

разом, около $\frac{3}{4}$ тепловой энергии, образующейся в результате преодоления аэродинамических сопротивлений рекуператора, будет передаваться приточному воздуху, поступающему в помещение [8].

Разработана методика оценки экономической целесообразности установки в системе вентиляции рекуператора, позволяющего утилизировать тепло удаляемого воздуха с учетом действительных потерь в стоимостном выражении. Для автоматизации расчетов по определению экономии денежных средств проведена аппроксимация данных по средней температуре $T_{амм}$ в дневное $T_{амм,дн}$ и ночное время $T_{амм,ноч}$ суток за последние 10 лет для восточных районов Беларуси и получены уравнения регрессии. В холодное время года установка рекуператора позволяет достичь экономии при двухсменной работе более 17 тыс. BYN (7,6 тыс. Евро) за отопительный сезон. Срок окупаемости затрат при этом не превышает отопительного сезона. Установке современной системы вентиляции также сопутствует социальный и экологический эффекты [9]. Для дальнейшей утилизации тепла удаляемого воздуха целесообразно использовать встроенный в вентиляционную установку тепловой насос. В летнее время данный тепловой насос можно использовать в качестве охладителя приточного воздуха путем его реверсирования. Разработанная методика позволяет проектировать энергосберегающее вентиляционное оборудование здания с учетом многокритериальной оптимизации параметров.

Библиографические ссылки

1. Галюжин С. Д., Лобикова Н. В., Лобикова О. М., Галюжин А. С. Целесообразность использования современных энергосберегающих систем вентиляции при строительстве и реконструкции зданий // Вестн. науки и обр. Северо-Зап. России. 2018. Т. 4, № 4. С. 1–8.
2. Галюжин С. Д., Лобикова Н. В., Лобикова О. М. Определение исходных данных для проектирования устройства удаления конденсата из рекуператора вентиляционной установки / Вестн. БГТУ им. В. Г. Шухова. 2019. № 7. С. 63–71.
3. Бурцев С. И., Цветков Ю. Н. Влажный воздух. Состав и свойства : учеб. пособие. СПб. : Изд-во СПбГАХИПТ, 1998.
4. Кобелев Н. С. Расчет и выбор энергосберегающего оборудования систем теплогаснабжения и вентиляции населенных пунктов. Курск : Изд. Юго-Зап. гос. ун-та, 2015.
5. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
6. Санитарные нормы и правила. Требования к контролю воздуха рабочей зоны [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ohrana-truda.by/topic/5546-utverzhdenny-novye-sanitarnye-normy-i-pravila-t> (дата обращения: 10.01.2019).
7. Гигиенические нормативы «Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ohrana-truda.by/topic/5546> (дата обращения: 10.01.2019).
8. Лобикова Н. В., Лобикова О. М., Галюжин С. Д., Галюжин А. С. Повышение энергоэффективности вентиляционных установок в производственных зданиях в условиях холодного периода года / Наука и инновационные разработки – Северу : материалы II Междунар. науч.-практ. конф. : в 2-х ч. / под общ. ред. Зырянов И. В. [и др.]. Мирный : Изд-во Мирн. гор. типография, 2019. Ч. 1. С. 145–148.
9. Галюжин С. Д., Лобикова Н. В., Лобикова О. М. Методология оценки проектов систем отопления индивидуальных жилых домов // Вестн. БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. № 2. С. 88–101.

©БГТУ

МЕТАЛЛИЗИРОВАННЫЕ ПОЛУФРИТТОВАННЫЕ ГЛАЗУРНЫЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ КЕРАМОГРАНИТА

С. В. ЛОЗКО

НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ – И. А. ЛЕВИЦКИЙ, ДОКТОР ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК, ПРОФЕССОР

Приведены результаты синтеза полуфриттованных металлизированных глазурей для керамогранита, обладающие повышенным комплексом физико-химических свойств. Температура обжига покрытий составляет $1200 \pm 2^\circ\text{C}$, продолжительность 48 ± 2 мин. Фактура покрытия – зеркально-блестящая, ТКЛР составляют $(72,5-87,3) \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$, микротвердость – 6250–7780 МПа, термостойкость – более 200°C , износостойкость – 2 степень.

Ключевые слова: металлизированная глазурь, керамогранит, оксид меди (II).

Металлизированные глазури, применяемые в производстве керамогранита в Республике Беларусь, поставляются в виде порошков из Италии и используются в керамическом производстве сравнительно недавно. Они обладают высокими декоративно-эстетическими свойствами, и одновременно обеспечивают нейтрализацию облучения от электрических приборов и линий электропередач.

Целью исследования является синтез полуфриттованных металлизированных глазурей красно-коричневого цвета, установление особенностей формирования структуры и фазового состава во взаимосвязи с физико-химическими свойствами покрытий. Это обеспечивается совместным введением в состав глазурной композиции двух оксидов переменной валентности – CuO и Fe_2O_3 .

Для получения металлизированных глазурей использовалась следующая сырьевая композиция, которая включала, %: алюмоборосиликатную фритту прозрачной глазури 2/154, используемую ОАО «Керамин» количестве 20,0–35,0; оксид меди (II) – 5,0–20,0 и полевой шпат ПШС-0,30-21 –

17,5–30,0. Шаг варьирования компонентов составил 2,0 %. Постоянными составляющими композиции явились глинозем марки NO-105; доломитовая мука класса 4; огнеупорная глина Веско-Гранитик; кварцевый песок марки ВС-030-В и оксид железа (III), суммарное количество которых составляло 40,0 %. Постоянные компоненты вводились примерно в одинаковом количестве.

Глазурные суспензии готовились совместным мокрым помолом глазурной шихты в шаровой мельнице до остатка на сите № 0056 в количестве 1,2–1,5 %. Приготовленная суспензия с влажностью 45,0–48,0 % методом полива наносилась на покрытый ангобом полуфабрикат керамогранита. Заглазурованные образцы подвергались обжигу в производственной конвейерной печи типа FMS-2950 (Италия) при температуре $1200 \pm 2^\circ\text{C}$ в течении 48 ± 2 мин в производственных условиях ОАО «Керамин». Полученные образцы глазурного покрытия отличались высоким качеством поверхности, гладким разливом, матовой или блестящей фактурой, отсутствием дефектов поверхности.

Значения физико-химических свойств глазурных покрытий измерялись в соответствии с ГОСТ 27180-2001. Цвет покрытия – темно-серый, серый, красно-коричневый темный; фактура поверхности – от матовой до зеркально-блестящей; блеск составляет 4,7–100 %; микротвердость – 6250–7780 МПа; ТКЛР покрытий находится в интервале $(72,5–87,3) \cdot 10^{-7} \text{K}^{-1}$; термическая стойкость – более 200°C ; химическая стойкость – химически стойкие к раствору № 3; износостойкость – 2 степень.

С помощью рентгенофазового анализа выявлено, что в глазурных покрытиях присутствуют следующие кристаллические фазы: анортит, тенорит (CuO) и маггемит ($\gamma\text{-FeO}_3$).

Составы прошли апробацию в условиях ОАО «Керамин».

В результате исследования разработан состав металлизированной глазури для керамогранита, отвечающий требованиям нормативно-технической документации, обладающий высокими декоративно-эстетическими характеристиками и физико-химическими свойствами, позволяющий использовать данное покрытие взамен импортируемого из Италии порошка металлизированной глазури.

©ВА РБ

СИНТЕЗ НЕЛИНЕЙНОГО РЕГУЛЯТОРА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТОМ

А. В. ЛОПУХОВ

НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ – О. В. СИДОРОВИЧ, КАНДИДАТ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК, ДОЦЕНТ

В статье представлен синтез нелинейного регулятора, который позволяет учитывать динамические свойства объекта управления, так как синтез основан на применении полной нелинейной математической модели пространственного движения летательного аппарата, при этом объект управления рассматривается без разбиения на каналы управления. Синтез основывается на применении метода аналитического конструирования агрегированных регуляторов.

Ключевые слова: нелинейный регулятор, летательный аппарат, многообразия, динамические свойства.

Теория и практика управления сложными, нелинейными объектами была и остается актуальной. Проблема состоит в синтезе закона управления динамическими, многомерными и многосвязными объектами. Решение задачи синтеза такого рода объектами является недостаточным для классической теории управления, в связи с линеаризацией математической модели пространственного движения объекта управления, вследствие чего не учитывается часть динамических свойств.

Новым подходом к синтезу нелинейного регулятора является применение идей синергетической теории управления, а в частности применение метода аналитического конструирования агрегированных регуляторов.

На основе метода аналитического конструирования агрегированных регуляторов был синтезирован управляющий вектор (суммарный вектор управляющих сил и моментов), действующий на объект управления. Управление летательным аппаратом описывается системой дифференциальных уравнений двенадцатого порядка и относится к классу непрерывных стохастических систем, при этом в первые шесть уравнений входит один искомый вектор управления.

Задача синтеза сводится к поиску такого вектора внешнего управления (в аналитической форме), который обеспечит перевод объекта управления в окрестность инвариантных многообразий (которые выступают в виде линии) и, двигаясь вдоль него в фазовом пространстве, достигает поставленных целей управления или так называемых аттракторов. Аттрактор – поставленные цели управления замкнутой нелинейной системы «летательный аппарат – автопилот» [1, с. 67].

Движение объекта управления должно удовлетворять системе функциональных уравнений, представленных в следующем виде: