

УДК 663.915

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ФЕРРОЭЛАСТОВ В АППАРАТАХ С МАГНИТООЖИЖЕННЫМ СЛОЕМ

Беззубцева М.М., Волков В.С.

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

В статье рассмотрена возможность повышения надежности работы аппаратов с магнитоожигенным слоем за счет введения элементов конструкции, изготовленных из ферромагнитных частиц, связанных между собой эластичным материалом. Показано, что рабочие тела из ферроэласта под действием магнитного поля с индукцией, создаваемого м.д.с. обмотки управления, могут изменять свою толщину и геометрическую форму, осуществляя при этом механическую связь между поверхностями, ограничивающими рабочий объем аппаратов. Выявлено, что путем подбора эластичного материала можно добиться увеличения значения удельного сцепляющего усилия, повышения количества и силы производственных контактов по частицам обрабатываемого продукта в процессе механоактивации в электромагнитных механоактиваторах (ЭММА), а также роста интенсивности и эффективности процесса перемешивания в электромагнитных смесителях (ЭМС) за счет повышения турбулентности перемещения слоев материала в объемах переработки продукции.

**Ключевые слова:** магнитоожигенный слой, ферроэласты, электромагнитные механоактиваторы и смесители

## PROSPECTS OF APPLICATION OF FERROELASTIC IN DEVICES WITH MAGNETIC LIQUEFIED LAYER OF

Bezzubceva M.M., Volkov V.S.

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

In article possibility of increase of reliability of work of devices with magnetic liquefied layer due to the introduction of structural elements made of ferromagnetic particles that are interconnected by an elastic material. It is shown that working the body from ferroblast under the action of the magnetic field with induction  $b$  created by M. D. C. control winding, can change its thickness  $\delta$  and the geometrical form, while the mechanical connection between the surfaces bounding the working volume of the apparatus. It is revealed that by adjusting elastic material to increase the coupling values of the specific efforts, increasing the amount and force production of contacts by particles of the processed product in the process of mechanical activation in electromagnetic mechanoactivation (EMMA), as well as an increase in the intensity and efficiency of the mixing process in the mixer electromagnetic (EMC) by increasing the turbulence of moving layers of material in volumes of processing.

**Keywords:** magnetic liquefied layer, ferroelastic, electromagnetic mechanoactivation and faucets

Исследования, проведенные в направлении повышения надежности работы аппаратов с магнитоожигенным слоем [1, 2, 3, 4, 18], подтвердили положительное действие ряда применяемых в настоящее время конструктивных мер, способствующих изоляции рабочего объема от внутренних полостей устройства [5]. В местах возможной утечки ферромагнитных частиц из рабочего объема устанавливаются специальные кольца прямоугольного и клиновидного сечения из ферромагнитного материала, обладающего большим значением остаточной индукции ( $B_{ост}$ ). Такие кольца вызывают местную ориентацию ферромагнитных частиц в цепочке в зоне действия  $B_{ост}$  колец. Эти цепочки, образуя по окружности колец своеобразный барьер, препятствуют уходу ферромагнитных частиц из рабочего объема аппаратов. Клиновидные кольца могут быть изготовлены из высокоуглеродистых сортов стали, обладающих значительной величиной  $B_{ост}$ . В зоне острой части клиновидного кольца при включении обмотки управления создается магнитное поле

с большим значением индукции  $B$  (практически до значения индукции насыщения материала кольца). При отключенной ОУ в зоне острой части клиновидного кольца будет действовать магнитное поле с индукцией, равной  $B_{ост}$  материала кольца. Отделение объема рабочего зазора от внутренних полостей при помощи специальных элементов, обладающих остаточным магнетизмом, способствует повышению надежности работы аппаратов с магнитоожигенным слоем. Повышению надежности также способствует применение ферромагнитного заполнителя в «связанном» состоянии [6, 7]. При этом достигается эффект интенсификации технологических процессов перемешивания и измельчения в электромагнитных механоактиваторах (ЭММА) и электромагнитных смесителях (ЭМС) [8, 9, 10, 11, 12].

**Целью исследования** является повышение надежности работы аппаратов с магнитоожигенным слоем и интенсификация процессов измельчения и перемешивания материалов путем внедрения в конструктивное исполнение ЭММА и ЭМС лопастей

из ферроэласта, обеспечивающих использование ферромагнитной составляющей рабочего объема в «связанном» состоянии.

### Материалы и методы исследований

Объектом исследования являются конструкции аппаратов с магнитоожженным слоем, выполненным в «связанном» состоянии. Используются аналитические и экспериментально-статистические методы исследований.

### Результаты исследования и их обсуждение

Работы, выполненные по повышению надежности аппаратов с магнитоожженным слоем, привели к решению вносить ферромагнитные частицы в рабочий объем ЭММА, ЭМС и ЭМП в «связанном» состоянии. В рабочий объем вносится рабочий элемент (рис. 1, а), изготовленный из ферромагнитных частиц, связанных между собой эластичным материалом, например, полиуританом.

эластичного материала можно добиться увеличения значения удельного сцепляющего усилия, повышения количества и силы производственных контактов по частицам обрабатываемого продукта в процессе механоактивации, а также росту интенсивности и эффективности процесса перемешивания за счет повышения турбулентности перемещения слоев материала в объемах переработки продукции [13, 14, 15].

При этом выявлено, что мощность, затрачиваемая на управление физико-механическими процессами в рабочем объеме аппаратов, несколько увеличится за счет наличия в магнитопроводе участка из ферроэластичного материала, обладающего несколько большим магнитным сопротивлением. Но использование в качестве рабочего тела ферроэластичного материала позволяет повысить надежность работы аппаратов, сохранив их положительные свойства при существенном упрощении конструкции.

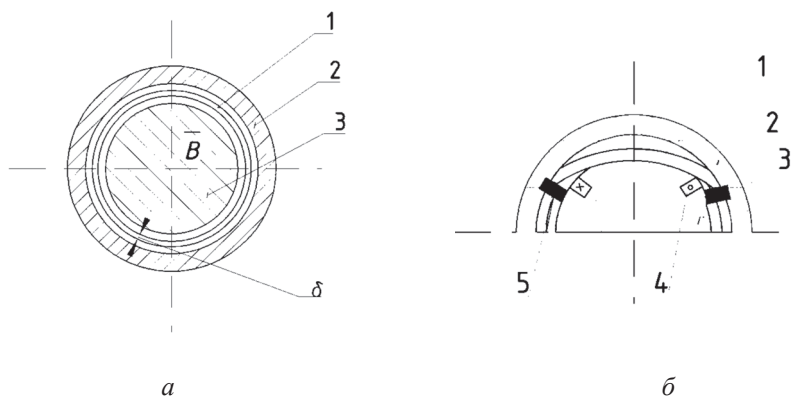


Рис. 1. Конструкция рабочего объема с элементами ферроэласта: а – свободное ферроэластичное рабочее тело; б – закрепленное ферроэластичное рабочее тело

Рабочее тело 1 под действием магнитного поля с индукцией  $B$ , создаваемого м.д.с. обмотки управления, может изменять свою толщину  $\delta$  и геометрическую форму, осуществляя при этом механическую связь между поверхностями, ограничивающими рабочий объем аппаратов. Ферроэластичное рабочее тело может быть не только свободно размещено в рабочем объеме, но и жестко соединено с поверхностями устройства (рис. 1, б) под действием сил магнитного поля, создаваемого м.д.с. обмотки управления. Ферроэласт притягивается частью своей поверхности к рабочим поверхностям аппаратов, осуществляя их сцепление. При этом конструкция аппаратов существенно упрощается. Отпадает необходимость в различного рода уплотнителях и ловушках. Путем подбора

В настоящее время разработаны конструкции ЭММ и ЭМС, представляющие предмет изобретения (таблица) [16, 17].

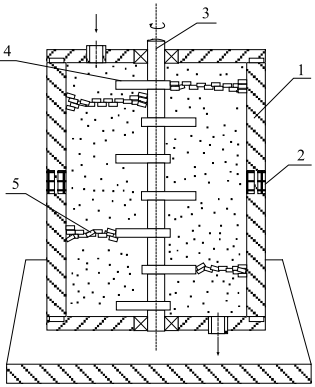
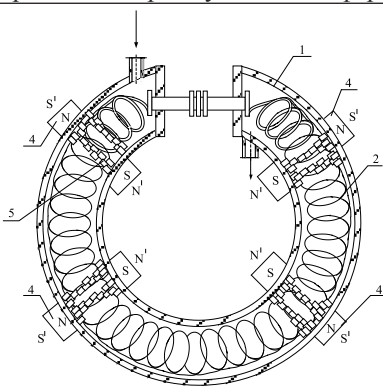
Так, выполнение лопастей в форме колец из ферроэласта, неподвижно закрепленных на вращающемся цилиндрическом роторе со стороны их внутренней поверхности и со смещением по вертикали емкости относительно друг друга на  $90^\circ$  (таблица, рис. 2), способствует (наряду с другими признаками) проведению в одном аппарате совмещенных процессов перемешивания и измельчения продуктов. Кольца, выполненные из ферроэласта – материала с высокими ферромагнитными, прочностными и эластичными свойствами, под действием сил электромагнитного поля способны непрерывно изменять свою форму и толщину, что вызывает повышение эффективности

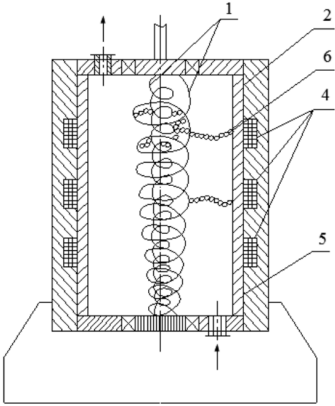
процессов помола и перемешивания за счет деформации и турбулизации потока частиц продукта и создания дополнительных силовых контактов между размольными элементами по всему объему рабочей камеры измельчителя. Перемешивающий орган, представляющий собой спирали из пластин ферроэласта с уменьшающимися к оси емкости длинами, шагами и средними диаметрами, использован в устройстве для перемешивания и измельчения материалов различного целевого назначения (таблица, рис. 3). В сочетании с другими новыми признаками в устройстве обеспечивается разность окружных скоростей между элементами спиралей и поверхностью емкости, способствующая более интенсивному разрушению и образованию структурных групп из размольных элементов и таким образом введению дополнительных

силовых воздействий на частицы обрабатываемого продукта.

В ЭММА третьей группы, предназначенной для диспергирования частиц высокой прочности в дисперсионной среде при одновременной гомогенизации и интенсивном перемешивании продукта, использован способ обработки материала в тонком слое (таблица, рис. 4). Данное конструктивное исполнение ЭММА с введением лопасти из ферроэласта способствует увеличению подвижности размольных элементов за счет более интенсивного разрушения и образования контактных взаимодействий между рабочими органами аппарата. Достижению указанной цели также способствует введение в конструкцию аппарата дополнительных пар полюсов с чередующейся полярностью и изменяющейся по ходу движения продукта силой тока в ОУ.

Электромагнитные механоактиваторы (ЭММА) и электромагнитные смесители (СМС) с рабочими органами из ферроэласта

<p>Свидетельство РФ № 653</p>	<p>Однороторный, коаксиальный, униполярный, с секционированной ОУ, однокамерный, с механическим смещением, импульсный, снабжен системой автоматического управления полярности и скважности посылы импульсов, вертикального исполнения</p>	<p>Резание, среднетонкий помол и перемешивание продуктов различной консистенции в пищевой, микробиологической и с.х. промышленности</p>	 <p>Рис. 2: 1 – стержни секционированного корпуса; 2 – секционированная ОУ; 3 – ротор; 4 – кольца-смесители из ферроэласта; 5 – размольные тела в форме правильных призм удлиненной формы</p>
<p>Патент РФ № 2043727</p>	<p>Однороторный, многополярный, 4-катушечный, 4-камерный, с механической энергией смещения, импульсный, снабжен коммутатором для переключения полярности полюсов электромагнитов</p>	<p>Тонкое измельчение дисперсной фазы в дисперсионной среде, перемешивание и гомогенизация жидких шоколадных масс и жировой глазури в кондитерском производстве, а также лекарственных препаратов в фармацевтической промышленности. Приготовление продуктов детского питания</p>	 <p>Рис. 3: 1 – диамагнитный корпус; 2 – ротор-смеситель, выполненный в форме спирали из ферроэласта; 4 – электромагниты; 5 – цилиндрические рабочие органы</p>

			Окончание таблицы
<p>Патент РФ № 2045194</p>	<p>Двухроторный, коаксиальный, многополярный, 3-катушечный, однокамерный, с механическим смешением, импульсный, вертикального исполнения снабжен автоматической системой управления поочередного включения электромагнитов</p>	<p>Тонкое измельчение, перемешивание и гомогенизация жидких и полужидких дисперсных систем, предназначенных для приготовления продуктов шоколадного производства, продуктов детского питания и лекарственных препаратов</p>	 <p>Рис. 4: 1 – спирали из ферроэласта (роторы); 2 – диамагнитный корпус; 3 – С-образный магнитопровод; 4 – обмотка управления; 5 – диамагнитный стакан; 6 – сферические размольные элементы</p>

### Заключение

В результате исследований установлено, что повышению надежности работы аппаратов с магнитоожженным слоем и интенсификации процессов измельчения и перемешивания материалов способствует внедрение в конструктивное исполнение ЭММА и ЭМС рабочих органов и лопастей из ферроэласта – материала, обеспечивающего использование ферромагнитной составляющей рабочего объема в «связанном» состоянии.

### Список литературы

1. Беззубцева М.М., Криштопа Н.Ю. Классификация электромагнитных измельчителей (ЭМИПТ). В сборнике: Проблемы аграрной науки на современном этапе. Сборник научных трудов: к 100-летию университета. Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. – Санкт-Петербург, 2004. – С. 140–153.
2. Беззубцева М.М., Волков В.С., Ружьев В.А. Классификация электромагнитных мельниц // Международный журнал экспериментального образования. – 2015. – № 9. С. 103–104.
3. Беззубцева М.М., Волков В.С. Классификация электромагнитных механоактиваторов по технологическому назначению // Международный журнал экспериментального образования. – 2015. – № 8–1. – С. 25–27.
4. Беззубцева М.М., Волков В.С. Электромагнитные мешалки. Теория и технологические возможности. – Saarbrücken, 2013.
5. 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.
6. Беззубцева М.М., Волков В.С. Теоретические исследования электромагнитного способа измельчения материалов (монография) // Международный журнал экспериментального образования. – 2015. – № 2–1. – С. 68–69.
7. Беззубцева М.М., Бороденков М.Н. Анализ направлений повышения энергоэффективности размольного оборудования // Международный журнал экспериментального образования. – 2015. – № 9. – С. 85–86.
8. Беззубцева М.М., Волков В.С., Загаевски Н.Н. Исследование процесса электромагнитной механоактивации (ЭММА) строительных смесей / В сборнике: Научное обеспечение развития АПК в условиях реформирования. Материалы научно-

практической конференции профессорско-преподавательского состава. Редколлегия: Н.Б. Алати, А.И. Анисимов, М.А. Арефьев, С.М. Бычкова, Ф.Ф. Ганусевич, Г.А. Ефимова, В.Н. Карпов, А.П. Картошкин, М.В. Москалев, М.А. Новиков, Г.С. Осипова, Н.В. Пристач, Д.А. Шишов; главный редактор: В.А. Ефимов, заместитель главного редактора: В.А. Смелик. – 2015. – С. 435–438.

9. Беззубцева М.М., Обухов К.Н. К вопросу исследования процесса электромагнитной механоактивации пищевого сельскохозяйственного сырья // Успехи современного естествознания. – 2015. – № 1–2. – С. 232–234.

10. Беззубцева М.М., Ружьев В.А., Дзюба А.М. Исследование процесса перемешивания сыпучих материалов в электромагнитных мешалках // Успехи современного естествознания. – 2014. – № 11 (часть 3). – С. 116–117.

11. Беззубцева М.М., Назаров И.Н. Исследование электромагнитного способа оценки степени загрязненности технологических сред примесями // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2009. – № 17. – С. 240–246.

12. Беззубцева М.М., Криштопа Н.Ю., Михайлов В.Н. Исследование скоростных режимов работы электромагнитного измельчителя постоянного тока. В сборнике: Технологии и средства механизации сельского хозяйства. Сборник научных трудов. Редакционная коллегия: М.А. Новиков, Л.В. Тишкин, Б.И. Вагин, Е.И. Давидсон, В.В. Калюга. – Санкт-Петербург, 2005. – С. 17–21.

13. Беззубцева М.М., Волков В.С. К расчету энергоэффективных режимов работы механоактиваторов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 9–1. – С. 9–13.

14. Беззубцева М.М., Обухов К.Н. К вопросу исследования диспергирующих нагрузок в электромагнитных механоактиваторах // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 8–5. – С. 847–851.

15. Беззубцева М.М., Волков В.С. Исследование физико-механических процессов в магнитоожженном слое феррочастиц // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 1–1. – С. 13–17.

16. Беззубцева М.М. К вопросу интенсификации процесса перемешивания продукта в аппаратах с магнитоожженным слоем ферротел // Международный журнал экспериментального образования. – 2014. – № 8–3. – С. 135–136.

17. Беззубцева М.М., Волков В.С. Механоактиваторы агропромышленного комплекса. Анализ, инновации, изобретения (монография) // Успехи современного естествознания. – 2014. – № 5–1. – С. 182.

18. Пуговкин П.Р., Беззубцева М.М. Модель образования сцепляющего усилия в ЭПМ // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. – 1987. – № 10. – С. 91.