

$$\{F\}^T = \left\{ \begin{matrix} \{0\}^T \\ \{f\}^T \end{matrix} \right\} \begin{matrix} 1 \times 12 \\ 1 \times 8 \end{matrix} \quad \text{— вектор узловых усилий}$$

конечного элемента на шаге нагружения.

Для формирования матрицы деформирования всей конструкции используется традиционная процедура МКЭ [3].

**Пример.** Определено напряженно-деформированное состояние круговой арки при следующих исходных данных [4]:

$$R = 338,109 \text{ см}; t = 0,47625 \text{ см}; \nu = 0,2;$$

$$E = 7 \cdot 10^5 \text{ даН/см}^2; b = 2,54 \text{ см — ширина сечения арки}; \alpha = 0,128^\circ.$$

$P$ , даН	1,779	3,558	5,337	7,117	8,896	9,786	10,676	11,565
$v_1$ , см	0,03556	0,0762	0,12192	0,17526	0,2413	0,2794	0,32258	0,37592
$v_2$ , см	0,03486	0,07406	0,11885	0,17107	0,23366	0,2730	0,31173	0,35943

Как видно из таблицы, полученные результаты находятся в удовлетворительном соответствии с данными и [4], что свидетельствует о корректности разработанного алгоритма формирования матрицы деформирования конечного элемента в смешанной формулировке при учете геометрической нелинейности.

#### Список литературы

1. Седов Л.И. Механика сплошной среды. — т.1. — М.: Наука, 1976. — 536 с.
2. Гуреева Н.А. Решение плоской задачи теории упругости с использованием варианта МКЭ в смешанной формулировке // Изв. вузов. Авиационная техника. — Казань, 2009. — №2. — С. 8-11.
3. Постнов В.А., Хархурим И.Я. Метод конечных элементов в расчетах судовых конструкций. — Л.: Судостроение, 1974. — 344 с.
4. Papenhausen V. Eine energiegerechte, incrementelle Formulierung der geometrisch nichtlinearen. Theorie elastischer Kontinua und ihre numerische Behanlung mit Hilfe finiter Eltmente. — Tech.-wiss.Mitt.Jnst.Konstr.Ingenieururban Ruhr-Univ. — Bochum, 1975. — №13. — III. — 133 p.

### ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЙ СПОСОБ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ АКТИВАЦИИ

Беззубцева М.М.

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

Электромагнитные механоактиваторы (ЭММА) представляют новый тип технологического оборудования. Принцип действия ЭММА основан на нетрадиционном способе передачи механической энергии слою размольных элементов с использованием стационарного магнитного поля постоянного тока [1]. Диспергирующее усилие формируется в процессе образования силового взаимодействия между рабочими органами аппарата под действием электромагнитных и механических сил. При прохождении через элементы ЭММА магнитного потока размольные тела организуются в различные структурные построения

Арка рассматривалась как часть цилиндрической оболочки, срединная линия которой описывается уравнением окружности  $x^2 + z^2 = R^2$  с центром в начале координат и радиусом  $R$ . Ввиду симметрии рассматривалась четвертая часть оболочки (длиной  $l$ ) при разбивке ее на 8 элементов по длине и на 2 элемента по толщине.

В таблице приведены значения прогиба в центре арки в зависимости от силы  $P$  (даН). Символом  $v_1$  (см) обозначены прогибы, полученные на основе разработанного алгоритма формирования матрицы деформирования конечного элемента.

Символом  $v_2$  (см) обозначены перемещения, полученные в [4].

и создают слой, сцепляющий поверхности, ограничивающие объем обработки продукта. При относительном смещении этих поверхностей структурные построения разрушаются и мелкими телам сообщается кинетическая энергия движения в рабочем объеме аппарата. Процесс целенаправленной переориентации размольных элементов в структурных группах сопровождается созданием многоточечных контактных взаимодействий между этими элементами и частицами обрабатываемого продукта. Силовое воздействие проявляется как в виде усилий сжатия, так и ударно-истирающих нагрузок. Способ, положенный в основу построения ЭММА, обеспечивает энергонапряженный характер диспергирующих сил, легко поддается автоматизации, требует малых затрат мощности, что соответствует современным требованиям организации процесса тонкого и сверхтонкого диспергирования и механической активации продуктов различного целевого назначения в сельскохозяйственной, пищевой, химической и других отраслях промышленности [1, 2].

По этому принципу созданы нетрадиционные типы устройств для перемешивания, конширования, микробиологического синтеза, полирования, а также ряд приборов для контроля качества отработанных в машиностроении жидкостей и измельченных продуктов (по содержанию металлических примесей) [3, 4, 5].

Способ формирования измельчающего усилия с использованием постоянного электромагнитного поля реализован в различном конструктивном оформлении ЭММА. Выбор конструктивной формы зависит от физико-химических свойств обрабатываемого материала и технологических требований, предъявляемых к качеству готового продукта по степени измельчения и распределению его гранулометрического состава.

ЭММА отличаются друг от друга конструкцией и материалом магнитопровода, количе-

ством обмоток управления и их расположением по отношению к оси устройства, количеством и формой рабочих камер, а также конструкцией, материалом размольных тел и магнитными свойствами заполнителя рабочего объема [1]. Анализ конструктивных форм

ЭММА, предназначенных для механоактивации суспензий и сыпучих порошкообразных продуктов, показал, что наиболее целесообразным является объединение этих устройств в три основные группы:

1. ЭММА цилиндрических конструкций, у которых рабочий объем образован одной или несколькими цилиндрическими поверхностями, расположенными коаксиально или асимметрично.

2. Дисковые ЭММА с рабочим объемом, содержащим один диск или образованным смещающимися друг относительно друга поверхностями нескольких дисков.

3. ЭММА, у которых рабочий объем выполнен в форме кольца, конуса или многоугольной формы в поперечном сечении камеры измельчения.

Деление ЭММА на три основные группы по указанным конструктивным признакам дает наиболее резкое расхождение в их характеристиках и накладывает жесткие ограничения на возможные области применения.

Для проведения отдельных и совмещенных средних и тонких стадий диспергирования материалов средней твердости и мягких продуктов различной консистенции (вязкой, жидкой, сухой порошкообразной) целесообразно использовать ЭММА цилиндрического исполнения. Эта группа является наиболее распространенной, имеет широкую область применения и отличается универсальностью. Цилиндрические ЭММА могут быть внедрены в производственные линии промышленных предприятий, не нарушая технологических схем переработки сырья в готовую продукцию (на кондитерских фабриках и пищекомбинатах), а также использованы на малых предприятиях, специализирующихся на выпуске небольших партий готовых изделий (в микропекарнях, аптеках и т.д.). Применение ЭММА на химических и фармацевтических предприятиях целесообразно при производстве препаратов, качественные показатели которых регламентированы стандартом, контролирующим степень измельчения частиц твердой фазы и их распределение по фракционному составу.

ЭММА дискового исполнения предназначены для переработки порошкообразных сыпучих материалов высокой прочности (твердых скальзывающихся и твердых хрупких). Рекомендованы для использования в линиях производства средней и малой производительности для получения тонкого и сверхтонкого продукта в узком диапазоне дисперсности. Рационально их применение в агропромышленных комплексах для измельчения костей,

виноградных косточек, специй, удобрений и другого сельскохозяйственного сырья. Подгруппа многодисковых аппаратов представляет новый перспективный тип ЭММА для предприятий металлургической промышленности. С их помощью может быть решена одна из наиболее актуальных современных проблем порошковой металлургии – рациональное использование отходов сырьевых материалов.

ЭММА третьей группы предназначены для механоактивации дисперсной фазы в дисперсионной среде при одновременном перемешивании и гомогенизации технологических сред. Реализуют способ обработки материалов в тонком слое и позволяют осуществлять как отдельные, так и совмещенные стадии тонкого и сверхтонкого диспергирования и механоактивации частиц с различными свойствами: твердых скальзывающихся, хрупких, средней твердости, упругих мягких. Рекомендованы для использования на предприятиях, специализирующихся на выпуске продуктов детского и диетического питания, лекарственных препаратов и косметических средств.

#### Список литературы

1. Беззубцева М.М. Теоретические основы электромагнитного измельчения. – СПб.: Изд-во СПбГАУ, 2005. – 160 с.
2. Беззубцева М.М., Мазин Д.А., Зубков В.В. Исследование коэффициента объемного заполнения ферромагнитной составляющей в аппаратах с магнитооживленным слоем // Известия Санкт-Петербургского аграрного университета. – СПб.: СПбГАУ, 2011. – С. 371-377.
3. Беззубцева М.М., Халатов А.Н., Прибытков П.С. Магнитные мешалки. Теория и технологические возможности. – СПб.: Изд-во СПбГАУ, 2009. – 147 с.
4. Беззубцева М.М. Электромагнитный способ диагностики загрязненности технологических сред. – СПб.: Изд-во СПбГАУ, 2009. – 156 с.
5. Беззубцева М.М., Соколов А.В. Устройство для оценки степени загрязнения жидкостей примесями // Свидетельство РФ на полезную модель №11343. Оpubл. 16.09.1999

#### КОМПОЗИЦИОННЫЕ СТЕКЛОШАРИКИ ДЛЯ ДЕКОРАТИВНОЙ ОТДЕЛКИ СТЕНОВЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Бессмертный В.С., Ильина И.А., Кротова О.В.

*Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, Белгород,  
e-mail: vbessmertnyi@mail.ru*

В свете реализации президентской программы «Доступное жильё – гражданам России». Важной задачей является увеличение выпуска конкурентоспособных стеновых строительных материалов, в том числе и силикатного кирпича. В настоящее время окрашенный в массе силикатный кирпич существенно уступает другим материалам за счёт использования дорогостоящих красителей, увеличения энергозатрат и длительности технологического цикла. Устранение указанных недостатков и повышение эстетико-потребительских свойств силикатного