

Список литературы

1. Беззубцева М.М., Ковалев М.Э. Электротехнологии переработки и хранения сельскохозяйственной продукции // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2012. – № 6. – С. 50-51.
2. Беззубцева М.М. Энергосберегающие технологии диспергирования сырья растительного происхождения. В сборнике: Инновации – основа развития агропромышленного комплекса материалы для обсуждения Международного агропромышленного конгресса. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Комитет по аграрным вопросам ГосДумы РФ, Правительство Санкт-Петербурга, Правительство Ленинградской области, С.-Петербургский государственный аграрный университет, ОАО «Ленэкспо». 2010. – С. 65-66.
3. Беззубцева М.М., Платашенков И.С., Волков В.С. Электромагнитный криоизмельчитель для диспергирования продуктов растительного происхождения. В сборнике: Проблемы энергообеспечения предприятий АПК и сельских территорий сборник научных трудов. Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. Санкт-Петербург, 2008. – С. 96-100.

**ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ
МЕХАНОАКТИВАТОРОВ**

Беззубцева М.М.

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

Результаты прикладных исследований электромагнитных механоактиваторов (ЭММА) для аппаратурно-технологических систем производства цемента [1, 2], проведенные на базе фундаментальных исследований способа электромагнитной механоактивации [3, 4], показали перспективность оценки энергоэффективности этих аппаратов на основании анализа критерияльных зависимостей эксергетического КПД исследуемого процесса и критерия энергетических затрат с учетом показателя активности, определяемого классом прочности цемента [3]. Известно, что величиной коэффициента концентрации эксергии $K = \frac{E_c}{a}$ можно наиболее эффективно оценить эксергетические показатели производимой цементной продукции. Выявлено, что увеличение этого показателя способствует уменьшению энергозатрат, что априори приводит к уменьшению энергоемкости выпускаемых изделий – основному показателю энергоэффективности производства. В исследованиях использованы следующие соотношения:

$$\frac{E_c}{\sum E}; \frac{E_c}{0,1 \sum E}; \frac{E_c}{0,04 \sum E}$$

полученные из системы балансовых эксергетических уравнений исследуемого процесса. В представленных соотношениях (критериях) $\sum E$ – это подводимая эксергия, а коэффициенты 0,1 и 0,4 – это доли, затрачиваемые на процессы механоактивации и образование новой поверхности. При анализе энергоэффективности ЭММА использован традиционный безраз-

мерный критерий энергозатрат, определенный как отношение удельных энергозатрат $\dot{E}_{уд}$ (т.е. энергетических затрат на производство тонны продукта) к величине показателя концентрации эксергии: $\frac{\dot{E}_{уд}}{3,6K}$ (соотношение представлено с учетом размерности используемых единиц измерения). В результате исследований [1, 3, 5] установлено, что организация диспергирования при выполнении условия максимизации показателя «K» в реализуемом процессе, позволило повысить энергоэффективность ЭММА с гарантированным уменьшением энергоемкости выпускаемой продукции в 1,265–1,312 раза.

Список литературы

1. Беззубцева М.М., Ковалев М.Э. К вопросу электромагнитной активации строительных смесей. В сборнике: Пятая международная научная конференция Ирана и России по проблемам развития сельского хозяйства. – 2010. – С. 487-488.
2. 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. Каргошкин, 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.
3. Беззубцева М.М. Электромагнитные измельчители для пищевого сельскохозяйственного сырья (теория и технолог. возможности) диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Санкт-Петербург, 1997.
4. Беззубцева М.М., Бороденков М.Н. Анализ направлений повышения энергоэффективности размольного оборудования // Международный журнал экспериментального образования. – 2015. – № 9. – С. 85-86.
5. Bezzubtseva M.M., Ruzhev V.A., Yuldashev R.Z. Electromagnetik mechanoactivation of dry construction mixes International journal of applied and fundamental research. – 2013. – № 2. – С. 24165.

**УРАВНЕНИЯ КИНЕТИКИ
ПРОЦЕССОВ ДИСПЕРГИРОВАНИЯ
В ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ
МЕХАНОАКТИВАТОРАХ (ЭММА)**

Беззубцева М.М.

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

В ЭММА [1] размольные элементы под действием двух потоков энергии создают однородное поле силового воздействия на частицы продукта, который подвергается интенсивному разрушению по всему объему рабочей камеры [1, 2, 3]. С увеличением времени обработки все большее число частиц попадает под действие размольных элементов. В результате частицы разрушаются и переходят в область более мелких фракций. По мере уменьшения среднего размера частиц их прочность (сопротивляемость разрушению) возрастает. Одновременно сокращается и вероятность попадания частиц в зону силового взаимодействия. Совместное воздействие этих факторов уменьшает скорость измельчения материала с течением времени об-

работки. С целью выявления зависимости изменения гранулометрического состава измельченного компонента по контролируемым фракциям 10 и 30 мкм от времени измельчения рецептурных компонентов шоколадных масс (какао, сахар) были проведены серии опытов в аппаратах ЭММА – С и ЭММА – К (патенты РФ № 1457881 и № 2007094). В результате исследований получено общее уравнение кинетики по «Rückstand» фракции размером более 30 мкм

$$R_{\delta(30)} = \frac{3,664 \cdot R_{\delta H(30)}}{e^{3,664 \cdot G_s \cdot t} + 2,664}$$

и более 10 мкм

$$R_{\delta(30)} = \frac{3,701 \cdot R_{\delta H(10)}}{e^{3,710 \cdot G_s \cdot t} + 2,701}$$

здесь t – время диспергирования; G_s – коэффициент, характеризующий скорость диспергирования в начальный момент времени и определяющий наклон кинетической кривой к оси абсцисс в начале процесса).

На аппарате ЭММА-С уравнение кинетики имеют следующий вид

$$R_{\delta(30)} = \frac{3,664 \cdot R_{\delta H(30)}}{e^{0,3619 \cdot t} + 2,664}$$

и

$$R_{\delta(30)} = \frac{3,701 \cdot R_{\delta H(10)}}{e^{0,1103 \cdot t} + 2,701}$$

На аппарате ЭММА-К получены следующие уравнения

$$R_{\delta(30)} = \frac{3,664 \cdot R_{\delta H(30)}}{e^{0,388 \cdot 4 \cdot t} + 2,664}$$

и

$$R_{\delta(30)} = \frac{3,701 \cdot R_{\delta H(10)}}{e^{0,1258 \cdot t} + 2,701}$$

Расчетные значения «остатков» при различной продолжительности измельчения сравнивались с результатами опытов. Средние квадратические отклонения расчетных значений от опытных составили не более 1,22%. Кинетические закономерности использованы при анализе энергоемкости процессов в ЭММА.

Список литературы

1. Беззубцева М.М. К вопросу интенсификации процесса измельчения продуктов // Международный журнал экспериментального образования. – 2016. – № 5-3. – С. 356-357.
2. Беззубцева М.М. Научное обоснование внедрения импортозамещающего способа электромагнитной механоактивации в аппаратно-технологические системы шоколадного производства // Международный журнал экспериментального образования. – 2016. – № 5-3. – С. 351-352.
3. 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.

УСЛОВИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ МЕХАНОАКТИВАТОРОВ

Беззубцева М.М.

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

Способ формирования диспергирующих нагрузок, положенных в основу создания нового типа оборудования – электромагнитных активаторов (ЭММА), позволяет снизить энергозатраты на десятки процентов [1]. Доказано, что эти аппараты можно рассматривать как усилители мощности [2]. Для обеспечения условий повышения энергоэффективности процесса диспергирования в ЭММА необходимо соблюдать принцип «необходимости и достаточности подвода энергии» (или соблюдение силовых и энергетических условий) с учетом кинетических и энергетических закономерностей измельчения продуктов [3, 4]. Энергия, поступающая от электродвигателя, затрачивается на преодоление сопротивления заполнителя рабочего объема. Следует устанавливать равенство между моментами, развиваемыми двигателем на своем валу, и моментами, необходимыми для преодоления бокового распора магнитного поля и взаимодействия размоленных тел в рабочем объеме ЭММА. В связи с тем, что магнитный поток Φ обладает боковым распором, величина которого совпадает с тяжением магнитных линий, то для его преодоления к ротору необходимо приложить момент, равный электромагнитному моменту: $M_p = f_T R_2$ (здесь f_T – тяжение и боковой распор магнитных линий; R_2 – внешний радиус ротора). Тяжение магнитных линий определено по формуле:

$$f_T = \frac{1}{\mu_0} \cdot \frac{m_1 m_2}{h_0^2}$$

здесь μ_0 – магнитная проницаемость рабочего объема; m_1, m_2 – соответственно магнитные массы статора и ротора; h_0 – ширина рабочего объема. По теореме Гаусса для свободного рабочего объема можно записать: $\Phi = \Phi_1 = 4\pi m_1 = \Phi_2 = 4\pi m_2$ (здесь Φ_1, Φ_2 – соответственно магнитный поток, входящий в верхнюю часть статора, и магнитный поток, выходящий из верхней половины ротора). После подстановки выражения $m_1 = m_2 = \Phi/4\pi$ в формулу для вычисления тяжения магнитных линий, получим:

$$f_T = \frac{1}{\mu_0} \cdot \frac{1}{(4\pi)^2} \frac{\Phi^2}{h_0^2}$$

Тогда для электромагнитного момента M_p справедливо равенство:

$$M_p = \frac{1}{\mu_0} \frac{1}{16\pi^2} \frac{\Phi^2}{h_0^2} R_2$$

Внешний механический момент должен быть равен электромагнитному. В этом случае