

УДК 663.915

К ВОПРОСУ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИСПЕРГИРУЮЩИХ НАГРУЗОК В ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ МЕХАНОАКТИВАТОРАХ

Беззубцева М.М., Обухов К.Н.

*ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет»,
Санкт-Петербург, Пушкин, e-mail: mysnegana@mail.ru*

В статье изложены результаты исследований функциональной зависимости силовых взаимодействий между ферромагнитными размольными элементами от конструктивных параметров и размеров электромагнитных механоактиваторов (ЭММА) цилиндрических конструкций с наружным расположением обмотки управления (ОУ) на выносном магнитопроводе. Построение магнитных полей ЭММА и их анализ проведен с использованием метода интегральных уравнений, позволяющего определять параметры поля (индукцию и напряженность) в любой заданной точке рабочего объема, в которой осуществляется силовое контактное взаимодействие между ферромагнитными размольными органами аппарата в их магнитоожигенном слое. Результаты исследований использованы при проектировании энергоэффективных ЭММА для переработки продукции с различными физико-механическими свойствами.

Ключевые слова: механоактивация, процесс диспергирования, магнитоожигенный слой

FOR RESEARCH QUESTIONS DISPERSIVE LOADS ELECTROMAGNETIC MECHANOAKTIVATORAH

Bezzubceva M.M., Obuhov K.N.

St.-Peterburg agrarian university, St.-Peterburg, Pushkin, e-mail: mysnegana@mail.ru

The article describes the results of studies of the functional dependence of force interactions between the ferromagnetic grinding elements on the design parameters and size of electromagnetic mechoaktivatorov (EMMA) cylindrical structure with an outer winding arrangement Control (OC) in the detail magnitopro-vode. Construction of magnetic fields EMMA and analysis carried out using the method of integral equations that allows to determine the parameters of the field (induction and tension) at any given point of the working volume, in which the force contact interaction between the ferromagnetic grinding machine organs in their magnitoozhizhenom layer. The research results are used in the design of energy-efficient processing EMMA products with different physical and mechanical properties.

Keywords: mechanoactivation, dispersing process, magnitoozhizheny layer

Основным фактором, определяющим энергоемкость перерабатываемой продукции на стадии измельчения, является способ трансформации кинетической и потенциальной энергии мелющих тел в увеличение поверхности частиц исходного материала. Результаты многочисленных исследований показали [1], что электромагнитный способ механоактивации в магнитоожигенном слое ферротел [2, 3, 4, 5] в наибольшей степени обеспечивает приближение фактических энергозатрат к физически обоснованным затратам энергии на образование новых поверхностей. Очевидно, что эффективность передачи силовых воздействий объекту разрушения, зависит и от соотношения конструктивных размеров магнитопровода ЭММА. В этой связи установление зависимости силовых взаимодействий между ферромагнитными элементами в структурных группах от конструктивных параметров электромагнитных механоактиваторов является актуальной задачей, определяющей интенсивность трансформации энергии перерабатываемому продукту.

Целью исследования является установление зависимости силовых взаи-

модействий между ферромагнитными элементами в структурных группах от конструктивных параметров электромагнитных механоактиваторов цилиндрических конструкций с наружным расположением обмотки управления (ОУ) на выносном магнитопроводе.

Материалы и методы исследования

Объектом исследования являются функциональные зависимости диспергирующих нагрузок, создаваемых в магнитоожигенном слое размольных ферротел, от конструктивных параметров ЭММА. Использованы экспериментально – статистические методы исследования.

Результаты исследования и их обсуждение

Для построения магнитного поля в рабочих объемах электромагнитных механоактиваторов (ЭММА) цилиндрических конструкций с наружным расположением обмотки управления (ОУ) на выносном магнитопроводе [1] использован метод интегральных уравнений. Метод позволяет строить магнитные поля в рабочих объемах аппаратов цилиндрических кон-

струкций с электромагнитным способом формирования диспергирующего усилия и определять параметры поля в любой заданной точке рабочего объема, в которой осуществляется силовое контактное взаимодействие между феррочастицами (размольными органами) аппарата в их магнитооживленном слое [3, 4]. Метод основан на введении вторичных источников и состоит из сведения задачи к интегральным уравнениям с их числовым решением.

Условные обозначения и иллюстративный материал к решению задачи построения магнитных полей в группе ЭММА указанных конструкций приведены в работе [3]. Расчетные формулы в методике построения магнитных полей ЭММА получены в декартовой системе координат. Невозмущенное ротором магнитное поле в рабочем объеме механоактиватора является однородным [6] и определено выражением:

$$B_0 = 4\pi IW \frac{\mu\mu_0}{\{\mu_0[2(\alpha+c)-b] + \mu b\}}, \quad (1)$$

где α , c – соответственно ширина и длина сердечника.

Векторный магнитный потенциал возмущенного ротором поля имеет вид $\bar{A} = (0, 0, Z)$:

$$A_z(x, y) = \frac{B_0(\mu-1)}{2\pi(\mu+1)} \int_0^{2\pi} \cos v \ln[(x - R \cos v)^2 + (y - R \sin v)^2] dv + xB_0, \quad (2)$$

где $B_0 = \text{rot} A$.

Составляющие вектора $\bar{B}$ (с учетом конструктивного исполнения ЭММА) определены выражениями:

$$B_x(x, y) = \frac{B_0(\mu-1)}{\pi(\mu+1)} \int_0^{2\pi} \cos v \frac{(y - R \sin v)}{(x - R \cos v)^2 + (y - R \sin v)^2} dv, \quad (3)$$

$$B_y(x, y) = \frac{B_0(\mu-1)}{\pi(\mu+1)} \int_0^{2\pi} \cos v \frac{(x - R \cos v)}{(x - R \cos v)^2 + (y - R \sin v)^2} dv - B_0. \quad (4)$$

Напряженность этого поля вычисляется по формуле:

$$H = \frac{1}{\mu_0} \sqrt{B_x^2 + B_y^2}. \quad (5)$$

Для расчета диспергирующих нагрузок использована формула [5]:

$$F_r = \frac{3}{32} \mu^* H^2 R_0^2 \frac{\left(\frac{\mu}{\mu_0} - 1\right)^2}{\left(\frac{\mu}{\mu_0} + 2\right)^3} \left(5 \frac{\mu}{\mu_0} + 7\right). \quad (6)$$

Исследования проведены для двух характерных точек поперечного сечения рабочего объема в координатных осях $x - y$ (рис. 1). Точки имеют координаты $\left(\frac{d}{4} + \frac{R}{2}, 0\right)$ и $\left(\frac{d}{4} + \frac{R}{2}, \frac{b}{4} + \frac{R}{2}\right)$, (здесь d – диаметр наружного цилиндра, R – радиус внутреннего цилиндра, b – расстояние между полюсными наконечниками электромагнита).

Результаты расчета приведены на рис. 2, 3, 4, 5.

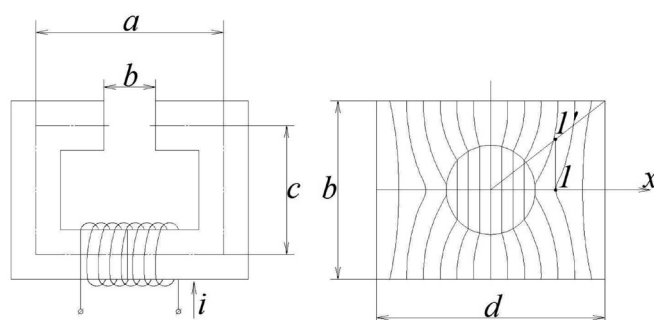


Рис. 1. Расчетная схема ЭММА с наружным расположением обмотки управления (ОУ) на выносном магнитопроводе

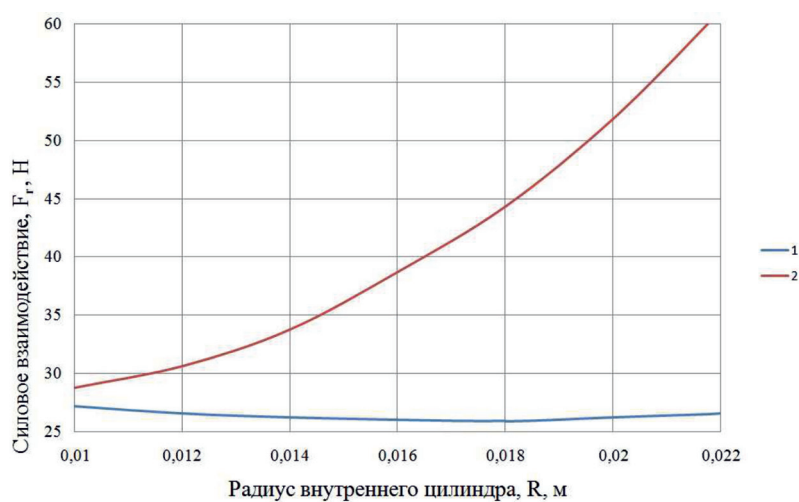


Рис. 2. Зависимость силовых взаимодействий между раздельными элементами от радиуса внутреннего цилиндра: 1 – $F_{r_1} = \phi(R)$; 2 – $F_{r_2} = \phi(R)$

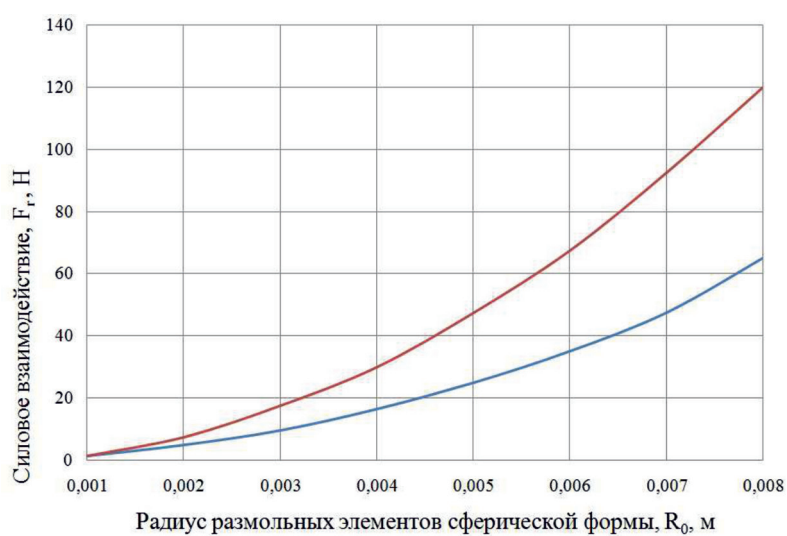


Рис. 3. Зависимость силовых взаимодействий между раздельными элементами от радиуса раздельных элементов сферической формы: 1 – $F_{r_1} = \phi(R_0)$; 2 – $F_{r_2} = \phi(R_0)$

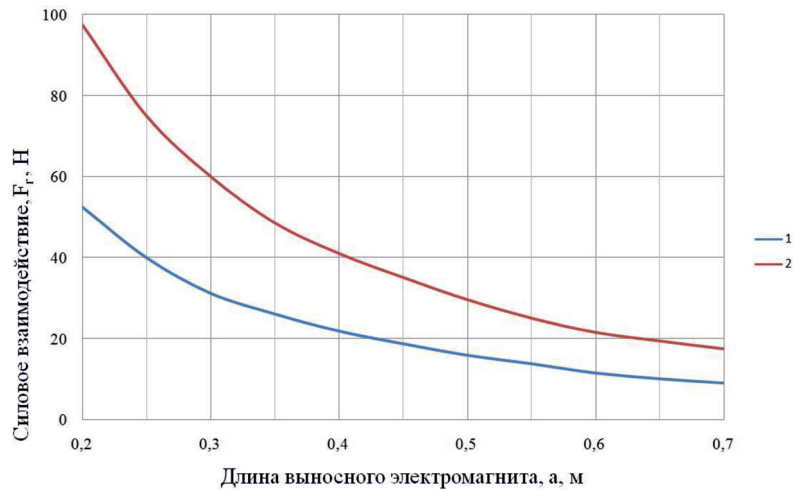


Рис. 4. Зависимость силовых взаимодействий между разомкнутыми элементами от длины выносного магнитопровода: 1 – $F_{r1} = \phi(\alpha)$; 2 – $F_{r2} = \phi(\alpha)$

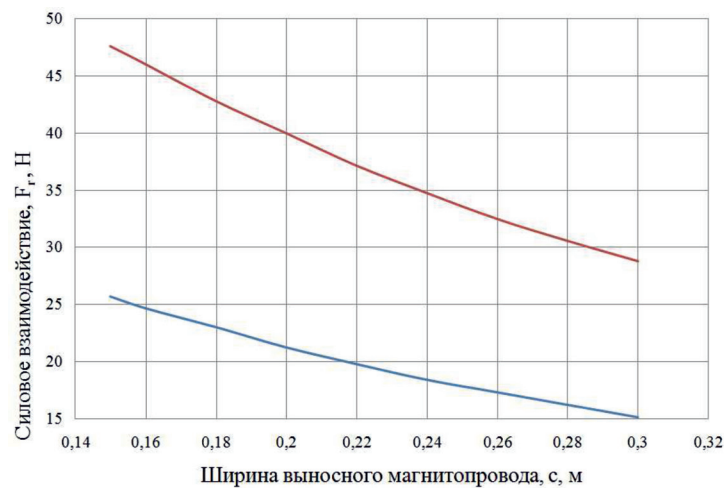


Рис. 5. Зависимость силовых взаимодействий между разомкнутыми элементами от ширины выносного магнитопровода: 1 – $F_{r1} = \phi(c)$; 2 – $F_{r2} = \phi(c)$

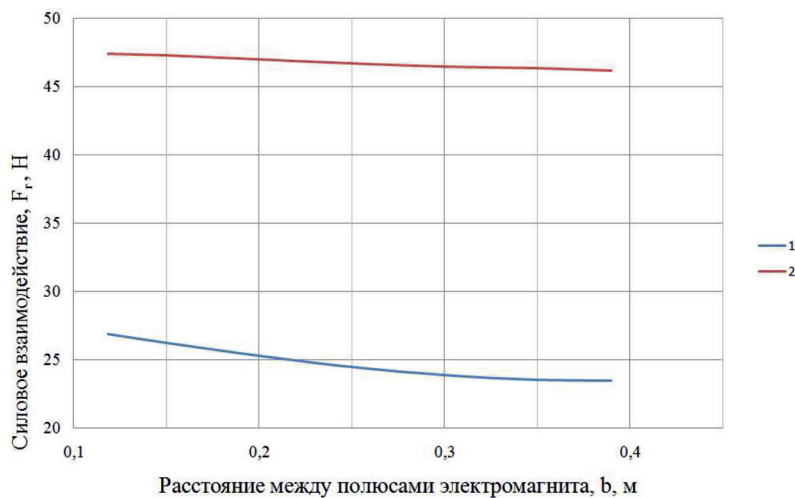


Рис. 6. Зависимость силовых взаимодействий между разомкнутыми элементами от расстояния между полюсами электромагнита: 1 – $F_{r1} = \phi(b)$; 2 – $F_{r2} = \phi(b)$

Коэффициент объемного заполнения рабочего объема мелющими телами учтен отношением μ_0/μ , который изменяется в пределах $\mu^*/\mu < \mu_0/\mu < I$ (при выполнении соотношения $\mu_0/\mu = I$ рабочий объем полностью заполнен размольными элементами). Изменяя μ_0 в пределах $\mu^* < \mu_0 < \mu$, можно учитывать коэффициент заполнения рабочего объема обработки продукта размольными элементами (ферромагнитной составляющей) [7].

Заключение

Результаты исследований использованы при проектировании энергоэффективных ЭММА цилиндрических конструкций с наружным расположением ОУ на выносном магнитопроводе для переработки продукции с различными физико-механическими и реологическими свойствами [8, 9, 10, 11]. Энергоэффективность и снижение энергоемкости продукции достигается за счет обеспечения максимального приближения энергии, потребляемой устройством из сети [12], к физическим обоснованным энергозатратам с учетом упрочнения частиц при уменьшении их размера в процессе помола [12, 13].

Список литературы

1. Беззубцева М.М., Волков В.С. Механоактиваторы агропромышленного комплекса. анализ, инновации, изобретения (монография) // Успехи современного естествознания. – 2014. – № 5–1. – С. 182.
2. Беззубцева М.М., Волков В.С., Зубков В.В. Исследование аппаратов с магнитооживленным слоем // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 6–2. – С. 258–262.
3. Беззубцева М.М., Ружьев В.А., Волков В.С. Теоретические исследования деформированного магнитного поля в рабочем объеме электромагнитных механоактиваторов с магнитооживленным слоем размольных элементов цилиндрической формы // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 6–4. – С. 689–693.
4. Беззубцева М.М., Волков В.С., Обухов К.Н., Котов А.В. Определение сил и моментов, действующих на систему ферромагнитных размольных элементов цилиндрической формы в магнитооживленном слое рабочего объема электромагнитных механоактиваторов // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 11–3. – С. 504–508.
5. Беззубцева М.М., Ружьев В.А., Загаевски Н.Н. Формирование диспергирующих нагрузок в магнитооживленном слое электромагнитных механоактиваторов // Современные наукоемкие технологии. – 2014. – № 10. – С. 78–80.
6. Беззубцева М.М., Волков В.С. Исследование строения магнитного поля электромагнитных механоактиваторов (эмма) // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2012. – № 12. – С. 90–91.
7. Беззубцева М.М., Мазин Д.А., Зубков В.В. Исследование коэффициента объемного заполнения ферромагнитной составляющей в аппаратах с магнитооживленным слоем // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2011. – № 23. – С. 371–376.
8. Беззубцева М.М. Исследование процесса измельчения какао бобов в электромагнитных механоактиваторах // Успехи современного естествознания. – 2014. – № 3. – С. 171.
9. Беззубцева М.М. Исследование процесса диспергирования продуктов шоколадного производства с использованием электромагнитного способа механоактивации // Международный журнал экспериментального образования. – 2014. – № 5–2. – С. 78–79.
10. Беззубцева М.М., Волков В.С., Котов А.В. Электротехнологии агроинженерного сервиса и природопользования // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2012. – № 6. – С. 54–55.
11. Беззубцева М.М., Обухов К.Н. К вопросу исследования процесса электромагнитной механоактивации пищевого сельскохозяйственного сырья // Успехи современного естествознания. – 2015. – № 1–2. – С. 232–234.
12. Беззубцева М.М., Волков В.С., Обухов К.Н., Котов А.В. Прикладная теория электромагнитной механоактивации (монография) // Международный журнал экспериментального образования. – 2015. – № 2–1. – С. 101–102.
13. Беззубцева М.М., Волков В.С. Экспериментально-статистическая модель процесса измельчения биологически активной кормовой добавки в электромагнитном дисковом механоактиваторе // Международный журнал экспериментального образования. – 2014. – № 8–3. – С. 76–77.