

ISSN 2411-9792

СОВРЕМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

научно-практический рецензируемый журнал

№5 (13)

2017 год

Основные направления

- ✓ *Технология и оборудование механической и физико-технической обработки*
- ✓ *Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов*
- ✓ *Порошковая металлургия и композиционные материалы*
- ✓ *Информационно-измерительные и управляющие системы (в промышленности)*
- ✓ *Машиноведение, системы приводов и детали машин*
- ✓ *Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (в промышленности)*
- ✓ *Системы автоматизации проектирования (машиностроение)*
- ✓ *Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ*
- ✓ *Системный анализ, управление и обработка информации (в информатике, вычислительной технике и автоматизации)*
- ✓ *Электротехнические комплексы и системы*
- ✓ *Электромеханика и электрические аппараты*
- ✓ *Безопасность в чрезвычайных ситуациях (машиностроение и металлообработка)*
- ✓ *Эксплуатация автомобильного транспорта*
- ✓ *Приборы и методы измерения (электрических и магнитных величин)*

Главный редактор – Куц Вадим Васильевич, д.т.н., профессор, Юго-Западный государственный университет, г. Курск, Россия

Ответственный редактор – Горохов Александр Анатольевич, к.т.н., доцент, Юго-Западный государственный университет, г. Курск, Россия

Излагается теория, методология и практика научных исследований в сфере машиностроения, материаловедения, и смежных областей знания.

Для научных работников, специалистов, преподавателей, аспирантов, студентов.

Индексация: статьи журнала включаются в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ), доступный в Интернете по адресу http://elibrary.ru/title_about.asp?id=54928 (Научная электронная библиотека).

Адрес редакции:
305018, г. Курск, улица Монтажников, д.12
телефон +7-910-730-82-83
e-mail: regionika@yandex.ru

Учредитель: ЗАО "Университетская книга"
305018, г. Курск, улица Монтажников, д.12
телефон +7-910-730-82-83
e-mail: regionika@yandex.ru

© Юго-Западный государственный университет, Россия
© ЗАО «Университетская книга», 2017

Редакционный совет

Агеев д.т.н., профессор кафедры АТСиП Юго-Западный государственный университет, г. Курск, Россия
Евгений Викторович

Латыпов д.т.н., профессор, заведующий кафедры технологий и оборудования металлургических процессов, Московский государственный машиностроительный университет (МАМИ), Россия
Рашит Абдулхакович

Ткаченко Юрий Сергеевич д.т.н., профессор, Воронежский государственный технический университет, Россия

Гвоздев Александр Евгеньевич д.т.н., профессор, Тульский государственный педагогический университет имени Л.Н. Толстого, Россия

Ушаков Борис Константинович д.т.н., профессор кафедры материаловедения, Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, г. Москва, Россия

Булычев Всеволод Валериевич д.т.н., профессор, декан конструкторско-механического факультета, Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Калужский филиал, Россия

Бурак Павел Иванович д.т.н., профессор, Российский государственный аграрный университет - Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева, Россия

Еремеева Жанна Владимировна д.т.н., профессор, профессор кафедры порошковой металлургии и функциональных покрытий, Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Москва, Россия

Сирота Вячеслав Викторович к.ф.-м.н., руководитель центра конструкционной керамики и инженерного прототипирования, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Россия

Агуреев Игорь Евгеньевич д.т.н., профессор, заведующий кафедрой автомобилей и автомобильного хозяйства, Тульский государственный университет, Россия

Будыкина Татьяна Алексеевна д.т.н., профессор, Курский государственный университет, г.Курск, Россия

Шец Сергей Петрович д.т.н., профессор, профессор кафедры автомобильного транспорта, Брянский государственный технический университет, Россия

Алехин Юрий Георгиевич к.т.н., доцент, заведующий кафедры технологии металлов и ремонта машин, Курская государственная сельскохозяйственная академия им. проф. И.И. Иванова, г. Курск, Россия

Агеева Екатерина Владимировна к.т.н., доцент, Юго-Западный государственный университет, г. Курск, Россия

ОГЛАВЛЕНИЕ

Абдуназарова Д.Ю., Кадилов Ё.Б., Мухитдинов Д.П. ЛИНЕАРИЗАЦИЯ КЛАССИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДИНАМИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ РЕКТИФИКАЦИИ 4

Агеева Е.В., Ивахненко А.Г., Куц В.В., Хардинов С.В. ПОРОШКОВАЯ ШАРИКОПОДШИПНИКОВАЯ СТАЛЬ, ПОЛУЧЕННАЯ ДИСПЕРГИРОВАНИЕМ В КЕРОСИНЕ 10

Архипова Л.М., Воейко О.А. К ВОПРОСУ О ВЫБОРЕ МЕТОДА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА РЕНТГЕНКОНТРОЛЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ 15

Булгаков С.В. АНАЛИЗ ПРАКТИЧЕСКОГО ЗАМЕЩЕНИЯ НЕФТЯНЫХ МОТОРНЫХ ТОПЛИВ ВОДОРОДОМ 22

Ивахненко А.Г., Агеева Е.В., Куц В.В., Хардинов С.В. СТРОЕНИЕ И СВОЙСТВА ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ ОТХОДОВ ШАРИКОПОДШИПНИКОВОЙ СТАЛИ МАРКИ ШХ15 МЕТОДОМ ЭЭД В ВОДЕ ДИСТИЛЛИРОВАННОЙ 28

Кадилова Д.С., Абдусаттаров Ш.М., Максудова Н.А. КЕРАМИЧЕСКИЕ КРАСИТЕЛИ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ ПРИРОДНЫХ СЫРЬЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОТХОДОВ 34

Карпова К.С., Карнов А.В. АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ ВЕЛИЧИНЫ БОКОВОЙ НАГРУЗКИ ШИХТЫ ПО ВЫСОТЕ ДОМЕННОЙ ПЕЧИ 39

Кочергин В.С., Евсеев Е.Ю. АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТА 44

Куц В.В., Ивахненко А.Г., Агеева Е.В. СТРОЕНИЕ И СВОЙСТВА ПОРОШКОВОЙ БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ, ПОЛУЧЕННОЙ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННЫМ ДИСПЕРГИРОВАНИЕМ В ВОДЕ 50

Марков А.В., Жердев О.В., Камышев И.С., Нейман В.Ю. СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ ИМПУЛЬСНЫМ ЛИНЕЙНЫМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ДВИГАТЕЛЕМ 55

Савельев С.В., Волков Д.И. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА КАСАТЕЛЬНЫХ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЗУБОРЕЗНЫХ ДОЛБЯКОВ 60

Сергиенкова А.А., Акулова М.В. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕОБХОДИМОГО ДАВЛЕНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КЕРАМИКИ С ЗАДАННЫМ КОЭФФИЦИЕНТОМ УПЛОТНЕНИЯ 66

Степанова К.М., Суцеев А.К. ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ НА ОСНОВЕ УПРАВЛЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИМИ АКТИВАМИ ПРЕДПРИЯТИЯ 70

Султаймонов Р.Ш., Мардонов Б.М., Гаппарова М.А., Муродов Р.М. ИЗУЧЕНИЕ ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ВРАЩАЮЩЕГОСЯ ВАЛИКА ХЛОПКОВЫХ СЕМЯН В РАБОЧЕЙ КАМЕРЕ ЛИНТЕРНОЙ МАШИНЫ 75

Телегин В.В. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЗАКОНА ПРОФИЛИРОВАНИЯ ДОРОЖКИ КУЛАЧКА НА ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕХАНИЗМА 80

Терентьев В.В., Андреев К.П., Шемякин А.В. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ «ЭРА-ГЛОНАСС» 86

Усманов Ж., Насриддинов Ш., Хамидов Б. РАЗРАБОТКА ФОТОЭЛЕМЕНТОВ НА ОСНОВЕ КРЕМНИЯ С НАНОКЛАСТЕРАМИ АТОМОВ МАРГАНЦА 91

ЛИНЕАРИЗАЦИЯ КЛАССИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДИНАМИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ РЕКТИФИКАЦИИ

Абдуназарова Дилбар Юсуфжановна, студент
Навоийский государственный горный институт, г.Навои, Узбекистан
(e-mail: dilbarabdunazarova@gmail.ru)

Кадилов Ёркин Баходирович, старший преподаватель
Навоийский государственный горный институт, г.Навои, Узбекистан
(e-mail:navdki@mail.ru)

Мухитдинов Джалолiddин Пахриiddинович, д.т.н., профессор
Ташкентский государственный технический университет
(e-mail:navdki@mail.ru)

В статье проведено сравнение переходных характеристик линеаризованной модели с характеристиками строгой нелинейной модели. Из сравнения видно, что совпадение ступенчатых откликов с классической нелинейной моделью приемлемо для линейных моделей линеаризованная. Тем не менее, линейную модель, полученную путем линеаризации классической модели, отличает несколько лучшее представление низкочастотных коэффициентов усиления.

Ключевые слова: дифференциальных уравнений, линеаризация, численная линеаризация, сравнение линейных моделей, переходные характеристики.

Эта модель отражает динамику потарелочного состава и, как следствие, динамику потока. Следовательно, эта модель описывает высокочастотную динамику значительно лучше, чем упрощенная нелинейная модель.

Желаемыми результатами для линейной модели являются отклонения давления с поправкой по температуре на каждой тарелке, которые являются функциями потарелочного состава. Поэтому материальные уравнения равновесия заменены следующими дифференциальными уравнениями:

$$\frac{dx_0}{dt} = \frac{1}{n_0} V_1 (y_1 - x_0). \tag{1}$$

Потарелочный состав:

$$\frac{dn_j}{dt} = L_{j-1} - L_j + V_{j+1} - V_j + F_j. \tag{2}$$

Состав тарелки (поток является жидкой фазой, J = 1 .. 50)

$$\frac{dx_j}{dt} = \frac{1}{n_j} [L_{j-1} - (x_{j-1} - x_j) + V_{j+1}(y_{j+1} - x) - V_j(y_j - x_j) + F_j(x_{F,j} - x_j)] \tag{3}$$

Кипятильник

$$\frac{dx_{s1}}{dt} = \frac{1}{n_{s1}} [L_{s0}(x_{s0} - x_{s1}) - V_{s1}(y_{s1} - x_{s1})] \tag{4}$$

Вторая модификация классической модели вытекает из допущения об идеальном управлении уровнем в накопителе флегмы и в кипятильнике.

Это допущение основано на том, что контур управления уровня для конденсатора и кипятильника настраивается намного быстрее, нежели контуры управления составом. При совершенном управлении уровня и, как следствие, постоянным составом для накопителя флегмы и кипятильника, верхний и нижний производные потоки вычисляются в соответствии с уравнениями

$$D = V_1 - L_0 \tag{5}$$

и

$$B = L_{50} - V_{51} \tag{6}$$

Вся система уравнений состоит из дифференциальных уравнений, описывающих динамику состава по легкокипящему компоненту [1-3] и динамики с [4] и алгебраических уравнений для перепада давления, паровые потоки, жидкостные потоки, а также точки кипения. Эти алгебраическое уравнение образуют систему уравнений, решение которой является составом в виде дифференциальных уравнений. Все эти уравнения могут быть выражены следующими векторными уравнениями:

$$\begin{aligned} \frac{d\tilde{x}(t)}{dt} &= f[\tilde{x}(t), \tilde{n}(t), \tilde{u}(t), \tilde{z}(t), \tilde{v}(\tilde{x}, \tilde{n}, \tilde{u}, \tilde{z})], \\ \frac{d\tilde{n}(t)}{dt} &= l[\tilde{x}(t), \tilde{n}(t), \tilde{u}(t), \tilde{z}(t), \tilde{v}(\tilde{x}, \tilde{n}, \tilde{u}, \tilde{z})], \\ y(t) &= g[\tilde{x}(t)], \\ 0 &= k[\tilde{v}(\tilde{x}, \tilde{n}, \tilde{u}, \tilde{z})]. \end{aligned} \tag{7}$$

Вектор $\tilde{v}(\tilde{x}, \tilde{n}, \tilde{u}, \tilde{z})$ представляет собой решение алгебраической системы к уравнений и включает в себя давления тарелок, расход пара, жидкости, скорости потока и температуры кипения.

Численная линеаризация. Матрицы модели линейного состояния пространства, включая динамику потока, могут быть численно оценены по колоннам с использованием подхода с разностной разницей.

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} x \\ n \end{bmatrix} &= A \begin{bmatrix} x \\ n \end{bmatrix} + B \begin{bmatrix} x \\ n \end{bmatrix}, \\ y &= Cx \end{aligned} \tag{8}$$

После решения всей системы уравнений для стационарного состояния рабочая точка (РТ) и потарелочный состав изменяются путем небольшого приращения, решается алгебраическая система уравнений к. Каждый столбец матрицы динамики состояния А может быть вычислен в как:

$$a_{i=1\dots 102, j+1} = \left[\begin{array}{c} \left(\frac{dx}{dt} \Big|_{x_j + \Delta x_j} - \frac{dx}{dt} \Big|_{OP} \right) \\ \Delta x_j \end{array} \right]_{\text{для } j=1, \dots, 51}$$

$$a_{i=1\dots 102, j+52} = \left[\begin{array}{c} \left(\frac{dx}{dt} \Big|_{n_j + \Delta n_j} - \frac{dx}{dt} \Big|_{OP} \right) \\ \Delta n_j \end{array} \right]_{\text{для } j=1, \dots, 50} \tag{9}$$

Аналогичным образом составляется матрица **В**.

Моделирование с разомкнутым контуром. Наиболее важным моментом при проектировании управления является хорошее описание динамики в среднечастотном диапазоне. Статика, а также поведение системы в высокочастотном диапазоне менее важны. Некое представление о качестве линейной модели можно получить простым качественным сравнением различных моделей. Тем не менее, окончательные выводы можно делать только после сравнения структур управления на основе различных моделей.

Одним из простых методов для сравнения двух линейных моделей для полной классической модели является моделирование ступенчатых откликов на типовые возмущения (флегма L_0 , пар V_{51} , состав питания X_F , и скорость входного потока F). Они показаны на рис. 1- 4.

Во время нелинейного моделирования, уровень куба управлялся изменением скорости потока жидкости кубового продукта **В**. Все входные потоки колонны за исключением одного оставались постоянными в их установившихся значениях. Изменения скорости питающего потока и состава питания являются небольшими, чтобы поддерживать колонну в состоянии, близком к равновесному и во избежание больших нелинейностей.

Совпадение ступенчатых откликов с классической нелинейной моделью приемлемо для обеих линейных моделей. Тем не менее, линейную модель, полученную путем линеаризации классической модели, отличает несколько лучшее представление низкочастотных коэффициентов усиления.

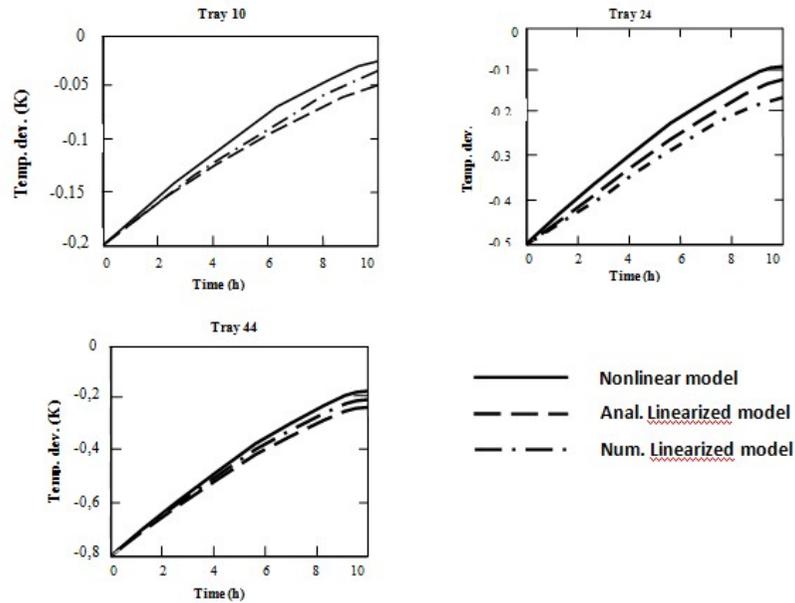


Рисунок 1 - Переходные характеристики, полученные при увеличении расхода потока флегмы на 0.3 мол./мин. (на 0.46%)

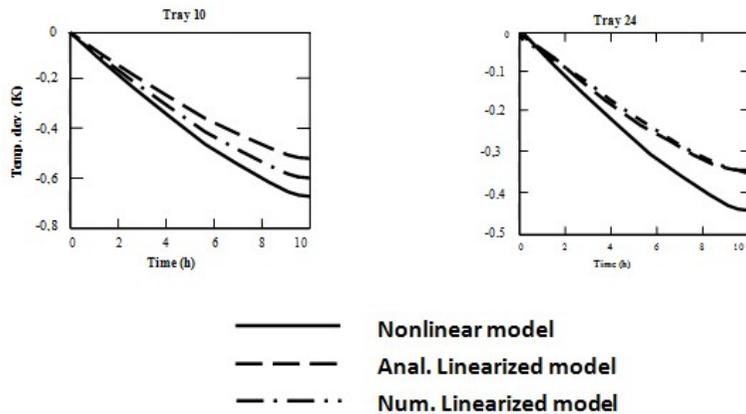


Рисунок 2 - Переходные характеристики, полученные при увеличении расхода пара в кипятильник на 0.3 мол. /мин (на 0.29%) 0.29%

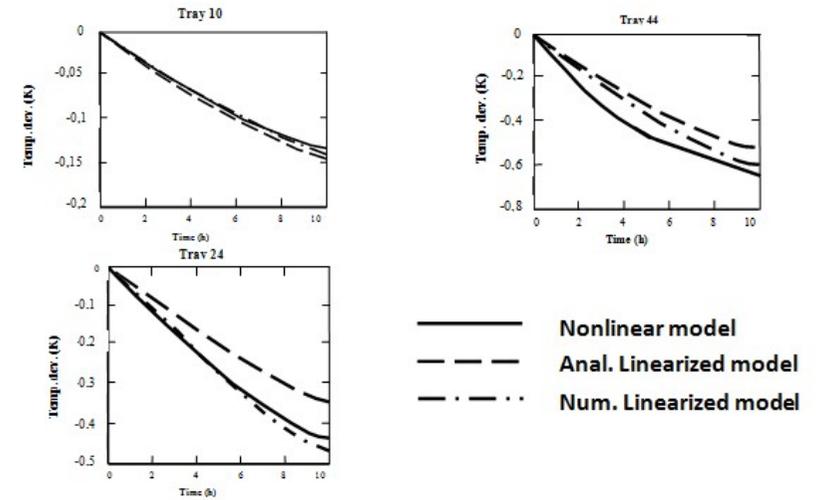


Рисунок 3 - Переходные характеристики, полученные при увеличении содержания легкого компонента в составе питания на 0.005 мол./мол.

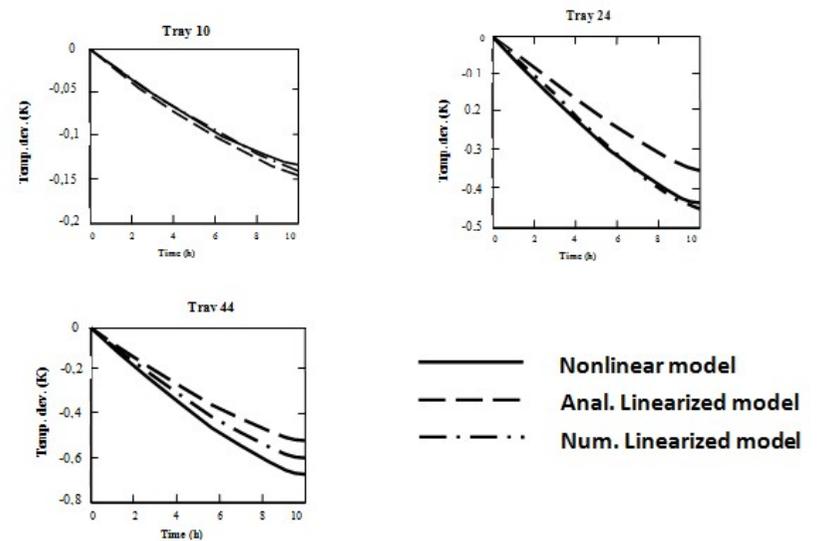


Рисунок 4 - Переходная характеристика, полученная при увеличении расхода питания на 0.3 мол. /мин (на 0.29%)

Удивительным является также высокое совпадение аналитически линеаризованной модели. По-видимому, влияние алгебраических ограничений на динамику состава оказывается значительно меньшим, нежели при взаимодействиях внутри самой динамики состава.

Важным различием между этими двумя линейными моделями является высокочастотное поведение из-за не смоделированной и смоделированной динамики потока соответственно.

Сравнивая эти переходные характеристики с характеристиками строгой нелинейной модели, можно увидеть несколько лучшее представление численно оцениваемой модели динамики колонны. Относительно более высокий разряд линейной модели (52 для аналитической, и 102 для численно линеаризованной модели) может быть понижен одним из представленных методов понижения порядка. Все проверенные методы дали почти идеальную аппроксимацию линейной модели порядка 102 с частотой 1 рад / мин до модели порядка 10.

Список литературы

1. Jacobsen, E. W., P. Lundstrom, and S. Skogestad: "Modelling and Identification for Robust Control of Ill-Conditioned Plants — a Distillation Case Study," Proc. 1991 American Control Conference, Boston, USA (1991)
2. Kapoor, N., and T. J. McAvoy: "An Analytical Approach to Approximate Dynamic Modeling of Distillation Towers," IFAC Control of Distillation Columns and Chemical Reactors, Bournemouth, UK (1986)
3. Moore, B.C.: "Principal Component Analysis in Linear Systems: Controllability, Observability and Model Reduction," IEEE Trans. Automatic Control, 32, 115-122 (1981)
4. Troch, I., P. C. Muller, and K.-H. Fasol: "Modellreduktion für Simulation und Reglerentwurf," at, 40, 2, 45-53 (1992)

Abdunazarova Dilbar Yusupovna, student

(e-mail: dilbarabdunazarova@gmail.ru)

Navoi state mining institut, Navoi, Uzbekistan

Kadirov Yorkin Baxodirovich, senior lecturer

(e-mail: navdki@mail.ru)

Navoi state mining institut, Navoi, Uzbekistan

Мухитдинов Джалолiddин Пахриддинович, д.т.н., профессор

(e-mail: navdki@mail.ru)

Ташкентский государственный технический университет

LINEARIZATION OF MODEL CLASSICAL REGION DYNAMIC OF RETIFICATION

Abstract. The article compares the transient characteristics of a linearized model with the characteristics of a rigorous nonlinear model. It can be seen from the comparison that the coincidence of step responses with the classical nonlinear model is acceptable for linear models linearized. Nevertheless, the linear model obtained by linearizing the classical model is distinguished by a somewhat better representation of low-frequency gain factors.

Keywords: differential equations, linearization, numerical linearization, comparison of linear models, transient characteristics.

УДК 621.762.27

ПОРОШКОВАЯ ШАРИКОПОДШИПНИКОВАЯ СТАЛЬ, ПОЛУЧЕННАЯ ДИСПЕРГИРОВАНИЕМ В КЕРОСИНЕ

Агеева Екатерина Владимировна, к.т.н., доцент

(e-mail: ageeva-ev@yandex.ru)

Ивахненко Александр Геннадьевич, д.т.н., профессор

(e-mail: ivakhnenko2002@mail.ru)

Куц Вадим Васильевич, д.т.н., профессор

Хардигов Сергей Владимирович, аспирант

Юго-Западный государственный университет, г.Курск, Россия

(e-mail: hardikov1990@mail.ru)

Представлены результаты исследования строения и свойств порошковых материалов, полученных из отходов шарикоподшипниковой стали марки ШХ15 методом ЭЭД в керосине осветительном.

Ключевые слова: отходы шарикоподшипниковой стали, электроэрозионное диспергирование, керосин, порошковая сталь.

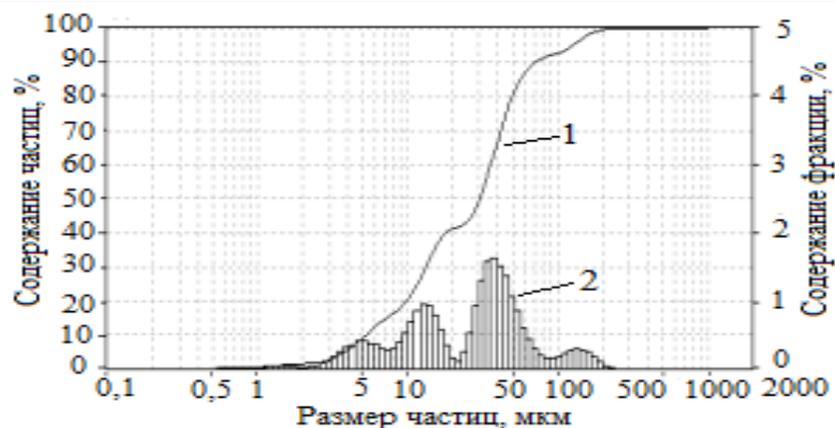
Шарикоподшипниковая сталь должна обладает высокой твердостью, прочностью и контактной выносливостью. В связи с широким её применением, образуется большое количество отработанных и выбракованных подшипников. В настоящее время способы переработки шарикоподшипниковой стали отличаются крупнотоннажностью, большими энергетическими затратами, экологическими проблемами. Особую актуальность приобретает поиск и разработка малоэнергоёмких, ресурсосберегающих, экологически чистых и безотходных способов получения порошков. Как показывает практика, большинство способов получения порошковых материалов обладают рядом недостатков: энергоёмкость, экологические проблемы (сточные воды, вредные выбросы), высокая стоимость технологического оборудования [1, 2].

Технология электроэрозионного диспергирования с целью получения порошковых материалов отличается относительно невысокими энергетическими затратами и экологической чистотой процесса [3-10].

Главным преимуществом предложенной технологии является применение в качестве исходных материалов отходов, которое значительно дешевле чистых компонентов, используемых в традиционных технологиях. Кроме того, данная технология является порошковой, что позволяет порошки-сплавы.

Целью настоящей работы являлось исследование строения и свойств порошковых материалов, полученных из отходов шарикоподшипниковой стали марки ШХ15 методом ЭЭД в керосине осветительном.

На рис. 1 показано распределение по размерам частиц порошковой шарикоподшипниковой стали, полученной из отходов.



1 – интегральная кривая, 2 – гистограмма

Рисунок 1 – Распределение по размерам частиц ШХ15, полученных в керосине

Экспериментально установлены размерные характеристики порошковых материалов, полученных в воде дистиллированной: удельная площадь поверхности 5012,6 см²/см³; средний размер частиц 36,53 мкм; коэффициент элонгации (удлинения) частиц 27,49 мкм составляет 2,32.

В табл. 1 приведены результаты исследования распределения по размерам микрочастиц.

Таблица 1 – Распределение по размерам частиц порошкового материала

Размерность частиц	ШХ15 в керосине осветительном
D10 (10% частиц), мкм	5,238
D20 (20% частиц), мкм	9,686
D30 (30% частиц), мкм	13,127
D40 (40% частиц), мкм	17,971
D50 (50% частиц), мкм	30,653
D60 (60% частиц), мкм	35,867
D70 (70% частиц), мкм	41,548
D80 (80% частиц), мкм	49,546
D90 (90% частиц), мкм	71,282
d[4,3] Объемный средний диаметр, мкм	36,53
d[3,2] Средний диаметр по площади поверхности, мкм	11,97
d[3,0] Средний диаметр по отношению к объему, мкм	2,39
d[2,0] Средний диаметр по отношению к площади, мкм	1,07
d[1,0] средний диаметр по отношению к длине, мкм	0,54

В табл. 1 приведены данные, которые следует читать как: D50 (50% частиц) – 30,653 мкм, то есть частиц, размером меньше или равно 30,653 мкм в порошке содержится 50,0% от общего объема.

С целью изучения формы и морфологии частиц порошковых материалов, полученных методом ЭЭД из отходов шарикоподшипниковых сталей, были сделаны снимки на растровом электронном микроскопе Nova NanoSEM 450, которые представлены ниже (рис. 2).

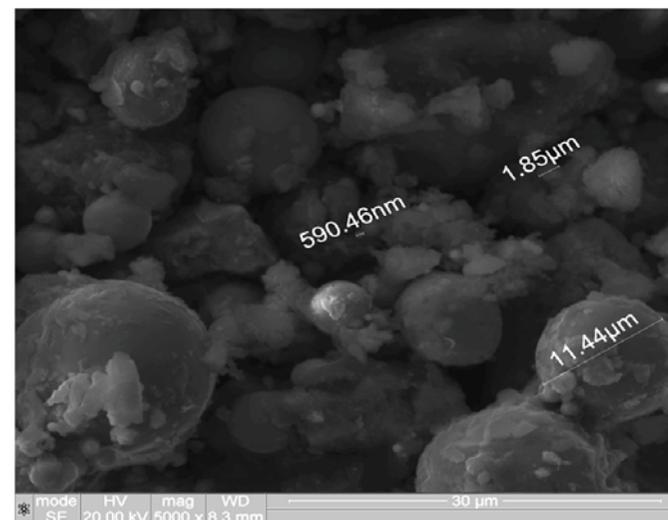


Рисунок 2 – Электронно-микроскопическое изображение порошковых материалов ШХ15, полученных в керосине осветительном

Форма частиц порошкового материала, полученного электроэрозионным диспергированием отходов шарикоподшипниковой стали, обусловлена тем, в каком виде материал выбрасывается из лунки в процессе ЭЭД. Экспериментально установлено, что порошковый материал, полученный методом ЭЭД из отходов шарикоподшипниковой стали, состоит из частиц правильной сферической формы (или эллиптической) и неправильной формы (конгломератов), которые образуются кристаллизацией расплавленного материала (жидкая фаза).

При ЭЭД частицы порошкового материала, выбрасываемые из канала разряда в жидком состоянии в рабочую жидкость, быстро кристаллизуются и закаляются. После выхода из зоны разряда частицы порошка весьма часто сталкиваются между собой. Если в момент столкновения кристаллизация была полностью завершена, то на частицах остаются характерные следы от ударов и сетчатая поверхность.

Если имеется значительная разница температур столкнувшихся частиц, то происходит их слипание с образованием непрочных границ. Как прави-

ло, такое происходит при столкновении крупных частиц, образовавшихся из жидкой фазы, с мелкими частицами, образовавшимися из паровой фазы. Если нет существенной разницы температур частиц при столкновении, то могут образовываться конгломераты неправильных форм.

С целью выявления распределения элементов по поверхности частиц порошков, с помощью энерго-дисперсионного анализатора рентгеновского излучения фирмы EDAX, встроенного в растровый электронный микроскоп Nova NanoSEM 450, был проведен рентгеноспектральный микроанализ, результаты которого представлены на рис. 3 и в табл. 2 и 3.

Таблица 2 – Рентгеноспектральный микроанализ порошкового материала ШХ15, полученного в керосине осветительном

Элемент	C	O	Si	Cr	Mo	Fe	Итого
Массовая доля, %	43,17	5,59	0,22	0,96	0,85	49,21	100,00
Атомарная доля, %	73,96	7,18	0,16	0,38	0,18	18,13	100,00

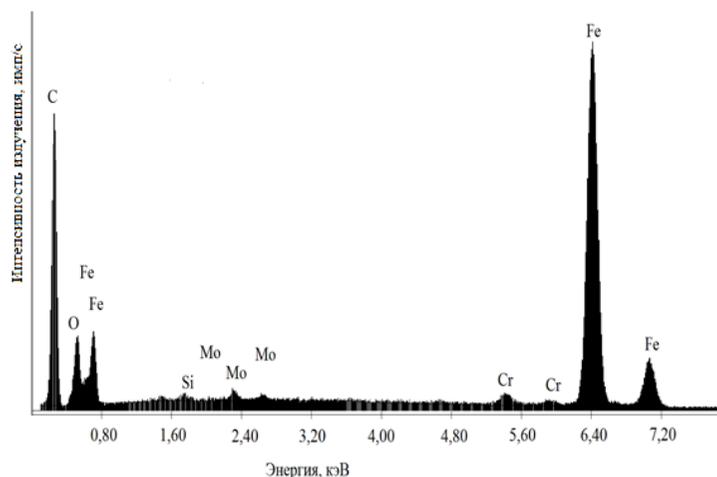


Рисунок 3 – Элементный состав порошковых материалов ШХ15, полученных в керосине

Экспериментально установлено, что порошковые материалы, полученные методом ЭД из отходов шарикоподшипниковых сталей, на поверхности содержат большую часть железа, хрома, кислорода и углерода. Видно, что диспергирование в разных рабочих жидкостях влияет на элементный состав порошка.

Свойства частиц порошка, от которых зависит область их применения, во многом определяются их структурой. Для исследования структуры ча-

стиц полученных порошков был проведен их рентгеноструктурный анализ на рентгеновском дифрактометре Rigaku Ultima IV.

Результаты рентгеноструктурного анализа порошков, полученных методом ЭД из отходов шарикоподшипниковых сталей, представлены ниже (рис. 4).

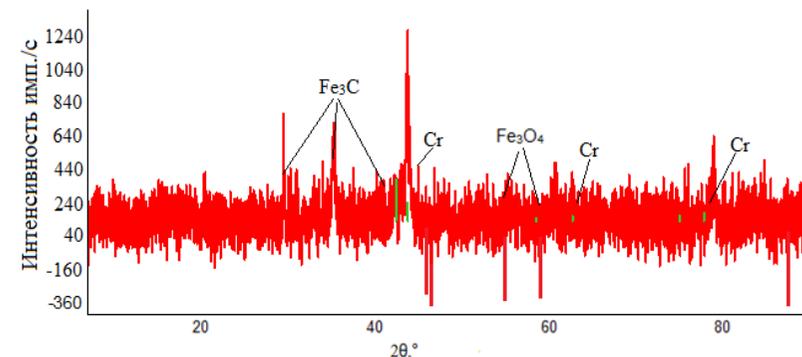


Рисунок 4 – Рентгенограмма порошкового материала ШХ15, полученного в керосине осветительном

Экспериментально установлено, что диспергирование в дистиллированной воде способствует образованию в порошковом материале фазы Fe₃C.

Список литературы

1. Особенности термоциклической обработки стали ШХ15 / Жолдошов Б.М., Муратов В.С., Кенис М.С. // Заготовительные производства в машиностроении. 2012. № 3. С. 29-32.
2. Разработка режимов термоциклической обработки шарикоподшипниковой стали / Жолдошов Б.М. // Наука, новые технологии и инновации. 2011. № 2. С. 38-41.
3. Размерный анализ частиц порошка, полученного из вольфрамсодержащих отходов электроэрозионным диспергированием в воде / Агеева Е.В., Агеев Е.В., Карпенко В.Ю. // Вестник машиностроения. 2015. № 3. С. 45-46.
4. Разработка и исследование твердосплавных изделий из порошков, полученных электроэрозионным диспергированием вольфрамсодержащих отходов / Латыпова Р.А., Латыпова Г.Р., Агеев Е.В., Давыдов А.А. // Международный научный журнал. 2013. № 2. С. 107-112.
5. Проведение рентгеноспектрального микроанализа твердосплавных электроэрозионных порошков / Агеев Е.В., Латыпова Г.Р., Давыдов А.А., Агеева Е.В. // Известия Юго-Западного государственного университета. 2012. № 5-2 (44). С. 099-102.
6. Использование твердосплавных электроэрозионных порошков для получения износостойких покрытий при восстановлении и упрочнении деталей машин и инструмента / Агеев Е.В., Давыдов А.А., Агеева Е.В., Бондарев А.С., Новиков Е.П. // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. 2013. № 1. С. 32-38.
7. Исследование химического состава порошков, полученных из отходов твердых сплавов методом электроэрозионного диспергирования / Агеев Е.В., Агеева Е.В. // В сборнике: Современные инструментальные системы, информационные технологии и

инновации, материалы IV Международной научно-технической конференции в 2-х частях. Ответственный редактор: Е.И. Яцун. 2006. С. 146-150.

8. Разработка установки для получения порошков из токопроводящих материалов / Агеев Е.В., Семенихин Б.А., Латыпов Р.А., Бобрышев Р.В. // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2009. Т. 11. № 5-2. С. 234-237.

9. Исследование производительности процесса получения порошков методом электроэрозионного диспергирования / Агеев Е.В., Семенихин Б.А., Агеева Е.В., Латыпов Р.А., Пивовар Н.А. // Известия Юго-Западного государственного университета. 2010. № 4 (33). С. 76-82.

10. Состав и свойства порошков, полученных из отходов твердых сплавов методом электроэрозионного диспергирования (ЭЭД) / Петридис А.В., Толкушев А.А., Агеев Е.В. // Технология металлов. 2005. № 6. С. 13-17.

Ageeva Ekaterina Vladimirovna, candidate of technical Sciences, associate Professor Southwest state University, Kursk, Russia (E-mail: ageeva-ev@yandex.ru)

Ivakhnenko Alexander Gennadievich, doctor of technical Sciences, Professor Southwest state University, Kursk, Russia (E-mail: ivakhnenko2002@mail.ru)

Kuts Vadim Vasilyevich, doctor of technical Sciences, Professor Southwest state University, Kursk, Russia (E-mail: kuc-vadim@yandex.ru)

Hardikov Sergey Vladimirovich, postgraduate student Southwest state University, Kursk, Russia (e-mail: hardikov1990@mail.ru)

POWDER BALL-BEARING STEEL, OBTAINED BY DISPERSION IN KEROSENE

Presents the results of research of structure and properties of powder materials obtained from the wastes of ball-bearing steel grade SHH15 method EED in kerosene lighting.

Key words: ball bearing steel wastes, electroerosion dispersion, kerosene, powder steel.

УДК 005.6

К ВОПРОСУ О ВЫБОРЕ МЕТОДА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА РЕНТГЕНКОНТРОЛЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Архипова Людмила Михайловна, студент (e-mail: lusiena.82@bk.ru)

Воейко Ольга Александровна, к.т.н., доцент (e-mail: olga_voeyko@mail.ru)

ГБОУ ВО МО «Технологический университет», Королев, Россия

В данной статье рассмотрены два метода оценки качества рентгенконтроля сварных соединений. Определены их преимущества и недостатки.

Ключевые слова: контроль качества, рентгенконтроль, сварной шов.

Российская космическая промышленность – одна из самых активно развивающихся отраслей машиностроительного комплекса, наиболее чувствительная к внедрению инноваций и высоких технологий. Нарастание объемов производства высококачественной продукции внутри страны – одно из направлений развития космических технологий, которые сыграют ключевую роль в увеличении темпов развития машиностроительной отрасли.

В последнее время проводится политика по повышению качества выпускаемой продукции. Одним из важнейших направлений является внедрение нового современного оборудования, что позволит повысить качество выпускаемой продукции, что, несомненно, соответствует политике предприятия в области качества, что подтверждает *актуальность* выбранной темы.

На предприятии качество сварных соединений проводится методом контроля рентгеновскими и гамма-лучами [1, 2, 3]. Он основан на различной проникаемости для коротковолновых электромагнитных колебаний сплошного металла и различных неоднородности, в нём находящихся, заполненных шлаками, окислами и газами. Поглощение коротковолновых лучей металлом значительно сильнее поглощения их неметаллическими включениями. При рентгеновском контроле, в настоящее время, на предприятии применяются специальные мощные рентгеновские аппараты для просвечивания металлов РУПы, РАПы: стационарные для испытаний в лабораторных условиях и передвижные для испытаний непосредственно в заводских условиях.

Контроль качества сварки и сварных соединений с помощью рентгеновского просвечивания представлен на рис. 1.

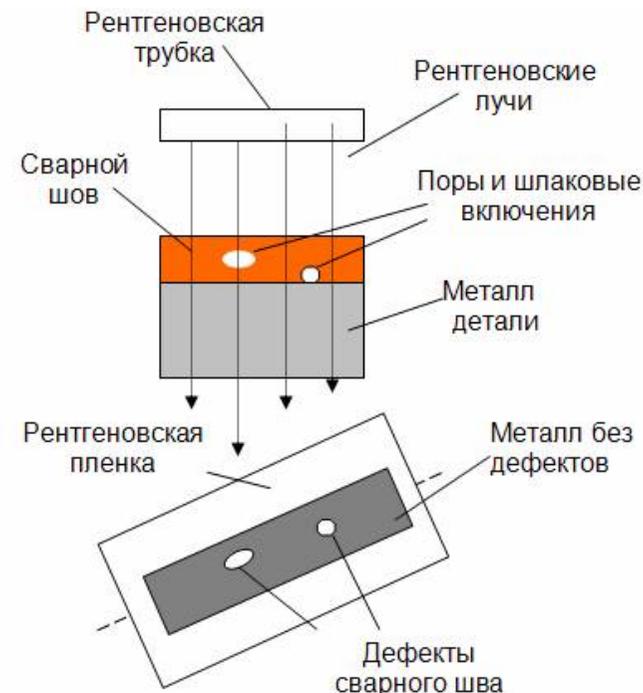


Рисунок 1 - Схема рентгеновского просвечивания

Радиографический контроль производится после устранения недопустимых наружных дефектов, выявленных при внешнем осмотре сварных соединений. В тех случаях, когда неровности поверхности шва могут затруднить выявление внутренних дефектов в сварном соединении или повредить радиографическую пленку, эта поверхность должна быть обработана. В остальных случаях специальной подготовки поверхности сварного соединения не требуется.

Качество изображения, в первую очередь, оценивают по отсутствию на нем дефектов, вызванных неправильной фотообработкой или неаккуратным обращением с пленкой. Радиограмма не должна иметь пятен, полос, загрязнений и повреждений эмульсионного слоя, затрудняющих расшифровку [3].

Рентгенограмма представляет собой негативное теневое изображение сварного шва, с прилегающим основным металлом. Всякого рода включения, менее поглощающие рентгеновские лучи, дают на рентгенограмме местные более интенсивные почернения по сравнению с окружающим сплошным металлом. Хороший рентгеновский снимок выявляет дефекты величиной от нескольких десятых долей миллиметра, причём для выявления дефекта имеет значение главным образом размер его в направлении рентгеновского луча.

Непровары выявляются на снимке в виде довольно резкой прямой чёрной линии, трещина даёт обычно извилистую линию; выявляются также поры и шлаковые включения. Рентгенограмма сварного шва показана на рис. 2.



Рисунок 2 - Рентгенограмма сварного шва

Затем оценивают оптическую плотность, которая должна составлять 2,0 - 3; проверяют, видны ли элементы эталона чувствительности, есть ли на

снимке изображение маркировочных знаков. Оптическую плотность измеряют на денситометрах или на микрофотометрах.

Заключение о качестве, проконтролированного сварного соединения, дается в соответствии с техническими условиями на изготовление и приемку изделия. При этом качество изделия оценивают только по сухому снимку, если он отвечает следующим требованиям:

- на рентгенограмме четко видно изображение сварного соединения по всей длине снимка;
- на снимке нет пятен, царапин, отпечатков пальцев, потеков от плохой промывки пленки и неправильного обращения с ней;
- на снимке видны изображения эталонов.

В противном случае проводят повторное просвечивание.

Преимущества рентгеновского метода:

- высокая чувствительность
- достаточно высокая точность определения размера дефекта
- определение точного нахождения места расположения дефекта

Недостатки рентгеновского метода:

- рентгеновское излучение вредно для человека
- сложность управления аппаратурой
- трудоемкость работ довольно
- большие габариты аппарата

Альтернативным методом является метод компьютерной радиографии. Он основан на использовании способности некоторых люминофоров накапливать скрытое изображение, которое формируется в кристаллах, когда электроны, образующиеся в них в результате облучения рентгеновским или гамма-излучением, захватываются на энергетические уровни и остаются на них в течение длительного времени [4, 5].

Под действием рентгеновского или гамма-излучения электроны внутри «флуоресцентных» кристаллов возбуждаются и переходят в квазистабильное состояние. Специальный считыватель сканирует экспонированную пластину лазерным пучком. При этом электроны высвобождаются из ловушки, что сопровождается эмиссией видимого света, длина волны которого отличается от длины волны излучения сканирующего лазера. Этот свет собирается фотоприемником и конвертируется в цифровой сигнал, преобразуемый в цифровое изображение.

Поскольку считывание информации, записанной на флуоресцентную запоминающую пластину, возможно лишь с использованием современной компьютерной техники, этот вид записи получил название компьютерной, или цифровой радиографии.



Рисунок 3 - Принцип действия цифровой радиографии

В компьютерной радиографии для получения изображения вместо пленки применяется специальная пластина многократного пользования. Как уже указывалось, для запоминания изображений в пластине использован слой с фотостимулируемой памятью - сложное химическое соединение.

- Кассета с запоминающей пластиной экспонируется аналогично пленке, т.е. располагается за объектом. Поскольку чувствительность пластины существенно выше, чем у пленки, время экспозиции пластины в 5 - 10 раз меньше, что существенно уменьшает дозовую нагрузку на персонал.
- После экспонирования пластина загружается в сканер.
- Производится считывание изображения.

- Считанное сканером изображение архивируется, обрабатывается, в том числе с использованием программ поиска дефектов, делается заключение и производится распечатка протокола контроля.
- После считывания информация стирается с пластины, и пластина вновь готова к работе.

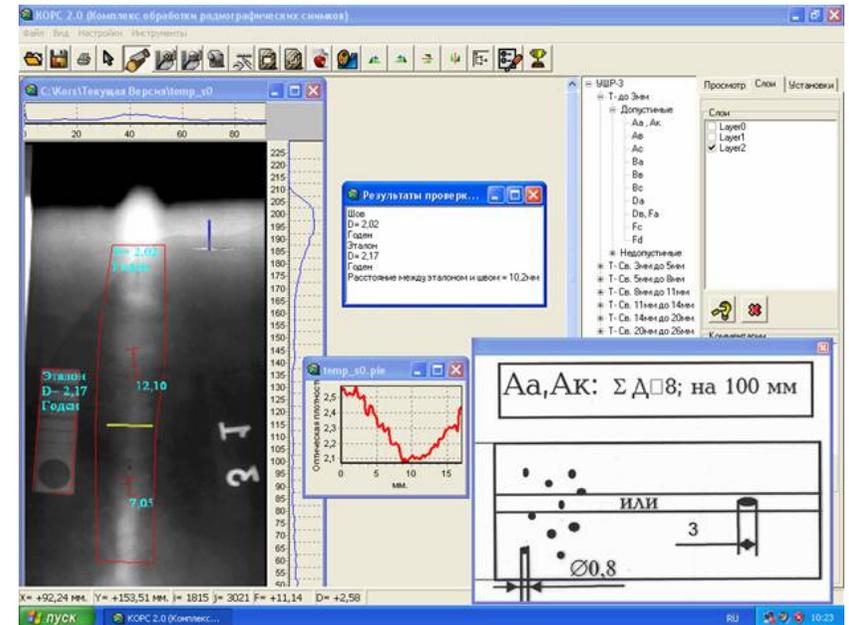


Рисунок 4 - Анализ сварного шва с помощью компьютерной программы

Все параметры прибора оптимизированы таким образом, чтобы получить изображение, эквивалентное получаемому на пленке соответствующего типа. Однако в отличие от пленки это изображение может быть улучшено, отмасштабировано, архивировано, растровано и за несколько секунд направлено по электронной почте в любое место без потери качества. На рис. 4 показано, как с помощью компьютерной программы можно расшифровать изображение, выявить дефекты и дать заключение о годности изделия.

Преимущества цифровой радиографии:

- быстрота получения информации;
- исключается «мокрая» технология обработки пленки;
- дозы облучения существенно меньше необходимых для экспонирования обычной пленки (при сравнительно низких энергиях для получения изображения одинакового качества, например в случае пленки AGFA,

напряжение на трубке можно уменьшить на 30 %, а время экспозиции - в 10 раз;

- благодаря более широкому, чем у пленки динамическому диапазону появляется возможность исследовать и контролировать детали более сложной формы с большей толщиной;

- пластина для записи является многоразовой, допускается экспонирование до 30 тыс. раз;

- имеется возможность архивирования информации в компьютере на различных носителях, делать необходимое количество идентичных копий, использовать электронную почту для передачи информации; время хранения лазерного диска без потери информации составляет не менее 30 лет;

- прямое получение цифровых изображений позволяет отказаться от оборудования для оцифровки рентгеновских пленок;

- уже сейчас достижимое пространственное разрешение при считывании составляет 10 пар линий/мм, что позволяет получать изображения чрезвычайно высокого качества.

Недостатки цифровой радиографии:

- радиографическое качество применяемых сейчас запоминающих пластин примерно соответствует крупнозернистой высокочувствительной пленке РТ-7, что ограничивает сферу применения обсуждаемой техники; однако недостаток этот следует считать временным, поскольку уже разработаны и скоро начнут выпускаться пластины, соответствующие по радиографическому качеству пленкам РТ-4, а так же аналогичным импортным AGFA и KODAK.

- чувствительность контроля, полученная при испытаниях систем компьютерной радиографии в различных лабораториях составляет 1,6 % и имеет тенденцию к некоторому ухудшению при более высоких энергиях; выпуск нового поколения запоминающих пластин, адаптированных к задачам промышленного НК (сейчас используются пластины, применяемые в медицине) решает и эту проблему;

- при увеличении энергии рентгеновского излучения имеется тенденция к увеличению времени экспозиции (хотя оно все равно существенно меньше необходимого для экспозиции пленки).

Российских стандартов по компьютерной радиографии пока не существует. Однако существуют европейские и американские стандарты, регламентирующие деятельность в области компьютерной радиографии.

Оборудование такого типа пока еще является не дешевым, оценку его окупаемости надо производить, учитывая, что при его использовании отпадает необходимость в рентгеновской пленке, оборудовании для проявки, сушки, помещения, персонале и т. д.

Список литературы

1. <http://www.gosthelp.ru/> ОСТ 102-51-85 Контроль неразрушающий. Сварные соединения трубопроводов. Радиографический метод

2. <http://www.ncontrol.ru/>

3. <http://www.all-fizika.com> Рентгеновские лучи

4. <http://www.medical-enc.ru/>

5. <http://www.ntcexpert.ru/> Статьи по неразрушающему контролю. Источник - статья А. А. Майорова опубликованная в журнале «В мире НК» № 3(25). 2004.

Arhipova Ludmila, post-graduated student

University of Technology, Korolev, Russia

(e-mail: lusiena.82@bk.ru)

Voeyko Olga, PhD, Associated professor

University of Technology, Korolev, Russia

(e-mail: olga_voeyko@mail.ru)

SOME FACTS ABOUT CHOOSING A METHOD ASSESSING THE QUALITY OF WELDED JOINT BY X-RAY CONTROL

Abstract. This article describes two methods of assessing the quality of welded joints by x-ray control. The advantages and disadvantages of both methods are determined.

Key words: quality control, x-ray control, weld.

УДК 662.758

АНАЛИЗ ПРАКТИЧЕСКОГО ЗАМЕЩЕНИЯ НЕФТЯНЫХ МОТОРНЫХ ТОПЛИВ ВОДОРОДОМ

Булгаков Сергей Викторович, к.т.н., доцент,

Тихоокеанский государственный университет, г.Хабаровск, Россия

(e-mail: Bulgakov62@mail.ru)

В данной статье проводится анализ практического замещения нефтяных моторных топлив водородом. Дается краткая экономическая и экологическая характеристика водородного топлива.

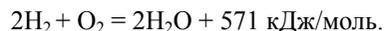
Ключевые слова: водород, моторное топливо, альтернатива, транспорт, природный газ, безопасность.

Первое практическое применение водорода в качестве моторного топлива произошло в 1941 г. в блокадном Ленинграде, где водород из аэростатов воздушного заграждения успешно использовался в качестве моторного топлива в двигателе автомобиля ГАЗ-АА, который вращал лебедку для опускания аэростатов. Для работы на водороде были переоборудованы несколько сотен постов ПВО. В 1943 г. в СССР было получено первое авторское свидетельство на изобретение №64209, закрепляющее приоритет за нашей страной в использовании водорода на транспорте¹.

Мировой энергетический кризис 1973 г, коснувшийся в основном государств западного мира, инициировал масштабные исследования в области энергосбережения и альтернативной энергетики. Развитые страны обрати-

¹ Булгаков С.В. Использование водорода в качестве альтернативного топлива. / Бартошик Д.Я., Булгаков С.В. // Философия современного природопользования в бассейне реки Амур : материалы VI междунар. науч.-практ. конф., (Хабаровск, 28 апр. – 4 мая 2017 г.), выпуск 6. [отв. ред. П.Б. Рябухин]. – Хабаровск : Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2017. – Вып. 6. С. 87–91.

ли внимание на природный газ² и другие альтернативы, в том числе на водород³. При сжигании водорода выделяется в три раза больше энергии, чем при сжигании бензина:



Если тогда основной проблемой считалось сокращение мировых запасов углеводородов, то сегодня – угроза стремительно нарастающего экологического кризиса. С этой стороны использование водорода в качестве моторного топлива считается почти идеальным решением экологических проблем на транспорте (табл. 1). Во многих странах водород рассматривают как топливо уже недалекого будущего.

Сегодня в качестве моторного топлива водород может применяться, как в чистом виде, так и в смеси с углеводородами. Благодаря высокой физико-химической активности добавка 5–10% масс. водорода к бензину снижает токсичность выхлопных газов на 65–75%. Однако чисто водородный двигатель из-за более высокой теплонапряженности процесса горения кроме паров воды вырабатывает и оксиды азота (NO_x), максимальный выброс которых примерно вдвое превышает выбросы NO_x бензинового двигателя. С обеднением топливной смеси образование оксидов азота быстро снижается и при коэффициенте избытка воздуха (α) 1 : 8 практически не происходит. Также в выхлопных газах в небольшом количестве присутствуют СО и СН (несгоревшие углеводороды), что обусловлено выгоранием углеводородных смазок водородного двигателя. Поэтому полностью экологически безопасным использование водорода на транспорте назвать нельзя^{4,5}.

Таблица 1 - Выброс вредных веществ при сгорании различных топлив³

Виды топлива	Выброс вредных веществ, г/км		
	СО	СН	NO _x
Бензин	42	8,5	9,1
Сжиженный нефтяной газ	19	4,8	8,7
Сжатый природный газ	8,5	4,5	8,5
Бензин в смеси с водородом	3	2,8	4,55
Бензин в смеси с метанолом	32	5,4	7,6
Синтез-газ	0	0,4	2,3
Водород	0	0	2,5
ЕВРО-6 (для легковых автомобилей на бензине)	1	0	0,06

² Булгаков С.В. Использование природного газа на транспорте / Сб. науч. статей 4-й Международной молодежной науч.-практ. конф. (21–22 сент. 2017 г.) Юго-Зап. гос. ун-та, Изд-во ЗАО «Университетская книга», Курск, 2017. – С.38–42.

³ Повышение экологической эффективности использования топливно-энергетических ресурсов в котельных и на транспорте / С.В. Булгаков, В.Д. Катин / под. ред. д-ра техн. наук, проф. В.Д. Катина. – Хабаровск : Изд-во Тихоокеан. Гос. ун-та, 2015. – 147 с.

⁴ Коровин Н.В. Электрохимическая энергетика. – М.: Энергоатомиздат. 1991. – 264 с.

⁵ Терентьев Г.А., Тюков В.М., Смаль Ф.В. Моторные топлива из альтернативных сырьевых ресурсов / – М.: Химия, 1989. – 270 с.

Наиболее распространенным методом хранения водорода на борту современных автомобилей является хранение в виде сжатого газа при давлении 35 и 70 МПа. Хранение в виде криогенной жидкости при температуре минус 259,14°С гораздо затратнее и экономически целесообразно для более значительных количеств водорода. Обеспечение автозаправочных станций компримированным водородом и заполнение баллонов, находящихся в автомобиле, технически больших проблем не представляет. С гораздо большими затратами связана его транспортировка и хранение. Это является одной из основных проблем, возникающих при использовании водорода. Ограниченность водородной инфраструктуры на дороге серьезно тормозит использование водородного транспорта, который в свою очередь сам не развивается из-за инфраструктурных ограничений. Современные модели баков для водорода делают из углепластика и хранимого в них водорода достаточно для 400–500 км пробега. Но, являясь самым лёгким газом, один кг сжатого при 70,0 МПа водорода занимает в 7,5 раз больше места, чем энергетически эквивалентное количество бензина. Другой сдерживающей проблемой водородной энергетики является получение водорода. Этот газ является важнейшим сырьём в химической и нефтехимической промышленности и потребность в нём постоянно растёт, в основном за счёт углубления нефтепереработки (гидроочистка, гидрокрекинг). Объем мирового производства водорода в 2013 г. оценивался в 55–58 млн т.

В отличие от других промышленных газов водород в России практически не продается: чаще всего он вырабатывается и используется на одном и том же предприятии. В табл. 2 и 3 представлены основные сферы использования водорода в России (2013 г.) и сравнительная характеристика современных способов его получения³.

Таблица 2 - Основные сферы использования водорода в России

Продукция	% от общего потребления водорода
Аммиак	54,88
Нефтепереработка	22,35
Метанол	13,30
Восстановление железа	7,11
Прочие	2,36

Таблица 3 - Сравнительная характеристика основных способов получения водорода

Процесс получения водорода	Термический КПД	Себестоимость водорода, у.е./1000 м ³
Паровая конверсия метана	74	58
Частичное окисление нефтяных остатков	83	96
Газификация угля (процесс Копперса-Тотцека)	59	109
Электролиз воды:		
- обычный	76	243
- с твёрдым электролитом	78	160

Промышленностью в основном используется водородсодержащий газ с концентрацией водорода 75–80% об, который получают паровой конверсией природного газа непосредственно на месте его потребления. Это не требует создания специальной инфраструктуры для его хранения, транспортировки, очистки, ожижения, заправки и т.д. Данным способом производится примерно половина всего водорода. Стоимость такого водорода невелика, но при использовании топливных элементов требуется водород со степенью чистоты свыше 99%, что повышает его стоимость в 5–7 и более раз, приближая к стоимости наиболее чистого электролитического водорода⁴. В табл.4 представлен сравнительный анализ розничной стоимости бензина и водорода в России и США⁶.

Таблица 4 - Сравнение розничной стоимости бензина и водорода на 09.10.2017 г.

Страна	Средняя цена, у.е./кг	
	Бензин АИ-95*(1,33 л)	Водород
Россия	0,69	21,53
США	0,75	8,6

* Средняя плотность бензина АИ-95 – 750 кг/м³;

Несмотря на то, что достигнутый уровень технологии получения водорода пока не может обеспечить предстоящие масштабы его использования на транспорте по приемлемой цене, многие автомобильные компании вкладывают значительные средства в «водород», считая его топливом будущего. Во многом это стимулируется государственной политикой стран импортёров нефти, целью которой является ослабление нефтяной зависимости и соблюдение экологических требований на транспорте. В США, Канаде, Германии, Китае, странах ЕС и многих других приняты программы создания экологически чистого автомобильного транспорта, использующего водородное топливо. Наиболее активные исследования по разработке водородных двигателей ведут компании «General Motors», «Honda Motor», «Ford Motor», «BMW» и другие (рис. 1).

В качестве альтернативы рассматриваются методы непосредственного получения водорода на борту транспортного средства из гидридов металлов или же путем риформинга тех же углеводородов. Как и в случае использования моторных биоальтернатив – биодизеля⁷, биоэтанола⁸ и др., использование водорода можно рассматривать как попытку стран импортеров

⁶ Цены бензина, литр. / URL: <http://ru.globalpetrolprices.com/> (дата обращения: 10.10.2017).

⁷ Булгаков С.В. Перспективы использования биодизельного топлива на транспорте. / Булгаков С.В. // Прогрессивные технологии и процессы : сб. науч. статей 4-й Международной молодежной научно-практической конференции (21–22 сентября 2017 года), Юго-Зап. гос. ун-та, Изд-во ЗАО «Университетская книга», Курск, 2017, – С.42–46.

⁸ Булгаков С.В. Перспективы использования этанола в качестве экологически безопасного моторного топлива. / Бартошик Д.Я., Булгаков С.В. // Философия современного природопользования в бассейне реки Амур : материалы VI междунар. науч.-практ. конф., (Хабаровск, 28 апр. – 4 мая 2017 г.), выпуск 6. [отв. ред. П.Б. Рябухин]. – Хабаровск : Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2017. – Вып. 6. 78–82 с.

углеводородов локализовать производство моторного топлива на своей территории.



Рисунок 1 - Водородный поршневой двигатель компании «Ford Motor»

В заключение следует отметить, что основная проблема водородной энергетики состоит в том, что водород является вторичным энергоносителем, который получают переработкой ископаемых ресурсов, сжигая при этом нефть, газ, уголь или уран⁹. Таким образом, водород следует рассматривать не столько как топливо, сколько как аккумулятор энергии, заключённой ранее в других энергоносителях. Если при расчете КПД водородного двигателя посчитать КПД всей производственной цепочки: производство электроэнергии – её передача – получение водорода – его транспортировка – водородный двигатель, то суммарный КПД водородного двигателя окажется значительно ниже, чем у бензинового. При таком подходе водородный двигатель неэкономичен, потребляет много топлива и создает больше экологических проблем.

Список литературы

1. Булгаков С.В. Использование водорода в качестве альтернативного топлива. / Бартошик Д.Я., Булгаков С.В. // Философия современного природопользования в бассейне реки Амур : материалы VI междунар. науч.-практ. конф., (Хабаровск, 28 апр. – 4 мая 2017 г.), выпуск 6. [отв. ред. П.Б. Рябухин]. – Хабаровск : Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2017. – Вып. 6. 87–91 с.
2. Булгаков С.В. Использование природного газа на транспорте / Сб. науч. статей 4-й Международной молодежной науч.-практ. конф. (21–22 сент. 2017 г.) Юго-Зап. гос. ун-та, Изд-во ЗАО «Университетская книга», Курск, 2017. – С.38-42.
3. Повышение экологической эффективности использования топливно-энергетических ресурсов в котельных и на транспорте / С.В. Булгаков, В.Д. Катин / под ред. д-ра техн. наук, проф. В.Д. Катина. – Хабаровск : Изд-во Тихоокеан. Гос. ун-та, 2015. – 147 с.

⁹ Перспективы использования водородного двигателя на транспорте [Электронный ресурс]. – URL: http://ua-hho.do.am/publ/idei_po_energiiperspektivy_ispolzovaniya_vodorodnogo_dvigatelja_na_transporte/2-1-0-55 (дата обращения: 17.06.2015).

4. Коровин Н.В. Электрохимическая энергетика. – М.: Энергоатомиздат. 1991. – 264с.
5. Терентьев Г.А., Тюков В.М., Смаль Ф.В. Моторные топлива из альтернативных сырьевых ресурсов / – М.: Химия, 1989. – 270 с.
6. Цены бензина, литр. / URL: <http://ru.globalpetrolprices.com/> (дата обращения: 10.10.2017).
7. Булгаков С.В. Перспективы использования биодизельного топлива на транспорте. / Прогрессивные технологии и процессы : сб. науч. статей 4-й Международной молодежной научно-практической конференции (21–22 сентября 2017 года), Юго-Зап. гос. ун-та, Из-во ЗАО «Университетская книга», Курск, 2017, – С.42-46.
8. Булгаков С.В. Перспективы использования этанола в качестве экологически безопасного моторного топлива. / Бартошик Д.Я., Булгаков С.В. // Философия современного природопользования в бассейне реки Амур : материалы VI междунар. науч.-практ. конф., (Хабаровск, 28 апр. – 4 мая 2017 г.), выпуск 6. [отв.ред. П.Б. Рябухин]. – Хабаровск : Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2017. – Вып. 6. 78–82 С.
9. Водородный двигатель [Электронный ресурс]. – URL: <https://blamper.ru/auto/wiki/dvigatel/vodorodnyy-dvigatel-3019> (дата обращения: 17.06.2015).
10. Перспективы использования водородного двигателя на транспорте. / URL: http://ua-hho.do.am/publ/idei_po_energii/perspektivy_iskopolzovaniya_vodornogo_dvigatelja_na_transporte/2-1-0-55 (дата обращения: 17.06.2015).

Bulgakov Sergey Viktorovich, associate professor Pacific National University, Khabarovsk, Russia.

e-mail: Bulgakov62@mail.ru

HYDROGEN ENGINE

Abstract. This article analyzes the practical replacement of petroleum motor fuels with hydrogen. Provides a brief economic and environmental characteristics of hydrogen fuel.

Keywords: hydrogen, motor fuel, alternative, transport, natural gas, security.

УДК 621.762.27

СТРОЕНИЕ И СВОЙСТВА ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ ОТХОДОВ ШАРИКОПОДШИПНИКОВОЙ СТАЛИ МАРКИ ШХ15 МЕТОДОМ ЭЭД В ВОДЕ ДИСТИЛЛИРОВАННОЙ

Ивахненко Александр Геннадьевич, д.т.н., профессор
(e-mail: ivakhnenko2002@mail.ru)

Агеева Екатерина Владимировна, к.т.н., доцент
(e-mail: ageeva-ev@yandex.ru)

Куц Вадим Васильевич, д.т.н., профессор
(e-mail: kuc-vadim@yandex.ru)

Хардилов Сергей Владимирович, аспирант
Юго-Западный государственный университет, г.Курск, Россия
(e-mail: hardikov1990@mail.ru)

Представлены результаты исследования строения и свойств порошковых материалов, полученных из отходов шарикоподшипниковой стали марки ШХ15 методом ЭЭД в воде дистиллированной.

Ключевые слова: отходы шарикоподшипниковой стали, электроэрозийное диспергирование, порошок, свойства.

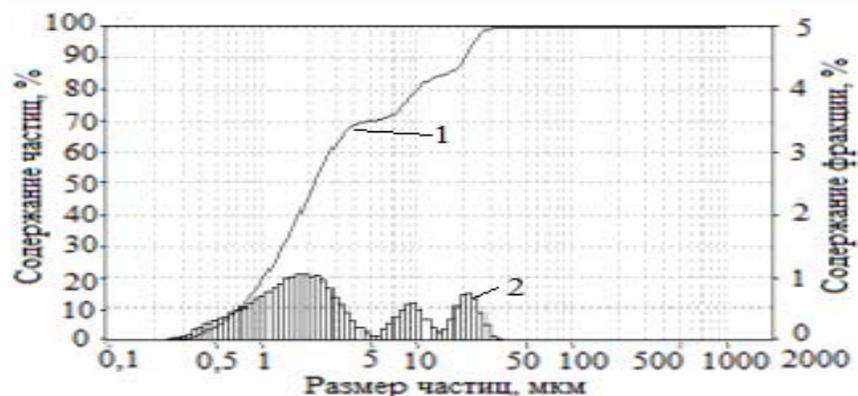
Шарикоподшипниковые стали нашли широкое применение в машиностроении. Из них изготавливают шарики, ролики и кольца подшипников качения. Эти детали в процессе работы испытывают высокие удельные знакопеременные нагрузки. В настоящее время существует несколько способов отходов шарикоподшипниковой стали. Все эти способы отличаются крупнотоннажностью, большими энергетическими затратами, экологическими проблемами. Особую актуальность приобретает поиск и разработка малоэнергоемких, ресурсосберегающих, экологически чистых и безотходных способов получения порошков [1].

Технология электроэрозийного диспергирования с целью получения порошковых материалов отличается относительно невысокими энергетическими затратами и экологической чистотой процесса [2-10].

Главным преимуществом предложенной технологии является применение в качестве исходных материалов отходов, которое значительно дешевле чистых компонентов, используемых в традиционных технологиях. Кроме того, данная технология является порошковой, что позволяет порошки сплавы.

Целью настоящей работы являлось исследование строения и свойств порошковых материалов, полученных из отходов шарикоподшипниковой стали марки ШХ15 методом ЭЭД в воде дистиллированной.

На рис. 1 показано распределение по размерам частиц порошковой шарикоподшипниковой стали, полученной из отходов.



1 – интегральная кривая, 2 – гистограмма

Рисунок 1 – Распределение по размерам частиц ШХ15, полученных в воде дистиллированной

Таблица 1 – Распределение по размерам частиц порошкового материала

Размерность частиц	ШХ15 в воде дистиллированной
D10 (10% частиц), мкм	0,871
D20 (20% частиц), мкм	1,601
D30 (30% частиц), мкм	2,534
D40 (40% частиц), мкм	4,573
D50 (50% частиц), мкм	7,433
D60 (60% частиц), мкм	11,483
D70 (70% частиц), мкм	22,938
D80 (80% частиц), мкм	42,903
D90 (90% частиц), мкм	55,395
d[4,3] Объемный средний диаметр, мкм	26,25
d[3,2] Средний диаметр по площади поверхности, мкм	2,55
d[3,0] Средний диаметр по отношению к объему, мкм	1,01
d[2,0] Средний диаметр по отношению к площади, мкм	0,63
d[1,0] средний диаметр по отношению к длине, мкм	0,51

Экспериментально установлены размерные характеристики порошковых материалов, полученных в воде дистиллированной: удельная площадь поверхности 36844,32 см²/см³; средний размер частиц 5,88 мкм; коэффициент элонгации (удлинения) частиц размером 2,16 мкм составляет 2,49.

В табл. 1 приведены результаты исследования распределения по размерам микрочастиц.

В табл. 1 приведены данные, которые следует читать как: D50 (50% частиц) – 30,653 мкм, то есть частиц, размером меньше или равно 30,653 мкм в порошке содержится 50,0% от общего объема.

Форма частиц порошковых материалов и состояние их поверхности оказывает большое влияние на насыпную плотность и прессуемость, а также на плотность, прочность и однородность прессовок.

С целью изучения формы и морфологии частиц порошковых материалов, полученных методом ЭЭД из отходов шарикоподшипниковых сталей, были сделаны снимки на растровом электронном микроскопе Nova NanoSEM 450, которые представлены ниже (рис. 2).

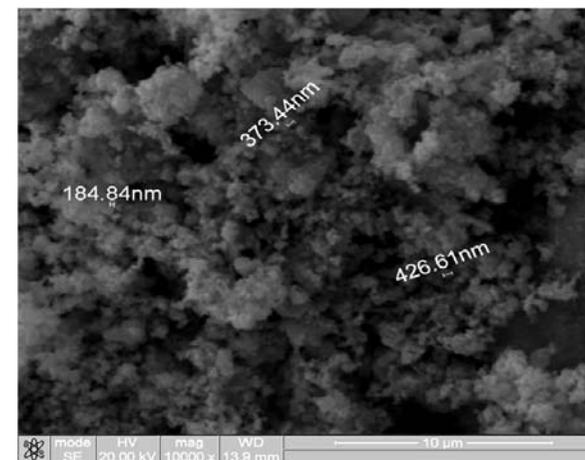


Рисунок 2 – Электронно-микроскопическое изображение порошковых материалов ШХ15, полученных в воде дистиллированной

Форма частиц порошкового материала, полученного электроэрозионным диспергированием отходов шарикоподшипниковой стали, обусловлена тем, в каком виде материал выбрасывается из лунки в процессе ЭЭД. Экспериментально установлено, что порошковый материал, полученный методом ЭЭД из отходов шарикоподшипниковой стали, состоит из частиц правильной сферической формы (или эллиптической) и неправильной формы (конгломератов), которые образуются кристаллизацией расплавленного материала (жидкая фаза).

При ЭЭД частицы порошкового материала, выбрасываемые из канала разряда в жидком состоянии в рабочую жидкость, быстро кристаллизуются и закаляются. После выхода из зоны разряда частицы порошка весьма часто сталкиваются между собой. Если в момент столкновения кристалли-

зация была полностью завершена, то на частицах остаются характерные следы от ударов и сетчатая поверхность.

Если имеется значительная разница температур столкнувшихся частиц, то происходит их слипание с образованием непрочных границ. Как правило, такое происходит при столкновении крупных частиц, образовавшихся из жидкой фазы, с мелкими частицами, образовавшимися из паровой фазы. Если нет существенной разницы температур частиц при столкновении, то могут образовываться конгломераты неправильных форм.

С целью выявления распределения элементов по поверхности частиц порошков, с помощью энерго-дисперсионного анализатора рентгеновского излучения фирмы EDAX, встроенного в растровый электронный микроскоп Nova NanoSEM 450, был проведен рентгеноспектральный микроанализ, результаты которого представлены на рис. 3 и в табл. 2.

Таблица 2 – Рентгеноспектральный микроанализ порошкового материала ШХ15, полученного в воде дистиллированной

Элемент	C	O	Si	Cr	Mn	Fe	Итого
Массовая доля, %	2,43	14,66	0,51	1,16	0,79	80,45	100,00
Атомарная доля, %	7,73	35,05	0,69	0,86	0,55	55,12	100,00

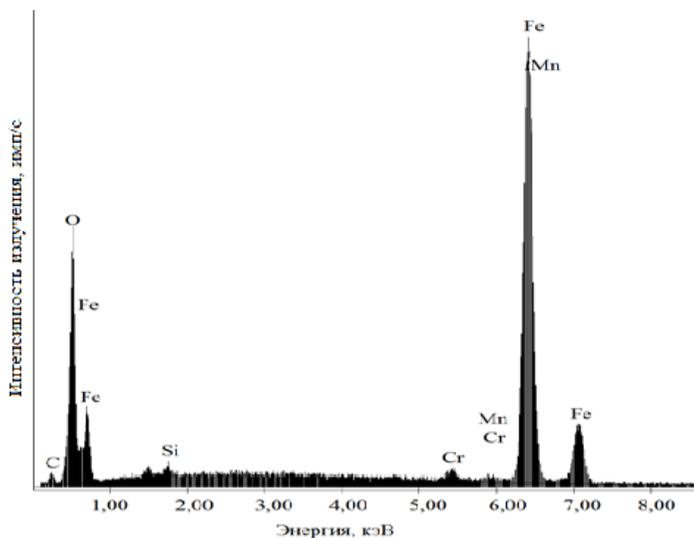


Рисунок 3 – Элементный состав порошковых материалов ШХ15, полученных в воде дистиллированной

Экспериментально установлено, что порошковые материалы, полученные методом ЭЭД из отходов шарикоподшипниковых сталей, на поверхности содержат большую часть железа, хрома, кислорода и углерода. Видно, что диспергирование в разных рабочих жидкостях влияет на элементный состав порошка.

Свойства частиц порошка, от которых зависит область их применения, во многом определяются их структурой. Для исследования структуры частиц полученных порошков был проведен их рентгеноструктурный анализ на рентгеновском дифрактометре Rigaku Ultima IV.

Результаты рентгеноструктурного анализа порошков, полученных методом ЭЭД из отходов шарикоподшипниковых сталей, представлены ниже (рис. 4).

Экспериментально установлено, что диспергирование в дистиллированной воде способствует образованию в порошковом материале фазы Fe₃O₄, а диспергирование в осветительном керосине способствует образованию фазы Fe₃C.

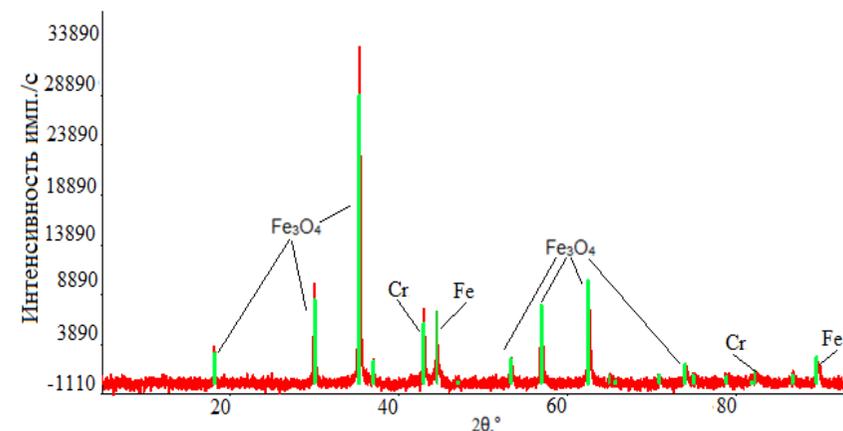


Рисунок 4 – Рентгенограмма порошкового материала ШХ15, полученного в воде дистиллированной

Список литературы

1. Особенности термоциклической обработки стали ШХ15 / Жолдошов Б.М., Муратов В.С., Кенис М.С. // Заготовительные производства в машиностроении. 2012. № 3. С. 29-32.
2. Исследование химического состава порошков, полученных из отходов твердых сплавов методом электроэрозионного диспергирования / Агеев Е.В., Агеева Е.В. // В сборнике: Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации, материалы IV Международной научно-технической конференции в 2-х частях. Ответственный редактор: Е.И. Яцун. 2006. С. 146-150.

3. Разработка установки для получения порошков из токопроводящих материалов / Агеев Е.В., Семенихин Б.А., Латыпов Р.А., Бобрышев Р.В. // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2009. Т. 11. № 5-2. С. 234-237.

4. Исследование производительности процесса получения порошков методом электроэрозионного диспергирования / Агеев Е.В., Семенихин Б.А., Агеева Е.В., Латыпов Р.А., Пивовар Н.А. // Известия Юго-Западного государственного университета. 2010. № 4 (33). С. 76-82.

5. Состав и свойства порошков, полученных из отходов твердых сплавов методом электроэрозионного диспергирования (ЭЭД) / Петридис А.В., Толкушев А.А., Агеев Е.В. // Технология металлов. 2005. № 6. С. 13-17.

6. Разработка и исследование твердосплавных изделий из порошков, полученных электроэрозионным диспергированием вольфрамсодержащих отходов / Латыпов Р.А., Латыпова Г.Р., Агеев Е.В., Давыдов А.А. // Международный научный журнал. 2013. № 2. С. 107-112.

7. Проведение рентгеноспектрального микроанализа твердосплавных электроэрозионных порошков / Агеев Е.В., Латыпова Г.Р., Давыдов А.А., Агеева Е.В. // Известия Юго-Западного государственного университета. 2012. № 5-2 (44). С. 099-102.

8. Использование твердосплавных электроэрозионных порошков для получения износостойких покрытий при восстановлении и упрочнении деталей машин и инструмента / Агеев Е.В., Давыдов А.А., Агеева Е.В., Бондарев А.С., Новиков Е.П. // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. 2013. № 1. С. 32-38.

9. Исследование физико-технологических свойств порошков, полученных электроэрозионным диспергированием твердого сплава / Агеев Е.В., Гадалов В.Н., Романенко Д.Н., Тригуб В.Б., Самойлов В.В., Агеева Е.В. // Фундаментальные исследования. 2011. № 12-2. С. 336-340.

10. Размерный анализ частиц порошка, полученного из вольфрамсодержащих отходов электроэрозионным диспергированием в воде / Агеева Е.В., Агеев Е.В., Карпенко В.Ю. // Вестник машиностроения. 2015. № 3. С. 45-46.

Ageeva Ekaterina Vladimirovna, candidate of technical Sciences, associate Professor Southwest state University, Kursk, Russia (E-mail: ageeva-ev@yandex.ru)

Kuts Vadim Vasilyevich, doctor of technical Sciences, Professor Southwest state University, Kursk, Russia (E-mail: kuc-vadim@yandex.ru)

Ivakhnenko Alexander Gennadievich, doctor of technical Sciences, Professor Southwest state University, Kursk, Russia (E-mail: ivakhnenko2002@mail.ru)

Hardikov Sergey Vladimirovich, postgraduate student Southwest state University, Kursk, Russia (e-mail: hardikov1990@mail.ru)

STRUCTURE AND PROPERTIES OF POWDER MATERIALS OBTAINED FROM THE WASTES OF BALL-BEARING STEEL GRADE SHH15 METHOD AED IN WATER DISTILLED

Presents the results of research of structure and properties of powder materials obtained from the wastes of ball-bearing steel grade SHH15 method EED in distilled water.

Key words: ball bearing steel wastes, electroerosion dispersion, powder, properties.

УДК 666.291.5

КЕРАМИЧЕСКИЕ КРАСИТЕЛИ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ КЕРАМИКИ НА ОСНОВЕ ПРИРОДНЫХ СЫРЬЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОТХОДОВ

Кадирова Дилором Салиховна, к.т.н.,

ученый секретарь инновационного центра,

*Ташкентский химико-технологический институт, г.Ташкент, Узбекистан
(e-mail: dil-kadirova@rambler.ru) тел.998909735532*

Абдусаттаров Шакиржан Мамажанович, к.т.н., доцент,

*Ташкентский химико-технологический институт, г.Ташкент, Узбекистан
(e-mail: abdusattarov@rambler.ru) тел.998977757580*

Максудова Насима Адамовна, старший преподаватель,

*Ташкентский государственный технический университет, г.Ташкент,
Узбекистан, (e-mail: dena@mail.ru)*

В работе были разработаны составы и технология получения керамических красителей коричневого цвета различной оттеночности для строительной керамики, на основе каркасного силиката анортита на основе природного сырья, в том числе промышленных отходов.

Ключевые слова: Керамические пигменты, цвет, строительная керамика, декорирование, координаты цвета.

В капитальном и жилищном строительстве важную роль играют силикатные строительные материалы и такие изделия, как фасадная, облицовочная и половая плитка, являющиеся одними из основных деталей внутренней и внешней отделки зданий и сооружений. В жизни человека, в быту также исключительно велика роль керамики как утилитарного, технического, так и художественного назначения. Конкурентоспособность этих материалов и изделий может быть обеспечена достижением высокого качества, при их производстве, а также высоких эстетико-декоративных свойств, разнообразия ярких цветов различной оттеночности.

Цвет изделий строительной и хозяйственно-бытовой керамики оказывает большое влияние на психологическое состояние человека. Теплый и спокойный естественный цвет глины, присущий гончарным, терракотовым изделиям, хорошо подходит для фасада зданий, домашней утвари, выполненной в "деревенском" стиле. В тоже время темный фон керамики, изготовленной из красножгущихся глин, не дает возможности использовать всю цветовую гамму для создания многоцветных рисунков. Поэтому так много работали древние мастера над совершенствованием майолики, покрывая изделие глукими глазуриями или белым ангобом, расписывая цветными глазуриями [1].

Каркасные алюмосиликаты, к классу которых относится кальциевый полевой шпат анортит ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$), обладает рядом ценных свойств – это высокая термическая и химическая устойчивость, микротвердость [2]. В

связи с этим он представляет собой практический и научный интерес как матрица, при использовании принципов изо- и гетеровалентного замещения атомов Ca и Si на Al и переходные d-элементы, для которых характерна не полностью завершенная электронная оболочка, обладающая высокой поляризационной способностью. Поэтому, на основе алюмосиликата кальция пользуясь принципами гетеровалентного замещения атомов в кристаллах, могут быть получены высокотемпературные керамические пигменты для декорирования изделий.

Это обуславливает высокую актуальность проведения исследований для разработки технологий по производству строительных материалов с требуемыми декоративными характеристиками из различного природного и техногенного сырья, в том числе промышленных отходов

Методы декорирования керамики, особенно полиграфические, получили в последнее время интенсивное развитие. Прогресс в дизайне таких видов изделий как керамическая плитка потребовал применения новых видов керамических красок и глазурей, с необычными эффектами и многообразием цветов. Качество наносимых рисунков, производительность их нанесения все более приближаются к требованиям полиграфии. Большую роль в этом процессе сыграло развитие компьютерных технологий и техники переноса изображения на поверхность изделия. Заметим, что полноцветная керамическая печать "фотографического" качества - чрезвычайно трудоемкая производственная задача, так как цветоделение должно производиться по 10-30 базовым цветам.

Таблица 1 - Химический состав сырьевых материалов

Материал	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O K ₂ O	Fe ₂ O ₃	MgO	MnO ₂	P ₂ O ₅	п.п.п
Джеройский кварцевый песок	85,57	5,67	0,14	0,49	0,29	0,17	0,001	0,04	7,63
Мел Самаркандский	1,01	0,24	54,66	-	0,01	19,80	0,02	24,26	24,26
Глинозем Содержащий отход ШГХК	0,21	80,62	3,06	0,32	0,05	0,08	0,22	-	15,44
Отход Навоинского машиностроительного завода	11,60	11,72	2,38	9,11	23,33	3,85	25,66	-	12,35

Для выполнения поставленных задач по созданию экспортозамещающих изделий строительной керамики в качестве объектов изучения были выбраны следующие исходные материалы и виды сырья:

- Мел Самаркандский Ингичкинского месторождения;
- Глиноземсодержащий отход Шуртанского газохимического комбината;
- Железо и марганец содержащий отход Навоинского машиностроительного завода
- Кварцевые пески Джеройского месторождения.

При изучении свойств сырьевых материалов использовали общепринятые методы физико-химического анализа изучения силикатных материалов, а также физико-химические методы анализа с помощью рентгенографии, термографии, ИК-спектроскопии, электронной микроскопии спектроколориметрии и др. [3]. Химический анализ сырьевых материалов проводился масс-спектральным методом – с использованием масс-спектрометра индуктивно-связанной плазмы ICPMS. Термографические исследования проводились на дериватографе системы Паулик-Паулик-Эрдей, со скоростью 9 град/мин и навеской 117,5 г.

В работе были разработаны составы и технология получения керамических красителей коричневого цвета различной оттеночности для строительной керамики, на основе каркасного силиката анортита.

Синтез пигментов осуществляется путём реакции в твердой фазе в электрической печи при температуре 750°C ± 25°C с изотермической выдержкой при максимальной температуре 1 час. Измельчение полученных спеков и помол в шаровых мельницах мокрым способом до остатка на сите 0056 1-2%, сушка пигментов при температуре 110°C, и охлаждение до комнатной температуры. Полученные пигменты наносили на ангобированные облицовочные плитки после уфельного обжига Ташкентского комбината строительных материалов в количестве 5-10% по сухому весу. Плитки после политого обжига имели коричневый цвет различной яркости в зависимости от содержания красителя.

Исследование фазового состава образцов керамических пигментов показало, что составы на основе алюмосиликата кальция имеют анортитовую и шпинельную фазу, а также присутствуют корунд и кварц. Соотношение которых изменяется при увеличении содержания переходного элемента.

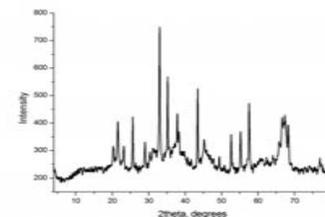


Рисунок 1 - Рентгенограмма коричневого пигмента 4-7

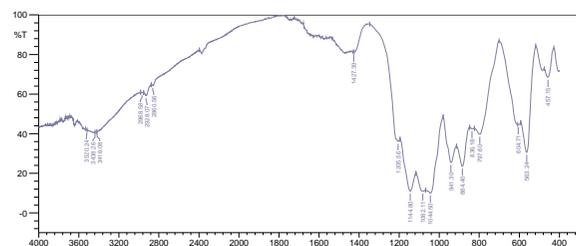


Рисунок 2 - ИК-спектр коричневого пигмента

ИК-спектр коричневого пигмента содержит полосы поглощения характерные для полевых шпатов, деформационные колебания связей Si-O-Al и Al-O-Si наблюдаются при 475 и 545 см⁻¹. Полосы поглощения 625, 675, 780-925 см⁻¹ относятся к валентным колебаниям связей Si-O-Si и Al-O-Si, а также полосы поглощения валентных колебаний Si-O-Si и Si-O-Al, Al-O-Si в области 1000-1170 см⁻¹.

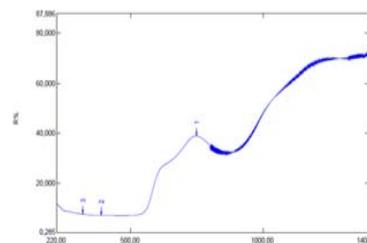
Химическая устойчивость коричневых керамических пигментов определенная стандартными методиками показывает высокие показатели -97% по кислотостойкости и 98% по щелочестойкости.

Таблица 2 - Свойства синтезированных пигментов

№	Условия синтеза		Цвет	Химическая устойчивость	
	Температура, °C	Выдержка при максим. тем-ре, час		4% p-p CH ₃ COOH	4% p-p Na ₂ CO ₃
1	750	1,0	Светло бежевый	97,1	97,9
2			Бежевый	97,2	98,4
3			Светло коричневый	97,7	98,5
4			коричневый	98,1	98,9

Таблица 3 - Координаты цвета коричневых пигментов

№ Образца	Цвет пигментов	Координаты цвета			Координаты цветности		
		x	y	z	X	Y	Z
4-0	светло коричневый	11.04	10.35	8.35	0.371	0.348	0.281
5-0	тёмно-коричневый	6.51	6.29	5.59	0.354	0.342	0.348



No.	P/V	Wavelength	R%	Description
1	●	748.00	38.934	
2	●	389.00	6.973	
3	●	318.00	7.567	
4	●	842.00	31.323	
5	●	467.00	6.814	
6	●	385.00	6.954	
7	●	313.00	7.525	

Рисунок 3 - Спектры отражения коричневого пигмента

На основе отхода Навоинского машиностроительного завода «Неорганическая пыль» была получена коричневая окраска плитки с использованием прозрачной заводской глазури в условиях Ташкентского комбината строительных материалов. Ангобированные облицовочные плитки были покрыты цветной глазурью в количестве 5-10% по сухому весу, обожжены в производственных условиях при максимальной температуре 1180°C и имели коричневую окраску.

При рассмотрении спектров отражения коричневых пигментов можно сделать вывод, что доминирующей длиной волны является λ-750nm, что соответствует области красного цвета.

Заключение

1. В работе были разработаны составы и технология получения керамических красителей коричневого цвета различной оттеночности для строительной керамики, на основе каркасного силиката анортита на основе природного и техногенного сырья, в том числе промышленных отходов.

2. Результаты проведённых исследований показывают, что на основе производственного отхода Навоинского машиностроительного завода «неорганическая пыль» можно получить керамические красители с доминирующей длиной волны 748 нм, что соответствует красно-коричневым оттенкам. Полученный краситель имеет хорошо согласованный слой с бесцветной глазурью черепка, не вызывает брака изделий.

Список литературы

1. Масленникова Г.Н., Пищ И.В. Керамические пигменты. М.: РИФ Стройматериалы. 2009. 222 с.
2. Алимжанова Ж.И., КадYROва Д.С., Юсупова М.Н. Керамические пигменты на основе сырьевых материалов Узбекистана. // Ж.Стекло и керамика. 2013. №12. С.21-23.
3. Лукин Е.С, Андрианов Н.Т. Технический анализ и контроль производства керамики. М: Стройиздат. 1986. с. 272

Kadirova Dilorom Salikhovna, Dr.Sc., Scientific Secretary of the Innovation Center, Tashkent Chemical Technology Institute, Tashkent, Uzbekistan (e-mail dil-kadirova@rambler.ru)

Abdusattarov Shakirzhan Mamazhanovich, Ph.D., Associate Professor, Tashkent Chemical Technology Institute, Tashkent, Uzbekistan (e-mail abduattarov@rambler.ru)

Maksudova Nasima Adgamovna, senior teacher, Tashkent State Technical University, Tashkent, Uzbekistan, (e-mail dena@mail.ru.)

Abstract. In the work, the compositions and technology of producing ceramic dyes of brown color of various shades for building ceramics based on anorthite silicate based on natural and technogenic raw materials, including industrial wastes, were developed.

Keywords: Ceramic pigments, color, building ceramics, decoration, color coordinates.

УДК 669.162.281

АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ ВЕЛИЧИНЫ БОКОВОЙ НАГРУЗКИ ШИХТЫ ПО ВЫСОТЕ ДОМЕННОЙ ПЕЧИ

*Карпова Ксения Сергеевна, студент
(e-mail: ks.shumilina@yandex.ru)*

*Карпов Антон Владимирович, к.т.н., доцент
(e-mail: antonkrpv@rambler.ru)*

Липецкий государственный технический университет, г.Липецк, Россия

В данной работе обоснована важность контроля организации движения газа по диаметру и высоте доменной печи. Произведен анализ изменения величины бокового давления на стенки доменной печи при различных расходах шихтовых материалов. Получены уравнения нелинейной регрессии, позволяющие вычислить по высоте доменной печи значения боковой нагрузки, действующей на стенки и материалы.

Ключевые слова: доменная печь, материалы, боковая нагрузка, газ, рабочее пространство, нелинейная регрессия.

Организация движения газа в рабочем пространстве доменной печи является важнейшей задачей реализации доменного процесса. Известно, что доменный процесс основан на противотоке газа и шихтовых материалов, первый направлен снизу – вверх, вторые сверху – вниз. Во время этого процесса газ выполняют две основные функции: передача тепла шихте и восстановление оксидов железа [1-4].

Равномерное распределение газовой фазы в слое материалов по диаметру и высоте доменной печи обеспечивается предварительной подготовкой материалов, заключающейся в отсеиве ее мелких фракций и применении специальных систем загрузки шихты на колошник [5]. Однако невозможно предотвратить образование мелочи (классов размером менее 5 мм) в железорудных материалах и топливной части при процессах их перегрузки. Например, материал до попадания в рабочее пространство печи испытывает 3-х кратное падение при ссыпании на главный подъемник, в засыпное устройство и непосредственно на шихту, находящуюся в доменной печи. Помимо этого, тепловые, химические и физические воздействия в рабочем пространстве печи тоже провоцируют образование мелкой фракции.

Целью данной работы является оценка величины боковой нагрузки, действующей на кладку доменной печи, которая показывает значение сил

внутреннего и внешнего сопротивления, провоцирующих образование мелочи в шихтовых материалах.

Определить нагрузку, действующую на стенки и соответственно материалы в доменной печи, возможно путем расчета активного веса шихты [6]:

$$P_a = H \cdot \gamma - \Delta p - F \cdot \rho_{\text{вспл}},$$

где H – значение высоты материалов, находящихся в печи, м;

γ – насыпная плотность шихты по высоте столба, Н/м³;

Δp – перепад давления газа, Н/м²;

F – силы внутреннего и внешнего трения, Н/м².

Учитывая, что в нашем случае непосредственное значение величины активного веса шихты не нужно, необходимо определить ее составляющие.

Полное сопротивление сил трения состоит из силы внешнего трения о стенки (F_c) и силы внутреннего трения $F_{\text{вн}}$ сыпучих материалов:

$$F = F_c + F_{\text{вн}},$$

Сила внешнего трения зависит от бокового давления:

$$F_c = Q_6 \cdot f_1,$$

где Q_6 – боковое давление, Н/м²;

f_1 – коэффициент трения сыпучего материала по стенке.

Боковое давление столба шихты возможно определить по формуле Янсена:

$$Q_6 = \frac{\gamma R}{2f_1} \left(1 - \exp\left(-\frac{2f_1 n H}{R}\right) \right)$$

где R – радиус столба шихты, м;

n – условный коэффициент бокового давления

Коэффициент бокового давления возможно определить из соотношения:

$$n = [1 + 2f^2 + \sqrt{1 + f^2} \cdot (\sqrt{f^2 - f_1^2} - f)]^{-1},$$

где f – коэффициент внутреннего трения материалов шихты, Н/м²;

Таблица 1 - Исходные данные для расчета величины боковой нагрузки

Номер исходных данных	Расходы, кг/т чугуна		
	кокса	агломерата	окатышей
1	490	1200	394
2	470	1200	394
3	440	1200	394
4	410	1200	394
5	380	1200	394
6	350	1100	500
7	350	1000	600
8	350	900	700
9	350	800	800

Для вычисления величины боковой нагрузки приняты показатели и режим работы, а также геометрические размеры доменной печи объемом 3200 м³. При этом она условно разделена на 4 равные зоны, от колошника до распара. Исходные данные для расчета величины боковой нагрузки представлены в таблице 1. Результаты расчета представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты расчета величины боковой нагрузки, атм

Вариант расчета \ Номер зоны	1	2	3	4	5
1 зона	0,2407	0,2423	0,2439	0,2455	0,2472
2 зона	0,3709	0,3739	0,3771	0,3803	0,3835
3 зона	0,5669	0,5722	0,5777	0,5833	0,5890
4 зона	0,5711	0,5772	0,5836	0,5901	0,5968

Продолжение таблицы 2

Вариант расчета \ Номер зоны	6	7	8	9
1 зона	0,2535	0,2597	0,2660	0,2725
2 зона	0,3911	0,3984	0,4056	0,4129
3 зона	0,5988	0,6078	0,6169	0,6261
4 зона	0,6041	0,6107	0,6173	0,6238

Результаты расчета по 1, 5 и 9 варианту представлены на рисунке 2.

Из полученных данных видно, что при снижении расхода кокса на тонну выплавляемого чугуна величина боковой нагрузки на стенки доменной печи повышается, что объясняется увеличением доли железорудного материала, находящегося в рабочем пространстве, и, соответственно, общей массы находящегося материала.

Увеличение доли окатышей в железорудной части приводит к повышению величины боковой нагрузки на стенки доменной печи также за счет роста массы материала, пребывающего в рабочем пространстве, несмотря на снижение их коэффициента трения, зависящего от угла естественного откоса.

Полученные выводы частично объясняют возможности значительной интенсификации доменной плавки при вдувании пылеугольного топлива за счет увеличения массы материала, находящегося в пространстве печи, и, соответственно, возможности повышения давления дутья.

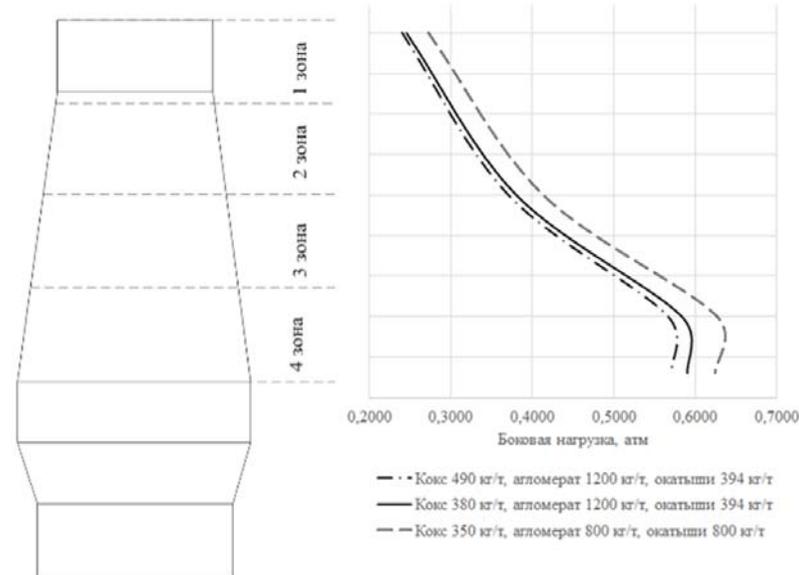


Рисунок 2 – Изменение величины боковой нагрузки, действующей на стенки доменной печи

По полученным результатам расчета получены регрессионные уравнения определения величины боковой нагрузки для разных зон доменной печи, при помощи множественной нелинейной регрессии, которые имеют следующий вид:

- для 1 зоны $Q_{61} = 0,2657 + 3 \cdot 10^{-17} \cdot O^5 - 0,1 \cdot 10^{-17} \cdot A^5 - 0,3 \cdot 10^{-16} \cdot K^5$, атм.

- для 2 зоны $Q_{62} = 0,40676 + 4 \cdot 10^{-17} \cdot O^5 - 1 \cdot 10^{-17} \cdot A^5 - 5,9 \cdot 10^{-16} \cdot K^5$, атм.

- для 3 зоны $Q_{63} = 0,6196 + 5 \cdot 10^{-17} \cdot O^5 - 1 \cdot 10^{-17} \cdot A^5 - 10,4 \cdot 10^{-16} \cdot K^5$, атм.

- для 4 зоны $Q_{64} = 0,62131 + 12,1 \cdot 10^{-16} \cdot O^5 - 1 \cdot 10^{-17} \cdot A^5 - 3 \cdot 10^{-17} \cdot K^5$, атм.

Проведенные математические вычисления показали возможность расчета величины боковой нагрузки на стенки доменной печи аналитическим способом, а именно по уравнениям нелинейной регрессии. Достоверность полученных уравнений подтверждается нормальностью распределения остатков, а также значением коэффициента корреляции 0,9.

Таким образом в работе произведен анализ изменения величины бокового давления на стенки доменной печи, из которого видно, что при снижении расхода кокса на тонну выплавляемого чугуна она повышается, что объясняется увеличением доли железорудного материала, находящегося в рабочем пространстве, и, соответственно, общей массы находящегося материала, аналогично действует и повышение доли окатышей в железорудной части шихты. Это говорит о повышении вероятности рассыпания на мелкие фракции материалов, находящихся в рабочем пространстве печи

при снижении количества кокса. Также в работе получены уравнения нелинейной регрессии для 4 зон доменной печи, позволяющие вычислить значение боковой нагрузки, действующей на ее стенки.

Список литературы:

1. Коршиков Г.В. Механизм взаимодействия механических сил столба шихты и газового потока / Г.В. Коршиков, В.Н. Титов, В.Г. Михайлов, А.В. Карпов // Современная металлургия нового тысячелетия сборник научных трудов II международной научно-практической конференции. 2016. С. 113-123.
2. Коршиков Г.В. Влияние интенсивности доменной плавки на расход топлива и кинетику химических реакций восстановительного процесса / Г.В. Коршиков, В.Н. Титов, В.Г. Михайлов, А.В. Карпов // Сталь. 2016. № 2. С. 9-15.
3. Коршиков Г.В. Влияние химических процессов на термодинамические параметры газового потока в доменной печи / Г.В. Коршиков, В.Н. Титов, В.Г. Михайлов, А.В. Карпов // Сталь. 2016. № 6. С. 2-9.
4. Теплообменные, восстановительные и газодинамические явления в начальном периоде задувки доменных печей / Иноземцев Н.С., Титов В.Н., Михайлов В.Г. и др. // Современная металлургия нового тысячелетия сборник научных трудов II международной научно-практической конференции. 2016. С. 87-99.
5. Выявление рациональной последовательности загрузки шихтовых материалов в бункер БЗУ лоткового типа/ Минакаев С.Р., Сидоров М.В., Сибатуллина М.И. и др. // Теория и технология металлургического производства. 2015. № 1 (16). С. 35-38.
6. Доменное производство: Справочное издание. В 2-х т. Том 1. Подготовка руд и доменный процесс / Вегман Е.Ф. и др. М.: Металлургия, 1989. - 496 с.

UDC 669.162.281

SIZE CHANGE ANALYSIS OF SIDE LOAD OF FURNACE-CHARGE ON HEIGHT OF BLAST FURNACE

Karpova Kseniya Sergeevna, student

(e-mail: ks.shumilina@yandex.ru)

Lipetsk State Technical University, Lipetsk, Russia

Karpov Anton Vladimirovich, Cand.Tech.Sci., associate professor

(e-mail: antonkrpv@rambler.ru)

Lipetsk State Technical University, Lipetsk, Russia

Abstract. *In this work is proved the importance of organization control of gas flow to diameter and height of the blast furnace. Was made the analysis of size change of the side pressure on the blast furnace walls at various expenses of charging materials. Were received the equations of nonlinear regression, resulting in calculating on height of the blast furnace the values of side loading affecting on the walls and materials.*

Keywords: *blast furnace, materials, side loading, gas, furnace body, nonlinear regression.*

УДК 621.919.2

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТА

Кочергин Виталий Сергеевич, аспирант

(e-mail: Koshergin@mail.ru)

Евсеев Евгений Юрьевич, аспирант

Юго-Западный государственный университет, г.Курск, Россия

(e-mail: zhenia-evseev@mail.ru)

В статье представлен алгоритм и методика автоматизированного расчета математической модели исследуемого процесса при постановке экстремальных экспериментов с целью отыскания условий процесса, обеспечивающих получение оптимального значения выбранного параметра (функции отклика).

Ключевые слова: эксперимент, исследуемый объект, математическая модель.

Для решения экстремальной задачи необходимо обязательно иметь математическую модель объекта планируемого к исследованию, получаемую используя результаты опытов. При исследовании многофакторного процесса постановка всех возможных опытов для получения математической модели связана с большой трудоемкостью эксперимента, в связи с тем, что число всех возможных опытов достаточно велико. Задача планирования эксперимента состоит в установлении минимально необходимого числа опытов и условий их проведения, в выборе методов математической обработки результатов опытов, а так же в принятии решений. Планирование эксперимента значительно сокращает число опытов, необходимых для получения модели процесса.

К оптимизации приступаем при наличии некоторых результатов предварительных исследований изучаемого объекта. Решение задачи оптимизации начинают с выбора области эксперимента. Выбор этой области производят на основе анализа априорной информации. В области эксперимента устанавливают основные уровни и интервалы варьирования факторов (рис. 1). Также необходимо учесть эффекты взаимодействия факторов на параметр оптимизации.

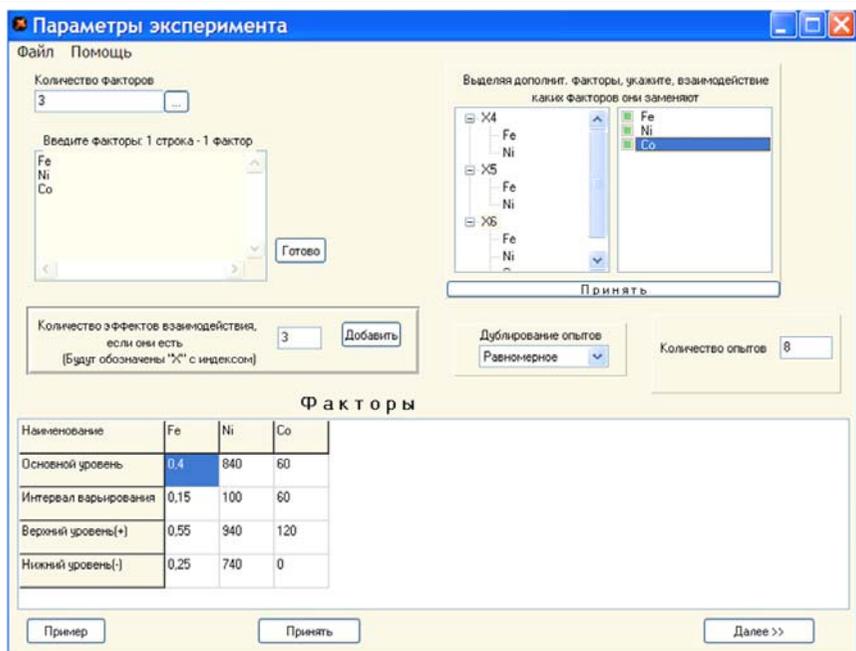


Рисунок 1 – Параметры эксперимента

Пользователю прежде всего необходимо задать количество факторов и (опционально) наименования факторов. После нажатия кнопки «Готово» появится возможность добавить эффекты взаимодействия или заменить их дополнительными факторами для формирования дробных реплик. В нижней части окна располагается таблица «Факторы», в которой заполняются поля «Основной уровень» и «Интервал варьирования», после чего рассчитываются верхний (+) и нижний (-) уровень факторов. Затем нужно указать, какой тип дублирования используется при постановке опытов и количество опытов в матрице планирования.

После этого переходят к выбору плана эксперимента и проведению опытов. Каждая строка матрицы планирования — это условия опыта (рис. 2, 3). Для исключения систематических ошибок рекомендуется опыты, предусмотренные матрицей, проводить в случайной последовательности.

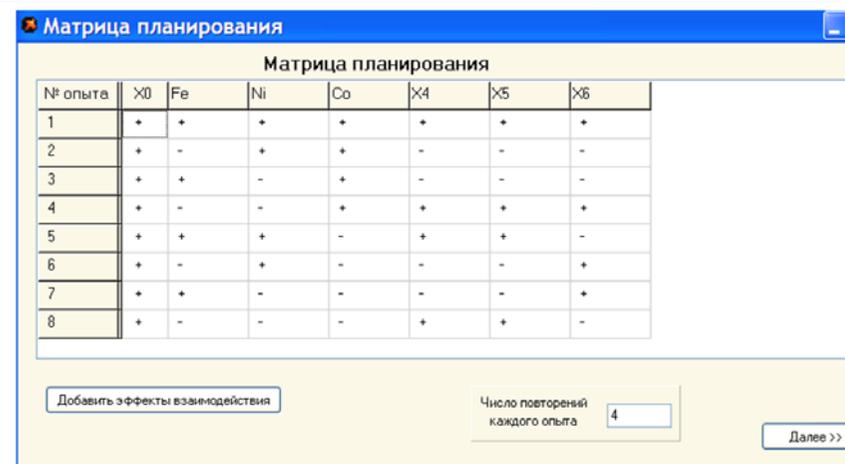


Рисунок 2 – Матрица планирования



Рисунок 3 – Значения факторов и результаты опытов

Общий алгоритм обработки результатов эксперимента представлен на рисунке 4. На первом этапе для каждой строки матрицы планирования по результатам n параллельных опытов находят среднее арифметическое значение параметра оптимизации \bar{y}_j и дисперсию S_j^2 .

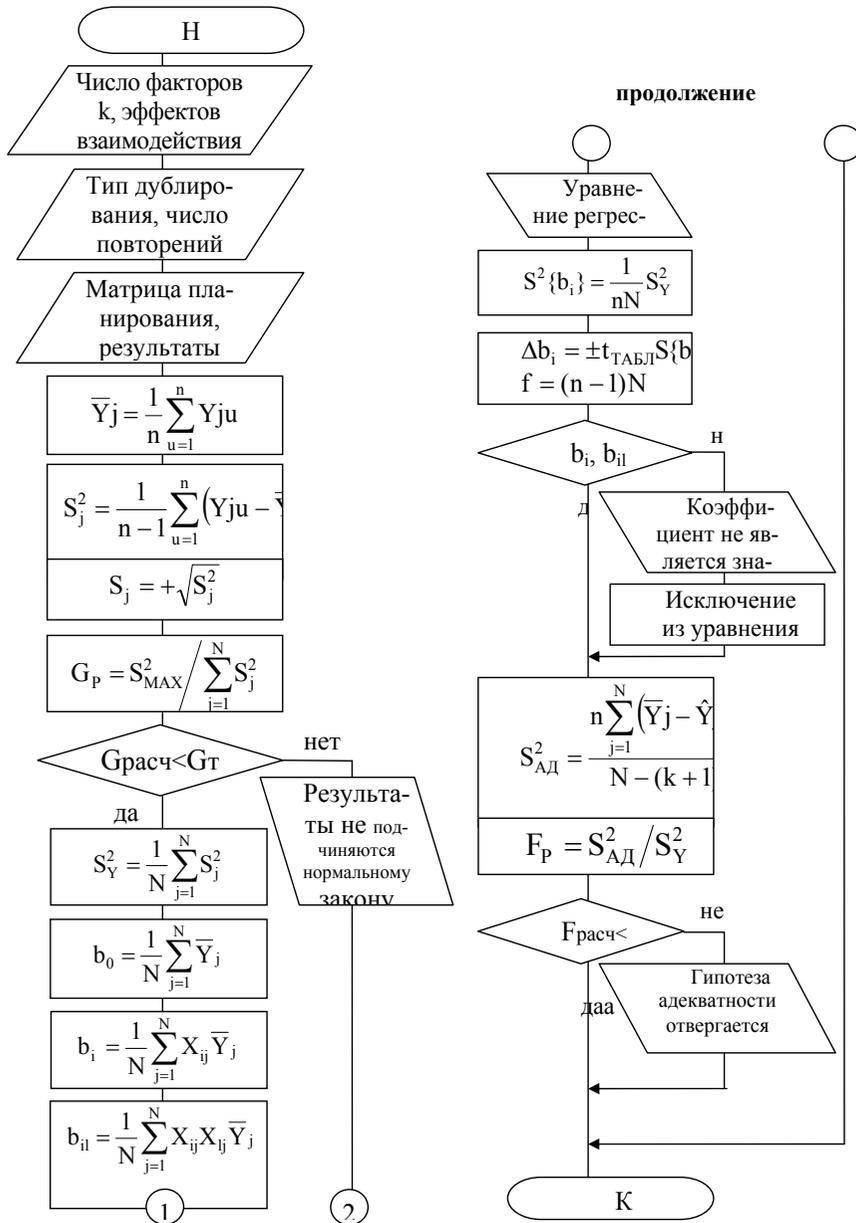


Рисунок 4 – Алгоритм обработки результатов эксперимента

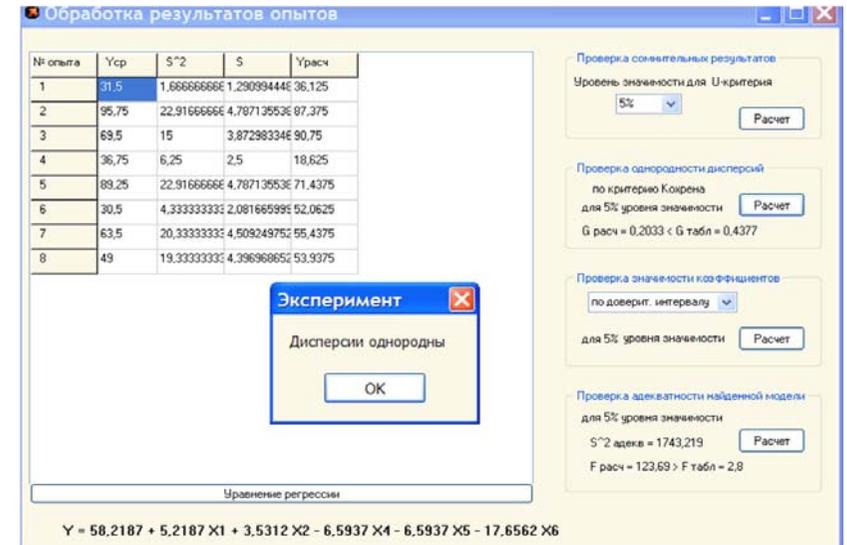


Рисунок 5 – Обработка результатов опытов, проверка однородности дисперсий

Далее следует проверка однородности дисперсий по критерию Кохрена. Если исследуемая величина Y не подчиняется нормальному закону, её нужно попытаться заменить случайной величиной $q=f(Y)$, достаточно близко следующей нормальному закону.

После определения дисперсии S_y^2 воспроизводимости эксперимента, вычисляют коэффициенты модели. Уравнение регрессии модели отображается в нижней части окна результатов.

Вычислив коэффициенты модели, проверяют их значимость. Программа позволяет проводить проверку двумя способами: 1) сравнением абсолютной величины коэффициента с доверительным интервалом; 2) с помощью t-критерия Стьюдента. Статистически незначимые коэффициенты могут быть исключены из уравнения (рис. 6).

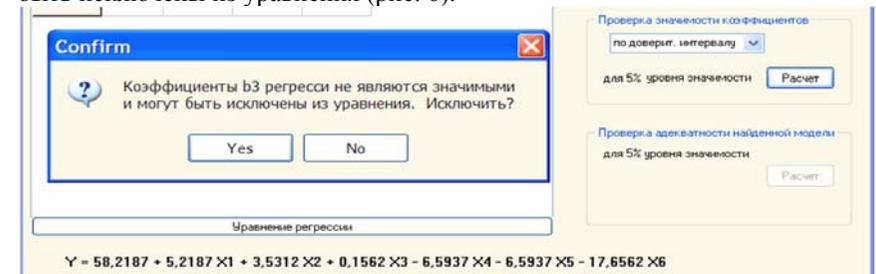


Рисунок 6 – Проверка значимости коэффициентов регрессии

Последним этапом обработки результатов эксперимента является определение дисперсии S_{ao}^2 адекватности, которая используется для проверки гипотезы адекватности найденной модели (рис. 7).

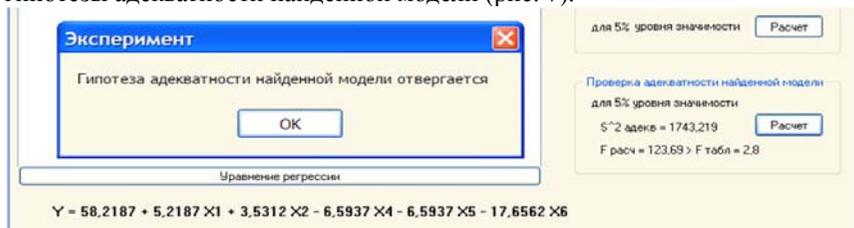


Рисунок 7 – Проверка адекватности модели

Для практического использования программного продукта системные требования должны быть не ниже: Pentium 166MHz, Win9x\ WinNT\ Win2000\ WinXP\ Win2003, 32Mb RAM, не менее 50Mb свободного дискового пространства.

Список литературы

1. Архангельский А. Я. Приёмы программирования в Delphi версии 5-7 (для освоивших Delphi). [Текст] / А. Я. Архангельский. М.: ООО «Бином-Пресс», 2003. 784с.
2. Фаронов В. Delphi. Учебный курс // Нолидж, 2000. 608 с.
3. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю. П. Адлер и др. М.: Наука, 1976. 280 с.

Kochergin, Vitaliy Sergeevich, postgraduate
(e-mail: Koshergin@mail.ru)

Evseev Evgeny Yurievich, postgraduate
(e-mail: zhenia-evseev@mail.ru)

South-West state University, Kursk, Russia

THE AUTOMATED SYSTEM OF PROCESSING OF RESULTS OF EXPERIMENT

Abstract. The article presents the algorithm and methodology of computer-aided calculation of mathematical model of investigated process in the formulation of extreme experiments in order to find process conditions, providing the optimum values of the selected parameter (response function).

Keywords: experiment, the object under study, mathematical model.

УДК 621.762.27

**СТРОЕНИЕ И СВОЙСТВА ПОРОШКОВОЙ БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ
СТАЛИ, ПОЛУЧЕННОЙ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННЫМ
ДИСПЕРГИРОВАНИЕМ В ВОДЕ**

Куц Вадим Васильевич, д.т.н., профессор
(e-mail: kuc-vadim@yandex.ru)

Ивахненко Александр Геннадьевич, д.т.н., профессор
(e-mail: ivakhnenko2002@mail.ru)

Агеева Екатерина Владимировна, к.т.н., доцент
Юго-Западный государственный университет, г.Курск, Россия
(e-mail: ageeva-ev@yandex.ru)

Представлены результаты изучения строения и свойств порошковой быстрорежущей стали, полученной электроэрозионным диспергированием в воде.

Ключевые слова: отходы быстрорежущей стали, электроэрозионное диспергирование, вода, порошок, свойства.

В настоящее время одним из наиболее перспективных методов получения порошковых материалов является метод электроэрозионного диспергирования (ЭЭД) [1-9].

Изучение строения и свойств новых электроэрозионных материалов, получаемых отходов быстрорежущих сталей представляет научный и практический интерес.

Целью настоящей работы являлось изучение строения и свойств порошковой быстрорежущей стали (ПБРС), полученной электроэрозионным диспергированием в воде.

При решении поставленных задач использовали современные методы испытаний и исследований, в том числе:

- гранулометрический состав и средний размер порошков определяли на лазерном анализаторе размеров частиц «Analysette 22 NanoTec»;
- удельную площадь поверхности порошков и пористость заготовок определяли по одно- и пятиточечному методу БЭТ на газо-адсорбционном анализаторе «TriStar II 3020»;
- содержание кобальта и титана определяли с помощью атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой на атомно-эмиссионном спектрометре фирмы «HORIBA Jobin Yvon» модель «ULTIMA 2»;
- содержание общего углерода определяли методом сжигания в потоке кислорода на анализаторе углерода и серы «Leco CS-400»;
- содержание кислорода определяли методом восстановительного плавления (графитовый тигель) в импульсной печи сопротивления в токе инертного газа (гелий) на анализаторе кислорода и азота «Leco TC-600»;

– определение формы и морфологии поверхности частиц, рентгеноспектральный микроанализ, исследование элементного состава образцов порошка проводили на электронно-ионном сканирующем (растровом) микроскопе с полевой эмиссией электронов «QUANTA 600 FEG» и энергодисперсионного анализатора рентгеновского излучения фирмы «EDAX»;

– рентгеноструктурный (фазовый) анализ проводили на рентгеновском дифрактометре ARL9900 Intellipower Workstation и др.

Результаты исследования гранулометрического состава ПБРС, полученных ЭЭД отходов быстрорежущей стали Р6М5 водной среде при напряжении 120 В, емкости разрядных конденсаторов 20 мкФ и частоте следования импульсов 200 Гц, представлены на рис. 1.

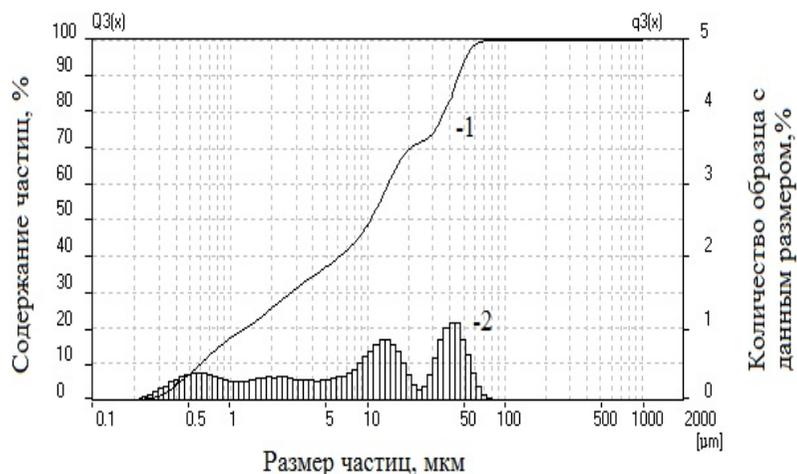


Рисунок 1 – Интегральная кривая (1) и гистограмма (2) распределения по размерам частиц ПБРС, полученной ЭЭД отходов стали марки Р6М5 в водной среде

Установлено, что ПБРС, полученные из отходов вольфрамсодержащих быстрорежущих сталей при напряжении 120 В, емкости разрядных конденсаторов 20 мкФ и частоте следования импульсов 200 Гц, имеют размер частиц от 0,25 до 100 мкм.

Установлено, что средний размер частиц ПБРС, полученного в вода дистиллированная составляет 16,88 мкм. Также установлено, что удельная площадь поверхности размер частиц ПБРС, полученного в воде дистиллированной составляет 28476,27 см²/см³.

Исследование формы и морфологии частиц представлено на рис. 2, элементный состав ПБРС - на рис. 3.

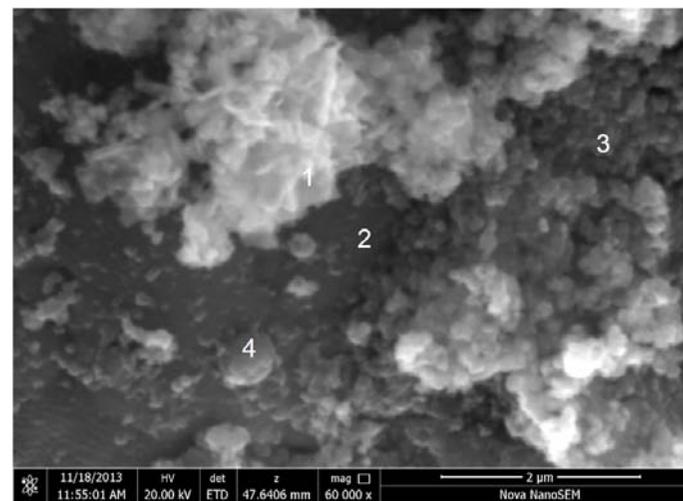


Рисунок 2 – Снимок с РЭМ частиц ПБРС с указанием точек проведения РСМА

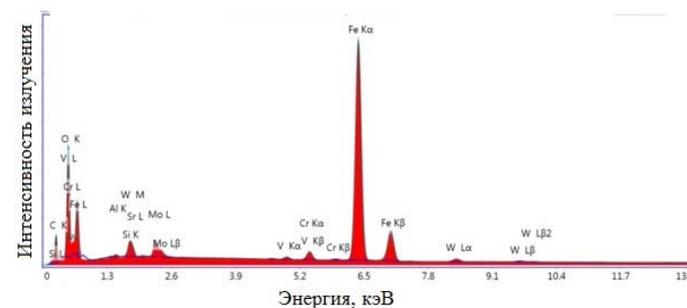


Рисунок 3 – РСМА в точке 1

Видно, что в порошке, полученном электроэрозионным диспергированием отходов стали Р6М5 в воде, присутствуют частицы, имеющие правильную сферическую, эллиптическую форму и агломераты.

Установлено, что основными элементами в ПБРС, полученных электроэрозионным диспергированием являются W и Fe.

Результаты исследования рентгеноструктурного (фазового) состава ПБРС, полученных их отходов быстрорежущей стали Р6М5 в водной среде при напряжении 120 В, емкости разрядных конденсаторов 20 мкФ и частоте следования импульсов 200 Гц, представлены на рис. 4.

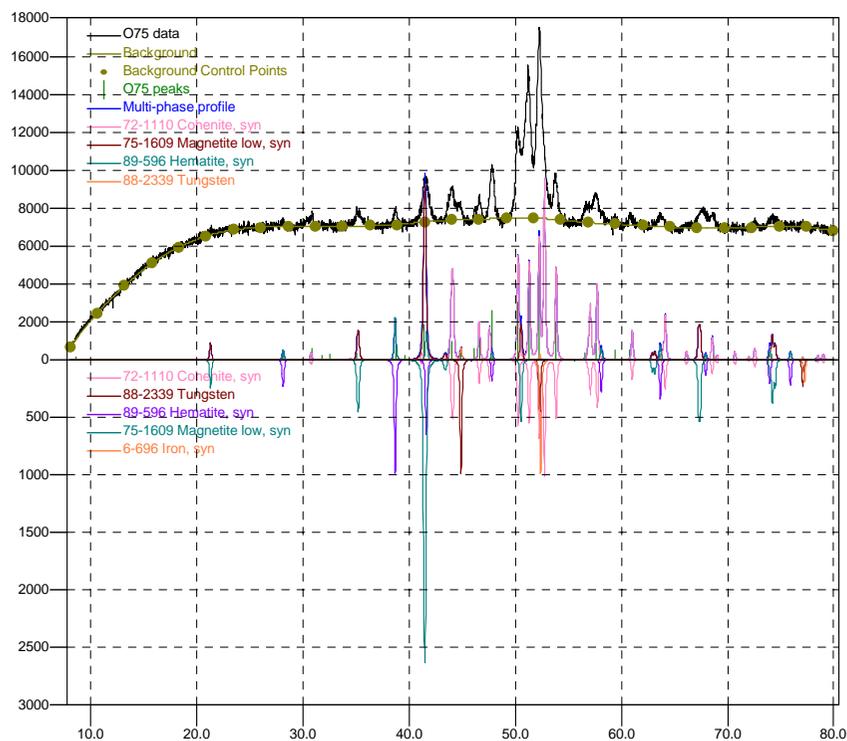


Рисунок 4 – Дифрактограмма порошка ПБРС, полученной ЭЭД

Показано, что диспергирование в водной среде снижает потери кислорода и способствует образованию фаз Fe₂O₃, W, Fe, и Fe₃C.

Список литературы

1. Оценка эффективности применения твердосплавных порошков, полученных электроэрозионным диспергированием отходов твердых сплавов, при восстановлении и упрочнении деталей композиционными гальваническими покрытиями / Е.В. Агеев, Б.А. Семенихин, Е.В. Агеева, Р.А. Латыпов // Упрочняющие технологии и покрытия. 2011. № 9. С. 14-16.
2. Восстановление и упрочнение деталей автотракторной техники плазменно-порошковой наплавкой с использованием порошков, полученных электроэрозионным диспергированием отходов спеченных твердых сплавов / Е.В. Агеев, В.И. Серебровский, Б.А. Семенихин, Е.В. Агеева, Р.А. Латыпов, Ю.П. Гнездилова Курск: Изд-во Курской ГСХА, 2010. 91 с.
3. Использование твердосплавных электроэрозионных порошков для получения износостойких покрытий при восстановлении и упрочнении деталей машин и инструмента / Е.В. Агеев, А.А. Давыдов, Е.В. Агеева, А.С. Бондарев, Е.П. Новиков // Известия

Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. 2013. № 1. С. 32-38.

4. Применение порошков, полученных методом электроэрозионного диспергирования, при плазменной наплавке коленчатых валов / А.В. Петридис, А.А. Толкушев, Е.В.Агеев // Технология металлов. 2004. № 9. С. 41-44.
5. Повышение эксплуатационных показателей восстановленных деталей автомобилей на основе научно обоснованных ресурсосберегающих технологий, материалов и устройств / Е.В. Агеев // Мир транспорта и технологических машин. 2012. № 2. С. 32-41.
6. Разработка и исследование твердосплавных изделий из порошков, полученных электроэрозионным диспергированием вольфрамсодержащих отходов / Латыпов Р.А., Латыпова Г.Р., Агеев Е.В., Давыдов А.А. // Международный научный журнал. 2013. № 2. С. 107-112.
7. Проведение рентгеноспектрального микроанализа твердосплавных электроэрозионных порошков / Агеев Е.В., Латыпова Г.Р., Давыдов А.А., Агеева Е.В. // Известия Юго-Западного государственного университета. 2012. № 5-2 (44). С. 099-102.
8. Исследование физико-технологических свойств порошков, полученных электроэрозионным диспергированием твердого сплава / Агеев Е.В., Гадалов В.Н., Романенко Д.Н., Тригуб В.Б., Самойлов В.В., Агеева Е.В. // Фундаментальные исследования. 2011. № 12-2. С. 336-340.
9. Размерный анализ частиц порошка, полученного из вольфрамсодержащих отходов электроэрозионным диспергированием в воде / Агеева Е.В., Агеев Е.В., Карпенко В.Ю. // Вестник машиностроения. 2015. № 3. С. 45-46.
10. Рентгеноспектральный микроанализ нихромового порошка, полученного методом электроэрозионного диспергирования в среде керосина/ Агеев Е.В., Горохов А.А., Алтухов А.Ю., Щербаков А.В., Хардилов С.В.// Известия Юго-Западного государственного университета. 2016. № 1 (64). С. 26-31.
11. Размерные характеристики бронзового электроэрозионного порошка, полученного в воде/ Агеева Е.В., Агеев Е.В., Чаплыгин В.Ю., Горохов А.А.// Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. 2016. № 1 (18). С. 30-35.
12. Фазовый состав частиц порошка, полученного электроэрозионным диспергированием сплава ВК8 в бутиловом спирте/ Агеева Е.В., Алтухов А.Ю., Гулидин С.С., Агеев Е.В., Горохов А.А.// Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. 2016. № 1 (18). С. 20-25.

Kuts Vadim Vasilyevich, doctor of technical Sciences, Professor Southwest state University, Kursk, Russia (E-mail: kuc-vadim@yandex.ru)

Ageeva Ekaterina Vladimirovna, candidate of technical Sciences, associate Professor Southwest state University, Kursk, Russia (E-mail: ageeva-ev@yandex.ru)

Ivakhnenko Alexander Gennadievich, doctor of technical Sciences, Professor Southwest state University, Kursk, Russia (E-mail: ivakhnenko2002@mail.ru)

STRUCTURE AND PROPERTIES OF POWDER HIGH-SPEED STEEL OBTAINED BY ELECTROEROSION DISPERSION IN WATER

Presents the results of the study of the structure and properties of powder high-speed steel obtained by electroerosion dispersion in water.

Key words: *high speed steel wastes, electroerosion dispersion, water, powder, properties.*

СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ ИМПУЛЬСНЫМ ЛИНЕЙНЫМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ДВИГАТЕЛЕМ

Марков Алексей Витальевич, аспирант

(e-mail: slen@ngs.ru)

Жердев Олег Викторович, студент

(e-mail: slen@ngs.ru)

Камышев Илья Сергеевич, студент

(e-mail: slen@ngs.ru)

Нейман Владимир Юрьевич, д.т.н., профессор

(e-mail: nv.nstu@ngs.ru)

Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, Россия

Рассматривается способ управления импульсным линейным электромагнитным двигателем, который обеспечивает увеличение конечной скорости якоря и энергии удара. С помощью уравнения баланса энергий электромеханической системы рассмотрен процесс энергопреобразования за полный рабочий цикл электромагнитного двигателя.

Ключевые слова: электромагнитный двигатель, режим динамического аккумулирования, баланс энергии электромеханической системы, способ управления

Линейные электромагнитные двигатели (ЛЭМД) возвратно-поступательного движения широко применяются в промышленности для механизации различных технологических процессов и производств [1–8].

Несмотря на то, что устройства и машины, созданные на базе ЛЭМД, давно уже существуют, методы по их расчету и оптимальному проектированию по-прежнему востребованы [9–14].

Также совершенствуются методы для расчета и проектирования ЛЭМД в динамических режимах [15–23].

Исследования приводов с ЛЭМД свидетельствует о большом многообразии конструктивных схем машин, отличающихся способом реализации возвратно-поступательного движения ударной массы бойка, режимами их работы и т.д. [24–31].

В однообмоточных ЭМД и ЛЭМД ударных машин потери энергии в рабочем цикле составляют до 60...70%. Экспериментально установлено, что возвратная пружина ЛЭМД аккумулирует до 25% энергии в цикле. Поэтому одним из путей повышения энергетических показателей ЛЭМД является частичное использование запасенной возвратной пружиной потенциальной энергии в период рабочего хода.

Энергетический баланс рабочего цикла импульсного ЛЭМД может быть представлен уравнениями на соответствующих интервалах рабочего и холостого хода [2]. В период рабочего хода при вертикальном расположении ЛЭМД:

$$mg(x_{кон} - x_{нач}) + \int_0^{t_{px}} (ui - i^2r)dt = \int_0^{t_{px}} F_{px}V_{px}dt + \int_{x_{нач}}^{x_{кон}} F_n dx + \int_{\Psi_{нач}}^{\Psi_{кон}} id\psi, \quad (1)$$

где $u, i, F_{px}, F_n, V_{px}$ - мгновенные значения напряжения, тока, силы, действующей на якорь, усилие пружины и скорость якоря в период рабочего хода; t_{px} - время рабочего хода; $x_{нач}, x_{кон}$ - начальная и конечная координата положения якоря; $\Psi_{нач}, \Psi_{кон}$ - начальное и конечное потокоцепление; m - масса якоря; g - ускорение свободного падения.

В период холостого хода, при возврате якоря в исходное положение,

$$\int_{x_{кон}}^{x_{нач}} F_n dx = mg(x_{нач} - x_{кон}) + \int_{t_{px}}^{t_{ц}} F_{xx}V_{xx}dt, \quad (2)$$

где F_{xx}, V_{xx} - значения силы и скорости якоря при холостом ходе; $t_{ц}$ - время полного цикла.

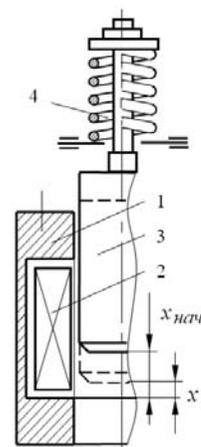
Для полного рабочего цикла, представляющего единичное срабатывание якоря и возврата его в исходное положение, можно записать:

$$F_{px} = F_{эм} + mg - F_n, \quad (3)$$

$$F_{xx} = F_n - mg, \quad (4)$$

где $F_{эм}$ - электромагнитная сила.

В период холостого хода ЛЭМД (рис. 1), в соответствии с уравнениями (2) и (4), энергия пружины преобразуется в потенциальную энергию возвращенного в исходное состояние якоря $W_n = mg(x_{нач} - x_{кон})$ и частично в механическую $W_k = \int F_{xx}V_{xx}dt$. Энергетические показатели импульсных ЛЭМД целесообразно улучшить за счет рационального аккумулирования магнитной энергии в системе на заключительном этапе холостого хода.



1- магнитопровод, 2- катушка, 3- якорь, 4- пружина
Рисунок 1 - Линейный электромагнитный двигатель

Для использования составляющей энергии W_k на интервале холостого хода $t_{xx} = t_{ц} - t_{px}$ необходимо до завершения возврата якоря в момент времени $t < t_{xx}$ подать напряжение питания на обмотку ЛЭМД. Энергетический баланс ЛЭМД в этом случае соответствует уравнению

$$\int_{t=0}^{t_{mp}} F_{xx}V_{xx}dt + \int_{t=0}^{t_{mp}} (ui - i^2r)dt = \int_0^{\Psi_{mp}} id\psi, \quad (5)$$

где $F_{xx} = kx - mg - F_{эм}$; k - коэффициент жест-

кости пружины; $V_{xx} = V_1 k_v = dx/dt$; $k_v = V_2/V_1$ - коэффициент восстановления скорости якоря; V_1, V_2 - абсолютные величины скоростей до и после удара; x - координата положения якоря; $t = 0$ - момент подачи питающего импульса напряжения на обмотку на интервале холостого хода при координате якоря

$x < x_{нач}$ и скорости $V_{xx} \neq 0$; t_{mp} - момент изменения направления скорости якоря под действием электромагнитной силы в период рабочего хода; ψ_{mp} - потокосцепление ЛЭМД в момент t_{mp} . При этом предполагается, что $x_{кон} < x < x_{нач}$, а кинетической энергии отскока недостаточно для возврата якоря в начальное положение $x_{нач}$.

Правая часть уравнения (5) представляет собой энергию, аккумулируемую в магнитной системе ЛЭМД к началу очередного рабочего хода. Сравнение (1) и (5) показывает, что к началу следующего рабочего цикла уровень магнитной энергии в двигателе, благодаря ее рекуперации из механической системы при возврате якоря, возрастает.

В режиме динамического накопителя магнитной энергии, удовлетворяющего балансу (5), состояние ЛЭМД задается координатами $V, x, t = 0$. При этом скорость V_{xx} определяет запас механической энергии, координата x - объем рабочего воздушного зазора, время t - момент подачи импульса напряжения при $V_{xx} \neq 0$, на интервале $x < x_{нач}$.

Следует учитывать, что скорость якоря V является не только функцией координаты x , но зависит и от коэффициента восстановления скорости якоря k_v , и, следовательно, может меняться от цикла к циклу.

Из (5) можно определить условие, при котором механическая энергия по завершению возврата якоря будет израсходована на увеличение запаса магнитной энергии ЛЭМД:

$$F_{xx}V_{xx} = 0, F_{эм} = kx_H - mg. \quad (6)$$

Выполнение условий (5) и (6) можно добиться управлением ЛЭМД по координате положения [29], т.е. в автоколебательном режиме. При таком способе управления включение и отключение обмотки ЛЭМД от источника наиболее просто может осуществляться, например, датчиками верхнего и нижнего положения якоря.

Функциональная схема устройства, обеспечивающая режим динамического индуктивного накопителя (ДИН), рассмотрена в [5, 29].

В исходном состоянии якорь ЛЭМД под действием усилия возвратной пружины зафиксирован в крайнем верхнем положении (рис. 1). Работа ЛЭМД в режиме ДИН осуществляется подачей сигнала с блока управления, питающего катушку 2, и её включение под напряжение на интервале холостого хода. По мере нарастания тока в катушке до значения, близкого к установившемуся току, происходит смена знака скорости якоря 3 на противоположный и его ускоренное перемещение на интервале рабочего хода.

Таким образом, реализация в смежных циклах в электромеханической автоколебательной системе с ЛЭМД режима динамического индуктивного накопителя увеличивает запас магнитной энергии в рабочих зазорах к началу рабочего хода якоря двигателя и повышает эффективность энергопреобразования и показатели машины.

Список литературы

1. Ряшенцев Н.П., Тимошенко Е.М., Фролов А.В. Теория, расчет и конструирование электромагнитных машин ударного действия. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1970. – 260 с.
2. Ряшенцев Н.П., Ряшенцев В.Н. Электромагнитный привод линейных машин. – Новосибирск: Наука, 1985. – 153 с.
3. Нейман Л.А., Нейман В.Ю. Низкочастотные ударные электромагнитные машины и технологии // Актуальные проблемы в машиностроении. – 2014. – №1. – С. 256–259.
4. Мошкин В.И., Нейман В.Ю., Угаров Г.Г. Импульсные линейные электромагнитные двигатели. Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2010. – 220 с.
5. Нейман В.Ю. Интегрированные линейные электромагнитные двигатели для импульсных технологий // Электротехника. – 2003. – №9. – С. 25–30.
6. Малинин Л.И., Нейман В.Ю. Предельные силовые характеристики электромагнитных двигателей постоянного тока // Электротехника. – 2009. – № 12. – С. 61–67.
7. Малинин Л.И., Нейман В.Ю. Определение напряжения преобразования энергии и электромагнитных сил в электромеханических системах // Электричество. – 2008. – № 6. – С. 57–62.
8. Угаров Г.Г. Анализ показателей электромагнитных ударных машин / Г.Г. Угаров, В.Ю.Нейман // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 1996. – № 2. – С. 72–80.
9. Neyman V.Yu., Neyman L.A., Petrova A.A. Calculation of efficiency of DC electromagnet for mechanotronic systems // Proceedings of IFOST-2008 e 3d International Forum on Strategic Technology, June 23–29, 2008, Novosibirsk, Tomsk. – P. 452–454.
10. Нейман Л.А., Петрова А.А., Нейман В.Ю. К оценке выбора типа электромагнита по значению конструктивного фактора // Известия вузов. Электромеханика. – 2012. – № 6. – С. 62–64.
11. Нейман В.Ю. Петрова А.А. Сравнение способов форсировки импульсных линейных электромагнитных двигателей // Электротехника. – 2007. – № 9. – С. 47а–50.
12. Нейман В.Ю., Нейман Л.А., Петрова А.А. О методике к выбору типа электромагнита по значениям конструктивного фактора // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2011. – № 2. – С. 310–313.
13. Нейман В.Ю., Нейман Л.А., Петрова А.А. Влияние соотношений главных размеров электромагнитов на значения конструктивного фактора и показателя экономичности // Автоматизированные электромеханические системы: [сб. науч. тр.]. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2011. – С. 177-187.
14. Нейман Л.А., Нейман В.Ю. Повышение точности аналитического расчета радиальных сил одностороннего магнитного притяжения некоаксиальных элементов магнитопровода // Научный вестник Новосибирского государственного технического университета. – 2015. – № 1 (58). – С. 246–256.
15. Нейман Л.А., Нейман В.Ю. Моделирование динамических процессов в электромагнитных преобразователях энергии для систем генерирования силовых воздействий и низкочастотных вибраций // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов – 2015. – Т. 326. – № 4. – С. 154–162.

16. Нейман В.Ю. Режимы форсированного аккумулирования магнитной энергии в импульсных линейных электромагнитных двигателях // Научный вестник Новосибирского государственного технического университета. – 2003. – № 1. – С. 105–112.

17. Нейман Л.А., Нейман В.Ю. Математическая модель электромеханической системы колебательного движения с упругими связями // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. – 2015. – № 6. – С. 35–40.

18. Нейман Л.А., Нейман В.Ю. Моделирование процессов в электромагнитном вибраторном преобразователе с потерями энергии в магнитопроводе // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 2016. – Т. 19. – № 1. – С. 73–78.

19. Нейман Л.А., Нейман В.Ю. Динамическая модель электромагнитного привода колебательного движения для систем генерирования низкочастотных вибраций // Доклады Академии наук высшей школы Российской Федерации. – 2015. – № 3(28). – С. 75–87.

20. Нейман Л.А., Нейман В.Ю. Математическая модель динамики электромагнитного ударного узла с упругими связями // Доклады Академии наук высшей школы Российской Федерации. – 2016. – № 2 (31). – С. 94–107.

21. Нейман Л.А., Нейман В.Ю. Математическая модель динамики двухкатушечной синхронной электромагнитной машины ударного действия со свободным выбегом бойка // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. – 2016. – № 5. – С. 32–40.

22. Нейман Л.А., Нейман В.Ю. Расчет динамики электромагнитного привода колебательного движения с однополупериодным выпрямителем // Вестник МЭИ. – 2016. – № 6. – С. 64–71.

23. Нейман Л.А., Нейман В.Ю. Математическая модель динамики однокатушечной синхронной электромагнитной машины ударного действия с двухсторонним выбегом бойка // Доклады Академии наук высшей школы Российской Федерации. – 2016. – № 3 (32). – С. 98–114.

24. Нейман Л.А., Нейман В.Ю. Исследование двухкатушечной синхронной электромагнитной машины с инерционным реверсом бойка // Современные проблемы теории машин. – 2014. – № 2. – С. 109–110.

25. Нейман Л.А., Нейман В.Ю. Линейные синхронные электромагнитные машины для низкочастотных ударных технологий // Электротехника. – 2014. – № 12. – С. 45–49.

26. Нейман Л.А., Нейман В.Ю. Новые конструктивные решения проблемы точной синхронизации возвратно-поступательного движения бойка неуправляемой электромагнитной машины ударного действия // Актуальные проблемы в машиностроении. – 2015. – №2. – С. 280–285.

27. Нейман В.Ю. К вопросу о рационализации рабочих процессов и выбора конструктивных схем электромагнитных ударных машин // Автоматизированные электромеханические системы: Коллективная монография / Новосиб. гос. техн. ун-т; Под ред. В.Н. Аносова. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2004. – С. 155–169.

28. Нейман В.Ю., Скотников А.А., Нейман Л.А. Тенденции в развитии конструкций синхронных двухобмоточных электромагнитных машин для импульсных технологий // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы II междунар. науч.-практ. конф. – Саратов: ФГОУ ВПО Саратовский ГАУ. – 2011. – С. 271–277.

29. Нейман В.Ю. Анализ процессов энергопреобразования линейных электромагнитных машин с предварительным аккумулированием магнитной энергии в динамических режимах // Электротехника. – 2003. – № 2. – С. 30–36.

30. Нейман В.Ю., Нейман Л.А. Оценка конструктивного совершенства систем принудительного охлаждения синхронных электромагнитных машин ударного действия //

Журнал Сибирского Федерального университета. Серия: Техника и технологии. – 2015. – Т.8. – № 2. – С. 166–175.

31. Аксютин В.А., Нейман Л.А., Нейман В.Ю., Скотников А.А. Прессовое оборудование с линейным электромагнитным приводом для механизации технологических процессов ударной сборки и штамповки мелких изделий // Актуальные проблемы в машиностроении. – 2015. – №2. – С. 220–224.

Markov Aleksey Vitalyevich, graduate student

(e-mail: slen@ngs.ru)

Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russia

Zherdev Oleg Viktorovich, student

(e-mail: slen@ngs.ru)

Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russia

Kamyshev Ilya Sergeevich, student

(e-mail: slen@ngs.ru)

Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russia

Neyman Vladimir Yurievich, Doc. Tech. Sci., professor

(e-mail: nv.nstu@ngs.ru)

Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russia

METHOD OF CONTROLLING A PULSE LINEAR ELECTROMAGNETIC ENGINE

Abstract. We consider a method for controlling a pulsed linear electro-magnetic motor, which provides an increase in the final velocity of the armature and the impact energy. With the help of the energy balance equation of the electromechanical system, the process of energy conversion for the full operating cycle of an electromagnetic motor is considered.

Key words: electromagnetic motor, dynamic accumulation mode, energy balance of the electromechanical system, control method

УДК 621.9.02

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА КАСАТЕЛЬНЫХ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЗУБОРЕЗНЫХ ДОЛБЯКОВ

Савельев Сергей Валерьевич, магистрант

(e-mail: savelevv19992@mail.ru; тел: +7-920-107-03-68)

Волков Дмитрий Иванович, д.т.н. профессор

(e-mail: savelevv19992@mail.ru)

*Рыбинский государственный авиационный технический университет
имени П.А. Соловьева, г. Рыбинск, Россия*

В статье раскрывается проблема выбора величины положительного исходного расстояния зуборезного долбяка исходя из ограничения толщины зуба на окружности вершин, и предлагается алгоритм решения данной задачи.

Ключевые слова: Положительное исходное расстояние долбяка, ограничение толщины вершины зуба, метод касательных, метод Ньютона, алгоритм автоматизированного проектирования.

Зуборезные долбяки, являются наиболее универсальным инструментом, работающим по методу обката. Применение долбяков обычно обусловлено невозможностью изготовления требуемого зубчатого колеса другими видами инструмента либо невозможностью обеспечить требуемую точность по нормам плавности без применения отделочных операций. Такие детали как, точные шевронные колеса без канавки между ветвями, блоки зубчатых колес коробок скоростей и зубчатые колеса с буртами, а так же зубчатые колеса внутреннего зацепления и втулки эвольвентного шлицевого соединения, во многих случаях, реально изготовить, только с применением зуборезных долбяков.

Однако, несмотря на все достоинства данных инструментов, их главное свойство, заключающееся в универсальности, может быть достигнуто только вместе с применением сложной геометрии, что в свою очередь создает, как трудности в изготовлении, так определенные сложности в расчетах, делая проектирование достаточно длительным, а стоимость относительно высокой.

Одной из основных задач проектирования долбяка, является правильный выбор величины положительного смещения исходного контура ($+xm$), исходя из которого, в дальнейшем, назначается положительное исходное расстояние. Данные величины влияют на конструктивные размеры, условия работы, а так же образование профиля зубьев нарезаемого колеса. Меньшая шероховатость, меньшая величина огранки обеспечивается участками режущей кромки более удаленными от его основной окружности, количество возможных переточек, возрастает с увеличением исходного расстояния, напрямую зависящего от величины смещения.

Исходя из приведенных соображений, величина смещения должна быть по возможности большей, однако увеличение смещения приводит к уменьшению толщины зуба на окружности вершин, оптимальный размер которой, согласно исследованиям В. М. Матюшина, определяется по следующим формулам:

$$\begin{aligned} \text{при } d_0 < 20 & S_{omn} = \sqrt{0,025 \cdot m + 0,0375} \\ \text{при } 20 \leq d_0 < 50 & S_{omn} = \sqrt{0,138 \cdot m - 0,013} \\ \text{при } 50 \leq d_0 < 180 & S_{omn} = \sqrt{0,2594 \cdot m - 0,0325} \\ \text{при } 180 \leq d_0 & S_{omn} = \sqrt{0,81 \cdot m - 0,72} \end{aligned}$$

где: d_0 – Диаметр основной окружности долбяка;
 m – Модуль долбяка. [2 с. 506]

Наряду с приведенными выше формулами, для определения толщины зуба на окружности вершин, существует зависимость размера этого элемента от основных параметров долбяка. Таким образом, задавшись определенными исходными данными можно узнать толщину вершины зуба.

Однако на практике необходимо решать обратную задачу, условие которой выглядит следующим образом:

$$\begin{cases} D_a \cdot \left(\frac{S_0 + 2 \cdot x \cdot m \cdot \tan(\alpha)}{z} + \text{inv}(\alpha) - \text{inv}(\alpha_0) \right) = S_a; \\ S_a = S_{omn} \end{cases};$$

где: S_a - Толщина вершины зуба на окружности вершин.

S_0 - Толщина зубьев долбяка на делительной окружности в исходном сечении:

$$S_0 = \pi \cdot m - S_{01};$$

S_{01} - Толщина зубьев нарезаемого колеса на делительной окружности;

α - Угол профиля;

z - Число зубьев;

x - Величина коэффициента смещения;

h_a^* - Коэффициент ножки зуба нарезаемого колеса;

$\text{Inv}(\alpha)$ - Инволюта угла профиля:

$$\text{inv}(\alpha) = \tan(\alpha) - \alpha;$$

$\text{Inv}(\alpha_0)$ - Инволюта угла давления на окружности выступов:

$$\text{inv}(\alpha_0) = \tan(\alpha_0) - \arctan[\tan(\alpha_0)];$$

где: $\tan(\alpha_0)$ - тангенс угла давления на окружности выступов:

$$\tan(\alpha_0) = \sqrt{\frac{D_a^2}{D_b^2} - 1};$$

В котором: D_a - Диаметр долбяка по окружности вершин:

$$D_a = m \cdot (z + 2 \cdot h_a^* + 2 \cdot x);$$

D_b - Диаметр основной окружности долбяка:

$$D_b = m \cdot z \cdot \cos(\alpha);$$

Решение задачи невозможно получить аналитическими методами, поэтому в простых случаях, проектирование сводится к определению требуемого смещения по различным номограммам, однако на практике не всегда, получается, найти номограмму, подходящую под нужный набор исходных данных, что вызывает определенные трудности.

Исследования показали, что для решения таких задач с гарантированным получением результата желаемой точности, наилучшим методом, является метод касательных (метод Ньютона), в котором расчет промежуточных величин, для большего удобства, следует вести в коэффициентах модуля. [2 с. 32]

Защита от случайного ввода некорректных данных

Ситуация, при которой возможен сбой в работе программы, может произойти в двух случаях:

1. Значение смещения получившегося в итерации создает диаметр окружности вершин меньше диаметра основной окружности;
2. Значение смещения получившегося в итерации переводит поиск нуля функции за экстремум (графическая интерпретация зависимости имеет схожесть с функцией второго порядка).

В первом случае в работе программы произойдет ошибка, вызванная возникновением в значении функции комплексных чисел.

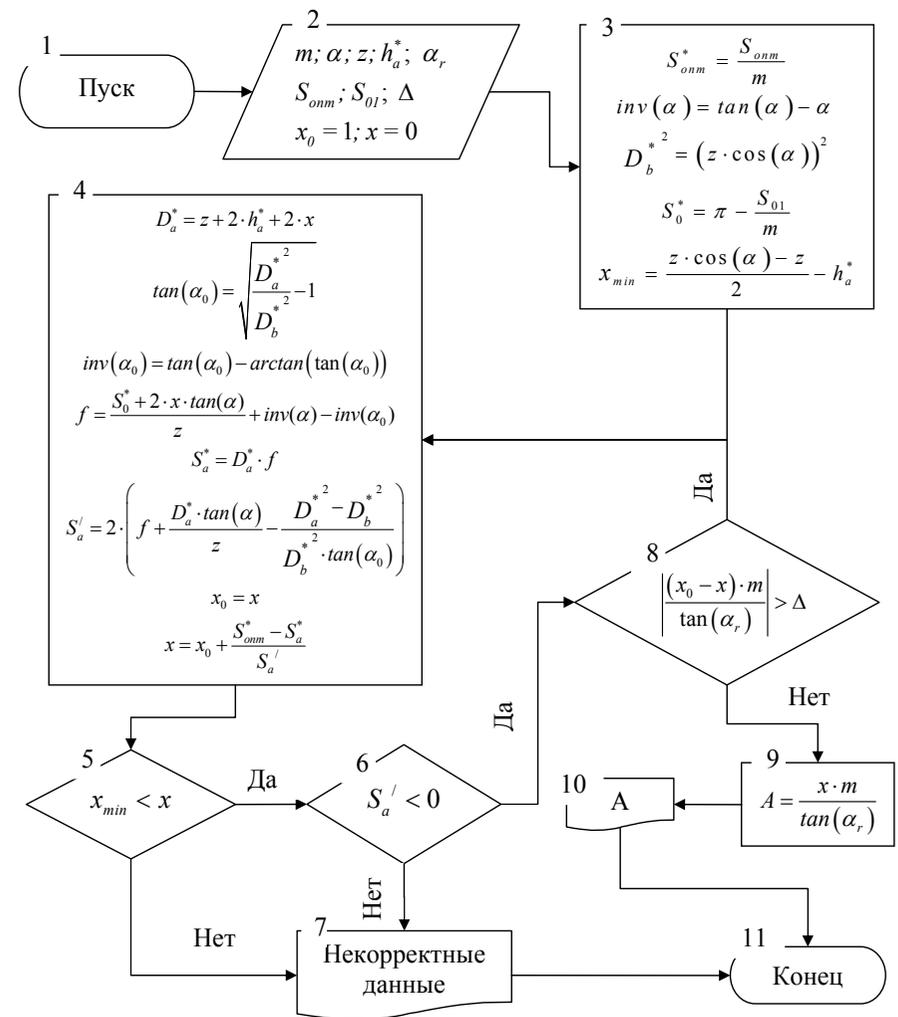
Второй случай приводит к закликиванию процесса и как следствие вызывает зависание программы.

Возникновение подобных ситуаций свидетельствует о том, что функция не принимает желаемого значения и условия поиска некорректны.

Реализация возможной защиты представлена в предложенном алгоритме в блоках: (5; 6)

Условие остановки итерационного цикла

Стоит отметить, что характерной особенностью представленного алгоритма является остановка итерационного процесса в момент, когда исходное расстояние при указанной ширине вершины достигнет нужной точности (блок 8). Необходимость такого условия вызвана тем, что исходное расстояние является размером, который обычно указывается на чертеже с точностью до третьего знака, а толщина вершины, согласно многим литературным источникам, допускает погрешность в расчете ±0,01 мм. Однако если провести точный расчет величины смещения в зависимости от допустимой погрешности толщины вершины, в точках максимального и минимального значения, а затем рассчитать исходные расстояния, то получится достаточно широкий диапазон значений этого параметра, что создает некоторую неопределенность в его размере.



α_r – Задний угол долбяка.

x_{min} - Начальная координата вещественной части функции.

А – Величина положительного исходного расстояния.

Δ – Допустимое отклонение величины исходного расстояния.

Достоинства и некоторые положительные свойства

Алгоритм обладает одной из самых высоких скоростей сходимости, имея при этом ограничений по точности и вариантам набора исходных данных.

Отсутствие границ диапазона поиска является существенным преимуществом по сравнению с алгоритмами основанными на простейших численных методах, которые при указании слишком узких границ могут не привести к нахождению решения.

Использование способа нахождения приближения с помощью пересечений создает положительное свойство метода, заключающееся в отсутствии сравнительных действий по определению направления последующего приближения.

Использование в расчете производной и координаты начала вещественной части функции, обеспечивает гарантированную защиту от случайного ввода некорректных исходных данных, которые могут привести к неправильной работе программы.

Список литературы

1. В. В. Демидов, Г. И. Киреев. Расчет и конструирование дисковых прямозубых долбяков: методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Режущий инструмент» для студентов всех форм обучения направления 151900.62 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» Ульяновск: УлГТУ, 2014. 43 с.

2. С.В. Савельев Материалы международной научно-практической конференции: Наука сегодня: глобальные вызовы и механизмы развития [Текст], г. Вологда, 26 апреля 2017 г.: в 2 частях. Часть 1. – Вологда: ООО «Маркер», 2017. – 104 с.

Saveliev Sergey Valerievich, student

(e-mail: savelevv19992@mail.ru)

FGBOU VO "Rybinsk state aviation technical University named after P. A. Solovyov," Rybinsk, Russia

Volkov Dmitry Ivanovich, doctor of technical Sciences, Professor

FGBOU VO "Rybinsk state aviation technical University named after P. A. Solovyov," Rybinsk, Russia

APPLICATION OF THE METHOD OF TANGENTS IN THE SYSTEM OF AUTOMATED DESIGN OF GEAR CUTTING CUTTERS

Abstract. *The article reveals the problem of choosing the value of a positive original distances gear cutting cutters on the basis of limitation of the thickness of the tooth on the circumference of the vertices, and the algorithm of solving this problem.*

Key words: *positive reference distance shaping cutter, limiting the thickness of the top of a tooth, the method of tangents, Newton method, algorithm aided design.*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕОБХОДИМОГО ДАВЛЕНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КЕРАМИКИ С ЗАДАННЫМ КОЭФФИЦИЕНТОМ УПЛОТНЕНИЯ

Сергиенкова Алена Андреевна, аспирант

(e-mail: n643ev@mail.ru)

Акулова Марина Владимировна, д.т.н., профессор

(e-mail: m_akulova@mail.ru)

*Ивановский государственный политехнический университет,
г. Иваново, Россия*

В данной работе предложен вариант расчёта необходимого давления при определённой влажности образцов-сырцов для получения продукта с заданным коэффициентом уплотнения.

Ключевые слова: глинозольная керамика, полусухое формование, коэффициент уплотнения, давление прессования.

Метод полусухого прессования получил широкое распространение при изготовлении различного рода керамических изделий - кирпича, черепицы, бруса, плитки, огнеупорной керамики, небольших по величине бетонных изделий - плитки, бордюрного камня, а также силикатного кирпича [1].

Данный метод использовался при формировании тонкодисперсного глинозольного пресс-порошка с соотношением Г:З=60:40. Формование сырцовых изделий с различной формовочной влажностью (8, 10, 12%) осуществлялось на гидравлических прессах с конечной выдержкой продолжительностью 60 с и при различных давлениях (P=20; 25; 30 МПа) и скорости нагружения 0,5 МПа/с.

Оптимальное время выдержки прессования при конечном удельном давлении определялось по изменению плотности изделий-прессовок из глинозольного пресс-порошка формовочной влажности 10% (рис.1).

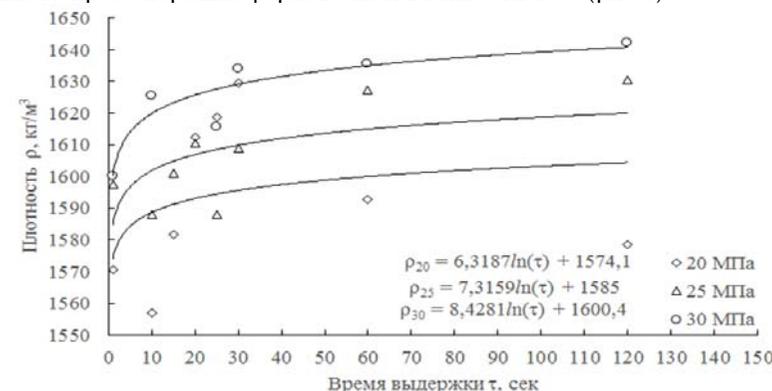


Рисунок 1 - Изменение плотности изделий-прессовок из глинозольного пресс-порошка формовочной влажности 10% при различном удельном давлении прессования

В результате обработки экспериментальных данных, выявлено оптимальное время выдержки при статической нагрузке равное 60 сек и получено следующее кинетическое выражение вида:

$$\rho_M = a \ln(P) + b = (0,0211P + 2,082) \ln(P) + (2,63P + 1520,8) \quad (1)$$

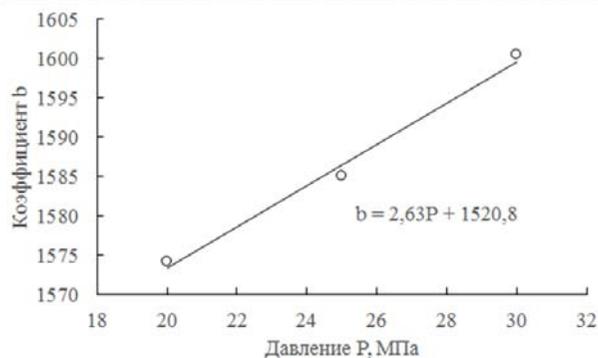
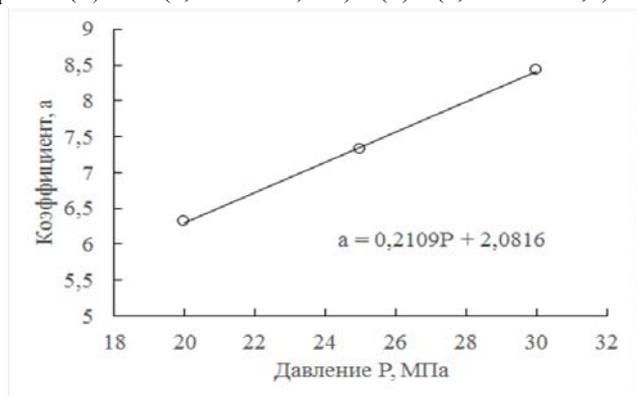


Рисунок 2 - Значения коэффициентов а и b в уравнении (1)

Суммарный эффект уплотнения определяется коэффициентом сжатия:

$$K_{сж} = H/h, \quad (2)$$

где H=12 мм – начальная высота засыпки пресс-порошка в форме, определяемая после нулевого нагружения на прессе (F=0 кН); h – высота полученной прессовки.

Зависимость между осадкой и удельным давлением прессования изображают в виде компрессионной кривой, которая является основной характеристикой деформативных свойств (прессуемости) пресспорошка [3].

Компрессионные кривые глинозольного порошка приведены на рис.3.

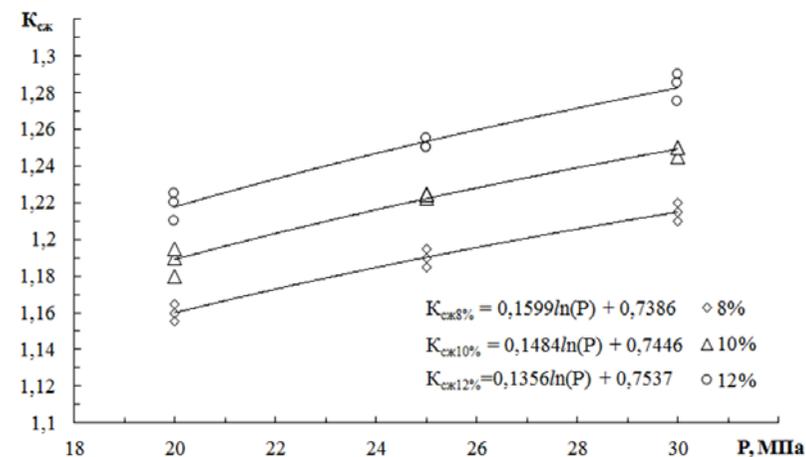


Рисунок 3 - Компрессионные кривые глинозольного пресс-порошка при различной формовочной влажности (W)

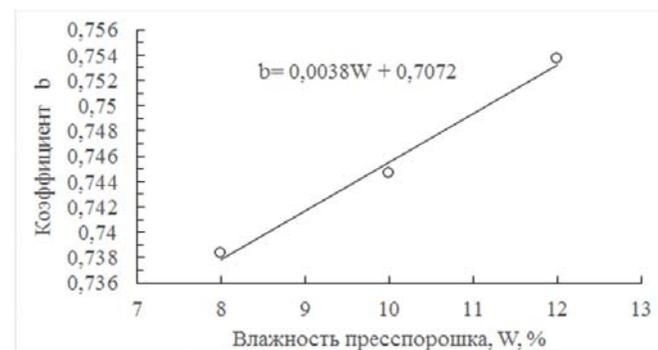
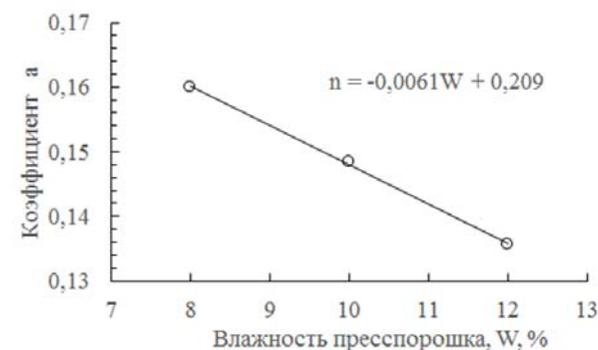


Рисунок 4 - Значения коэффициентов а и b в уравнении (3)

В результате обработки экспериментальных данных была получена кинетическая зависимость коэффициента уплотнения от давления прессования для состава Г : З=60:40 следующего вида [2]:

$$K_{сж} = a \cdot \ln(P) + b = (0,0425W + 5,148)\ln(P) + (0,0038W + 0,7072) \quad (3)$$

где графо-аналитическое определение констант а и b в зависимости от формовочной влажности глинозольного пресс-порошка состава Г:З=60:40%(масс) приведены на рис.4.

Данные уравнения позволяют рассчитать требуемое давление при определённой влажности образцов-сырцов для получения продукта с заданным коэффициентом уплотнения.

Список литературы

1. Сайбулатов, С.Ж. Золотокерамические стеновые материалы / С.Ж. Сайбулатов, С. Т. Сулейменов, А. В. Ралко. – Алмата-Ата: Наука, 1982. – 291 с.
2. Батуер, Л.М. Математические методы в химической технике / Л.М. Батуер, М.Е. Позин. – Л.: Химия, 1968. 824 с.
3. Еремин, Н.Ф. Процессы и аппараты в технологии строительных материалов./ Еремин Н.Ф. // Учебник для вузов по спец. «Производство строительных изделий и конструкций» – М.: Высшая школа, 1986 – С. 280.
4. Ключкина Е.С., Киреева А.Н., Гусев Е.В. Исследование физико-механических характеристики глинозольной керамики полусухого формования // Сборник материалов Межвузовской научно-технической конференции аспирантов и студентов с международным участием “Поиск-16”. Иваново: ИВГПУ, 2016, С. 507-509.

Sergienkova Alena Andreevna, postgraduate

(e-mail: n643ev@mail.ru)

Ivanovo state Polytechnic University, Ivanovo, Russia

Akulova Marina Vladimirovna, doctor of engineering, professor

Ivanovo state Polytechnic University, Ivanovo, Russia

(e-mail: m_akulova@mail.ru)

DETERMINATION OF THE NECESSARY PRESSURE FOR OBTAINING CERAMICS WITH A GIVEN COMPRESSION RATIO

In this paper, the proposed version of the calculation of the required pressure at a certain humidity samples-raws to obtain a product with a given compression ratio.

Keywords: *linezolid ceramics, semi-dry molding, compression ratio, pressure of pressing.*

УДК 658.5

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ НА ОСНОВЕ УПРАВЛЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИМИ АКТИВАМИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Степанова Кристина Михайловна, студент

(e-mail: o3orni3a@yandex.ru)

Научный руководитель

Суцев Анатолий Константинович, к.т.н., доцент,

действительный член Академии проблем качества

Владимирский государственный университет, Россия

В статье рассмотрены вопросы повышения качества продукции на основе организации управления физическими активами предприятия в соответствии с требованиями ГОСТ Р 55.0.03-2014.

Ключевые слова: управление качеством, бережливое производство, управление физическими активами.

Внедрение методов в соответствии с требованиями международных стандартов ИСО серии 9000 в управление производственными процессами является эффективным инструментом совершенствования системы управления качеством предприятия, способствующим повышению качества продукции и эффективности производства. К таким методам, в первую очередь, относятся методы бережливого производства, позволяющие снизить потери производства и, тем самым, повысить его эффективность.

К наиболее эффективным методам бережливого производства относится метод ТРМ (всеобщее обслуживание оборудования). Метод ТРМ обеспечивает повышение надежности и производительности технологического оборудования путем оптимальной организации технического обслуживания и ремонта. ТРМ направлен на:

- Непрерывное совершенствование взаимодействия эксплуатационных и ремонтных подразделений предприятия, направленного на повсеместное вовлечение работников предприятия в деятельность по обеспечению высокой работоспособности производственного оборудования;

- Автономное обслуживание оборудования непосредственно работниками, эксплуатирующими это оборудование;

- Профессиональное обслуживание, заключающееся в обеспечении работ по техническому обслуживанию и ремонту необходимой нормативно-технической документацией, инструментом, запасными частями, материалами.

- Повышение квалификации персонала на основе обучения методам технического обслуживания оборудования, диагностики его технического состояния, порядку проведения регламентных и ремонтных работ;

- Управление производственным оборудованием на всех стадиях его жизненного цикла с целью максимально эффективного использования его рабочего ресурса.

- Восстановление рабочих характеристик оборудования по мере его износа, обеспечивающее требуемые технологические режимы работы для получения требуемого качества продукции.

В качестве примера рассмотрим влияние технического состояния производственного оборудования в процессе окраски рычагов стеклоочистителя автомобилей, контекстная диаграмма которой приведена на рисунке 1. Из данной диаграммы следует, что на качество продукции влияет состояние оборудования, качество лакокрасочных материалов (ЛКМ), квалификация персонала, организация контроля технологического процесса, наличие актуализированной технической документации.

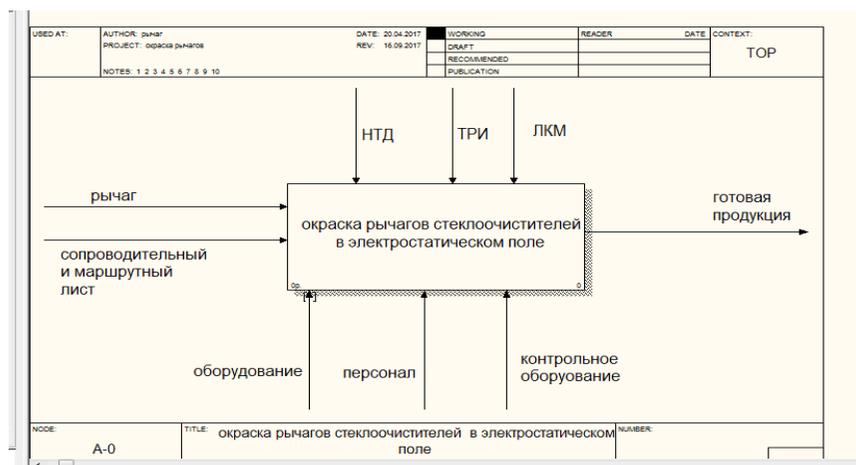


Рисунок 1 - Контекстная диаграмма процесса окраски рычагов стеклоочистителей

Для анализа причин имеющихся дефектов при окраске деталей были проведены статистические исследования параметров процесса окраски. На рисунке 2 и в таблице 1 приведены наиболее часто встречающиеся дефекты, возникающие при окрашивании рычагов стеклоочистителя и наиболее вероятные причины их возникновения. Данные исследования показали первоочередную необходимость улучшения обслуживания технологического оборудования. Например, осуществлять чистку лакокрасочной камеры по факту наличия граничного уровня загрязнений для чистки, что соответственно требует внесения изменений в порядок контроля состояния технологического оборудования.

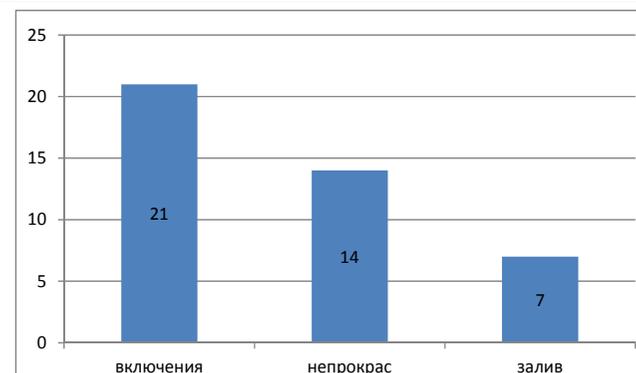


Рисунок 2 - Показатели дефектов в процессе окраски рычагов стеклоочистителей

Таблица 1 - Дефекты при окрашивании рычагов стеклоочистителей

Дефекты	Причины
Включения Непрокрас Залив краски	Осыпание частиц краски со стен оборудования и движущейся линии. Использование для окрашивания грязных инструментов и работа в грязной спецодежде, или спецодежде с наличием на ней ворса. • Некачественная подготовка поверхности деталей. Неправильно размещен краскораспылитель относительно плоскости окрашиваемой поверхности. • Рабочая вязкость лакокрасочного материала (ЛКМ) не соответствует требованиям ТУ. • Не профильтрован лакокрасочный материал • Загрязнён растворитель, используемый для разбавления ЛКМ до рабочей вязкости.

Управление физическими активами на всех этапах жизненного цикла выпуска продукции является важной и сложной задачей как для владельца активов, так и для сервисных организаций, участвующих в обслуживании и
Решение этой задачи обеспечивается выполнением требований ГОСТ Р 55.03-2014 –Управление физическими активами. Вся спецификация ГОСТ Р 55.03-2014 построена на принципах международного стандарта ISO 9001. В частности, она реализует цикл PDCA «планируй-делай-проверяй-улучшай», рисунок 3.



Рисунок 3 - Реализация цикла PDCA в процессе управления физическими активами на предприятии в соответствии с ГОСТ Р 55.0.03-2014

Внедрение элементов бережливого производства невозможно без применения проектного управления. Суть этого метода заключается в реализации проекта, направленного на достижение определенных показателей качества, с максимально возможной эффективностью при ограничениях по времени, финансовым и материальным ресурсам. Управление проектом включает в себя совокупность процессов по планированию выполнения проекта, по координации и контролю работ для достижения целей проекта.

Для успешного внедрения необходимых улучшений необходимо организовать постоянное взаимодействие специалистов по качеству и производственного персонала на всех стадиях жизненного цикла осуществления улучшений. Без этого невозможно достоверно выявить узкие места производства и осуществить эффективное внедрение улучшений производственных процессов, особенно при решении задачи снижения потерь в производстве автокомпонентов. Таким образом, обеспечение качества продукции и снижение издержек производства за счет улучшения производственных и обеспечивающих процессов на базе проектного подхода с привлечением производственного персонала является важным условием повышения конкурентоспособности поставщиков автокомпонентов.

Организация обслуживания и ремонта оборудования в соответствии с требованиями стандарта позволяет выработать программу улучшений, целью которых является оптимизация технического состояния производ-

ственного оборудования, обеспечивающего заданное качество продукции. Для предприятий, где физические активы являются ключевыми факторами для достижения требуемого качества продукции, необходима систематическая деятельность по оптимальному управлению техническим обслуживанием и ремонтом производственного оборудования, а также их характеристиками производительности и, связанными с ними, рисками и затратами. Разработка системы управления активами должна начинаться с определения технической политики и стратегии, установления целей и планов управления, например, производительности, рисков и затрат, исполнение которых должны повысить эффективность использования производственного оборудования и обеспечить требуемое качество продукции. Установленные цели и задачи являются основой дальнейшей деятельности по выбору способов обслуживания и ремонта оборудования.

Список литературы

1. Разумов-Раздолов К.Л., Лаврентьева Н.А. Управление качеством и инновациями на основе проектного подхода // Стандарты и качество. 2017. №3. С 46-49.
2. Степанова К.М. Совершенствование управления качеством производства автокомпонентов на основе проектного подхода //Материалы VII МНТК «Инновации, качество и сервис в технике и технологиях». ЮЗГУ. 2017. – С. 353-356.

Stepanova Kristina Mihailovna, Student

(e-mail: o3orni3a@yandex.ru)

Vladimir state University, Russia

Sushchev Anatoly Konstantinovich, Cand. Eng. Sci, Docent,

Academician of the Academy of quality problems

(e-mail: aksushev@yandex.ru)

Vladimir state University, Russia

INCREASE OF PRODUCT QUALITY BASED ON MANAGEMENT OF PHYSICAL ASSETS OF THE ENTERPRISE

Abstract: The issues of improving the quality of products based on the organization of the physical assets management of the enterprise in accordance with the requirements of GOST R 55.0.03-2014 are considered.

Keywords: quality management, lean production, management of physical assets.

**ИЗУЧЕНИЕ ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ
ВРАЩАЮЩЕГОСЯ ВАЛИКА ХЛОПКОВЫХ СЕМЯН В РАБОЧЕЙ
КАМЕРЕ ЛИНТЕРНОЙ МАШИНЫ**

Сулаймонов Рустам Шенникович, к.т.н., с.н.с.,
(e-mail: rustamsulaymon@mail.ru)

Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности
Акционерное общество «Рахтасаноат илмию маркази»

Мардонов Батыр Мардонович, д.ф-м.н., проф.,
(e-mail: batsam@list.ru)

Гаппарова Махфуза Абдусалимовна, к.т.н., доцент,
(e-mail: batsam@list.ru)

Узбекский центр сертификации хлопкового волокна «Сифат»,
г. Ташкент, Узбекистан

Муродов Рустамжон Мамаджанович, начальник отдела
(e-mail: murodov.rustamjon@mail.ru)

Рассмотрены деформированная состояния семенной массы в рабочей камере линтера 5ЛП. Теоретический изучен состояние семенной массы в зоне вращения ворошителя и ближе к внутренней поверхности рабочей камеры влияющей на эффективности процесса линтерования семян.

Ключевые слова: Линтер, рабочая камера, пыльный цилиндр, ворошитель, хлопковая семена, семенной валик, деформация, напряжения, вращения.

На хлопкозаводах в технологическом процессе линтерования семян применяются линтеры марки 5ЛП. В рабочей камере линтера 5ЛП при взаимодействии пыльного цилиндра и ворошителя образуются семенной валик [1].

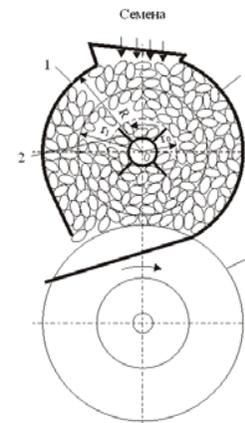
Для теоретического изучения процесса деформирования массы хлопковых семян в рабочей камеры, можно использовать различные модели сплошной среды. В частности, в качестве такой модели можно выбрать упругую среду, механические свойства которой характеризуются средними по объему рабочей камеры значениями модули Юнга и коэффициентом Пуассона. Такую модель можно использовать для анализа состояния смеси «линт–семена» при малых долях в ее составе волокнистой ($\nu = 5 - 10\%$ по объему) массы. В этом случае можно определить механические свойства смеси при известном законе деформирования отдельно семян и волокна, и таким образом по известным законам осреднений можно рассматривать модель сплошной среды с известными упругими характеристиками [2,3]. Валик, образованный массой хлопковых семян принимаем упругим телом с коэффициентами Ламе λ, G , который заполняет цилиндрический сосуд радиусом R_2 и длиной l (рис.1).

При этом коэффициенты λ, G , модуль Юнга E и коэффициент Пуассона ν связаны между собой формулами [2]

$$\lambda = \frac{E\nu}{(1+\nu)(1-2\nu)}, G = \frac{E}{2(1+\nu)} \quad (1)$$

Часть цилиндрического слоя с внутренними и внешними радиусами R_0 и R_1 тела, концентричны с исходным цилиндром R_2 ($R_0 < R_1 < R_2$), вращается вокруг оси с постоянной угловой скоростью ω , Задачу считаем ассиметрической, и введем цилиндрические координаты (r, z) , где ось Oz направлена вдоль оси цилиндра, а ось перпендикулярная к ней. Обозначим через $u_i(r, z)$ и $w_i(r, z)$ радиальные и осевые перемещения сечений соответственно для внутреннего $R_0 < r < R_1$ ($i=1$) и внешнего $R_1 < r < R_2$ ($i=2$) цилиндрических слоев (рис.1), которые удовлетворяют уравнениям Ламе [1].

$$(\lambda + 2G) \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{\partial u_i}{\partial r} + \frac{u_i}{r} + \frac{\partial w_i}{\partial z} \right) + G \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\partial u_i}{\partial z} - \frac{\partial w_i}{\partial r} \right) = -\omega^2 r \quad (2)$$



1- рабочая камера, 2 - ворошитель, 3 - семена, 4 - пыльный цилиндр
Рисунок 1 - Схема движения массы хлопковых семян в рабочей камере линтерных машин

$$(\lambda + 2G) \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\partial u_1}{\partial r} + \frac{u_1}{r} + \frac{\partial w_1}{\partial z} \right) - G \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{\partial u_1}{\partial z} - \frac{\partial w_1}{\partial r} \right) - \frac{G}{r} \left(\frac{\partial u_1}{\partial z} - \frac{\partial w_1}{\partial r} \right) = 0, \quad 0 < r < R_1, \quad (3)$$

$$(\lambda + 2G) \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{\partial u_2}{\partial r} + \frac{u_2}{r} + \frac{\partial w_2}{\partial z} \right) + G \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\partial u_2}{\partial z} - \frac{\partial w_2}{\partial r} \right) = 0 \quad (4)$$

$$(\lambda + 2G) \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\partial u_2}{\partial r} + \frac{u_2}{r} + \frac{\partial w_2}{\partial z} \right) - G \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{\partial u_2}{\partial z} - \frac{\partial w_2}{\partial r} \right) - \frac{G}{r} \left(\frac{\partial u_2}{\partial z} - \frac{\partial w_2}{\partial r} \right) = 0, \quad R_1 < r < R_2, \quad 0 < z < l \quad (5)$$

Для интегрирования уравнений (2)-(5) принимаем условия отсутствия касательных напряжений σ_{irz} и радиальных перемещений u_i на внешней поверхности внутреннего цилиндра $r=R_0$ и на внутренней поверхности цилиндра $r=R_2$. В сечениях $z=0, z=l$ будут обращаться в нуль касательные напряжения $\sigma_{ir\theta}$ и осевые перемещения w_i . Таким образом, имеем

$$u_1 = 0, \sigma_{1rz} = 0 \text{ при } r = R_0, 0 < z < l \quad (6)$$

$$u_2 = 0, \sigma_{2rz} = 0 \text{ при } r = R_2, 0 < z < l \quad (7)$$

$$w_1 = 0, \sigma_{1r\theta} = 0 \text{ при } z = 0, z = l, R_0 < r < R_1 \quad (8)$$

$$w_2 = 0, \sigma_{2r\theta} = 0 \text{ при } z = 0, z = l, R_1 < r < R_2 \quad (9)$$

Кроме того на границах двух цилиндрических слоев $r=R_1$ выполняются условия сопряжений, согласно которому будут непрерывными радиальные и осевые перемещения а также нормальные и касательные напряжения:

$$u_1 = u_2, \sigma_{1r} = \sigma_{2r}, w_1 = w_2, \sigma_{1rz} = \sigma_{2rz} \text{ при } r = R_1, 0 < z < l \quad (10)$$

где $\sigma_{ir}, \sigma_{irz}, \sigma_{ir\theta}$ - соответственно радиальные и касательные напряжения в цилиндрическом теле ($i=1$) и слое ($i=2$), определяемые по закону Гука.

Уравнения (2)-(5) представляются уравнениями в частных производных и для решения их с краевыми условиями (6)-(9) и условиями сопряжений (10) требует применения численных методов. Исходя из краевых условий (8) и (9) принимаем следующее упрощающее постановку задачи предположения: а) Длина цилиндрических слоев в камере постоянная, т.е. полагаем $\frac{\partial w_i}{\partial z} = 0$, б). Касательное напряжение $\sigma_{irz} = 0$ всюду равно нулю. Исходя

из граничных условий (8) и (9) можно считать $w_i(r, z) = 0$. Тогда в условиях сопряжений две последних условия выполняются тождественно. Из равенства $\sigma_{irz} = G \left(\frac{\partial u_i}{\partial z} + \frac{\partial w_i}{\partial r} \right)$ следует $\frac{\partial u_i}{\partial z} = 0$, т.е. радиальные перемещения u_i

не зависят от переменной z . При выполнении этих условий уравнения (3) и (5) удовлетворяются тождественно, а уравнения (2) и (4) приводятся к видам:

$$(\lambda + 2G) \frac{d}{dr} \left(\frac{du_1}{dr} + \frac{u_1}{r} \right) = -\omega^2 \rho r \quad 0 < r < R_1 \quad (11)$$

$$(\lambda + 2G) \frac{d}{dr} \left(\frac{du_2}{dr} + \frac{u_2}{r} \right) = 0, \quad R_1 < r < R_2 \quad (12)$$

Из граничных условий (6) и (7) и условий сопряжений (10) с учетом выражений для радиальных напряжений σ_{ir} следует

$$u_1 = 0 \text{ при } r = 0, u_2 = 0 \text{ при } r = R_2 \quad (13)$$

$$u_1 = u_2, \frac{du_1}{dr} = \frac{du_2}{dr} \text{ при } r = R_1 \quad (14)$$

Уравнения (11) и (12) являются обыкновенными и их общие решения можно представить в виде

$$u_1 = A_1 r + \frac{B_1 R_0^2}{r} - \frac{\omega^2 \rho r^3}{8(\lambda + 2G)}, u_2 = A_2 r + \frac{B_2 R_2^2}{r}$$

где произвольные постоянные A_i и B_i - определяются из условий (13) и (14)

$$A_1 = \frac{a_{11}c_2 - a_{21}c_1}{\Delta}, A_2 = \frac{a_{22}c_1 - a_{12}c_2}{\Delta}, B_1 = \beta k_1^2 / 8 - A_1, B_2 = -A_2,$$

где $a_{11} = 1 + 1/k_2^2, a_{12} = -(1 + k_1^2), a_{21} = 1 - 1/k_2^2, a_{22} = -(1 - k_1^2), c_1 = \beta(k_1^4 + 3)/8, c_2 = \beta(k_1^4 - 1)/8, \Delta = a_{11}a_{22} - a_{12}a_{21}, k_1 = R_0 / R_1, k_2 = R_1 / R_2, \beta = \omega^2 \rho R_1^2 / (\lambda + 2G)$

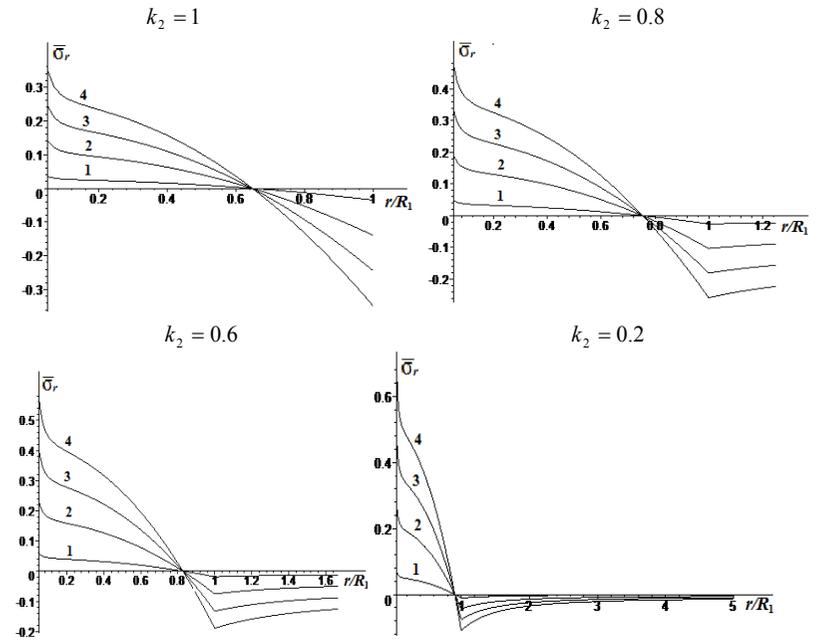


Рисунок 2 -Зависимости приведенного радиального напряжения $\bar{\sigma}_r$ от радиуса цилиндрической среды для различных значений параметров $k_2 = R_1 / R_2, \beta = \omega^2 \rho R_1^2 / (\lambda + 2G)$: $1 - \beta = 0.1, 2 - \beta = 0.4, 3 - \beta = 0.7, 4 - \beta = 1$

На рис. 2 представлены в виде графиков изменения радиальных напряжений (отнесенные к величине $\lambda + G$) вдоль приведенного радиуса

$\bar{r} = r / R_1$ цилиндрических слоев для различных значений параметров k_2 и β , где принято $k_1 = 0.05$. Если отнести все напряжения к величине $\lambda + G$, безразмерные величины $\bar{\sigma}_{ir} = \sigma_{ir} / (\lambda + G)$, $\bar{\sigma}_{i0} = \sigma_{i0} / (\lambda + G)$, $\bar{\sigma}_{iz} = \sigma_{iz} / (\lambda + G)$ зависят от коэффициента Пуассона ν , который принят $\nu = 0.3$.

Из анализа графиков следует, что радиальные напряжения во внутреннем слое $R_0 < r < R_1$ имеют положительный знак до некоторого расстояния $\bar{r} = k_* = r_* / R_1$, которое увеличивается с уменьшением величины k_2 , что соответствует росту длины зоны вращения слоя среды, либо уменьшению радиуса рабочей камеры машины. Так, например, это расстояние равно $k_* = 0.65$ при $k_2 = 1$ и $k_* = 0.8$ при $k_2 = 0.6$. В зоне $k_* < r / R_1 < k_2$ напряжение имеет отрицательный знак. Таким образом, в зоне $k_1 < r / R_1 < k_*$ материал слоя растягивается, а в зоне, ближе к внутренней поверхности рабочей камеры слой находится в сжатом состоянии.

Список литературы

1. Г.И. Мирошниченко. Основы проектирования машин первичной обработки хлопка. М. «Машиностроение», 1972. 486 с.
2. А.Ляв. Математическая теория упругости. ОНТИ.1935. 674 с.
3. Л.Д.Ландау, Е.М.Лифшиц. Теория упругости. М.«Наука», 1965.

Sulaymonov Rustam Shennikovich, candidate of technical sciences,
(e-mail:rustamsulaymon@mail.ru)

JSC "Pakhtasanoat ilmiy markazi", Tashkent, Uzbekistan

Mardonov Batir Mardonovich, doctor of technical sciences, professor
(e-mail:batsam@list.ru)

Gapparova Maxfuza Abdusalimovna, candidate of technical sciences, associate professor
(e-mail:gapparovamaxfuza@umail.ru)

Tashkent textile and light industry institute, Tashkent, Uzbekistan

Murodov Rustamjon Mamadjanovich, chief of department
(e-mail:murodov.rustamjon@mail.ru)

Uzbek centre for certification of cotton fibre "SIFAT", Tashkent, Uzbekistan

STUDY OF THE DEFORMED STATE OF THE ROTATING COTTON OF COTTON SEEDS IN THE WORKING CHAMBER OF THE LINTER MACHINE

Abstract. The deformed state of the seed in the working chamber of the 5LP linter is considered. A theoretical study was made of the state of the seed mass in the area of rotation of the tedder and closer to the inner surface of the working chamber affecting the efficiency of the seeding process.

Key words: Linter; working chamber; saw cylinder; agitator rall, cotton seeds, seed roller; deformation, tension, rotation.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЗАКОНА ПРОФИЛИРОВАНИЯ ДОРОЖКИ КУЛАЧКА НА ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕХАНИЗМА

Телегин Виктор Валериевич, к.т.н., доцент

Липецкий государственный технический университет, г.Липецк, Россия

(e-mail: vv.tegin@yandex.ru)

В данной статье приводятся результаты исследования влияния типа профиля цилиндрического кулачка на уровень динамических процессов в механизме с повышенными требованиями к точности позиционирования исполнительного звена.

Ключевые слова: кулачково-рычажный механизм, профиль дорожки кулачка, динамическая модель.

При высоких скоростях, в силу упругости и инерционности звеньев, в механизмах неминуемо развиваются колебательные процессы, которые, в конечном итоге, приводят к ограничению производительности и снижению надёжности [1, 2, 3]. Их интенсивность во многом определяется законом профилирования кулачков и может быть заметно снижена путем его правильного выбора [4, 5]. Исходными данными задачи определения рационального профиля кулачка служит твердотельная модель механизма [6, 7, 8], разработанный на основе его кинематической схемы (Рис. 1).

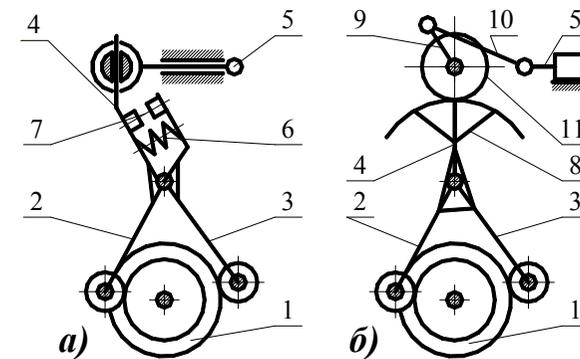


Рисунок 1 - Кулачково-рычажные механизмы отрезки (а); и переноса (б) 1- блок кулаков; 2 – рычаг прямого хода; 3 – рычаг обратного хода; 4 – рычаг; 5 – исполнительное звено (ножевой шток, каретка переноса); 6 – пружина; 7 – регулируемый зазор; 8 – зубчатый сектор; 9 – кривошип; 10 – тяга переноса; 11 – зубчатое колесо.

На рис. 2 изображена структурная схема системы автоматизированного проектирования механизма. Трехмерные модели звеньев разрабатываются на основе кинематической схемы, затем следует исследование динамики механизма и, если его кинематические характеристики удовлетворительны,

выполняются расчеты на прочность, долговечность и другие, причем с достаточно корректным учетом нагрузок [9, 10]. Последний шаг – создание конструкторской документации.

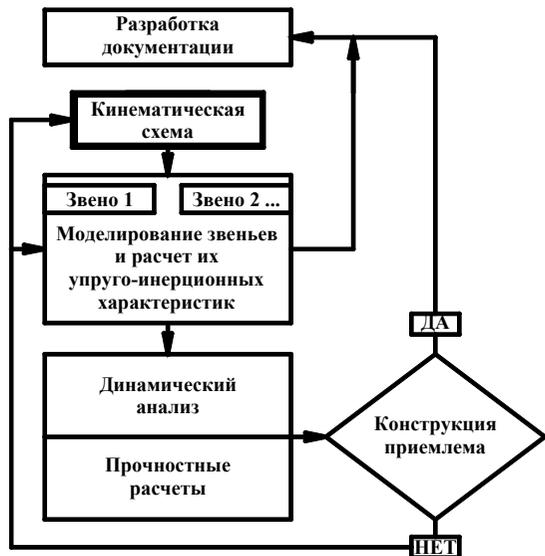


Рисунок 2 - Структурная схема системы автоматизированного проектирования кулачково-рычажных механизмов машин-автоматов

Расчетная (динамическая) модель кулачково-рычажного механизма, исполнительное звено которого совершает поступательное движение, показана на рисунке 3. При её разработке приняты следующие допущения:

- каждое из звеньев представлено сосредоточенной массой (моментом инерции);
- массы сосредоточены в точках вращения и соединены между собой безынерционными упруго-диссипативными связями;
- инерционные и упругие свойства элементов рассчитываются из условия неизменности полной (потенциальной и кинетической) энергии колебательной системы.

Реально, каждое из звеньев механизма в модели представлено одно-массовой колебательной системой, совершающей перемещение под действием кинематического возбуждения и различного рода нагрузок. Причем упругая составляющая такой системы непостоянна и, из-за наличия зазоров в кинематических парах, изменяется по кусочно-линейному закону.

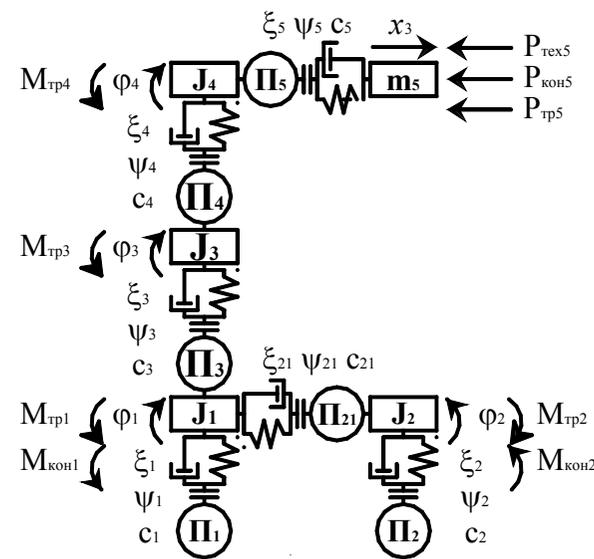


Рисунок 3 - Динамическая модель кулачково-рычажных механизмов машин-автоматов: Π_i – функция положения; φ_i и x_i – перемещение; J_i , m_i – приведенный момент инерции или масса; ξ_i – зазор в кинематической паре; ψ_i – коэффициент диссипации энергии; c_i – жесткость; $P_{техi}$ – технологическая нагрузка; $M_{конi}$, $P_{конi}$ – конструкционная нагрузка; $M_{триi}$, $P_{триi}$ – момент (сила) трения, соответственно для i -го звена механизма

Предложенная модель [2, 4, 9] носит достаточно общий характер и предназначена для анализа динамических процессов в механизмах с числом звеньев равным пяти. Если звеньев оказывается меньше, то их участие в моделировании исключается. Для этого достаточно приравнять функции положения Π_i отсутствующего i -го звена и Π_{i+1} . В случае, когда звеньев больше, их упруго-инерционные характеристики учитываются в качестве приведенных к другим звеньям. Также могут отсутствовать некоторые нагрузки.

Уравнения движения масс динамической модели составляются обычно на основе уравнений механики неголономных систем, в частности уравнениями Лагранжа второго рода с “лишними” координатами или уравнениями Рауса-Феррерса [1].

Из решения этих уравнений могут быть получены силы в звеньях механизмов, их скорости, ускорения, точность позиционирования [1, 3, 4, 5].

Расчеты были выполнены применительно к механизмам отрезки и переноса холодновысадочного автомата АВ1918 (Рис. 1).

Работоспособность механизмов исследовалась при различных законах профилирования кулачков. Скорость их полагалась равной 100 оборотам в минуту. Пояснения, относящиеся к адаптации динамической (и математической) модели (Рис. 3) реальным механизмам (Рис. 1), даны в таблице 1.

Таблица 1

Схема механизма	Значимые величины	Пояснения
А	$\Pi_1, \square \square_1, J_1, c_1, \square_1, \square_1, M_{\text{тр}1}, M_{\text{кон}1};$ $\Pi_2, \square \square_2, J_2, c_2, \square_2, \square_2, M_{\text{тр}2}, M_{\text{кон}2};$ $c_{21}, \square_{21}, M_{\text{тр}1}; \Pi_{21} = \square_2;$ $\square_3, J_3, c_3, \square_3, M_{\text{тр}3}; \Pi_3 = \square_3;$ $\Pi_5, x_5, m_5, c_5, \square_5, \square_5, P_{\text{тех}5}, P_{\text{тех}5}$	<ul style="list-style-type: none"> Механизм моделируется системой четырех дискретных масс; $M_{\text{кон}1} = M_{\text{кон}2}$ – моменты, возникающие в результате затяжки пружины (поз. 6, рис. 1в); Значения c_{21}, \square_{21} зависят от того, раскрыт или выбран зазор (поз. 7, рис. 1в).
Б	$\Pi_1(\square_0), \square \square_1, J_1, c_1, \square_1, \square_1, M_{\text{тр}1};$ $\Pi_2(\square_0), \square \square_2, J_2, c_2, \square_2, \square_2, M_{\text{тр}2};$ $c_{21}, \square_{21}, M_{\text{тр}1}; \Pi_{21} = \square_2;$ $\square_3, J_3, c_3, \square_3, M_{\text{тр}3}; \Pi_3 = \square_3;$ $\Pi_4(\square_3); \square_4, J_4, c_4, \square_4, M_{\text{тр}4};$ $\Pi_5(\square_4); \square_5, J_5, c_5, \square_5, M_{\text{тр}5}$	<ul style="list-style-type: none"> Механизм моделируется системой пяти дискретных масс; $\Pi_4(\square_3)$ равна передаточному отношению зубчатого зацепления (поз. 8, 11, рис. 1г); $\Pi_5(\square_4)$ определяется параметрами кривошипно-ползунного механизма (поз. 9, 10, рис. 1г); Движение шатуна (поз. 10, рис. 1г) плоскопараллельное. При разработке модели принималось во внимание только поступательная составляющая.

Можно показать, что надежность и работоспособность кулачково-рычажных механизмов, выполняющих функции транспортировки определяются следующими параметрами [3, 4, 9]:

- точностью позиционирования исполнительного звена (δ);
- максимальным значением его ускорения;
- среднеквадратичными отклонениями перемещения (σ_1), скорости (σ_2) и ускорения (σ_3) исполнительного звена (d^2x/dt^2);
- максимальными ($Q_{\text{max}i}$) и среднеквадратичными отклонениями (q_i) нагрузок в звеньях.

Результаты вычислений этих параметров приведены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2 - Динамические характеристики механизма отрезки при различных законах профилирования кулачков

Динам. характер.	Закон профилирования кулачков					
	Синусоидальный		Равноускоренный		Косинусоидальный	
	Абс.	Отн.	Абс.	Отн.	Абс.	Отн.
$\delta, \text{ мкм}$	205	1,00	203	0,99	205	1,00
$\ddot{x}, \text{ мс}^{-2}$	1628	1,00	1362	0,83	1398	0,92
$\sigma_1, \text{ мкм}$	152	1,00	151	0,99	154	1,02
$\sigma_2, \text{ мкм}$	0,03	1,00	0,02	0,90	0,03	1,07
$\sigma_3, \text{ мкм}$	133	1,00	158	1,19	125	0,94
$q_1, \text{ кН}$	8,3	1,00	8,05	0,97	8,6	1,04
$q_2, \text{ кН}$	5,93	1,00	6,28	1,06	6,1	1,03
$Q_{1\text{max}}, \text{ кН}$	20,5	1,00	20,3	0,99	20,7	1,01
$Q_{2\text{max}}, \text{ кН}$	21,4	1,00	21,0	0,98	21,4	1,00

Таблица 3 - Динамические характеристики механизма переноса при различных законах профилирования кулачков

Динам. характер.	Закон профилирования кулачков					
	Синусоидальный		Равноускоренный		Косинусоидальный	
	Абс.	Отн.	Абс.	Отн.	Абс.	Отн.
$\delta, \text{ мкм}$	620	1,0	363	0,59	335	0,54
$\ddot{x}, \text{ мс}^{-2}$	26,3	1,0	26,70	1,02	26,10	1,00
$\sigma_1, \text{ мкм}$	238	1,0	195,20	0,87	186	0,78
$\sigma_2, \text{ мкм}$	0,06	1,0	0,04	0,68	0,04	0,65
$\sigma_3, \text{ мкм}$	66	1,0	42	0,63	34,5	0,52
$q_1, \text{ кН}$	1,16	1,0	0,97	0,83	0,80	0,63
$q_2, \text{ кН}$	1,14	1,0	0,64	0,56	0,56	0,49
$Q_{1\text{max}}, \text{ кН}$	2,21	1,0	1,84	0,83	1,69	0,76
$Q_{2\text{max}}, \text{ кН}$	3,14	1,0	1,31	0,45	1,04	0,35

Исследовались следующие законы профилирования кулачков: синусоидальный, равноускоренный, косинусоидальный.

В качестве базовых законов, относительно которых проводилось сравнение, выбраны для механизма отрезки – равноускоренный, для механизма переноса – синусоидальный, в соответствии с которыми профилируются в настоящее время кулачки этих механизмов.

В отличие от механизма отрезки, в механизме переноса тип закона профилирования кулачков заметно влияет на его динамику, которая может быть значительно улучшена. Из числа исследованных законов профилирования кулачков, наиболее приемлемым следует считать косинусоидальный. В тоже время целесообразна постановка задачи расчета оптимального для

данного механизма профиля кулачка из условия минимизации его динамических характеристик.

Список литературы

1. Вульфсон И.И. Колебания машин с механизмами циклового действия / И.И. Вульфсон // Л.: Машиностроение, 1990. – 592 с.
2. Телегин В.В. Объектно-ориентированный подход и его компьютерная реализация в задачах анализа динамики машин / В.В. Телегин // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2010. Т. 12. № 4-3. С. 623-628.
3. Телегин В.В. Компьютерное моделирование динамических процессов в механизмах кузнечно-штамповочного оборудования / В.В. Телегин // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. 2010. № 1. С. 67-73.
4. Телегин В.В. Исследование динамики механических систем методами имитационного моделирования / В.В. Телегин // В сборнике: Современные проблемы развития фундаментальных и прикладных наук 2016. С. 81-85.
5. Козлов А.М. Параметрическое управление подачей при фрезеровании сложных поверхностей на станках с ЧПУ / А.М. Козлов, Г.Е. Малютин // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2017. № 8-1. С. 59-64.
6. Телегин В.В. Технология цифровых прототипов в задачах исследования динамики кузнечно-прессовых машин / В.В. Телегин // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. Т. 14. № 4-5. С. 1306-1309.
7. Грибков Р.В. Расчёт сборочной единицы вал-шестерня в Autodesk Inventor / Р.В. Грибков, Н.А. Титов // В книге: Тенденции развития современной науки сборник тезисов докладов научной конференции студентов и аспирантов Липецкого государственно-технического университета: в 2 частях. 2017. С. 65-68.
8. Сивцов В.А. Моделирование и расчёт деформации в узлах кривошипного горячештамповочного пресса / В.А. Сивцов, А.С. Степанов // В книге: Сборник тезисов докладов научной конференции студентов и аспирантов Липецкого государственного технического университета посвящается 60-летию Липецкого государственного технического университета: в 2-х частях. 2016. С. 54-56.
9. Telegin V. Computer realization of research into the dynamics of mechanical systems / V. Telegin, A. Kozlov // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering Ser. "International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems 2015, MEACS 2015" 2016. С. 012101.
10. Телегин В.В. Графическая подготовка студентов на основе программных продуктов фирмы AUTODESK / В.В. Телегин, И.В. Телегин // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 3. С. 24.

Telegin Victor, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Lipetsk State Technical University, Lipetsk, Russia
(e-mail: vv.telegin@yandex.ru)

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF THE LAW OF PROFILING THE CAM TRACK ON THE DYNAMIC CHARACTERISTICS OF THE MECHANISM

Abstract. This article presents the results of the investigation of the influence of the type of the profile of a cylindrical cam on the level of dynamic processes in a mechanism with high demands on the accuracy of positioning of the executive element.

Keywords: cam-and-lever mechanism, profile of cam track, dynamic model.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ «ЭРА–ГЛОНАСС»

Терентьев Вячеслав Викторович, к.т.н., доцент

(e-mail: vvt62ryazan@yandex.ru)

Андреев Константин Петрович, старший преподаватель

(e-mail: kosta066@yandex.ru)

Шемякин Александр Владимирович, д.т.н., доцент

(e-mail: shem.alex62@yandex.ru)

Рязанский государственный агротехнологический университет,
г. Рязань, Россия

В статье рассматривается возможность повышения эффективности системы «ЭРА–ГЛОНАСС» путем установки дополнительных датчиков, фиксирующих различные изменения в техническом состоянии автомобиля.

Ключевые слова: автомобиль, авария, датчик, ЭРА–ГЛОНАСС.

Анализ дорожно-транспортного травматизма показывает, что происходит постепенный рост количества ДТП, в результате которых пострадавшие получают травмы, характеризующиеся различной степенью тяжести. Неэффективная организация работы по оказанию медицинской помощи лицам, пострадавшим в результате ДТП, является одной из основных причин высокой смертности (около 60 % летальных исходов приходится на догоспитальный период) [1, 2].

Применение системы «ЭРА–ГЛОНАСС» позволяет в значительной степени снизить тяжесть последствий от аварий на транспорте [3, 4], особенно если она сможет опрашивать информацию о ДТП в автономном режиме, направляя SMS–сообщение с данным о произошедшем.

На рисунке 1 представлена существующая в настоящее время схема расположения датчиков о ДТП и блока «ЭРА–ГЛОНАСС».



Рисунок 1 – Схема расположения датчиков и блока «ЭРА–ГЛОНАСС»

На рисунке 2 показан используемый в настоящее время терминал FORT-112 EG.



Рисунок 2 – Терминал «ЭРА-ГЛОНАСС» FORD-112 EG

Терминалы FORT-112 EG полностью соответствуют приказу № 285 Минтранса РФ, а также поддерживают требования системы «ЭРА-ГЛОНАСС». Все терминалы на платформе FORT-112 поддерживают работу в протоколе EGTS. Терминалы FORT-112 EG включили в себя весь необходимый функционал, отвечающий последним требованиям нормативной и законодательной базы.

Для повышения эффективности работы предлагается дополнительно оснастить систему «ЭРА-ГЛОНАСС» датчиками удара, влаги, пламени, пространственного положения транспортного средства после аварии, которые позволят определить состояние автомобиля после момента ДТП.

Установка дополнительных датчиков позволит получать более точную и полную информацию о состоянии автомобиля после ДТП, что приведет к сокращению времени реагирования примерно на 10 %.

Предлагаемые дополнительные датчики:

- датчик контроля пламени;
- датчик удара;
- датчик контроля влажности;
- датчики пространственного положения транспортного средства.

Возникновение очага пожара на автомобиле наиболее часто происходит в подкапотном пространстве, т.к. в этой зоне достигается самый высокий температурный режим. Пожары начинаются в месте установки инжектора или карбюратора. При продолжительном пожаре данные узлы могут деформироваться, что влечет за собой повышение подачи топлива к очагу горения. Возгорания также могут происходить по причине неисправностей в магистрали подачи топлива, системы впрыска и бензобака.

Для своевременного информирования о начале возгорания предлагается использовать пожарный извещатель пламени. Такие датчики срабатывают при возникновении яркого пламени в начальный момент пожара. Обычно извещатели пламени также реагируют на инфракрасное или ультрафиолетовое излучение при пожаре.

Предлагаемый датчик контроля пламени показан на рисунке 3.

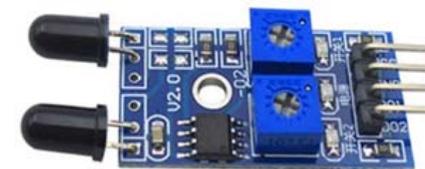


Рисунок 3 – Датчик контроля пламени

Когда в моторном отсеке возникнет очаг возгорания, огонь начинает распространяться во все стороны характерное излучение, которое улавливается датчиком. В зависимости от модели (инфракрасные, ультрафиолетовые), датчик определит вид излучения и оправит сигнал сначала в навигационный терминал, откуда сведения о возгорании транспортного средства поступит в блок сбора и передачи информации. Использование датчика позволит сократить время реагирования специальных служб, так как основной урон от возгорания транспортного средства происходит в течение 15 минут с момента воспламенения.

Датчик удара (рисунок 4) используется в системах экстренного реагирования при ДТП для фиксации момента аварии и последующего восстановления случившегося. Этот датчик закрепляется в передней части транспортного средства. В момент удара датчик обрабатывает сведения о силе внешнего воздействия и посылает соответствующую информацию в блок сбора и передачи информации.



Рисунок 4 – Датчик удара

Датчик контроля влажности (рисунок 5) позволит получить информацию о затоплении автомобиля и оперативно передать ее в спецслужбы, что снизит время реагирования и повысит шансы на спасение.

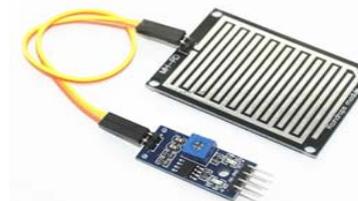


Рисунок 5 – Датчик контроля влажности

Датчик представляет собой небольшую схему, закрепленную в салоне автомобиля на высоте 20 см от уровня пола. Лицевая поверхность прибора является его чувствительным элементом. Как только на него попадает вода, соприкосновение двух сред автоматически меняет разность потенциалов во внутренней цепи, и при достижении определенного значения, будет подан соответствующий сигнал в блок сбора и передачи информации о том, что салон транспортного средства затопливается.

Датчики пространственного расположения автомобиля после аварии (рисунок 6) позволяют определить положение, в котором он находится. Датчик распознает следующие положения транспортного средства: на крыше; на боку; нормальное положение.

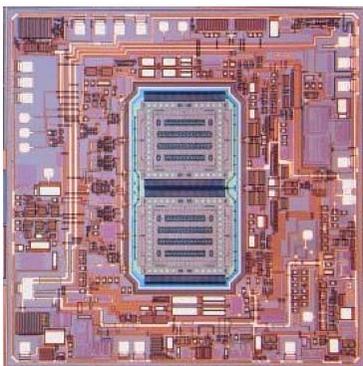


Рисунок 6 – Датчик пространственного положения

В результате ДТП первостепенно срабатывает датчик удара, благодаря которому в терминал FORT-112 поступает сигнал о том, что произошло ДТП. Также данный прибор определяет силу удара, полученного транспортным средством в результате случившегося события. После этого срабатывает датчик пространственного положения транспортного средства, позволяющий получить информацию о его расположении, а именно определить находится автомобиль на крыше, на боку или в нормальном положении. Далее срабатывают датчики, реагирующие на возгорание транспортного средства или на его погружение в воду.

После анализа последствий ДТП его результаты поступают в навигационный ГЛОНАСС/GPS терминал FORT-112, где они обрабатываются и отправляются в блок сбора и передачи. Блок сбора и передачи данных планируется использовать по принципу «черного ящика», способного производить запись в архив и хранение данных на срок более месяца, с последующей их выгрузкой.

В данном блоке формируется SMS-сообщение, которое отправляется в Call-centre по средствам сотовой или GPS связи. Диспетчер передает полученную информацию о ДТП в специальные службы. Также данные,

формируемые в блоке сбора и информации, дублируются и отправляются в спецслужбы, что значительно повысит скорость реагирования, следовательно, снизится показатель смертности в результате ДТП.

Блок сбора и передачи данных (рисунок 7) необходимо установить под капотом автомобиля. При ДТП блок будет отсоединяться от корпуса транспортного средства по принципу срабатывания подушек безопасности.



Рисунок 7 – Блок сбора и передачи информации

Твердотопливный газогенератор состоит из корпуса, пиротехнического патрона и заряда из смеси азиды натрия, нитрата калия и диоксида кремния. Воспламенение заряда топлива происходит от пиротехнического патрона с выделением газа азота. Гибридный газогенератор состоит из корпуса, пиротехнического патрона, заряда твердого топлива и заряда газа под высоким давлением (сжатый азот или аргон).

К блоку сбора и передачи данных прикрепляется подушка, окрашенная в яркий цвет. После срабатывания механизма она наполнится газом, что позволит оперативно определить местонахождение блока, или автомобиля при условии, что он затонул в водоеме. Активация происходит при ударе и зависит от его силы. Если сила удара превышает заданный уровень, датчики удара передают сигнал в блок управления. После обработки данных всех датчиков блок управления определяет необходимость и время срабатывания и подает электрический сигнал для включения газогенераторов.

Модернизация механизма срабатывания системы «ЭРА-ГЛОНАСС» позволит обеспечить диспетчерский центр более полной информацией о произошедшем ДТП, что позволит снизить время реагирования и тяжесть последствий.

Список литературы.

1. Терентьев, В.В. Безопасность автомобильных перевозок: проблемы и решения / В.В. Терентьев // Надежность и качество сложных систем, – Пенза, 2017. – № 2 (18) – С. 90-94.
2. Терентьев, В.В. Безопасность автомобильных перевозок: проблемы и решения / В.В. Терентьев // Труды международного симпозиума Надежность и качество, – Пенза, 2017. – Т. 1 – С. 133-135.
3. Андреев, К.П. Внедрение в сфере пассажирских перевозок навигационных систем мониторинга / К.П. Андреев, В.В. Терентьев // Бюллетень транспортной информации. – М., 2017. – № 6 (264) – С. 27-29.
4. Дорохин, С.В. Безопасность на дорогах: проблемы и решения / С.В. Дорохин, В.В. Терентьев, К.П. Андреев // Мир транспорта и технологических машин. – Орел, 2017. – № 2 (57). – С. 67-73.

Terentyev Vyacheslav Viktorovich, Cand. Techn. Sci., associate Professor
(e-mail: vvt62ryazan@yandex.ru)

Ryazan state agrotechnological University, Ryazan, Russia

Andreev Konstantin Petrovich, a senior named teacher

Ryazan state agrotechnological University, Ryazan, Russia

Shemyakin Alexander Vladimirovich, Doc. Techn. Sci., associate Professor

Ryazan state agrotechnological University, Ryazan, Russia

IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE SYSTEM "ERA-GLONASS"

Abstract. The article discusses the possibility of increasing the efficiency of the system "ERA-GLONASS" by installing additional sensors that detect various changes in the technical condition of the car.

Keywords: car, crash, gauge, ERA-GLONASS.

РАЗРАБОТКА ФОТОЭЛЕМЕНТОВ НА ОСНОВЕ КРЕМНИЯ С НАНОКЛАСТЕРАМИ АТОМОВ МАРГАНЦА

Усманов Ж., ассистент,

Насриддинов Ш., студент, Хамидов Б., студент

Бухарский филиал Ташкентского института инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства, г.Бухара, Республика Узбекистан

(E-mail: ushr@rambler.ru)

Разработаны и изготовлены фотоэлементы на основе монокристаллического кремния путем формирования в его кристаллической решетке наноразмерных кластеров атомов марганца, позволяющих максимально полно использовать инфракрасный спектр Солнца для генерации субзонных фотоносителей.

Существующие в настоящее время технологические методы изготовления и полупроводниковые материалы, используемые при разработке эффективных солнечных элементов с максимальным коэффициентом полезного действия и стабильными параметрами, практически достигли своего предела. Для дальнейшего повышения основных параметров фотоэлементов необходимо использовать нетрадиционные полупроводниковые материалы или новые физические явления [1-5].

Как известно, существенная доля энергии солнечного излучения, более 44%, приходится на инфракрасный спектр с $\lambda=0,75\div3$ мкм. При этом основная часть этой энергии в существующих солнечных элементах на основе кристаллического кремния не используется при преобразовании фотоэнергии в электрическую энергию. Поэтому, представляет очень большой научный и практический интерес создание в запрещенной зоне кремния примесной зоны, позволяющей осуществить двойной оптический переход электронов из валентной зоны в зону проводимости при поглощении фотонов с энергией $h\nu < E_g/2$ при многофотонном поглощении.

Однако многолетние попытки ученых решить проблему разработки более эффективных кристаллических кремниевых солнечных элементов с ис-

пользованием инфракрасного спектра излучения Солнца на основе примесного фотоэлектрического эффекта до настоящего времени не увенчались успехом. Основная причина – это весьма жесткие требования предъявляемые к примесным атомам, которые могут создавать примесные энергетические зоны с необходимыми параметрами в запрещенной зоне полупроводника. Такие примеси одновременно должны обладать высокой растворимостью $N \geq 5 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$ и создавать энергетические уровни в запрещенной зоне полупроводника с энергией ионизации $E \leq E_g/2$. Как известно примеси создающие глубокие энергетические уровни в полупроводниках не обладают большой растворимостью $N \sim (2\div5) \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$, что и является главным ограничением использования полупроводниковых примесей с глубокими уровнями для решения данной проблемы.

В связи с этим в данной работе предлагается принципиально новый подход к созданию примесной энергетической зоны с необходимыми параметрами, позволяющей эффективно использовать инфракрасный (ИК) спектр Солнца при генерации фото носителей. Сущность предлагаемого подхода – это управление в широком интервале состоянием наноразмерных кластеров атомов марганца (Mn_4) в решетке кремния.

Методом ЭПР было обнаружено и однозначно доказано образование наноразмерных кластеров марганца, состоящих из четырех атомов, находящихся в ближайших соседних междоузлиях в решетке кремния. Свидетельством многозарядного состояния полученных нанокластеров, могут служить результаты исследования поверхности кремниевых образцов с помощью атомного силового микроскопа (рис. 1). Как видно из рисунка формируются пики одинакового размера и различной высоты, которые подтверждают многозарядное состояние нанокластеров. Однако в этих работах не были установлены условия образования таких кластеров. Нами использован новый способ легирования, позволяющий установить термодинамические и технологические условия формирования наноразмерных кластеров (Mn_4) в решетке кремния.

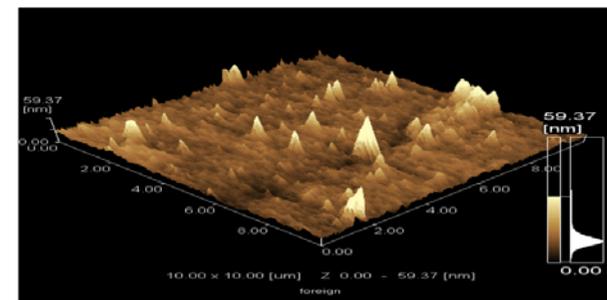


Рисунок 1 - Изображение электростатических потенциалов многозарядных нанокластеров атомов марганца в решетке кремния

Разработанная технология основывается на проведении диффузии при поэтапном повышении температуры, начиная с низких температур и плавным увеличением температуры до необходимого значения и выдержкой образцов определенное время при этой температуре. Такая технология не только полностью исключает эрозию поверхности кристалла, которая всегда имеет место при обычной диффузии, но и обеспечивает максимальное участие атомов марганца в кластерообразовании $(Mn)_4$ [2].

Установлены закономерности управления концентрацией и зарядовым состоянием наноразмерных кластеров $(Mn)_4$ в зависимости от концентрации бора в исходном материале и условий легирования. При определенных соотношениях концентрации бора в исходном материале и концентрации марганца наноразмерные кластеры могут находиться в зарядовых состояниях от $(Mn)_4^0$ до $(Mn)_4^{+n}$, где n принимает значения от 1 до 8, то есть такие кластеры действуют как многозарядные центры, где каждому зарядовому состоянию соответствует определенный энергетический уровень с соответствующей энергией ионизации. Постепенная поочередная ионизация данных кластеров позволяет получить целый спектр энергетических уровней лежащих в определенном интервале энергии, то есть получить примесную энергетическую зону, которую практически невозможно создать по обычной технологии.

Состояние примесных кластеров и их влияние на свойства кремния в образцах исследовалась методом ЭПР на установке «Broker», фотопроводимость на установке ИКС–21. В отличие от других работ, в наших образцах спектры ЭПР связанные с состояниями $Mn^+(3d^5 4s^1)$ и $Mn^{++}(3d^5 4s^0)$ практически не были обнаружены. Это можно связать с максимальным участием атомов марганца в образовании наноразмерных кластеров.

Исследование спектральной зависимости фотопроводимости образцов p-Si<B,Mn> с $(Mn)_4^{+8}$ показали аномально высокую фотопроводимость в области спектра примесного поглощения. Установлено, что фотоответ в таких материалах начинается при $h\nu \approx 0,4$ эВ ($\lambda = 3$ мкм) и с ростом энергии фотона фототок резко увеличивается и достигает своего максимального значения при $h\nu \approx 0,8$ эВ ($\lambda = 1,5$ мкм). Это значение фототока практически не меняется до собственной области поглощения $h\nu = 1,2$ эВ. Таким образом, в образцах с наноразмерными кластерами с максимальным зарядовым состоянием в области спектра $\lambda = 0,75 \div 3$ мкм наблюдается стабильная и аномально высокая фотопроводимость за счет генерации носителей заряда через примесные зоны создаваемые наноразмерными кластерами $(Mn)_4$. Экспериментально установлено, что образцы с такими фотоэлектрическими свойствами полученные по новой технологии должны иметь p – тип проводимости и в них положение уровня Ферми должно быть в интервале $F_p = [(E_v + 0,4) \div (E_v + 0,425)]$ эВ].

Следует отметить, что примесные энергетические зоны многозарядных наноразмерных кластеров $(Mn)_4$ в кремнии в отличие от примесных зон

изолированных атомов, имеют следующие особенности. Для образования примесных энергетических зон на основе наноразмерных кластеров $(Mn)_4^{+n}$ не требуются большие концентрации примесных атомов ($N > 5 \cdot 10^{18}$ см⁻³), наличие которых существенно изменяет свойства и дефектную структуру самого материала. Ширина полосы примесной энергетической зоны на основе $(Mn)_4^{+n}$ достаточно большая $\Delta E \approx 0,32$ эВ, такие полосы в запрещенной зоне не возможно образовать на основе изолированных атомов даже при их очень большой концентрации. В отличие от обычной полосы энергетической зоны, в случае $(Mn)_4^{+n}$, с изменением энергетических уровней внутри полосы существенно меняется сечение захвата носителей заряда и сечение фотоионизации, так как в этом случае зарядовое состояние кластера меняется, такие кластеры действуют как многозарядные центры $(Mn)_4^{+1} - (Mn)_4^{+8}$. Это приводит с одной стороны к существенному увеличению времени жизни неосновных носителей заряда, а с другой стороны к максимальному поглощению ИК света, что и является основой увеличения эффективности работы солнечных элементов. Образование такой широкой энергетической полосы с дискретными энергетическими уровнями позволяет эффективно поглотить практически весь спектр инфракрасного излучения Солнца ($\lambda = 0,75 \div 3$ мкм) [4].

Для исследования спектральной зависимости изготавливались фотоэлементы в виде параллелепипедов имеющих размеры 0,5 см x 1 см при толщине 380 мкм. p-n переход фотоэлементов формировался диффузией фосфора из поверхностного источника. Поверхностная концентрация атомов фосфора $N_s = 10^{19}$ см⁻³. Глубина p-n перехода составляла величину около 1 мкм. Токосъемные контакты создавались термическим напылением никеля через маску в вакууме, которые залуживались окунанием в припой ПОСК-50-18. Просветляющее покрытие не применялось.

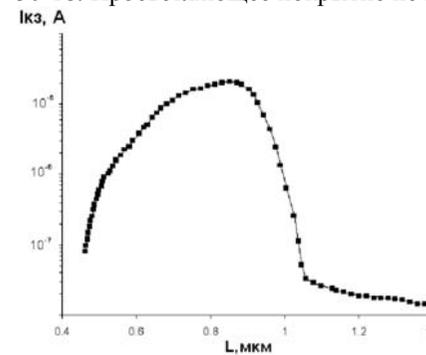


Рисунок 1 - Спектральная зависимость тока короткого замыкания изготовленных фотоэлементов.

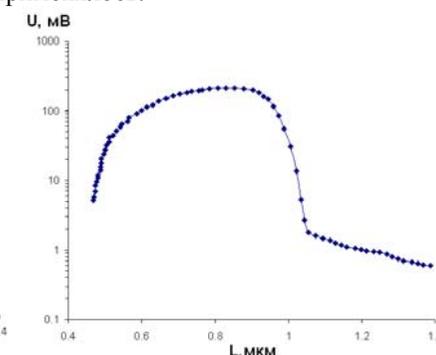


Рисунок 2 - Спектральная зависимость напряжения холостого хода изготовленных фотоэлементов.

Спектральная чувствительность фотоэлементов изготовленных на основе материала КДБ 3 после формирования нанокластеров атомов марганца приведена на рисунках 1 и 2. На рисунке 1 представлена спектральная зависимость тока короткого замыкания фотоэлементов изготовленных на основе материала КДБ 3 после формирования нанокластеров атомов марганца, на рисунке 2 представлена спектральная зависимость напряжения холостого тех же фотоэлементов. Как видно из графиков спектральная чувствительность фотоэлементов после формирования кластеров примесных атомов увеличивается до 1,5 мкм смещаясь в ИК область спектра.

Подводя итог можно отметить, что разработка технологии получения солнечных элементов на основе кремния с наноразмерными кластерами позволит создать сверхвысокоэффективные солнечные элементы. Как показывают расчеты, при изготовлении солнечных элементов на основе кремния с наноразмерными кластерами и структурами, они будут иметь в условиях солнечного освещения КПД более 40%. При условии оптимизации технологии и выборе оптимальных режимов максимальный предел КПД составляет 60%.

Список литературы

1. Bakhadyrkhanov M.K., Isamov S.B., Iliev Kh.M., and Kamalov Kh.U. Anomalous Long Lifetime of Holes in Silicon with Nanoclusters of Manganese Atoms// Semiconductors, 2015, Vol. 49, No. 10, pp. 1332–1334.
2. Бахадирханов М.К., Исамов С.Б., Илиев Х.М., Камалов Х.У. Аномально большое время жизни дырок в кремнии с нанокластерами атомов марганца // ФТП, 2015, том 49, № 10, С. 1376-1378.
3. Бахадирханов М.К., Сапарниязова З.М., Илиев Х.М., Исмаилов К.А. Взаимодействие многозарядных нанокластеров атомов марганца с атомами селена и теллура в кремнии // Неорганические материалы, 2015, том 51, № 8, С. 838-842.
4. Бахадирханов М.К., Илиев Х.М., Содиков У.Х., Мавлянов А.Ш., Хакулов М.К. Возможность формирования квантовых точек $\text{Si}_2\text{Mn}-(\text{A}^{\text{IV}})$ в решетке кремния // Шестая международная конференция «Кристаллофизика и деформационное поведение перспективных материалов». Москва, 26-28 май 2015, С. 50.

J. Usmanov, assistant,

Sh.Nasriddinov, student,

B. Khamidov, student

Bukhara branch of the Tashkent Institute of Agricultural Irrigation and Mechanization, Republic of Uzbekistan, Bukhara

(E-mail: ushr@rambler.ru)

DEVELOPMENT OF PHOTO ELEMENTS BASED ON SILICON WITH NANOCLESTERS OF ATOMS OF MANGANESE

Abstract. *Photocells based on monocrystalline silicon have been developed and fabricated by the formation in the crystal lattice of nanoscale clusters of manganese atoms, which make it possible to make full use of the infrared spectrum of the sun for the generation of sub-band photocarriers.*

ПРИМЕНЕНИЕ ПАКЕТОВ ПРОГРАММ FEMM И COMSOL MULTIPHYSICS В ЗАДАЧАХ РАСЧЕТА ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Шабанов Андрей Сергеевич, аспирант

(e-mail: as_schabanov@mail.ru)

Нейман Владимир Юрьевич, д.т.н., профессор

(e-mail: nv.nstu@ngs.ru)

*Новосибирский государственный технический университет,
г.Новосибирск, Россия*

Рассмотрены возможности в использовании современных пакетов программ FEMM и COMSOL Multiphysics, реализующих конечно-элементное моделирование магнитного поля для расчета магнитных систем линейных электромагнитных двигателей для привода прессового оборудования

Ключевые слова: линейный электромагнитный двигатель, конечно-элементное моделирование магнитного поля, расчет магнитных систем, современные прикладные программы

Импульсные устройства и механизмы, созданные на базе линейного электромагнитного привода, широко используются в промышленности для обеспечения различных ударных технологий [1-4].

Расширение областей использования машины непосредственно связано с увеличением их удельных силовых и энергетических показателей [5-9], что во многом определяется не только совершенствованием вариантов их конструктивного исполнения [10-14], но и подходами, используемыми для их расчета и проектирования, которые постоянно совершенствуются [15-19].

Существуют различные подходы для расчета электромагнитных устройств и электромеханических преобразователей [20-22]. Между собой они отличаются по целому ряду критериев и показателей, прежде всего как точность расчёта, повторяемость, затраты времени.

Развитие вычислительной техники позволило успешно реализовать на персональном компьютере один из численных методов – метод конечных элементов, который использует большая часть программных продуктов, предназначенных для расчета магнитного поля.

Опыт использования пакетов программ FEMM и COMSOL Multiphysics для расчета линейных электромагнитных двигателей показал, что каждый из них имеет свои достоинства и недостатки при решении определенного типа задач.

С точки зрения функциональных возможностей, COMSOL Multiphysics и FEMM можно сравнить по нескольким основным параметрам: размерности пространства построения модели, типу расчета и виду анализа.

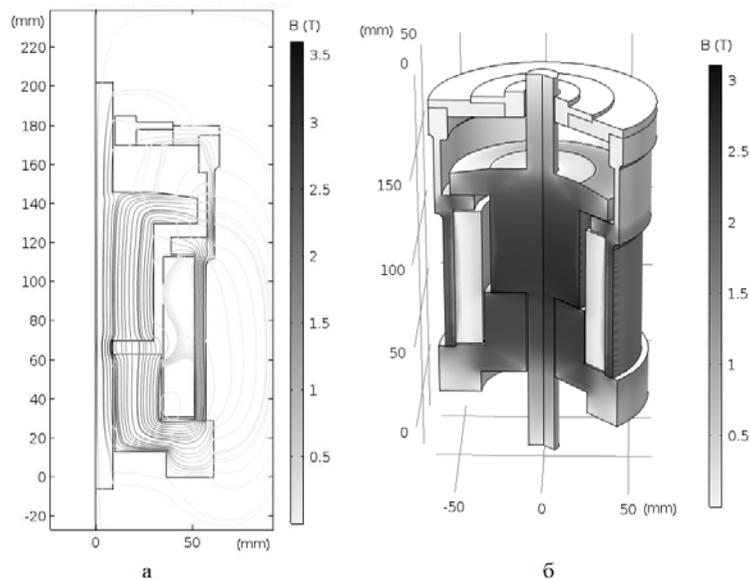


Рисунок 1 - Модель линейного электромагнитного двигателя, созданная в COMSOL Multiphysics: а) двумерная осесимметричная; б) трехмерная

Построение модели в COMSOL Multiphysics можно осуществлять как в двумерном, так и в трехмерном пространстве, тогда как FEMM ограничен возможностью создавать только двумерные модели. Для большей наглядности на рис. 1 и рис. 2 показаны модели линейного электромагнитного двигателя, созданные в этих программах и результаты их расчета в виде силовых линий магнитного потока.

С точки зрения возможности выбора типа расчета COMSOL Multiphysics также имеет преимущество перед FEMM, поскольку первый позволяет проводить исследования не только в статическом, но и в динамическом режиме, тогда как последний ограничен возможностью использования только статического режима.

Программный пакет FEMM позволяет решать только электромагнитные задачи, тогда как COMSOL Multiphysics имеет возможность проводить электромагнитный, тепловой и механический анализы модели как отдельно друг от друга, так и совместно (режим мультифизичности).

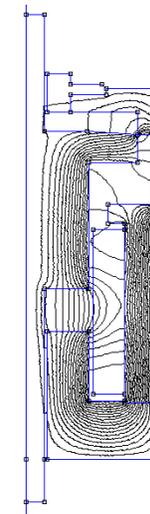


Рисунок 2 - Двумерная осесимметричная модель линейного электромагнитного двигателя, созданная в программе FEMM

Очевидно, что по всем критериям COMSOL Multiphysics превосходит FEMM, однако требует при реализации значительно больше ресурсов и времени на создание и исследование модели, а также на освоение самой программы.

Поэтому в ряде случаев, например, при первом знакомстве с конечно-элементным моделированием, или, когда необходимо быстро получить какой-либо предварительный результат, применение программы FEMM выглядит более очевидным и целесообразным. Несмотря на простой интерфейс программы возможности по расчету магнитного поля не уступают пакету COMSOL Multiphysics имеющего более высокий уровень [23, 24]. Для расчета динамических режимов работы линейных электромагнитных двигателей пакет FEMM может быть использован как вспомогательный для расчета статических параметров электромагнитного тягового усилия, потокосцепления, значения которых затем применяются в уравнениях динамики, что наглядно представлено в работах [25-29].

Список литературы

1. Нейман Л.А., Нейман В.Ю. Низкочастотные ударные электромагнитные машины и технологии // Актуальные проблемы в машиностроении. – 2014. – №1. – С. 256–259.
2. Мошкин В.И., Нейман В.Ю., Угаров Г.Г. Импульсные линейные электромагнитные двигатели. Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2010. – 220 с.
3. Нейман В.Ю. Интегрированные линейные электромагнитные двигатели для импульсных технологий // Электротехника. – 2003. – №9. – С. 25–30.
4. Аксютин В.А., Нейман Л.А., Нейман В.Ю., Скотников А.А. Прессовое оборудование с линейным электромагнитным приводом для механизации технологических процессов ударной сборки и штамповки мелких изделий // Актуальные проблемы в машиностроении. – 2015. – №2. – С. 220–224.

5. Угаров Г.Г., Нейман В.Ю. Анализ показателей электромагнитных ударных машин // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 1996. – № 2. – С. 72–80.
6. Малинин Л.И., Нейман В.Ю. Определение напряжения преобразования энергии и электромагнитных сил в электромеханических системах // Электричество. – 2008. – № 6. – С. 57–62.
7. Нейман В.Ю. Петрова А.А. Сравнение способов форсировки импульсных линейных электромагнитных двигателей // Электротехника. – 2007. – № 9. – С. 47а–50.
8. Нейман В.Ю. Режимы форсированного аккумулирования магнитной энергии в импульсных линейных электромагнитных двигателях // Научный вестник Новосибирского государственного технического университета. – 2003. – № 1. – С. 105–112.
9. Нейман В.Ю. Анализ процессов энергопреобразования линейных электромагнитных машин с предварительным аккумулированием магнитной энергии в динамических режимах // Электротехника. – 2003. – № 2. – С. 30–36.
10. Нейман Л.А., Нейман В.Ю. Исследование двухкатушечной синхронной электромагнитной машины с инерционным реверсом бойка // Современные проблемы теории машин. – 2014. – № 2. – С. 109–110.
11. Нейман Л.А., Нейман В.Ю. Линейные синхронные электромагнитные машины для низкочастотных ударных технологий // Электротехника. – 2014. – № 12. – С. 45–49.
12. Нейман Л.А., Нейман В.Ю. Новые конструктивные решения проблемы точной синхронизации возвратно-поступательного движения бойка неуправляемой электромагнитной машины ударного действия // Актуальные проблемы в машиностроении. – 2015. – №2. – С. 280–285.
13. Нейман В.Ю. К вопросу о рационализации рабочих процессов и выбора конструктивных схем электромагнитных ударных машин // Автоматизированные электромеханические системы: Коллективная монография / Новосиб. гос. техн. ун-т; Под ред. В.Н. Аносова. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2004. – С. 155–169.
14. Нейман В.Ю., Скотников А.А., Нейман Л.А. Тенденции в развитии конструкций синхронных двухобмоточных электромагнитных машин для импульсных технологий // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы II междунар. науч.-практ. конф. – Саратов: ФГОУ ВПО Саратовский ГАУ. – 2011. – С. 271–277.
15. Нейман Л.А., Петрова А.А., Нейман В.Ю. К оценке выбора типа электромагнита по значению конструктивного фактора // Известия вузов. Электромеханика. – 2012. – № 6. – С. 62–64.
16. Нейман В.Ю., Нейман Л.А., Петрова А.А. О методике к выбору типа электромагнита по значениям конструктивного фактора // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2011. – № 2. – С. 310–313.
17. Нейман В.Ю., Нейман Л.А., Петрова А.А. Влияние соотношений главных размеров электромагнитов на значения конструктивного фактора и показателя экономичности // Автоматизированные электромеханические системы: [сб. науч. тр.]. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2011. – С. 177–187.
18. Нейман Л.А., Нейман В.Ю. Повышение точности аналитического расчета радиальных сил одностороннего магнитного притяжения некоаксиальных элементов магнитопровода // Научный вестник Новосибирского государственного технического университета. – 2015. – № 1 (58). – С. 246–256.
19. Нейман В.Ю., Нейман Л.А. Оценка конструктивного совершенства систем принудительного охлаждения синхронных электромагнитных машин ударного действия // Журнал Сибирского Федерального университета. Серия: Техника и технологии. – 2015. – Т.8. – № 2. – С. 166–175.

20. Малинин Л.И., Нейман В.Ю. Определение напряжения преобразования энергии и электромагнитных сил в электромеханических системах // Электричество. – 2008. – № 6. – С. 57–62.
21. Нейман Л.А., Нейман В.Ю. Математическая модель электромеханической системы колебательного движения с упругими связями // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. – 2015. – № 6. – С. 35–40.
22. Нейман Л.А., Нейман В.Ю. Моделирование процессов в электромагнитном вибраторном преобразователе с потерями энергии в магнитопроводе // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 2016. – Т. 19. – № 1. – С. 73–78.
23. Neyman V.Yu., Neyman L.A., Petrova A.A. Calculation of efficiency of DC electromagnet for mechatronic systems // Proceedings of IFOST-2008 e 3d International Forum on Strategic Technology, June 23–29, 2008, Novosibirsk, Tomsk. – P. 452–454.
24. Петрова А., Нейман В.Ю. Моделирование в FEMM магнитного поля для расчета тяговых характеристик электромагнитных двигателей постоянного тока / А.А. Петрова, В.Ю. Нейман // Сборник научных трудов Новосибирского государственного технического университета. – 2008. – № 2. – С. 101–108.
25. Нейман Л.А., Нейман В.Ю. Динамическая модель электромагнитного привода колебательного движения для систем генерирования низкочастотных вибраций // Доклады Академии наук высшей школы Российской Федерации. – 2015. – № 3(28). – С. 75–87.
26. Нейман Л.А., Нейман В.Ю. Математическая модель динамики электромагнитного ударного узла с упругими связями // Доклады Академии наук высшей школы Российской Федерации. – 2016. – № 2 (31). – С. 94–107.
27. Нейман Л.А., Нейман В.Ю. Математическая модель динамики двухкатушечной синхронной электромагнитной машины ударного действия со свободным выбегом бойка // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. – 2016. – № 5. – С. 32–40.
28. Нейман Л.А., Нейман В.Ю. Расчет динамики электромагнитного привода колебательного движения с однополупериодным выпрямителем // Вестник МЭИ. – 2016. – № 6. – С. 64–71.
29. Нейман Л.А., Нейман В.Ю. Математическая модель динамики однокатушечной синхронной электромагнитной машины ударного действия с двухсторонним выбегом бойка // Доклады Академии наук высшей школы Российской Федерации. – 2016. – № 3 (32). – С. 98–114.

Shabanov Andrey Sergeevich, graduate student

(e-mail: as_schabanov@mail.ru)

Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russia

Neyman Vladimir Yurievich, Doc.Tech.Sci., professor

(e-mail: nv.nstu@ngsl.ru)

Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russia

APPLICATION OF FEMM AND COMSOL MULTIPHYSICS PROGRAM PACKETS IN TASKS FOR CALCULATING LINEAR ELECTROMAGNETIC ENGINES

Abstract. The possibilities in the use of modern software packages FEMM and COMSOL Multiphysics, realizing finite element simulation of the magnetic field for the calculation of magnetic systems of linear electromagnetic motors for drive of press equipment.

Key words: linear electromagnetic motor, finite element simulation of magnetic field, calculation of magnetic systems, modern application programs

ISSN 2411-9792

СОВРЕМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

научно-практический журнал

№5 (13)

2017 год

Редактор *Есипова В.А.*

Компьютерная верстка и макет *Есипова В.А.*

Подписано в печать 25.10.17. Формат 60×84 1/16. Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 5,7. Уч.-изд. л. 5,7. Тираж 200 экз. Заказ 161.

Закрытое акционерное общество "Университетская книга"

305018, г. Курск, ул. Монтажников, д.12

Отпечатано в типографии

Закрытое акционерное общество "Университетская книга"

305018, г.Курск, ул. Монтажников, д.12

ИНН 4632047762 ОГРН 1044637037829 дата регистрации 23.11.2004 г.

Телефон +7-910-730-82-83