

Литература

1. Адамян К.М. Вредоносность возбудителей фузариозной гнили клубней картофеля // Микол. и фитопатол. – 1984. – Т. 18, вып. 5. – С. 401–403.
2. Бебре Г.Т. Разработка методов оценки клубней картофеля на устойчивость к фузариозной гнили и изучение селекционного материала по этому признаку: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – М., 1988. – 16 с.
3. Белова Л.Б., Гребеннюк И.Н., Иванова И.Н. Видовой состав фузариев – возбудителей сухой гнили картофеля в Западной Сибири // Защита растений от вредителей, болезней и сорняков: сб. науч. тр. / Новосибирский СХИ. – Новосибирск, 1979. – Вып. 121. – С. 3–7.
4. Билай В.И. Фузариоз. – Киев, 1977. – 44 с.
5. Воловик А.С. Гнили клубней картофеля при хранении. – М.: Колос, 1973. – 72 с.
6. Воловик А.С., Шнейдер Ю.И. Гнили картофеля при хранении. – М., 1987. – 93 с.
7. Воловик А.С., Глез В.М., Замотаев А.И. Защита картофеля от болезней вредителей и сорняков: справ. – М.: Агропромиздат, 1989. – 205 с.
8. Гребеннюк И.Н. Грибы рода *Fusarium* в некоторых почвах лесостепной и степной зоны Западной Сибири // Водоросли и грибы Сибири и Дальнего Востока. – Новосибирск: Наука, 1970. – Т. 4, вып. 1(3). – С. 162–166.
9. Клубневые гнили картофеля / Н.А. Дорожкин [и др.]. – Минск, 1989. – 135 с.
10. Дорожкин Н.А., Михальчик В.Т. Методы оценки устойчивости к фузариозной гнили // Селекция и семеноводство. – 1979. – № 3. – С. 18–20.
11. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М., 1997. – 416 с.
12. Защита картофеля от основных болезней в Новосибирской области: метод. рекомендации / ВАСХНИЛ. Сиб. отд-ние. – Новосибирск, 1984. – 34 с.
13. Исаков Н.С., Сарсенбаев К.Б. Фузариозная гниль на юго-востоке Казахстана. – Алма-Ата, 1980. – С. 154–161с
14. Малюга А.А. Видовой состав и патогенность грибов рода *Fusarium*, вызывающих сухую гниль клубней картофеля в Западной Сибири // Микол. и фитопатол. – 2003. – Т. 37, вып. 4. – С. 84–90.
15. Саттон Д., Фотергилл А., Ринальди М. Определитель патогенных и условно-патогенных грибов. – М.: Мир, 2001.



УДК 621.318

В.Н. Невзоров, А.И. Ярум, В.А. Самойлов

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МАГНИТНЫХ СЕПАРАТОРОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ ЗЕРНА И МУКИ

В статье приведены данные совершенствования магнитных сепараторов с использованием высоко-энергетических редкоземельных магнитных материалов на основе сплавов неодим-железо-бор. Представлен новый магнитный сепаратор для очистки зерна и муки от ферромагнитных частиц.

Ключевые слова: магнитный сепаратор, ферромагнитная частица, зерно, мука, очистка.

V.N. Nevzorov, A.I. Yarum, V.A. Samoilov

PERFECTION OF MAGNETIC SEPARATORS FOR CLEARING GRAIN AND THE FLOUR

In the article the data of perfection of magnetic separators with the use of high-energy rare-earth magnetic materials on the basis of alloys of neodymium-iron-boron. The new magnetic separator for cleaning grain and flour from ferromagnetic particles.

Key words: magnetic separator, ferromagnetic particle, grain, flour, cleaning.

В зерне и продукте его переработки – муке – существует возможность присутствия разнообразных магнитных включений: от сравнительно мелких частиц-оксидов железа (ржавчина) до малых и средних металлических предметов. С точки зрения обеспечения жизнедеятельности человека такая продукция должна отбраковываться, как непригодная для питания и наносящая вред здоровью. Поэтому необходимо устанавливать магнитные сепараторы на приеме зерна и мучнистого сырья, а также после их переработки для отбора посторонних ферромагнитных примесей. Очень опасны железосодержащие примеси, присутствующие в сырьевых компонентах производств пищевых продуктов, так как они приводят к частым, в том числе аварийным, остановкам энергетического оборудования, способствуют искрообразованию в элементах оборудования (в частности при размоле муки), что сопряжено с возможностью взрыва большой мощности [3]. Для решения этой проблемы серийно выпускаются стержневые, пластинчатые, шкивные и барабанные сепараторы, фильтры, ловушки, решетки, железоотделители, потребность в которых для оснащения и переоснащения зернопроизводств в промышленности неуклонно возрастает. В связи с этим ведется интенсивная работа по совершенствованию существующих и созданию новых очистных устройств этого типа, изучению оптимальных режимов магнитной очистки на постоянных магнитах [4]. В соответствии с техническим обеспечением АПК ресурсосберегающими и экологически безопасными технологиями следует исключать электромагнитные сепараторы из производства зерна и муки как энергоемкие и электроопасные устройства.

Необходимо создание принципиально новых технологий в пищевой промышленности и проведение глубокой модернизации существующего оборудования. Качественный скачок в технологической сфере можно обеспечить только за счет принципиально новых методов. Инновационное развитие должно осуществляться за счет новых методов исследований, с использованием современных достижений науки и техники. В условиях инновационного развития техники и технологии для пищевой промышленности особое значение приобретает поиск и обоснование принципиально новых технических способов и средств реализации. Для магнитного сепарирования перспективным направлением является использование энергии магнитного и гравитационного полей. Такие сепараторы в силу отсутствия электродвигателей позволяют не только снизить удельные показатели материало- и энергоемкости продукции, повысить КПД использования энергоносителей, но и принципиально изменить подход к разработке нового оборудования. Они позволяют совмещать различные технологические операции, допускают быструю перенастройку в зависимости от особенностей исходного и конечного продукта. Одни и те же конструкции, разрабатываемые по блочно-модульному принципу, могут использоваться как на крупных предприятиях в гибких перенастраиваемых линиях с фракционной технологией переработки сырья, так и в малых хозяйствах.

В условиях естественной ограниченности напряженности гравитационного силового поля особое значение приобретает задача увеличения мощности магнитного поля.

Значительные достижения последних лет в разработке и освоении массового производства высокоэнергетических высококоэрцитивных редкоземельных магнитных материалов на основе сплавов неодим-железо-бор сделали возможной замену традиционных электромагнитных источников магнитного поля постоянными магнитами.

Современные вычислительные средства и развитые методы анализа делают возможным постановку и решение задач по исследованию не только эффективных, но и локальных характеристик магнитного поля, определяющего в конечном счете поведение ферромагнитных частиц в рабочем пространстве полиградиентного сепаратора.

Преимуществами магнитных сепараторов на магнитах Nd-Fe-B (неодим-железо-бор) являются [1]:

- срок стабильности магнитных свойств более 12 лет (против 3-5 у ферритов);
- не требуют потребления электроэнергии для выработки постоянного магнитного поля (у электромагнитов до 9,8 кВт/ч);
- имеют высокие магнитные свойства (до 0,7 Тл) и большую производительность (до 180 т/ч) при существенно меньших размерах и весе (не более 0,33 т);
- удобны и безопасны в эксплуатации и осмотре, благодаря оригинальным конструкциям и системам очистки от примесей (облегченная ручная, автоматическая);
- просто монтируются в существующие технологические линии.

Применение данных материалов позволяет не только значительно улучшить параметры серийных магнитных сепараторов, но и создавать новые конструкции. Относительно высокая стоимость собственно магнитного материала компенсируется за счет уменьшения его массы в магнитной системе. Кроме того, значение магнитной индукции магнитов из этих материалов не меняется с течением времени, что позволяет отказаться от регламентной проверки параметров магнитных сепараторов и их периодического подмагничивания.

Процесс разделения магнитных примесей в сепараторах барабанного типа происходит при их движении по обечайке из немагнитной нержавеющей стали, вращающейся вокруг неподвижной магнитной системы. Магнитная система занимает до 180 град окружности барабана. Магнитная частица притягивается к поверхности барабана и удерживается силами магнитного притяжения на его поверхности. Вращающаяся обечайка выводит магнитный материал из зоны действия магнитных сил неподвижной магнитной системы, и осуществляется разгрузка барабана. Так как на немагнитный материал силы магнитного притяжения не действуют, он практически сразу сходит с барабана под действием центробежной силы и силы тяжести. Магнитный материал притягивается к поверхности барабана силами магнитного притяжения, и уводится вращающейся обечайкой под барабан в зону разгрузки.

Принципом действия магнитных сепараторов служит обеспечение преимущества силы притяжения магнитного поля над другими силами, поэтому эффективное отделение феррочастиц происходит при выполнении условия

$$F_m > F_c + F_g + F_R,$$

где F_m – сила магнитного поля;
 F_c – сила сопротивления среды;
 F_g – сила тяжести;
 F_R – выталкивающая сила.

Сила магнитного поля зависит от параметров тела, магнитного поля и записывается [5] в виде

$$F_m = \mu_0 \cdot \chi \cdot V \cdot H \cdot \text{grad}H,$$

где $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Тл·м/А;
 χ – магнитная восприимчивость материала частицы;
 V – объем частицы, м³;
 H – напряженность магнитного поля, А/м;
 $\text{grad}H$ – скорость изменения магнитного поля в направлении движения частицы, А/м².

Используя экспериментальные данные выполненных исследований по определению изменения магнитной индукции с ростом расстояния (в мм) от высококоэрцитивного магнита сепаратора, был построен график (рис. 1).

Анализируя процесс уменьшения магнитной индукции в зависимости от расстояния до магнита, можно управлять производительностью магнитного сепаратора, а также определять максимальный и минимальный канал для зерновой массы, с учетом качественной очистки от сильномагнитных и слабомагнитных минералов.

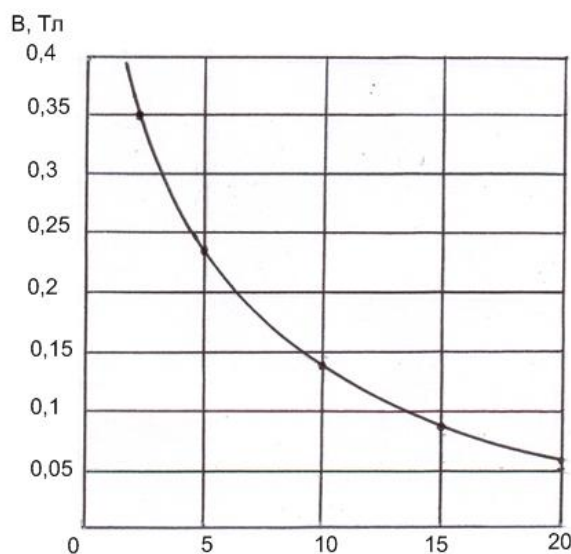


Рис. 1. Распределение магнитной индукции магнитного элемента

С учетом вышесказанного можно заключить, что для реализации извлечения магнитных частиц из зерновых сред с использованием магнитных элементов путем воздействия на зерно неоднородного магнитного поля со стороны магнитной системы, расположенной внутри обечайки, при обтекании ее зерном за счет того, что поток зерна формируется с учетом топологии магнитного поля пропорционально магнитной силе в зонах магнитных элементов таким образом, чтобы в зонах минимального силового воздействия на частицу со стороны магнитной системы сечение для движения потока зерна сужалось.

Такое условие можно осуществить при горизонтальной подаче магнитного барабана.

Изобретение [2] относится к магнитному разделению различных материалов и может быть применено в сельскохозяйственном производстве в качестве рабочего органа в мукомольной промышленности для выделения из зерновых и семенных смесей посторонних примесей, обладающих магнитными свойствами.

При использовании одного барабана сепарации существуют зоны минимального силового воздействия на частицу со стороны магнитной системы, из которых не обеспечиваются условия для смещения частиц в направлении обечайки с магнитными элементами и осаждения на ней, при равенстве других технологических параметров, так как времени магнитного силового воздействия на частицу недостаточно, что существенно влияет на эффективность извлечения, поэтому очищается поток зерна и муки с одной стороны слоя, а с другой стороны возможно проскальзывание мелких феррочастиц. Наиболее подходящим сепаратором зерна и муки является сепаратор с двумя магнитными системами, размещенными по разные стороны потока зерна.

Магнитный сепаратор (рис. 2), изобретенный на кафедре «Машины и аппараты пищевых производств» ИПП КрасГАУ, включает два, расположенных один над другим, барабана с установленными внутри них неподвижными магнитными системами, питатель и приемные бункеры. Верхний барабан установлен с возможностью перемещения возвратно-поступательно в горизонтальной плоскости для регулирования толщины обрабатываемого слоя смеси.

В магнитном сепараторе, содержащем установленные с возможностью вращения рабочие органы и размещенные в них магнитные элементы, питатель и приемники продуктов разделения, магниты размещены в тонкостенных барабанах, которые образуют вращающуюся оребренную цилиндрическую поверхность под действием гравитационных сил потока сыпучего вещества.

Эффективность разделения смеси от ферромагнитной составляющей повышается вследствие того, что за счет применения двух рабочих элементов, последовательно расположенных на противоположных сторонах корпуса сепаратора, при соответствующем подборе силы магнитного притяжения, поток обрабатывается с двух сторон, что способствует лучшему разделению смеси от ферромагнитной составляющей.

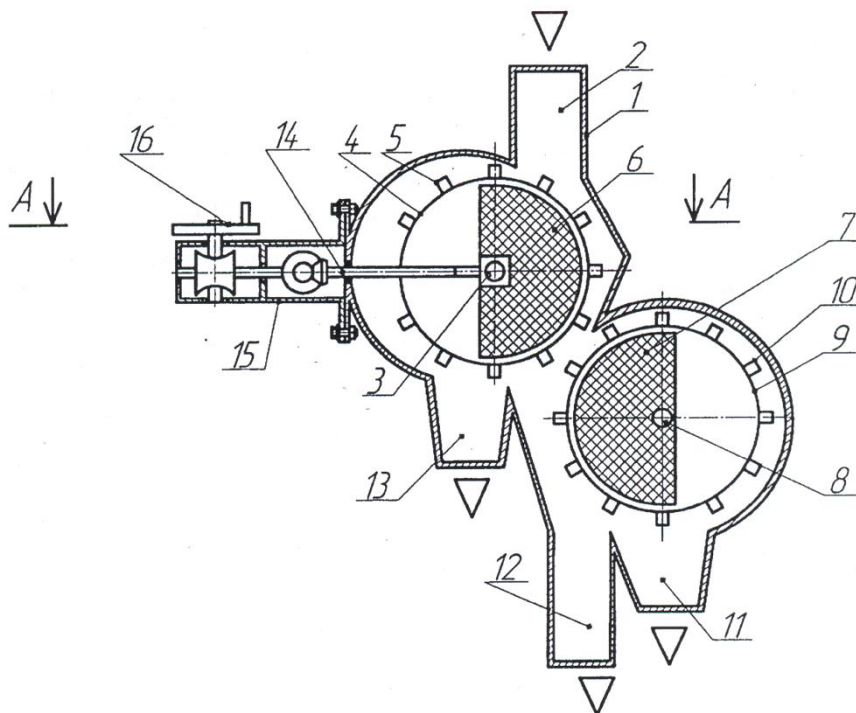


Рис. 2. Магнитный сепаратор

Магнитный сепаратор работает следующим образом.

Разделяемая смесь от ферромагнитной составляющей подается в питатель 2, размещенный в корпусе 1, под действием гравитационной силы потока на ребра 5 и 10 приводятся во вращение рабочие органы 4 и 9 (барабаны с оребренной поверхностью), к поверхности которых притягиваются ферромагнитные частицы под действием магнитов 6 и 7. Барабаны вращаются на подшипниках, закрепленных на неподвижных осях 3 и 8. Ферромагнитные частицы далее поступают в приемники 11 и 13, в которых прекращается действие магнитной силы, и они опадают с поверхности барабана. Немагнитная фракция, очищенная от феррочастиц, поступает в приемник 12. Для увеличения пропускной способности сепаратора барабан 4 передвигают с помощью винтовых регуляторов 14, вращая рукоятку 16 механизма 15, увеличивая канал прохождения смеси. В случае необходимости более тщательной очистки от магнитных частиц барабан 4 передвигают в обратном направлении, уменьшая толщину проходящего слоя смеси.

Предлагаемый магнитный сепаратор обеспечивает следующие технико-экономические преимущества.

Повышается эффективность разделения смеси от ферромагнитной составляющей вследствие применения двух рабочих органов, последовательно размещенных в противоположных сторонах корпуса сепаратора, в результате чего смесь обрабатывается с двух сторон и происходит полное разделение смеси от ферромагнитной составляющей.

На очистку зерна и муки от феррочастиц не затрачивается электроэнергия.

Производительность магнитного сепаратора

$$Q = b \cdot h \cdot V \cdot p,$$

где b – ширина рабочей зоны;
 h – толщина слоя;
 V – скорость транспортирования;
 p – насыпная плотность.

Передвигая верхний магнитный барабан с помощью винтовых регуляторов (рис. 3), изменяется канал прохождения смеси, что изменяет толщину слоя и соответственно производительность магнитного сепаратора.

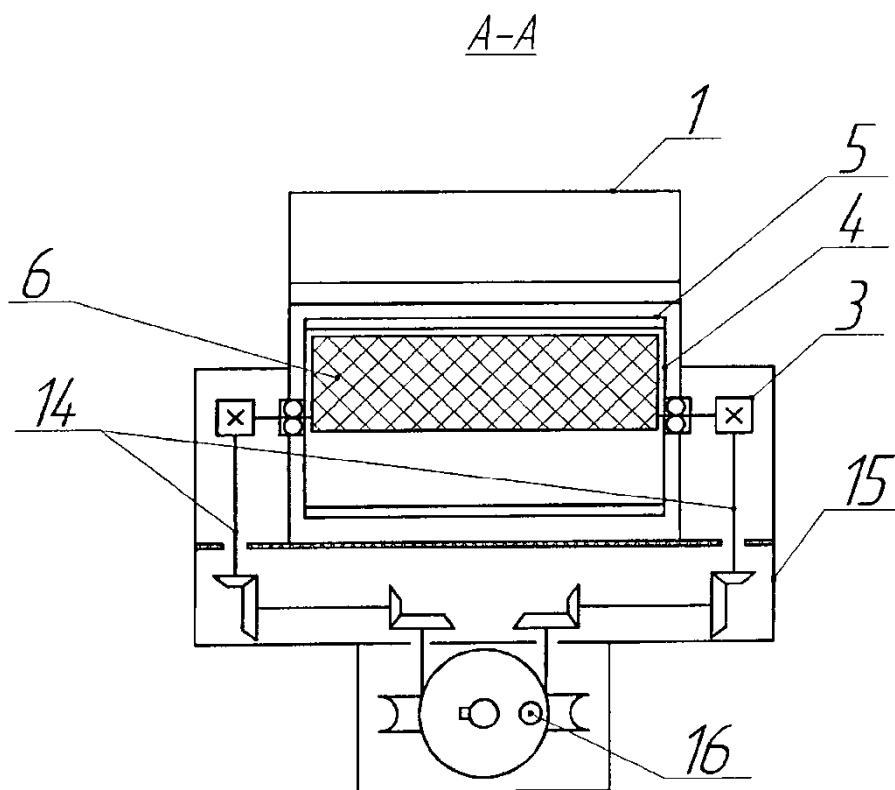


Рис. 3. Система винтовых регуляторов производительности сепаратора

Зависимость производительности сепаратора приведена в таблице.

Зависимость производительности сепаратора очистки пшеницы и муки

Производительность, Q, т/ч	Ширина слоя, b, м	Толщина слоя, h, м	Скорость движения слоя, V, м/с	Насыпная плотность слоя, ρ, кг/м ³
118	0,3	0,05	9,8	800
87				590
235	0,3	0,1	9,8	800
174				590
196	0,5	0,05	9,8	800
145				590
392	0,5	0,1	9,8	800
289				590

Из таблицы можно заключить, что критериями увеличения производительности магнитного сепаратора служат:

- увеличение ширины рабочей зоны потока продуктов;
- увеличение толщины слоя смеси;
- уменьшение насыпной плотности смеси.

Литература

1. Elmat_pm@kaluga.ru, lve@kaluga.ru.
2. Пат. 2438792 Российская Федерация, МПК В03С 1/10. Магнитный сепаратор / *Самойлов В.А., Невзоров В.Н., Ярум А.И., Почекутов А.М.*; заявитель и патентообладатель Краснояр. гос аграр. ун-т. – №2010123556/03; заявл.09.06.10; опубл.10.01.12.
3. Машины и аппараты пищевых производств: в 2-х кн. Кн.1 / *С.Т.Антипов* [и др.]; под ред. акад. РАСХН *В.А. Панфилова*. – М.: Высш. шк., 2001. – 703 с.
4. Магниты и магнитные технологии / *А. Равдин* [и др.] // *Хлебопродукты*. – 2001. – №5. – С.18–20.
5. *Просвирнин В.И., Хасай Д.В., Кузнецов И.О.* Математическое моделирование извлечения ферромагнитных примесей из продуктов первичной и глубокой переработки зерновых. URL: Conference.mdpu.org.ua/conf_all/confer/2001/newtech/1/prosvirnin.htm 116 КБ.

