами накаливания, перегорание спирали происходит, как правило, в момент включения. Иногда используют фазовые (плавные) регуляторы мощности, но при этом возникает проблема подавления радиочастотных помех, создаваемых этими регуляторами.

Количество тепла Q , переданное воздушному потоку определяется уравнением теплопередачи [5]:

$$Q = \alpha \Delta t F \dot{\eta}, \quad (1)$$

где α – коэффициент теплопередачи; Δt – средний температурный напор (средняя разница температур между теплоносителями; F – поверхность теплообмена; $\dot{\eta} \leq 1$, коэффициент, учитывающий тепловые потери.

Как видно из формулы (1), зависимость температурного режима носит линейный характер. Из классического представления, если при температуре окружающего воздуха $+20^\circ\text{C}$ на выходе температура $+130^\circ\text{C}$, то при температуре -20°C мы должны получить температуру $+90^\circ\text{C}$. При реальных измерениях прямой (линейной) зависимости нет.

Мы провели исследования изменения параметров нагревательных элементов в действующих приточных установках. При исследовании режима работы нагревательных элементов в диапазоне окружающей температуры от -30 до $+22^\circ\text{C}$ получена график зависимости температуры на поверхности нагрева (рис. 1).

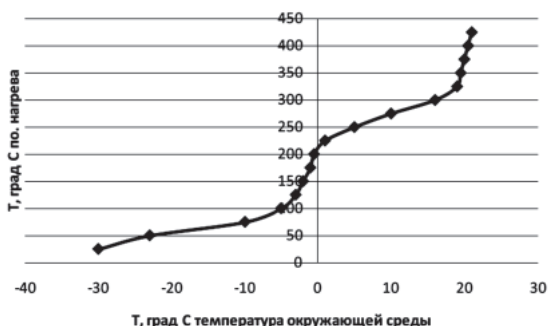


Рис. 1. График зависимости температуры на поверхности классического нагревательного элемента в зависимости от температуры окружающей среды

Из рис. 1 видно, что имеются два характерных изгиба, первый в области приближения к 0°C , второй при приближении к комфортной температуре $+20^\circ\text{C}$. Первый

изгиб объясняется характеристиками воздушной среды, в которой влага находится в разных адиабатных состояниях, второй изгиб обуславливается свойствами самой теплопередающей поверхности. При таких температурах часть внутренней энергии нагревательного элемента превращается в энергию излучения, а теплообмен осуществляется переносом излучения и его поглощения другим веществом. Тепловые расчеты теплообменных аппаратов показывают, что доля расхода электроэнергии на излучение составляет при 300°C – 30%, а при 400°C до 50%. Соответственно тепловые потери составят не менее 20%, компенсировать которые возможно только с помощью дорогостоящего электронного управления или применить нагревательный элемент со сложными нелинейными характеристиками.

Создание нагревательных элементов с нелинейными характеристиками – это новое направление в теплотехнике, которое помогает оптимизировать общие затраты на создание оптимальных климатических условий. Для создания таких нагревательных элементов используются полупроводниковые резистивные композиции на основе стеклокристаллических материалов с помощью управляемой (регулируемой и стимулируемой) кристаллизацией стекла вместе с функциональной фазой на основе тугоплавких боридов [1].

Конструктивно полупроводниковый резистивный нагреватель состоит из подложки, на одну из сторон которой методом сеткотрафаретной печати наносится изоляционный слой и тепловыделяющая дорожка из резистивной пасты. Резистивная паста состоит из суспензии порошков тугоплавких соединений и стеклосвязующего. Процентное соотношение между этими компонентами определяет характер электропроводности [3].

Для общего расчета свойств нагревательного элемента, функциональная фаза и стеклосвязующее считаются равноправными в процессе электропроводности [4].

Используя известное разделение металлической и термоактивационной фаз, в котором для металлической фазы принимается:

$$R_m = R_0(1 + dT), \quad (2)$$

где R_m , R_0 – текущее и начальное значения сопротивления; d – ТКС металлической фазы; T – температура.

Для термоактивационной фазы полагают:

$$R_m = R_\infty \exp(E_a/kT), \quad (3)$$

где E_a – энергия активации.

Исходя из формулы (3), диэлектрическая фазовая составляющая (стеклосвязующее) задает нелинейный отрицательный температурный коэффициент сопротивления (ТКС), в то время, как функциональная фаза в соответствии с формулой (2) – положительный ТКС.

Удельное сопротивление полупроводникового нагревательного элемента является суммой двух последовательно соединенных сопротивлений – островка и прослойки (функциональной фазы и стеклосвязующего):

$$r = r_{\text{просл}} + r_{\text{остр}} \quad (4)$$

Подставляя формулы (2) и (3), получим:

$$r = \rho_0 [1 + d(T - 273)] + r_{\infty} \exp(E_a/kT). \quad (5)$$

Для определения и задания определенных свойств нагревательному элементу рассмотрим структуру нагревательного элемента, состоящую из трех слоев. Нагревательный элемент используется в воздушном отоплении с принудительной циркуляцией воздушного потока с производительностью 240 м³/ч, работает в однофазном режиме, установленная мощность 5 кВт.

Для изготовления выбирается паста с удельной поверхностью $S_{\text{уд}} = 0,2179 \text{ м}^2/\text{г}$, для создания схожих характеристик условно сформируем три слоя с различными соотношениями функциональной и диэлектрическими фазами [2].

На рис. 2–4 представлены натурные графики основных слоев. Реальная характеристика параметров нагревательного элемента отличается от расчетной, которую можно было получить при совмещении трех графиков. Это объясняется взаимным влиянием слоев и свойством протекания тока по наименьшему сопротивлению при больших различиях номиналов. На рис. 5 показан график натурных измерений электросопротивления полупроводникового нагревательного элемента.

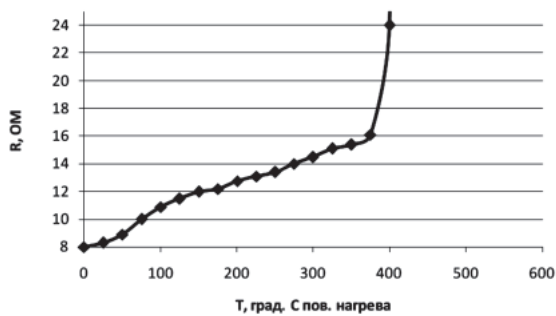


Рис. 2. Зависимость сопротивления нагревательного элемента от температуры поверхности нагрева для первого слоя

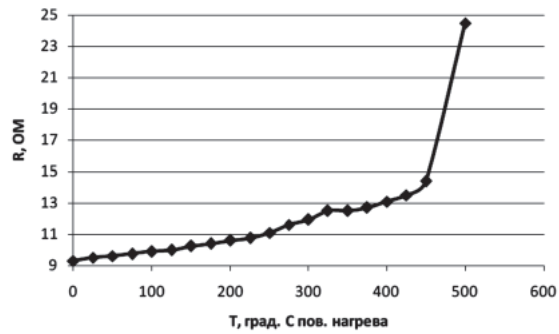


Рис. 3. Зависимость сопротивления нагревательного элемента от температуры поверхности нагрева для второго слоя

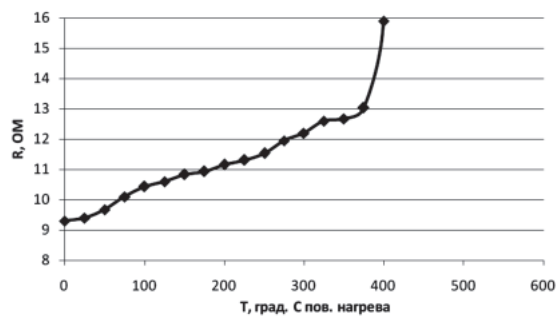


Рис. 4. Зависимость сопротивления нагревательного элемента от температуры поверхности нагрева для третьего слоя

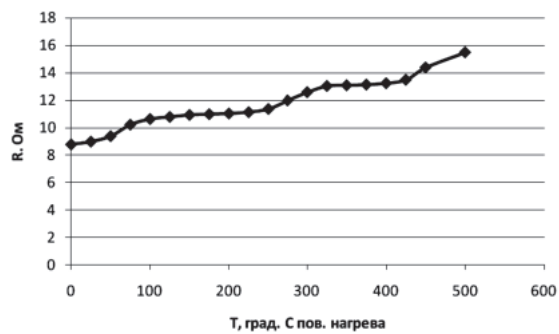


Рис. 5. Зависимость сопротивления нагревательного элемента от температуры поверхности нагрева для трехслойного полупроводникового нагревателя

На рис. 6 показано изменение параметров выделяемой мощности в зависимости от температуры окружающей среды, при этом градиент температуры между входящим и выходящим воздухом практически не изменяется. Задание нелинейных характеристик при воздушном отоплении, в приточных установках, в воздушно-тепловых завесах дает экономию около 20%.

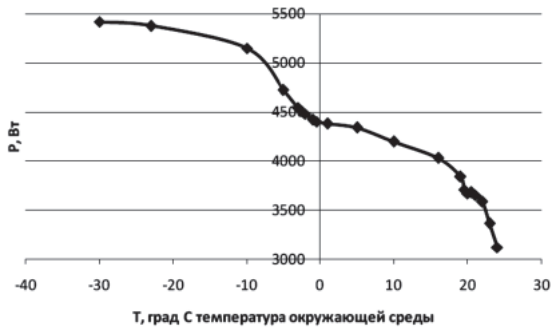


Рис. 6. Зависимость выделяемой мощности от температуры окружающей среды

Используя нагревательный элемент с характеристиками, при которых системой выделяется столько тепловой энергии, сколько в текущий момент может воспринять среда, мы не только повышаем эффективность её работы, но и значительно повышаем её надёжность. Для регулирования параметров нагрева не требуется внешних регулирующих устройств, отсутствует момент «включение – отключение». Кроме этого, данный нагревательный элемент обеспечивает равномерный нагрев в течение длительной эксплуатации. Наши исследования показали, что параметры нагревательного элемента необходимо рассчитывать непосредственно применительно к данной конструкции прибора и особенностей его эксплуатации, при этом эффективность и надёжность работы

системы вентиляции в значительной степени увеличивается по сравнению с системами, где применяются классические нагревательные элементы.

Список литературы

1. Каргин Н.И., Михитарьян В.Б., Головин В.Г. Закономерности формирования толстопленочных резисторов на основе бориды никеля и их электрофизические свойства // Вестник. Серия «Физико-химическая». – 2003. – №1(7).
2. Шелехов И.Ю., Мартынова Т.Н., Гладкий Г.Ю. Разработка технологии изготовления толсто-пленочных нагревательных элементов // Актуальные проблемы АПК: материалы региональной научно-практической конференции. – Иркутск, 2002.
3. Шелехов И.Ю., Духовный Л.И., Шапран Л.А. Нагреватель электрический плоский стальной Патент №2140134, приоритет 21.07.1997, зарегистрирован 20.10.1999.
4. Шелехов И.Ю., Духовный Л.И., Шапран Л.А. Способ изготовления толстопленочного нагревателя Изобретение № 97111887/09(011672) // Журнал изобретений. – 20.04.1999. – №11.
5. Юринева В.Н., Лебедева П.Д. Теплотехнический справочник. – 2-е изд., перераб. – Т.1. – М.: Энергия, 1975.
6. Газета. – 02.06.2006. – № 93. – <http://www.gzt.ru/hi-tech/2006/06/01/211111.html>.
7. Эксперт Северо-Запад. – 12 ноября 2007. – №42 (344).

Рецензенты:

Чупин В.Р., д.т.н., профессор, директор Института архитектуры и строительства ИрГТУ (ГОУ ВПО НИ ИрГТУ), г. Иркутск;
 Коновалов Н.П., д.т.н., профессор, зав. кафедрой физики ИрГТУ (ГОУ ВПО НИ ИрГТУ), г. Иркутск.
 Работа поступила в редакцию 26.04.2011.