

УДК 621.311(075)

## К ВОПРОСУ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТИПОВЫХ РЯДОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ МЕХАНОАКТИВАТОРОВ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ИСПОЛНЕНИЯ (ОБЗОРНАЯ ИНФОРМАЦИЯ)

**Беззубцева М.М.**

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

В статье представлен алгоритм выбора конструктивной формы ЭММА цилиндрического исполнения. Приведены алгоритмы расчета конструктивных размеров устройства на заданные объемы (типового ряда). Представлены результаты проектирования ЭММА для переработки полуфабрикатов шоколадного производства. Показано, что приоритет в направлении исследований электромагнитного способа механоактивации принадлежит разработке ЭММА цилиндрического исполнения. Эта группа мельниц 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. Их целесообразно применять при производстве тонкодисперсных порошков, качественные показатели которых регламентированы стандартом, контролирующим степень измельчения частиц твердой фазы и их распределение по фракционному составу. Материал представлен в форме обзорной информации с обширным списком литературных источников. Результаты исследований показали возможность получения на ЭММА полуфабрикатов шоколадного производства с высокими органолептическими показателями и низкой энергоемкостью выпускаемой продукции.

**Ключевые слова:** электромагнитные механоактиваторы, полуфабрикаты шоколадного производства

## THE QUESTION OF DESIGN MODEL SERIES ELECTROMAGNETIC MEHANOAKTIVATOROV CYLINDRICAL DESIGN (OVERVIEW)

**Bezzubceva M.M.**

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

The article presents the algorithm of a choice of the constructive form of EMMA cylindrical execution. Algorithms of calculation of structural dimensions of the device to the specified volume (of the model number). The results of design EMMA for the processing of semi-finished products of chocolate production. It is shown that the priority direction of research of electromagnetic method of mechanical activation belongs to the development of EMMA cylindrical execution. This group of mills is the most common, has a wide scope and versatility. Cylindrical EMMA can be implemented in the production lines of industrial enterprises, without violating the technological schemes of processing of raw materials into finished products. They are useful in the production of a fine powder, quality indicators, which are regulated by the standard controlling the degree of comminution of solid particles and their distribution on the fractional composition of the Material is presented in the form of survey of information with an extensive list of references. The results showed the possibility of obtaining on EMMA semi-finished products of chocolate production with high organoleptic characteristics and low power consumption products.

**Keywords:** electromagnetic mehanoaktivatory, semi-finished chocolate production

Приоритет в направлении исследований электромагнитного способа механоактивации принадлежит разработке ЭММА цилиндрического исполнения [8, 9, 18, 25, 26, 27, 30]. Аппараты этой группы целесообразно использовать для проведения отдельных и совмещенных средних и тонких стадий диспергирования материалов средней твердости и мягких продуктов различной консистенции (вязкой, жидкой, сухой порошкообразной). Эта группа мельниц является наиболее распространенной и имеет широкую область применения, отличается универсальностью [2, 3, 9, 29, 31]. Исследования показали, что цилиндрические ЭММА могут быть внедрены в производственные линии промышленных предприятий, не нарушая технологических схем переработки сырья в готовую продукцию [3, 5, 7, 9, 22, 25, 28, 29]. Их целесообразно применять при

производстве тонкодисперсных порошков и суспензий, качественные показатели которых регламентированы стандартом, контролирующим степень измельчения частиц твердой фазы и их распределение по фракционному составу [9, 15, 16, 22, 31, 34, 38].

**Целью исследования** является составление научно-обоснованного алгоритма выбора конструктивной формы и алгоритмов расчета конструктивных размеров ЭММА на заданные объемы производства в аппаратурно-технологических линиях переработки сырья в готовую продукцию (в том числе и полуфабрикатов шоколадного производства).

### Материал и методы исследований

Алгоритм расчета типовых рядов ЭММА. Алгоритмы проектирования бази-

руются на результатах теоретических и экспериментальных исследованиях электромагнитного способа механоактивации.

**Результаты исследования и их обсуждение.** В статье представлен алгоритм выбора конструктивной формы ЭММА с последующим расчетом конструктивных размеров устройства для переработки полуфабрикатов шоколадного производства [8, 9, 11, 12, 14, 20, 28]. Выбрана конструктивная форма ЭММА (Патент РФ №1457881), входящая в группу цилиндрических устройств с униполярными ОУ, коаксиально расположенными роторами и содержащими одну помольную камеру [88, 9, 36, 37].

В конструкцию ЭММА-2 (рис. 2 и 4) введена дополнительная ОУ, способствующая усилению контактных взаимодействий между размольными элементами и созданию управляемых силовых условий для проведения процесса измельчения-механоактивации.

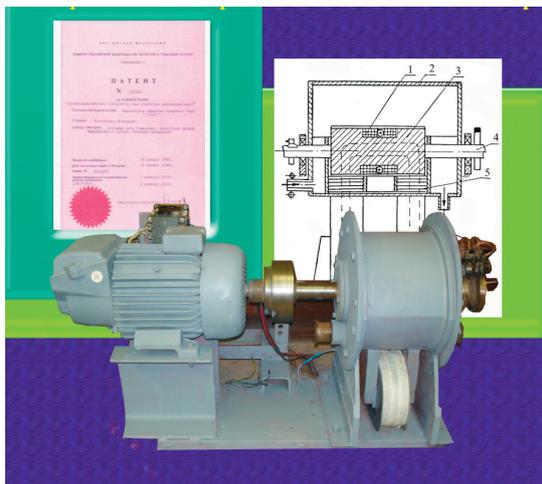


Рис. 1. Экспериментальная установка ЭММА-2

ЭММА - 2 содержит электропривод, емкость 1 для размещения обрабатываемого продукта с загрузочным 2 и разгрузочным 3 патрубками, измельчающие элементы 4, постоянные электромагниты 5 и 6 с регулируемыми токовыми обмотками 7 и 8 управления. Магнит 5 размещен в емкости 1, укреплен с возможностью вращательного движения на валу 9 и имеет на наружной поверхности зубцы 10. Магнит 6 укреплен неподвижно снаружи емкости 1. Внутри емкости 1 установлены перегородки 11, между которыми размещены измельчающие элементы 4, выполненные в виде ферромагнитных цилиндрических стержней, направленные по образующей наружной поверхности магнита 5. Высота зубцов 10 меньше диаметра стержней 4. Для питания обмотки 7 на валу 9 установлены щетки-контакты 12.

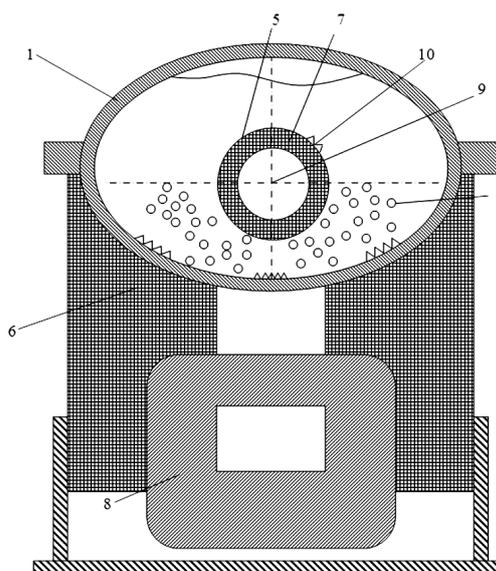


Рис. 2а. Электромеханическое устройство для обработки шоколадных масс (Патент РФ №1457881): 1 – емкость; 2,3 – загрузочный и разгрузочный патрубки; 4 – измельчающие элементы; 5,6 – электромагниты; 7,8 – регулируемые токовые обмотки; 9 – вал; 10 – зубцы

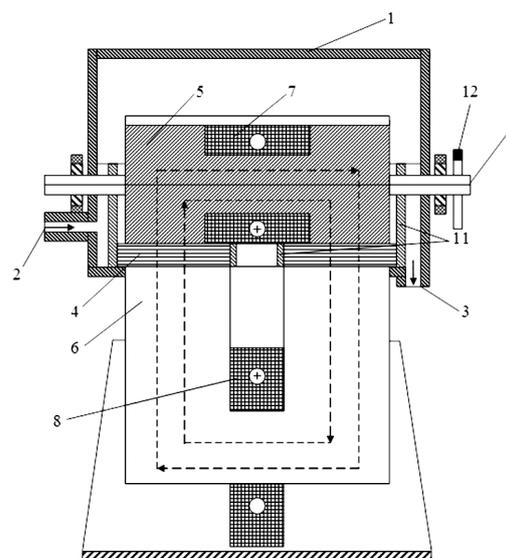


Рис. 2б. Электромеханическое устройство для обработки шоколадных масс (Патент РФ №1457881): 1 – емкость; 2,3 – загрузочный и разгрузочный патрубков; 5,6 – электромагниты; 7,8 – регулируемые токовые обмотки; 9 – вал; 11 – перегородки; 12 – щетки-контакты

Устройство работает следующим образом. В рабочий объем емкости 1 насосом подается через патрубок 2 подлежащий обработке продукт. Приводится во вращение вал 9, на котором смонтирован магнит 5 с зубцами 10. Одновременно через скользящий контакт 12 подается питание на обмотку

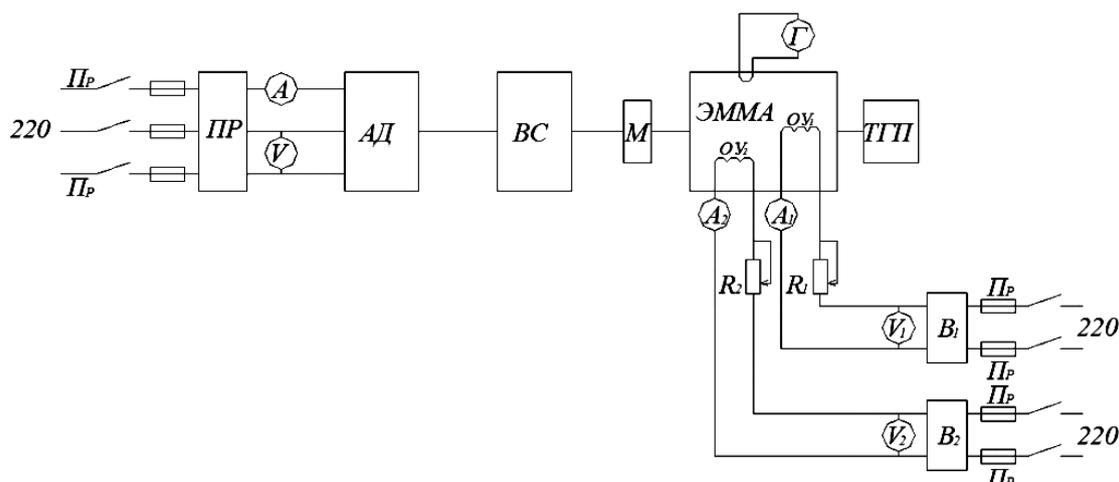


Рис. 3. Блок-схема управления ЭММА-2

ку 7 управления. Питание подается также на обмотку 8. Возникшие электромагнитные силы заставляют измельчающие элементы 4 притягиваться к поверхностям магнитов. Из измельчающих элементов 4 образуются различные пространственные построения, в промежутки между которыми поступает обрабатываемый продукт.

Величина индукции в рабочем зазоре между магнитами 5 и 6 зависит от величины тока в обмотках 7 и 8 управления и определяет степень воздействия измельчающих элементов на обрабатываемый продукт.

Зубцы 10 на поверхности магнита 5 обеспечивают надежное сцепление элементов 4 с поверхностью.

Блок схема управления ЭММА-2 представлена на рис. 3. В качестве приводного двигателя применен трехфазный электродвигатель с фазным ротором ( $P = 3$  кВт,  $n = 1470$  об/мин). Регулирование скоростных режимов работы осуществлено с помощью вариатора скоростей и контролируется строботаксометром СТ-5, имеющим основную погрешность не более - 0,5 % отсчета. Питание обмоток управления производится от распределительного щита через контакты автоматического выключателя и мостиковые выпрямители В1 и В2, построенные на диодах Д-245А. Регулирование электромагнитным режимом работы ЭММА осуществляется реостатами R1 и R2, включенными в электрические цепи питания обмоток управления ОУ1 и ОУ2. Коммутирующая, пусковая и измерительная аппаратура серийная, стандартная. Измерение магнитной индукции постоянного магнитного поля производится миллитесламетром портативным, универсальным (ТПУ). Для измерения частоты вращения использован цифровой тахометр АКПП-9201.

АД – асинхронный электродвигатель; ПР – пусковой реостат; ВС – вариатор скоростей; Пр – предохранители; М – кулачковая муфта; ОУ<sub>1</sub> и ОУ<sub>2</sub> – обмотки управления; А, V, А<sub>1</sub> и А<sub>2</sub>, V<sub>1</sub> и V<sub>2</sub> – регистрирующие приборы в электрических цепях электродвигателя и обмоток управления ОУ; R<sub>1</sub> и R<sub>2</sub> – регулировочные реостаты в электрических цепях обмоток управления; Г – гальванометр

После заполнения рабочего объема обрабатываемым продуктом и размольными феррошарами включается приводной электродвигатель, устанавливаются частота вращения внутреннего цилиндра ЭММА и сила тока в обмотках управления. При подаче питания на токовые обмотки возникают электромагнитные силы, под действием которых ферромагнитные размольные элементы образуют пространственные построения, осуществляя механическую связь в виде ударов и трения между собой и поверхностями электромагнитов через прослойку продукта [4, 17, 23, 24]. Продукт, проходя через рабочий объем емкости, подвергается различным деформациям (сжатию, истиранию, сдвигу и удару) и измельчается с минимальными затратами мощности на формирование диспергирующих нагрузок в магнитооживленном слое ферротел. В работах [9, 32, 33] доказано, что ЭММА можно рассматривать как усилители мощности. Этим обусловлено снижение энергоемкости выпускаемой готовой продукции.

Расчет магнитопровода, обмоток управления и анализ магнитного состояния типового ряда ЭММА-2 проведен по алгоритмам, представленным на рис. 4 и 5 [9, 10, 16, 21].

В основу расчета положен закон полного тока (магнитодвижущая сила F вдоль замкнутого контура равна полному току

$\oint H_x \bar{L} = \oint H_x L = F = IW$ . В расчете магнитную цепь устройства состоит из  $n$ -го числа участков

$$\sum_{x=1}^n H_x L_x = I_y W_y \quad (1)$$

где  $x$  - номер участка,  $H_x$  - напряженность магнитного поля на  $x$ -м участке,  $L_x$  - средняя длина на  $x$ -го участка.

Для значений индукции  $B_x$  по графическим зависимостям  $B_x = f(H_x)$  определяется численное значение  $H_x$ . Задавая рядом значений индукции подсчитывается в каждом случае величина м.д.с. обмотки управления, необходимой для проведения магнитного потока  $\Phi_p$  по участкам магнитопровода. По расчетным данным строится зависимость  $\Phi_p = f(\Sigma F)$ , характеризующая состояние магнитопровода. ЭММА, магнитопровод которой имеет рабочую точку (номинальное значение индукции в рабочем объеме) на линейной части характеристики  $\Phi_p = f(\Sigma F)$ , является ненасыщенным в магнитном отношении. Для определения наиболее на-

сыщенного участка магнитопровода по расчетным данным строится зависимость  $\Phi_x = f(\Sigma F_x)$  для всех участков. По результатам анализа определяется «узкое» место в магнитопроводе с точки зрения прохождения по нему магнитного потока и вносятся необходимые поправки в расчетные данные по конкретному участку. Результаты расчета приведены на рис. 6 и 7.

Условные обозначения:  $V_{p.об}$  - величина рабочего объема;  $G$  - величина заправки рабочего объема;  $\rho$  - плотность перерабатываемого материала;  $L$  - длина устройства;  $D_{2H} = D_2 + 2h_{ст}$  - диаметр наружного цилиндра;  $D_{B2}$  - внутренний диаметр наружного цилиндра;  $D_3$  - диаметр паза под обмотку управления;  $h_{ст}$  - толщина стенки наружного цилиндра;  $b_3$  - ширина паза под обмотку управления;  $H$  - высота головки;  $b_1$  - ширина нижней части головки;  $b_2$  - длина нижней части головки;  $D_B$  - внутренний диаметр внутреннего цилиндра;  $x$  - номер участка;  $S_{cp.x}$  - средняя площадь сечения  $x$ -ого участка;  $H_x$  - напряженность магнитного поля на  $x$ -м участке;  $L_x$  - средняя длина на

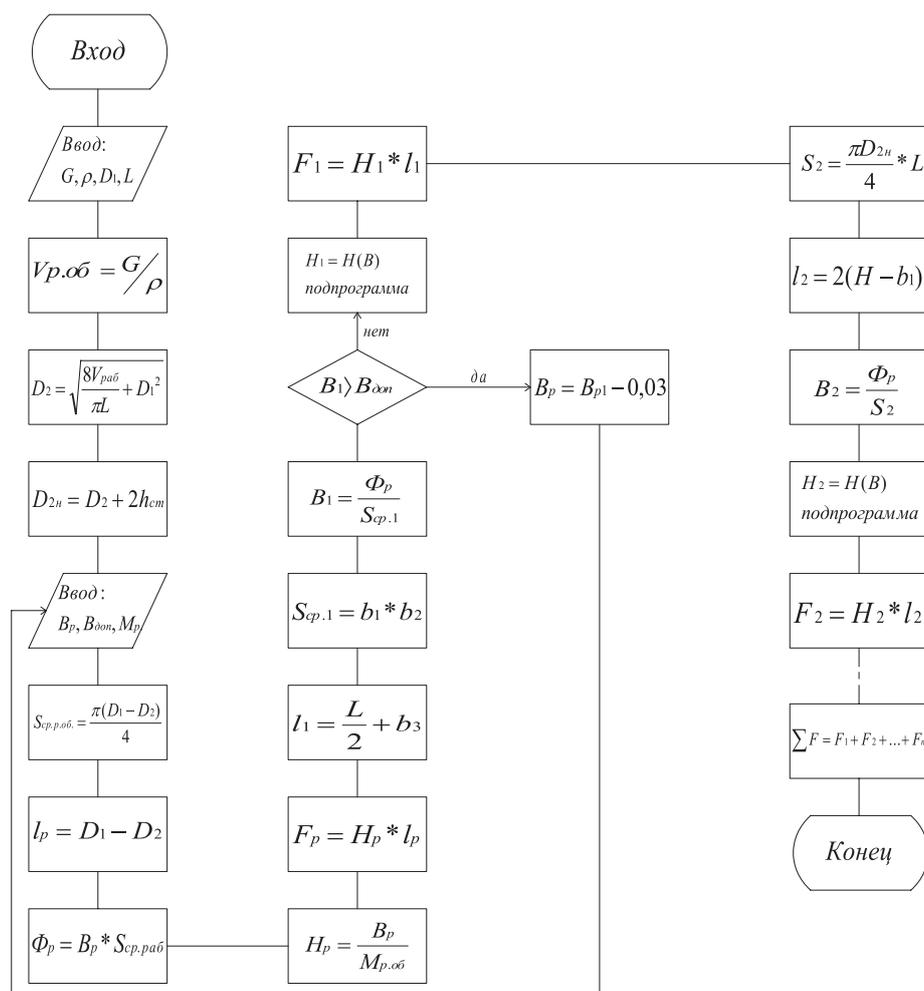


Рис. 4. Блок-схема программы «Расчет магнитопровода ЭММА»

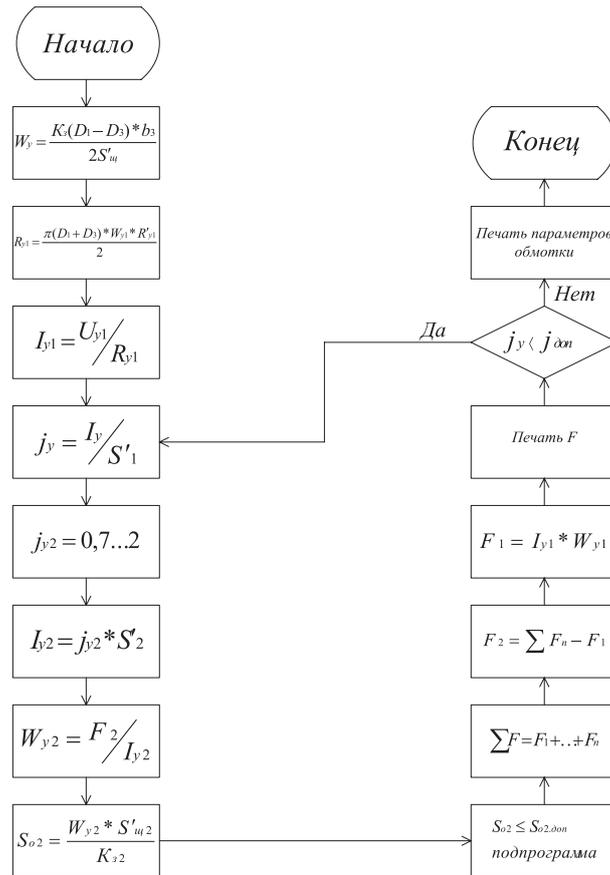


Рис. 5. Блок-схема программы «Расчет обмотки управления ЭММА»

$x$  – го участка;  $\Phi_{pi} = \Phi_4 = B_{pi} \cdot S_{cp,4}$  – величина магнитного потока, проходящего через рабочий объем;  $F_x$  – магнитодвижущая сила на  $x$ -ом участке;  $\Phi_x$  – величина магнитного потока на  $x$ -ом участке;  $F_{об}$  – суммарная магнитодвижущая сила;  $W_{y1}$  – число витков обмотки управления  $OVI$ ;  $K_{y1}$  – коэффициент заполнения окон медью;  $S'_{u1}$  – площадь сечения;  $R_{y1}$  – сопротивление обмотки управления;  $I_y$  – ток обмотки управления;  $U_{y1}$  – напряжение обмотки управления;  $j_y$  – плотность тока управления;  $j_y < j_{дон}$  – до-

пустимая плотность тока управления;  $S'_{y1}$  – площадь сечения;  $S'_{o2}$  – площадь окна для размещения обмотки управления;  $S'_{o2} \leq S'_{o2,доп}$  – допустимая площадь окна для размещения обмотки управления.

В результате анализа полученных данных установлено:

- участки магнитопровода проектируемого устройства не насыщены в расчетных режимах;
- с увеличением заправки рабочего объема перерабатываемым продуктом воз-

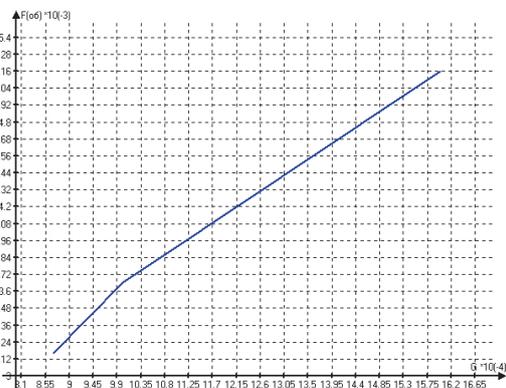


Рис. 6. Зависимость  $F_{об} = f(G)$

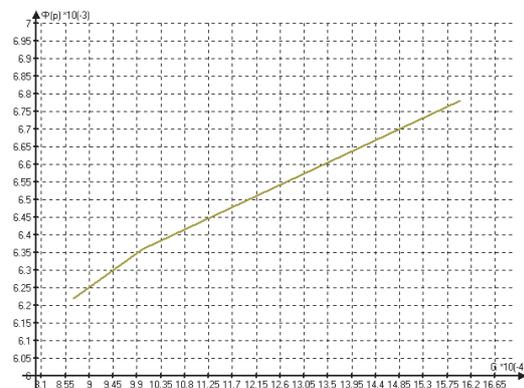


Рис. 7. Зависимость  $\Phi_p = f(G)$

растает величина магнитного потока  $\Phi_p$ , что вызывает рост суммарной магнитодвижущей силы  $F_{об}$ , необходимой для создания заданных технологией значений магнитной индукции.

На основании расчетов по программам «Расчет магнитопровода ЭММА» и «Расчет обмотки управления ЭММА» и анализа расчетных данных разработан и апробирован экспериментальный стенд ЭММА-2 для диспергирования полуфабрикатов шоколадного производства со следующей технической характеристикой:

Величина заправки продуктом, кг ..... 0,87  
 Высота устройства,  $H_y$ , м ..... 0,48  
 Длина по оси с приводным двигателем и муфтой,  $L_y$ , м ..... 0,83  
 Масса,  $G_y$ , кг ..... 72,0  
 Материалы:

– сердечники электромагнитов .....  
 ..... сталь 10 ( $B_{доп} = 1,2 \text{ Тл}$ )  
 – подшипниковые щиты ..... силумин  
 – контактные кольца ..... латунь

Число витков обмоток управления:

–  $W_{oy2}$  ..... 4200  
 –  $W_{oy1}$  ..... 1400

Провод обмоток управления ..... ПЭВ-2

– диаметр обмоточного провода без изоляции,  $d_{мр}$ , мм ..... 0,72  
 – диаметр обмоточного провода с изоляцией,  $d_y$ , мм ..... 0,8  
 – площадь сечения медной части провода,  $S_{мр}$ , мм<sup>2</sup>, ..... 0,4069  
 – площадь сечения провода с изоляцией,  $S_y$ , мм<sup>2</sup> ..... 0,0524  
 – номинальное значение силы тока управления,  $I_y$ , А ..... 0,8

Диапазон регулирования величиной силовых воздействий,  $F_p$ , Н ..... 5 – 160

Источник питания с регулируемым напряжением  $U_y$ , В ..... 0 – 60 .

### Выводы

Таким образом, в статье представлен обзор научно-обоснованного алгоритма выбора конструктивной формы и алгоритмов расчета конструктивных размеров ЭММА на заданные объемы производства в аппаратурно-технологических линиях переработки сырья в готовую продукцию (в том числе и полуфабрикатов шоколадного производства). Выбрана конструктивная форма ЭММА (Патент РФ №1457881), входящая в группу цилиндрических устройств с униполярными ОУ, коаксиально расположенными роторами и содержащими одну помольную камеру. Результаты исследований, приведенные в работе [9], показали возможность получения на ЭММА-2 полуфабрикатов шоколадного производства с высокими ор-

ганолептическими показателями и низкой энергоемкостью производимой продукции.

### Список литературы

1. Беззубцева М.М. Электромагнитные измельчители для пищевого сельскохозяйственного сырья (теория и технолог. возможности). Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Санкт-Петербург, 1997.
2. Беззубцева М.М. Способ измельчения шоколадных масс // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 1993. – № 5-6. – С. 65-67.
3. Беззубцева М.М. Энергоэффективный способ электромагнитной активации // Международный журнал экспериментального образования. – 2012. – № 5. – С. 92-93.
4. Беззубцева М.М. Прикладные исследования энергоэффективности электромагнитных механоактиваторов // Международный журнал экспериментального образования. – 2016. – № 9-1. – С. 83.
5. Беззубцева М.М. Интенсификация классических технологических схем переработки сырья на стадии измельчения // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 2-2. – С. 132-133.
6. Беззубцева М.М. Исследование процесса измельчения какао бобов в электромагнитных механоактиваторах // Успехи современного естествознания. – 2014. – № 3. – С. 171-171.
7. Беззубцева М.М. Интенсификация классических технологических схем переработки сырья на стадии измельчения // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 2-2. – С. 132-133.
8. Беззубцева М.М. Механоактиваторы агропромышленного комплекса. Анализ, инновации, изобретения: монография / М. М. Беззубцева, В. С. Волков ; М-во сельского хозяйства Российской Федерации, Санкт-Петербургский гос. аграрный ун-т. - Санкт-Петербург : СПбГАУ, 2014. - 161 с.
9. Беззубцева М. М. Научное обоснование внедрения импортозамещающего способа электромагнитной механоактивации в аппаратурно-технологические системы шоколадного производства: монография / М. М. Беззубцева, В. С. Волков, К. Н. Обухов. - СПб.: СПбГАУ, 2016. - 197с.
10. Беззубцева М.М., Волков В.С. К расчету магнитной цепи электромагнитных механоактиваторов // Международный журнал экспериментального образования. – 2015. – № 2-1. – С. 66-67.
11. Беззубцева М.М., Волков В.С. К вопросу исследования энергоэффективности механоактиваторов с магнитоожигенным слоем // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2-1.; URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=21336> (дата обращения: 31.10.2016).
12. Беззубцева М.М., Волков В.С. Исследование физико-механических процессов в магнитоожигенном слое феррочастиц // Фундаментальные исследования. - 2014. - № 1. - С. 13-17 .
13. Беззубцева М.М., Волков В.С. Рекомендации по проектированию электромагнитных механоактиваторов // Международный журнал экспериментального образования. – 2014. – № 5-2. – С. 128-129.
14. Беззубцева М.М., Волков В.С. Исследование режимов работы электромагнитных механоактиваторов // Успехи современного естествознания. – 2012. – № 8. – С. 109-110.
15. Беззубцева М.М., Волков В.С. Прикладные исследования электромагнитного способа механоактивации // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. - 2016. - № 2-2. – С. 159-163.
16. Беззубцева М.М., Волков В.С. Теоретические исследования электромагнитного способа механоактивации // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. - 2012. - № 5. – С. 72-74.

17. Беззубцева М.М., Волков В.С. К вопросу расчета энергетики рабочего процесса в электромагнитных механоактиваторах (ЭММА) // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. - 2012. - № 7. - С. 129-130.
18. Беззубцева М.М., Волков В.С. Исследование строения магнитного поля электромагнитных механоактиваторов (ЭММА) // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. - 2012. - № 12. - С. 90-91.
19. Беззубцева М.М., Волков В.С. К вопросу исследования коэффициента объемного заполнения // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. - 2015. - № 3-1. - С. 8-10.
20. Беззубцева М.М., Волков В.С. К расчету энергоэффективных режимов работы механоактиваторов // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. - 2015. - № 9-1. - С. 9-13.
21. Беззубцева М.М., Воронов М.С. К вопросу исследования контактных взаимодействий в аппаратах с магнитоожигенным слоем // *Международный журнал экспериментального образования*. - 2015. - № 9. - С. 83-85.
22. Беззубцева М.М., Волков В.С., Котов А.В., Обухов К.Н. К вопросу исследования электромагнитного способа механоактивации рецептурных компонентов шоколадных изделий // *Современные наукоемкие технологии*. - 2015. - № 4. - С. 12-14.
23. Беззубцева М.М., Волков В.С. К вопросу исследования коэффициента объемного заполнения аппаратов с магнитоожигенным слоем // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. - 2015. - № 3-1. - С. 8-10.
24. Беззубцева М.М., Волков В.С., Зубков В.В. Исследование аппаратов с магнитоожигенным слоем // *Фундаментальные исследования*. - 2013. - № 6-2. - С. 258-262.
25. Беззубцева М.М., Волков В.С., Котов А.В. Инновационный способ электромагнитной механоактивации в магнитоожигенном слое ферротел. Обзорная информация // *Научное обозрение. Технические науки*. - 2016. - № 2. - С. 8-13.
26. 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 магнитоожигенном слое рабочего объема электромагнитных механоактиваторов // *Фундаментальные исследования*. - 2014. - № 12-6. - С. 1157-1161.
27. 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 магнитоожигенном слое рабочего объема электромагнитных механоактиваторов // *Фундаментальные исследования*. - 2014. - № 11-3. - С. 504-508.
28. Беззубцева М.М., Волков В.С., Котов А.В., Обухов К.Н. К вопросу исследования зависимости технологического эффекта измельчения рецептурных компонентов шоколадного производства от режимов работы электромагнитных механоактиваторов // *Современные проблемы науки и образования*. - 2015. - № 1-1.; URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=19186> (дата обращения: 31.10.2016).
29. 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.
30. Беззубцева М.М., Ружьев В.А., Волков В.С. Теоретические исследования деформированного магнитного поля в рабочем объеме электромагнитных механоактиваторов с магнитоожигенным слоем размольных элементов цилиндрической формы // *Фундаментальные исследования*. - 2014. - № 6-4. - С. 689-693.
31. Беззубцева М.М., Обухов К.Н. К вопросу исследования процесса электромагнитной механоактивации пищевого сельскохозяйственного сырья // *Успехи современного естествознания*. - 2015. - № 1-2. - С. 232-234.
32. Беззубцева М.М., Обухов К.Н. К вопросу исследования физико-механических процессов в магнитоожигенном слое ферротел // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. - 2015. - № 7 -2. - С. 191-195.
33. 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.
34. Беззубцева М.М., Обухов К.Н. Электромагнитный способ снижения энергоемкости продукции на стадии измельчения // *Международный журнал экспериментального образования*. - 2015. - № 8-3. - С. 399-400.
35. Беззубцева М.М., Обухов К.Н. Энергетические параметры, характеризующие работу электромагнитных механоактиваторов // *Международный журнал экспериментального образования*. - 2015. - № 8-1. - С. 134-135.
36. Беззубцева М.М., Романов А.Н. К анализу конструктивного исполнения электромагнитных механоактиваторов // *Международный журнал экспериментального образования*. - 2015. - № 8-3. - С. 419-420.
37. Беззубцева М.М., Ружьев В.А., Загаевски Н.Н. Формирование диспергирующих нагрузок в магнитоожигенном слое электромагнитных механоактиваторов // *Современные наукоемкие технологии*. - 2014. - № 10. - С. 78-80.
38. Волков В.С., Беззубцева М.М., Романейн Н.В. К вопросу исследования селективности измельчения материалов электромагнитной механоактивацией // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. - 2015. - № 11-3. - С. 329-332.