

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Российская академия наук  
Российская академия архитектуры и строительных наук  
Администрация Белгородской области  
ФГБОУ ВО Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова  
Международное общественное движение инноваторов  
«Технопарк БГТУ им. В.Г. Шухова»

*Национальная конференция с международным участием*  
**Международная научно-техническая  
конференция молодых ученых  
БГТУ им. В.Г. Шухова,  
посвященная 300-летию Российской академии наук**



*Сборник докладов*

*Часть 8*

***Технологические комплексы, оборудование предприятий  
строительных материалов и стройиндустрии в XXI веке***

Белгород  
18- 20 мая 2022 г.

УДК 005.745

ББК 72.5

М 43

М 43

**Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, посвященная 300-летию Российской академии наук: эл. сборник докладов [Электронный ресурс]: Белгород: БГТУ, 2022. – Ч. 8. – 66 с.**

ISBN 978-5-361-01020-2

В сборнике опубликованы доклады студентов, аспирантов и молодых ученых, представленные по результатам проведения Национальной конференции с международным участием «Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова», посвященная 300-летию Российской академии наук.

Материалы статей могут быть использованы студентами, магистрантами, аспирантами и молодыми учеными, занимающимися вопросами технологических комплексов, оборудований предприятий строительных материалов и стройиндустрии в XXI веке, а также в учебном процессе университета.

УДК 005.745

ББК 72.5

**ISBN 978-5-361-01020-2**

©Белгородский государственный  
технологический университет  
(БГТУ) им. В.Г. Шухова, 2022

## Оглавление

Алтунин П.А.

АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРЕСС-  
ВАЛКОВЫХ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЕЙ И ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ  
ИХ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ..... 5

Берлизов Л.Н.

НАПРАВЛЕНИЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ  
ШАРОВЫХ БАРАБАННЫХ МЕЛЬНИЦ С ПЕРЕФИРИЙНОЙ  
РАЗГРУЗКОЙ ..... 10

Веретьельник А.Ф., Маслов Д.Н.

ЭВОЛЬВЕНТА – ВАЖНЫЙ ЭЛЕМЕНТ В ПРОЕКТИРОВАНИИ  
НЕСТАНДАРТНЫХ ДЕТАЛЕЙ БАРАБАННЫХ МЕЛЬНИЦ ..... 16

Косенкова Т.Е.

АНАЛИЗ ПАТЕНТА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ  
ТЕПЛООБМЕНА ВО ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ПЕЧИ ..... 21

Матвеевко Д.С., Пирожкова Е.С., Лядова Ю.В.,

ПРОИЗВОДСТВО ПОЛИМЕРНОПЕСЧАНОЙ ЧЕРЕПИЦЫ ..... 23

Проценко А.М., Шамгулов Р.Ю., Бабуков В.А.

ПРИГОТОВЛЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ СМЕСЕЙ ИЗ  
ВТОРИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ..... 29

Рязанцев В.Г.

ЭКСПЕРИМЕНТ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПАРАМЕТРОВ  
ВИБРОСТОЛА ЭВ-341 ПОД НАГРУЗКОЙ ..... 34

Цевашов К.Ю.

НАПРАВЛЕНИЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ  
ЩЕКОВЫХ ДРОБИЛОК ..... 39

Шамгулов Р.Ю., Гончаров А.Н., Гридчин Ю.С.

ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ БАРАБАННО-ВИНТОВОГО  
АГРЕГАТА ДЛЯ АГЛОМЕРАЦИИ ПОЛИДИСПЕРСНЫХ  
МАТЕРИАЛОВ ..... 43

Шамгулов Р.Ю., Гончаров А.Н., Гридчин Ю.С.	
РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ БАРАБАННО-ВИНТОВОГО АГРЕГАТА ДЛЯ АГЛОМЕРАЦИИ ПОРИЗОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ .....	47
Шаталов В.А.	
ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ РОТОРНО- ЦЕНТРОБЕЖНЫХ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЕЙ .....	50
Шаталов В.А., Шаталов А.В.	
РОТОРНО-ЦЕНТРОБЕЖНЫЙ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЬ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ АНИЗОТРОПНЫХ ТЕХНОГЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ .....	54
Шеметова О.М., Шеметов Е.Г.	
ПРОВЕДЕНИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ПНЕВМОСМЕСИТЕЛЕ .....	58
Шеметова О.М., Шеметов Е.Г.	
ОБЗОР ФИРМ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ СМЕСИТЕЛЕЙ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ .....	62

*Алтунин П.А.*

*Научный руководитель: Ханин С.И., д-р техн. наук, проф.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРЕСС- ВАЛКОВЫХ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЕЙ И ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИХ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ**

Пресс-валковые измельчители (ПВИ) нашли применение в различных отраслях промышленности. В цементной отрасли их применяют как для измельчения цементного сырья (мергеля, известняка), так и при измельчении клинкера. Также ПВИ нашли свое применение при измельчении оксида титана и минералов. Существует отдельное направление использования ПВИ для переработки и утилизации отходов [1].

Пресс-валковые измельчители имеют относительно простую конструкцию, но несмотря на это имеют довольно много «узких» мест. Так, например, известно, что на показатели качества процесса измельчения оказывают большое влияние скоростные и силовые параметры валкового агрегата. ПВИ эксплуатируют при окружной скорости валков от 0,5 до 1,5 м/с. Скоростные характеристики оказывают непосредственное влияние на производительность агрегата, но слишком высокая скорость приводит к перемещению измельчаемого материала между валками, не позволяющему достичь желаемой дисперсности. В следствие этого происходят снижение степени измельчения материала, повышенный износ рабочей поверхности валков [2].

Одним из основных недостатков, которому уделяется большое влияние среди производителей валкового оборудования, является неравномерность распределения измельчаемого материала по ширине рабочей поверхности вала, что приводит к износу только наиболее загруженной части поверхности вала (средняя часть рабочей поверхности). Пример износа вала представлена на (рисунке 1).



Рис. 1 Пример неравномерности износа валька

Для решения данной проблемы компания Sahut-Conreur разрабатывает различные системы подачи сырья в рабочую зону: гравитационная (рисунке 2*а*), дистрибьютер и fed-fox (рисунке 2*б*), форсированная загрузка с коническими шнеками (рисунке 2*в*) [3].

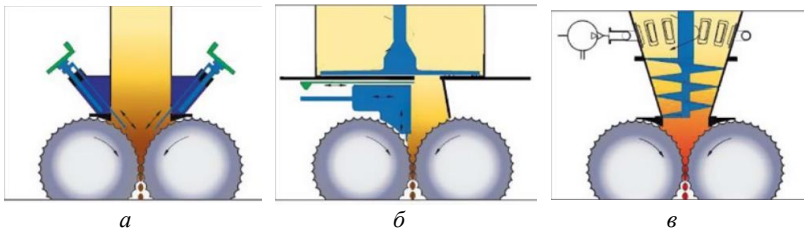


Рис. 2 Схемы систем подачи сырья:

*а*- гравитационное уплотнение; *б* – уплотнение дистрибьютером и fed-fox; *в*- уплотнение коническим шнеком

Существуют вальковые распределительные устройства, один из вариантов такого устройства представлен на (рисунке 3) [4].

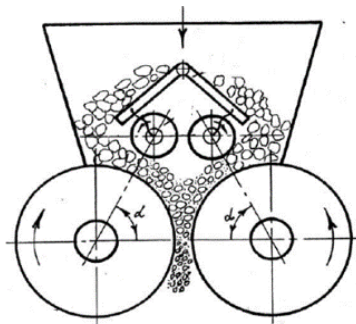


Рис. 3 Схема ПВИ с вальковым распределительным устройством

В целом, представлено достаточно много вариантов решения проблемы распределения шихты по всей ширине валков, но при этом такие устройства, зачастую, увеличивают энергозатраты на измельчение, металлоемкость оборудования и, как следствие, его стоимость.

Гранулометрический состав исходного материала оказывает существенное влияние на процесс измельчения в ПВИ, поэтому проблема подбора рационального гранулометрического состава является не менее важной. Для решения данной проблемы используют классифицирующие устройства, устанавливаемые непосредственно перед рабочей зоной валков. Пример использования ПВИ совместно с классифицирующим устройством представлен на рисунке 4 [5].

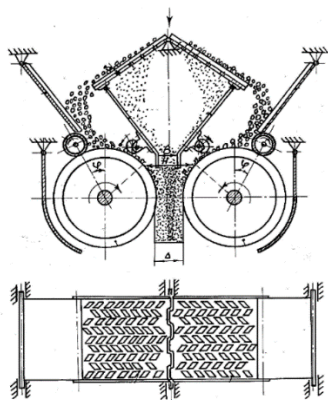


Рис. 4 Схема ПВИ с классифицирующим устройством

Следующее направление совершенствования конструкции, это улучшение условий захвата измельчаемого материала. Для этого ведутся разработки в части получения профиля валка, обеспечивающего наиболее рациональное распределение шихты по ширине валка и улучшение условий захвата. Так, существует достаточно большое количество разнообразных профилей поверхности валков, некоторые из которых представлены на (рисунке 5, а-в) [6].

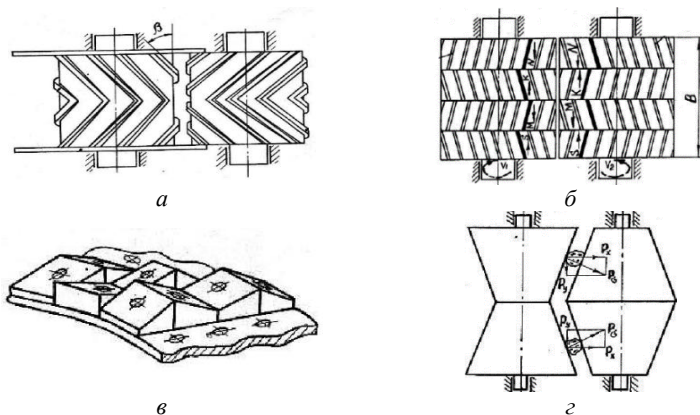


Рис. 5 Форма рабочей поверхности валков:

1 – валки с елочнообразными выступами; 2 – валки с зигзагообразными выступами; 3 – валковые бронеплиты с клиновидным профилем; 4 – валки конической формы

Еще одной проблемой при эксплуатации ПВИ является получение агломерата в готовом продукте, что негативно сказывается на энергопотреблении машины и качестве готового продукта. Чаще всего для исключения такой проблемы в комплексе с ПВИ используют дезагломерирующие агрегаты, такие как молотковые дробилки или барабанные мельницы, в которых осуществляется домол исходного материала.

Существуют решения, в которых предлагается установить в зоне выхода материала из межвалкового пространства дезагломерирующее устройство. Вариант такого ПВИ представлен на (рисунке 6). Такие устройства позволяют значительно сократить расход энергии общего комплекса производства (в некоторых случаях) и значительно повысить качество готового продукта [7].



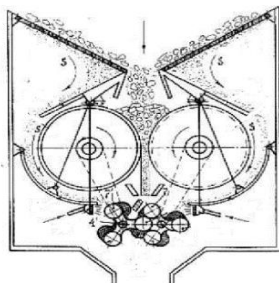


Рис.6 ПВИ с устройством дезагломерирования

Существует подход, который позволяет снизить энергозатраты на 15-20% при измельчении хрупких материалов. Такой эффект может быть достигнут при использовании валков, установленных эксцентрично, т.к. точки, расположенные на поверхности валков, совершают сложные движения, что приводит к появлению объемно-сдвиговых деформаций слоя материала, что также препятствует образованию агломерата [8].

Измельчение является одним из самых энергозатратных процессов в промышленности строительных материалов, в котором ПВИ занимают свою определенную нишу. Это делает целесообразным проведение исследований, направленных на изучение процесса измельчения в ПВИ, разработку различных способов совершенствования конструкции валковых измельчителей. Некоторые актуальные направления совершенствования представлены в данной работе.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Севостьянов В. С. И др. Пресс-валковые агрегаты в промышленности строительных материалов. – Белгород: Изд-во БелГТАСМ, 2000. – 250 с.
2. Романович А.А, Колесников А.В. Основы расчета и проектирования пресс-валковых агрегатов для измельчения анизотропных материалов: монография / Романович А.А, Колесников А.В.// – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2018. – 230 с.
3. [Электронный ресурс] - <https://sahutconreur.com/ru/>.
4. Романович А. А. Энергосберегающие агрегаты для измельчения материалов цементного производства с анизотропной текстурой: – Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2018. – 230 с.

5. Лозовая С.Ю. Теория обеспечения надежности машин и оборудования / С.Ю. Лозовая. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2018, - 224 с.

6. Дмитриенко В.Г. Горные машины и оборудование: учеб. пособие / Н.П. Несмеянов, С.Ю. Лозовая – Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. – 170 с.

7. Лозовая С.Ю. Теоретические основы надежности машин и механизмов: учеб. пособие / С.Ю. Лозовая, Д.В. Карпачев. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. – 199 с,

8. Богданов В.С. Надежность механического оборудования и комплексов: учеб. пособие / В .С. Богданов. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2016, - 118 с,

*УДК 621.926.5*

*Берлизов Л.Н.*

*Научный руководитель: Бражник Ю.В., канд. техн. наук, доц.*

*Белгородский государственный технологический университет*

*им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **НАПРАВЛЕНИЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ШАРОВЫХ БАРАБАНЫХ МЕЛЬНИЦ С ПЕРЕФИРИЙНОЙ РАЗГРУЗКОЙ**

На сегодняшний день помольное оборудование в нашей стране используется далеко не в полной мере, что обусловлено его моральным износом. В связи с этим перед отечественными предприятиями, в первую очередь строительной отрасли, как никогда остро стоят проблемы технического перевооружения, расширения ассортимента выпускаемой продукции и увеличения объемов производства при повышении качества продукции. Особый интерес представляет оборудование, обеспечивающее тонкий помол цемента и активацию инертных составляющих различных смесей. Такие установки позволяют кардинально улучшить основные физико-механические характеристики выпускаемой продукции и значительно снизить расход цемента на производстве [4].

Оборудование для производства строительных материалов должно удовлетворять следующим требованиям: быть экономичным, надежным, долговечным, обеспечивать гарантируемые ресурсы работы, иметь большую степень автоматизации.

Помольное оборудование осуществляет уменьшение размера частиц при увеличении их относительной прочности вследствие снижения числа участков с предразрушенной структурой. Появившиеся

на первых циклах нагружения микротрещины в мелких частицах могут смыкаться под действием молекулярных сил. Однако увеличение тонкости помола приводит к резкому росту энергоёмкости процесса измельчения. Для помола материалов и были созданы мельницы, видов и классификаций которых на данный момент насчитывается огромное количество.

Одним из наиболее часто используемого оборудования на предприятиях для помола являются шаровые барабанные мельницы с периферийной разгрузкой. Они применяются для измельчения шамота, извести, клинкера и сухих глин. Такие мельницы обычно изготавливают с короткими барабанами (рисунок 1). Как правило, барабан мельницы с периферийной разгрузкой состоит из стальных или чугуновых броневых плит 7, соединенных с двумя торцевыми дисками 6,9, которые в свою очередь также футеруются с внутренней стороны броневыми стальными плитами 7. Броневые плиты располагаются уступами в направлении вращения, причем между отдельными плитами остаются щели для прохождения мелкого материала. Благодаря такому расположению плит при вращении барабана шары достигают оптимальной высоты падения и эффективно измельчают материал [5].

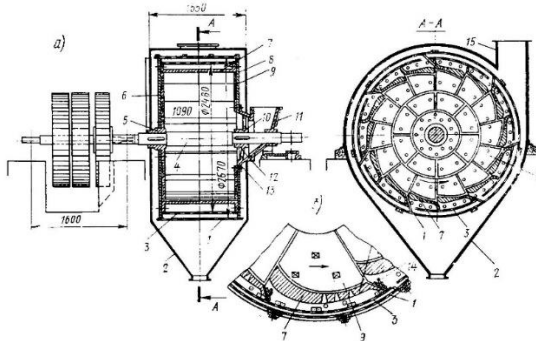


Рис. 1 Барабанная мельница с периферийной разгрузкой через сито:  
 1 – сито; 2 – кожух; 3 – сито; 4 – вал; 5 – ступица; 6 – торцевой диск; 7 – плита;  
 8 – торцевой диск; 9 – бронеплита; 10 – ступица; 11 – воронка; 12 – лопасти; 13  
 – горловина; 15 – патрубок

К недостаткам шаровых мельниц относят высокое энергопотребление и переизмельчение материала, а также не достаточную автоматизированность оборудования.

Основными направлениями совершенствования конструкции данного типа шаровых барабанных мельниц:

- увеличение энергоэффективности;

- устранение переизмельчение материала;
- повышение эффективности процесса помола материала.

Для устранения вышеуказанных недостатков могут быть проведены модернизации по патентам: RU 179 482 U1, RU 2 697 080 C1 и RU 2 614 646 C2.

При использовании модернизации мельницы по патенту RU 179 482 U1, можно достичь: повышения эффективности процесса помола материала, увеличения в помольной камере коэффициента загрузки мелющих тел, перераспределения кольцевыми дисками всех нагрузок барабана.

В предложенном патенте (рисунок 2) к бронеплитам 11 жестко прикреплены кольцевые диски 20 со стороны ряда сит 8.

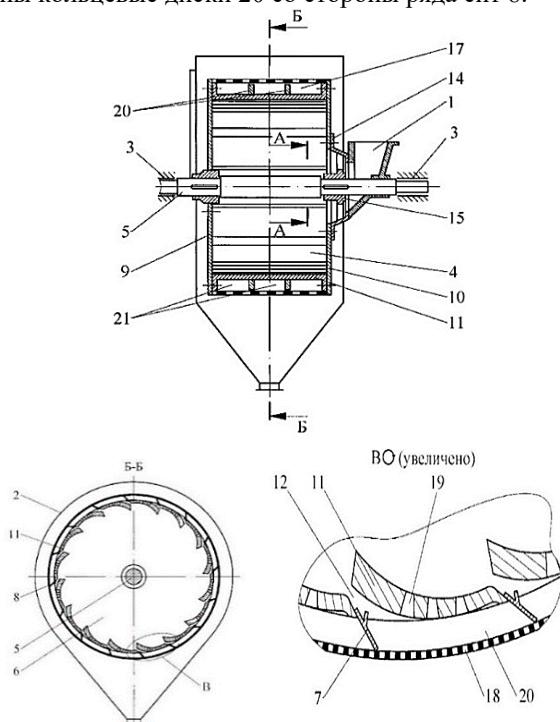


Рис. 2 Конструкция шаровой мельницы по патенту RU17948 U1:  
 1 – питающая воронка; 2 – кожух; 3 – подшипник; 4 – барабан;  
 5 – горизонтальный вал; 6 – помольная камера; 7 – щитки; 8 – сито;  
 9,10 – торцевые диски; 11 – бронеплиты; 12 – промежутки; 13 – полости;  
 14 – горловина; 15 – ступица; 16 – лопасти; 17 – кольцевые промежутки;  
 18,19 – отверстия; 20 – кольцевые диски; 21 – промежутки кольцевых дисков

Кольцевые диски 20 расположены параллельно торцевым дискам 10 и с промежутками 21 по отношению к ним и друг другу, что приводит к существенному увеличению коэффициента загрузки мелющих тел в помольной камере 6, в результате чего повышается эффективность процесса помола материала, приводящая к увеличению производительности мельницы и снижению удельного расхода электроэнергии. Использование отверстий 19 бронеплит 11 и сит 8 позволяет осуществить выделение из мелющей среды и измельчаемого материала частиц определенной крупности по мере их образования, эффективно отделить и направить на доизмельчение в камеру помола некондиционные частицы, отделить измельченный материал с требуемым размером частиц и направить на разгрузку [1].

Модернизация, описанная в патенте RU 2 697 080 C1 (рисунок 3), повышает надежность барабанной мельницы, а также повышает производительность, снижает трудоёмкость ремонта и монтажа барабанной мельницы в составе производственного комплекса. Для достижения поставленного результата барабан выполняется в виде загрузочной, центральной и разгрузочной царг (с немецкого «zarge», переводится как «рамка»), скрепленных фланцевыми соединениями, ширина которых составляет не менее 5% от диаметра барабана. Дополнительно загрузочная и разгрузочная царги могут быть снабжены бандажами. Бандажи могут быть присоединены к царгам любым известным способом, например, путем сварки или с помощью разъёмного соединения, и снабжены ребордами в виде кольцевых выступов в вертикальной плоскости, ограничивающих горизонтальное смещение барабана относительно подшипников.

Царги барабана доставляются отдельно на монтаж места эксплуатации транспортными компаниями по дорогам общего пользования. При монтаже части барабана соединяются с помощью фланцевых соединений 13. Антифрикционная лента 20, закрепленная на кольцевых выступах 19 бандажей 10, закрывает зазор между бандажами 10 и корпусом сегментных подшипников 14 от проникновения пыли к сегментам 15 с антифрикционным покрытием.

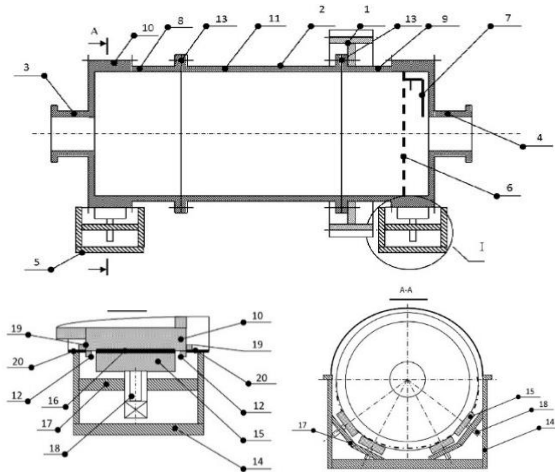


Рис. 3 Конструкция барабана шаровой мельницы по патенту RU269708 С1:  
 1 – привод; 2 – барабан; 3 – загрузочное отверстие; 4 – разгрузочное отверстие;  
 5 – сегментный подшипник; 6 – решётку; 7 – элеватор; 8 – загрузочная царга; 9 –  
 разгрузочная царга; 10 – бандаж; 11 – центральная царга; 12 – реборды; 13 –  
 фланцевые соединения; 14 – корпус; 15 – сегменты; 16 – антифрикционное  
 покрытие; 17 – перекладки; 18 – вертикальные стержни; 19 – кольцевые  
 выступы; 20 – антифрикционная лента

Использование вышеописанной конструкции барабана обеспечивает синергетический эффект по повышению надежности барабанной мельницы при одновременном повышении ее производительности и решает проблему по упрощению ремонта [2].

Для повышения степени автоматизации процесса производства возможна модернизация мельницы по патенту RU 2 614 646 С2. Это способствует повышению: эффективности фиксации технологического шума при работе барабанной мельницы, оперативного контроля протекания процесса измельчения руды и его автоматизации, эффективности процесса помола материала, комплексной оценки состояния процесса измельчения в мельнице. Данное совершенствование достигается тем, что способ фиксации уровня шума в барабанной мельнице включает регистрацию генерируемого шума с помощью микрофона. Полученный выходной скорректированный сигнал усиливают для активации средств визуализации и индикации в виде светодиодов. Аналоговый сигнал подается на управляющий комплекс автоматизированной системы управления технологическими процессами (АСУТП), который с помощью алгоритмов формирует

управляющий сигнал для приводов исполнительных механизмов, осуществляющих подачу воды и руды в барабанную мельницу, а также частоту вращения мельницы. Фиксация технологического шума при работе барабанной мельницы данным способом позволяет обеспечить возможность оперативного контроля протекания процесса измельчения и его автоматизации для получения высококачественного промышленного продукта [3].

В ходе проведённого анализа литературных и патентных источников были выявлены способы повышения энергоэффективности, снижения переизмельчения материала, повышения эффективности процесса помола материала в шаровых барабанных мельницах с периферийной разгрузкой. Применение данных модернизаций позволит автоматизировать процесс работы мельницы, упростить её сборку и повысить коэффициент загрузки мелющих тел. Все вышеперечисленные достоинства и совершенствования приведут к снижению эксплуатационных затрат предприятия и повышению качества и количества производимого продукта.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. 179482 U1 В 02 С 17/02. Шаровая мельница с периферийной разгрузкой через сито / С. И. Ханин; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова" № 2017146863/17, заявл. 28.12.2017; опубл.16.05.2018. Бюл. № 14, 8 с.

2. 2697080 C1 В 02 С 17/00. Барабанная мельница / С. А. Червяков; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью "СГИ-Инжиниринг" № 2018139622/18, завл. 10.11.2018; опубл. 12.08.2019. Бюл. № 23, 11 с.

3. 2614646 C2 В 02 С 17/00. Способ фиксации уровня шума в барабанной мельнице / А. А. Шинкарь; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью "АТЗТ компания "Сатурн Дейта Интернешнл" № 2015120754/15, заявл. 20.12.2016; опубл. 28.03.2017. Бюл. № 10, 8 с.

4. Богданов В.С. Оптимизация энергоэффективности футеровки шаровых барабанных мельниц / В.С. Богданов, С.И. Анциферов, Д.В. Богданов, П.А. Хахалев // Цемент и его применение. – 2021. – № 4. – С. 38 – 41.

5. Ханин С.И. Применение систем автоматизированного проектирования для расчёта прочностных параметров

классифицирующих устройств шаровых мельниц / С.И. Ханин, Д.Н. Старченко, О.С. Мордовская, П.Н. Харин // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2017. – № 12. – С. 181 – 187.

УДК 62-722.1:621.926.52

*Веретельник А.Ф., Маслов Д.Н.*

*Научный руководитель: Латышев С.С., канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **ЭВОЛЬВЕНТА – ВАЖНЫЙ ЭЛЕМЕНТ В ПРОЕКТИРОВАНИИ НЕСТАНДАРТНЫХ ДЕТАЛЕЙ БАРАБАННЫХ МЕЛЬНИЦ**

На производстве строительных материалов, среди множества текущих задач по поддержанию, обслуживанию и снабжению технологической линии, одним из самых убыточных является незапланированный "простой" линии, в результате поломки одной из машин. Чем дольше длится устранение неполадок, тем больше будет сумма потерянной прибыли завода. В связи с этим, конструкторский отдел, а именно инженеры-механики, должны быстро реагировать на проблему и искать оптимальный путь её решения. Грамотный инженер, получивший образование в высшем учебном заведении, за годы обучения получает необходимый объем знаний для решения любых задач, которые требует производство. Уже с первого курса, выбирая свой путь, будущий специалист получает важные знания, упустив которые, придётся возвращаться к литературе и справочникам, спустя годы, будучи уже сотрудником завода. Мы рассмотрели конкретный пример, барабанная мельница и конструирование приводного зубчатого венца на её корпусе.

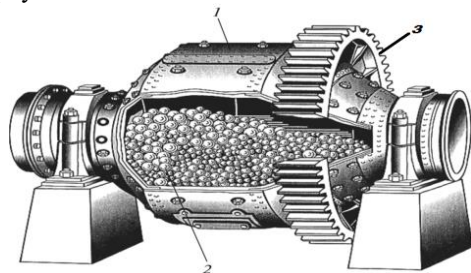


Рис 1. Барабанная мельница

1 — корпус; 2 — шаро-материальная загрузка; 3 — зубчатый венец



Барабанные мельницы — это машины, в которых материал измельчается внутри вращающегося корпуса под воздействием мелющих тел или самоизмельчением. При вращении барабана мелющие тела увлекаются под действием центробежной силы и силы трения вместе с поверхностью стенок на определенную высоту, а затем свободно падают и измельчают материал ударом, раздавливанием и истиранием. Барабанная шаровая мельница является ярким представителем где используется зубчатый венец, который имеет эвольвентное зубчатое зацепление – сцепление механических элементов зубчатым способом, в основе которого стоят зубья. Боковины в данном случае выполнены в виде симметрично расположенных эвольвент. Такая форма сцепления позволяет добиться стабильного, непрерывного передаточного отношения. Подобное сцепление значительно превосходит аналоги, так как в отличие от других типов, имеет стабильное сцепление. Впервые было предложено Л. Эйлером. Позволяет избавиться от неточностей межосевых расстояний, что значительно облегчает монтаж. Его также легко стандартизировать и изготовить. Эвольвента – кривая, которой характерен переменный радиус кривизны. Основой такой кривой является точка на прямой, по которой кривая обкатывается без скольжения по окружности. Диаметр образованной окружности выступает основой.



Рис 2. Эвольвентное зацепление

Для конструирования приводного зубчатого венца на корпусе мельницы, мы обращаемся к курсу начертательной геометрии, а именно построение кривых эволюта и эвольвента. Определение эволюты и эвольвенты неразрывно связано с понятием кривизны кривой линии.

Если определить положение центров кривизны  $O_1, O_2, \dots, O_n$  ряда, принадлежащих данной кривой  $l$  (рис 3.), точек  $A_1, A_2, \dots, A_n$  и соединить их плавной кривой, то получим кривую  $m$ , называемую эволютой кривой  $l$ . Итак, эволюта есть множество точек, являющихся центрами кривизны линии. Кривая  $l$  по отношению к кривой  $m$  (своей эволюте) называется эвольвентой. Образование эвольвенты можно представить, рассмотрев рис 4. Отметим на кривой ряд точек  $M, M_1, M_2, \dots, M_n$ . Примем их за вершины ломаной линии. Из точки  $M_1$  как из центра проведем дугу окружности  $ML_1$  радиусом  $r_1 = |M_1M|$  (точка  $L_1 \in M_2M_1$ ). Затем из точки  $M_2$  проведем дугу радиусом  $r_2 = |M_2L_1|$  и отметим точку ее пересечения с продолжением звена  $M_3M_2$  ломаной линии  $M_1M_2M_3$ .

$$L_2 = |L_1L_2| \cap (M_3M_2) \quad (1)$$

Далее проведем дугу радиусом  $r_3 = |M_3L_2|$  и определим положение точки.

$$L_3 - L_3 = |L_2L_3| \cap (M_4M_3) \quad (2)$$

Следуя описанным путем, можно определить точки  $L_1, \dots, L_n$ . Множество точек  $L_1, L_2, \dots, L_n$  образуют центровую кривую  $l$ . Если число сторон ломаной линии  $M, M_1, M_2, \dots, M_n$  неограниченно возрастает, то в пределе получим кривую  $m$  и соответственно кривую  $l$ , состоящую из последовательных дуг окружностей монотонно изменяющихся радиусов. Кривая  $l$  есть эвольвента кривой  $m$ .

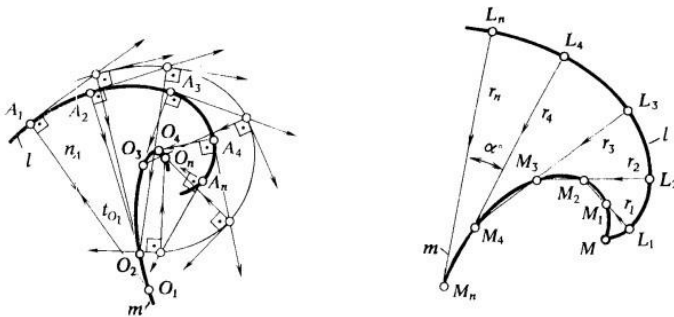


Рис.3

Широкое применение теории «Эволюта и эвольвента» в инженерной практике, в промышленности является зубчатое

зацепление и по построение самого зуба венца. Существует несколько способов построения эвольвентного зацепления. Построение эвольвенты зубчатого колеса состоит из нескольких этапов:

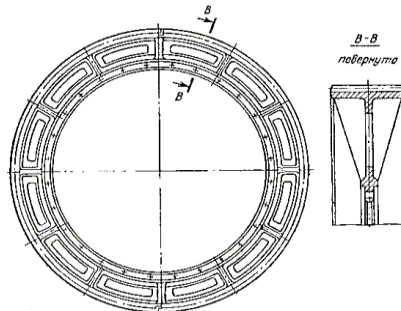


Рис 4. Зубчатый венец

1. Графическое построение окружности радиусов (определяется исходя из необходимого количества зубьев и прочностных характеристик готового механизма).

2. Через полюс зацепления проводится прямая в точке касания изначальных окружностей (строится под необходимым углом зацепления).

3. Окружности колес должны соприкасаться по полученной прямой. Обкатывание ее по окружности первого колеса, образует первую эвольвенту. Такая же манипуляция с колесом 2, позволяет получить вторую эвольвенту.

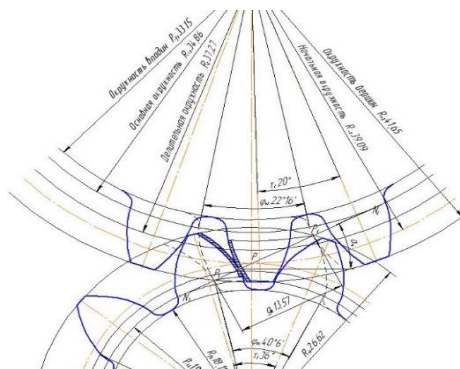


Рис 5 Зубчатое зацепление

При производстве шестерен зубья получают несколькими методами: копирования и обкатки. Метод копирования предусматривает вращение фрезы вдоль поверхности, образующее зубья. Она прорезает одну впадину за один проход между соседними зубьями. Затем фреза возвращается в базовое положение с одновременным поворотом заготовки на необходимый угол шага.

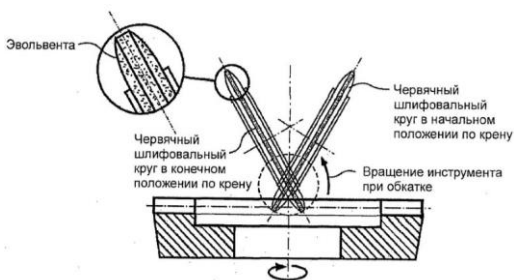


Рис 6 Метод обкатки

Более совершенным способом является метод обкатки. В его основе лежит огибающее движение, соответствующее желаемому движению зубчатого колеса при зацеплении. Зубчатый венец приводного механизма, который служит в качестве привода для передачи вращения в горном оборудовании, цементных мельницах и печах, обжиговых печах и холодильниках, подъемном оборудовании, металлургическом машиностроении и другом оборудовании с малой скоростью вращения и тяжелых условиях эксплуатации. Так же навык конструирования зуба потребуется при изготовлении приводной цилиндрической шестерни с косыми зубьями, которая может быть насажена на приводной вал или изготовлена заодно с ним. В этот список входит и изготовление звездочек для цепных передач, и многих других деталей машин.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аристов В.М., Аристова Е.П. Инженерная графика: Учеб. Пособие. 3-е изд. - М: ООО Изд-во «Путь»: ООО ТИД «Альянс», 2006 - 256с.
2. Попова Г.Н., Алексеев С.Ю. Машиностроительное черчение: Справочник. – СПб.: Политехника, 1994. – 448с.
3. Шаровая мельница. Принцип работы. Применение. Преимущества. (<http://www.tehkit.ru/news/553/>)

4. В.Я. Борщев «Оборудование, измельчение материалов: дробилки и мельницы» - издательство Тамбовского Государственного Технического Университета, 2004. 75с.

*УДК 66.041.491*

*Косенкова Т.Е.*

*Научный руководитель: Фадин Ю.М., канд. техн. наук, проф.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **АНАЛИЗ ПАТЕНТА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ТЕПЛООБМЕНА ВО ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ПЕЧИ**

С давних времен в нашей стране вращающиеся печи используются для высокотемпературной обработки сырья, составляющего основу любых строительных материалов и обеспечивая высокое качество готового продукта. Благодаря процессу обжига, происходящему внутри печей, строительная отрасль получает клинкер, известь, керамзит, шамот и другие материалы. Также, одним из главных преимуществ этих обжиговых машин является высокая производительность.

Для дальнейшего повышения показателей и эффективности печи постоянно модернизируются и дорабатываются ее сборочные узлы и отдельные детали.

Одним из важнейших процессов во вращающейся печи является теплообмен, который осуществляется благодаря теплообменным устройствам, расположенным внутри машины. Они обычно бывают выполнены в виде цепных завес и ячеевых теплообменников, забирающих тепло из горячих печных газов, а при погружении в шлам они отдают его, тем самым обезвоживая. Еще некоторые цепные завесы могут иметь развитую поверхность, которая способствует транспортированию материала в печи.

В результате проведенного патентного поиска было найдено техническое решение, которое способствует повышению интенсификации теплообмена внутри печи.

На рисунках 1 и 2 приведен разрез фрагментов цепи предложенного варианта цепной завесы, которая состоит из звеньев, соединенных между собой и имеющих любую геометрическую форму. В данном варианте, форма звена представляет собой окружность с выемками снаружи и со сглаженной поверхностью в месте контакта звеньев между собой. В каждом звене имеется внутренняя полость, в

которой может содержаться наполнитель из легкоплавких материалов или кварцевого песка. Если внутри каждого звена расположить наполнитель из легкоплавких материалов, например алюминия или меди, то при эксплуатации цепи эти материалы перейдут в жидкое состояние, что позволит аккумулировать в звене больший объем тепла, а значит, повысить эффективность теплообмена за счет более высоких показателей теплоемкости и теплопроводности.

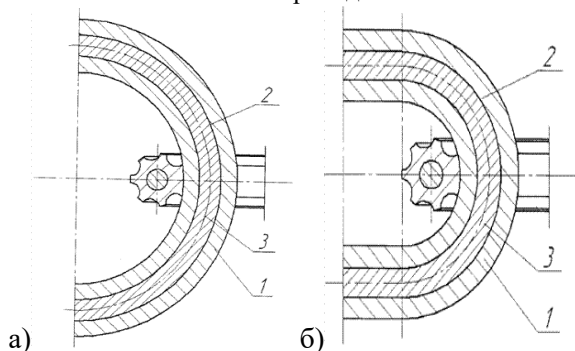


Рис.1. Фрагмент разреза цепи по патенту RU 2425316 С1:  
а) с круглыми звеньями, б) с овальными звеньями.

1 – корпус звена цепи, 2 - внутренняя полость, 3 – наполнитель.

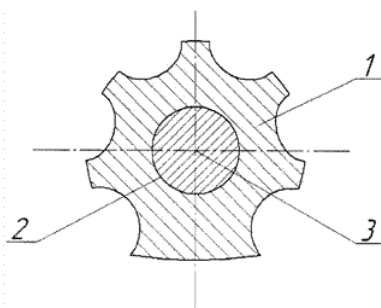


Рис. 2. Поперечное сечение звена цепи.

Достоинством данного конструктивного решения является возможность получить более высокий теплотехнический эффект при использовании таких цепей в печи, так как звенья цепи будут охлаждаться и отдавать аккумулированное тепло на максимальном участке прохождения цепи через слой материала, и также, благодаря созданию полостей внутри звеньев, снизить металлоемкость цепной завесы.

Недостатками этой модернизации будут являться усложнение технологии изготовления такой цепи, которая также будет означать повышение ее стоимости и увеличение трудности ее очистки при обслуживании из-за сложного рельефа поверхности звеньев.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Пат. RU 2425316 C1, F27B 7/18. Цепь для цепной завесы вращающейся печи / А.С. Зубачев, В.Е. Серебряков, С.Б. Жиренко; заявитель и патентообладатель А.С. Зубачев, В.Е. Серебряков, С.Б. Жиренко. № 2009140569/06, заявл. 02.11.2009; опубл. 27.07.2011 Бюл. № 21, 5 с.

2. Силенок С.Г., Борщевский А.А., Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций - М: Машиностроение, 1990г. - 416с.

3. Шаратов Р.Р., Фадин Ю.М., Семикопенко И.А., Несмеянов Н.П., Герасименко В.Б., Основы расчета машин и оборудования предприятий строительных материалов и изделий - Старый Оскол: ТНТ, 2016. – 680с.

4. Вердиян М.А., Богданов В.С., Тынников И.М., Александрова Е.Б., Герасименко В.Б., Расчеты критерия конкурентоспособности цементных заводов - Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. - № 3 , 2018. – с. 101 – 106.

*УДК 691.175.746*

*Матвеев Д.С., Пирожкова Е.С., Лядова Ю.В.,  
Научный руководитель: Чемеричко Г.И. д-р. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **ПРОИЗВОДСТВО ПОЛИМЕРНОПЕСЧАНОЙ ЧЕРЕПИЦЫ**

Полимерная черепица – современный кровельный материал, который отличается от натуральной черепицы более низкой ценой и легким весом. Отличительная особенность – низкий коэффициент влагопоглощения, что является естественной защитой от появления плесени, грибка, мха и от кислотных дождей.

В отличие от большинства кровельных материалов, полимерная черепица изготавливается смешением и формованием под давлением и температурой двух инертных материалов – песка и полимерного компонента – полиэтилена. Изделие получается очень легким, что снижает нагрузку на стропильную систему крыши, не горит, не

деформируется, при длительном пребывании на солнце, не боится мороза и не подвергается коррозии.

При проведении опыт исследований с целью утилизации и переработки пластиковых отходов для полимерного компонента нами был предложен полиэтилен, полистирол, полипропилен и АБС-пластик. Каждый из полимеров придает определённые характеристики черепице. Так, например, избыток полиэтилена повысит морозостойкость и придаст черепице глянец, а полистирол уменьшит дистракционное влияние солнечных лучей. Цвет черепицы определяется добавлением пигмента, но его количество не должно превышать 1%.

Предлагается схема расстановки оборудования для производства полимерпесчаной черепицы (рисунок 1) с применением экструдера, который расплавит поступающую полимерную массу, что позволит создать из горячего пластичного полимера любую по форме черепицу. Все исходные компоненты для производства черепицы поступают в бункеры 1 в готовых эксплуатационных состояниях: мелкофракционный песок с минимальной влажностью и предварительно просеянный; полимерные составляющие – очищенные и измельченные. Затем осуществляется приготовление смеси с точным взвешиванием каждого ингредиента. В нашем случае соблюдается пропорция: 69% песка; 30% полимеров и 1% пигмента для придания черепице определенного цвета.

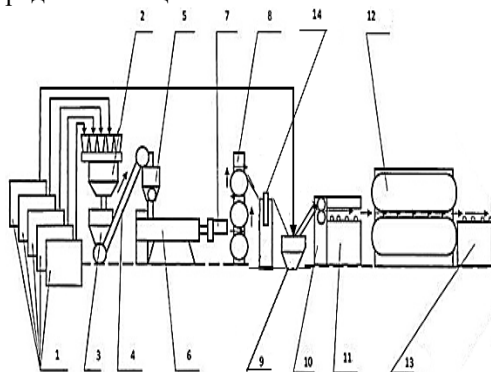


Рис. 1 Схема расстановки оборудования экструзивного способа производства полимерпесчаной черепицы с устройством:

1 – бункеры исходного сырья; 2,9 – смесители; 3 – бункер сыпучих смесей; 4 – автоматический разгрузчик; 5 – бункер с дозатором; 6 – экструдер; 7 – щелевая головка; 8 – трехвалковый каландр; 10 – тянущее устройство; 11 – стол разогрева; 12 – формовочная машина; 13 – приемный стол; 14 – автоматический нож.



После взвешивания полимерные компоненты поступают в смеситель 2 и тщательно перемешиваются до получения композиционного сухого состава. Далее смесь подается в экструдер 6, где она нагревается, перемешивается, пластицируется и выдавливается в профилирующую щелевидную головку 7. Полученная полимерная лента поступает на трехвалковый каландр 8 и раскатывается, образуя тонкие пластины полимерного материала. Так как получаемые пластины являются достаточно длинными их режет автоматическими ножами 14 на мелкие кусочки. Они вместе с песком поступают в термосмеситель 9, где при дополнительном нагревании, перемешиваются до вязкотекучего состояния. Сюда же вводятся и пигмент. Разогретая полимернопесчаная смесь поступает на стол разогрева 11, который поддерживает температуру необходимую для формирования черепицы в следующей машине 12. Для охлаждения полимерпесчаной массы в процессе формирования в пресс-форме предусмотрена система каналов и штуцеров, через которые пресс-форма подключается к системе охлаждения. Это обеспечивает циркуляцию охлаждающей жидкости внутри формы для эффективного охлаждения изделия по всей массе.

В итоге получается готовая качественная плитка с выдержанными размерами. До полного остывания её раскладывают на приёмный стол.

Рассмотрим строение экструдера. Полимерный материал из бункера 3 поступает в материальный цилиндр 2, захватывается вращающимся шнеком (червяком) 1 и транспортируется к формующей головке, фрагмент которой показан позицией 7. При этом полимер в первой, питающей, зоне шнека  $l_1$  размягчается и уплотняется в пробку, в зоне сжатия  $l_2$  он расплавляется, а в зоне дозирования  $l_3$  гомогенизируется и подготавливается к подаче в формующую головку [1].

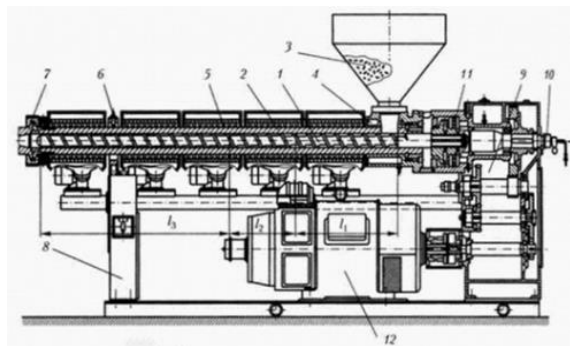


Рис. 2. Одношнековый экструдер

Для обеспечения требуемого теплового режима и условий транспортирования в материальном цилиндре установлены зонные кольцевые нагреватели 5 с индивидуальными вентиляционными устройствами; участок цилиндра вблизи загрузочного отверстия охлаждается водой по каналам 4, а для контроля температуры служат термодпары 6. Конструкция шнека предусматривает его внутреннее охлаждение водой, подаваемую и отводимую через устройство 10. Шнек получает вращение от электромеханического привода, состоящего из электродвигателя 12 и ротора 9. Осевое усилие, действующее на шнека в направлении, противоположном транспортированию расплава, воспринимается подшипниковым узлом 11. Все рабочие узлы экструдера смонтированы в корпусе 8[2].

Шнек характеризуется следующими основными геометрическими параметрами: диаметром  $D$ ; длиной  $L$ ; шагом винтовой нарезки  $t$ ; глубиной нарезки  $h$ ; шириной гребня витка  $e$ ; величиной зазора между гребнем шнека и внутренней стенкой цилиндра  $\delta$ ; углом подъема винтовой линии нарезки шнека  $\varphi$ ; геометрической степенью сжатия.

Технологический процесс экструзии складывается из последовательного перемещения материала вращающимся шнеком в его зонах: питания, пластикации, дозирования расплава, а затем продвижения расплава в канал формующей головки. Деление шнека на зоны I – III осуществляется по технологическому признаку и указывает на то, какую операцию в основном выполняет данный участок шнека. Разделение шнека на зоны условно, поскольку в зависимости от природы перерабатываемого полимера, температурно- скоростного режима процесса и других факторов начало и окончание определенных операций могут смещаться вдоль шнека, захватывая различные зоны или переходя из одного участка в другой.

Цилиндр также имеет установленные длины зон обогрева. Длина этих зон определяется расположением нагревателей на его поверхности и их температурой. Границы зон шнека I – III и зон обогрева цилиндра могут не совпадать[3].

Таблица 1 – Характеристики одношнекового экструдера типа SP 150.

Параметры экструдера	Числовое значение
Диаметр шнека, мм	150
Соотношение $L:D$	3,5:1
Глубина нарезки, мм	От 4,5 до 2,8
Глубина винтового канала, мм	3,6

Постоянный шаг, мм	48
Ширина гребня, мм	4
Угол подъема винтовой линии, °	4
Скорость вращения шнека, об/мин	7-25
Диапазон поддержания температуры, °	20-400
Мощность обогрева в каждой зоне, кВт	2,3
Мощность вентилятора, Вт	180

Необходимое число оборотов шнека определяют по производительности зоны дозирования шнека.

Шаг винтовой линии определяется по формуле (1).

$$t=(0,8-1,2)D=48 \text{ мм} \quad (1)$$

Ширина гребня витка шнека определяется по формуле (2).

$$e=(0,06-0,1)D=4 \text{ мм}; \quad (2)$$

Радиальный зазор между внутренней поверхностью цилиндра и наружной поверхностью витка шнека определяется по формуле (3).

$$\delta=(0,002-0,003)D=0,5 \text{ мм} \quad (3)$$

Глубина винтового канала шнека с постоянным шагом определяется под загрузочной воронкой  $h_1=(0,12-0,16)D$ , в конце зоны с переменной глубиной нарезки  $h_2$  по формуле (4).

$$h_2 = 0,5 \left[ D \sqrt{D^2 - \frac{4h_1}{i} (D - h_1)} \right] = 3,6, \quad (4)$$

где  $i$  — коэффициент (степень) сжатия, варьируется от 2 до 6 и выбирается в зависимости от вида перерабатываемого материала.

Для шнека, дозирующая зона которого имеет нарезку с постоянными размерами, оптимальная скорость вращения определяется по формуле (5).

$$\omega_{\text{ч}} = Q \frac{K+\beta+\gamma}{\alpha K} = 1600 \text{ об/ч}, \quad (5)$$

где  $Q$  — требуемая производительность, кг/ч;  $\rho$  — плотность полимерного материала, г/см<sup>3</sup>;  $K$  — геометрическая константа;  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\gamma$  — геометрические коэффициенты, учитывающие расход расплава

полимера в прямом (вынужденном) и обратном потоках, а также в потоке утечки через неплотности (11).

где  $\varphi$  — угол наклона винтовой линии по наружной поверхности шнека;

значения интегральных коэффициентов  $I$  определяются по уравнениям (7, 8, 9, 10)

$$I_1 = \frac{l}{h_1 - h_2} \ln \frac{h_1}{h_2} = \frac{525}{4,5 - 2,8} \times \ln \frac{4,5}{2,8} = 146,5 \quad (7)$$

$$I_2 = \frac{l}{h_1 h_2} = \frac{l}{h_1 h_2} = \frac{525}{4,5 \times 2,8} = 41,6 \quad (8)$$

$$I_3 = \frac{l}{2c} \left( \frac{1}{h_2^2} + \frac{1}{h_1^2} \right) = \frac{525}{2 \times 0,003} \left( \frac{1}{2,8^2} + \frac{1}{4,5^2} \right) = 0,05 \quad (9)$$

$$C = \frac{h_1 - h_2}{l} = \frac{4,5 - 2,8}{525} = 0,003 \quad (10)$$

$$F = \frac{150 \times 0,05 - \cos(2 \times 4) \times 41,6}{0,5 \times 150 \times \sin(2 \times 4)} + \frac{\operatorname{tg} \varphi (146,5 - 41,6)}{150^2} = 0,18 \quad (11)$$

Потребляемая мощность привода представляет формула (12)

$$N = 32 \cdot 105 Q_c (T_p - T_0) = 5,42 \text{ кВт}, \quad (12)$$

где  $Q_c$  — производительность экструдера, кг/ч;

$T_p$  — температура расплава, град;

$T_0$  — температура загружаемого полимерного материала.

Согласно справочным данным по рассчитанной мощности привода шнек подбираем электродвигатель:

Таблица 2 – Технические характеристики электродвигателя

Двигатель	Мощность, кВт	Номинальная частота вращения об/мин	КПД%	Cosφ	Масса, кг
АИР100L2ЖУ2	5,5	1440	87,5	0,83	45

В ходе исследования был предложен состав полимернопесчаной черепицы, основанный на сочетании вторично использованных полимерных материалов, её технологическая схема производства, основным элементом которой является одношнековый экструдер, и подобран двигатель, подходящий по параметрам работы к шнеку экструдера.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Торнер Р.В., Акутин М.С. Оборудование заводов по переработке пластмасс. М: Химия, 1986. 400 с.
2. Бортников В.Г. Основы технологии переработки пластических масс. М: Химия, 1983. 328 с.
3. Чемеричко Г.И., Бражник Ю.В., Ченцов А.Е. Механическое оборудование заводов по производству полимеров Белгород.: Издательство БГТУ им. В.Г. Шухова, 2020.177 с.

*УДК 502.174.1; 691*

*Проценко А.М., Шамгулов Р.Ю., Бабуков В.А.  
Научный руководитель: Севостьянов М.В., д-р техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия.*

### **ПРИГОТОВЛЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ СМЕСЕЙ ИЗ ВТОРИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Использование отходов промышленности позволяет частично решить проблему утилизации техногенных материалов и уменьшить себестоимость композиционных смесей, получаемых при переработке последних.

Для повышения прочностных характеристик смесей (прочности при сжатии, изгибе и растяжении; трещиностойкости) целесообразно использовать армирующие базальтовые волокна.[1]

При приготовлении дисперстно-армированных бетонов используют большое количество различных отходов стройиндустрии и промышленных предприятий сельскохозяйственных отраслей [2].

Получения базальтовых волокон для армирования бетонов происходило в вибрационно-центробежном агрегате комбинированного действия (ВЦА-КД) (рисунок 1).

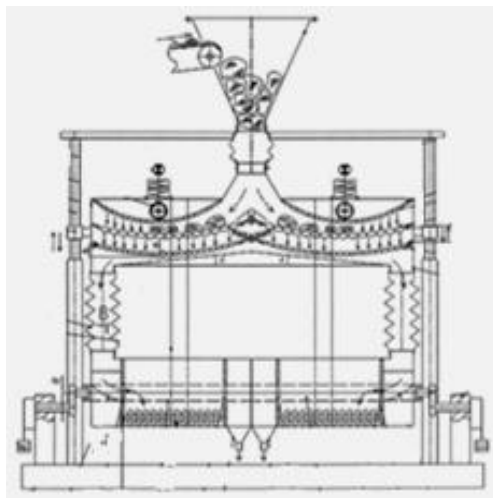


Рис. 1 Вибрационно-центробежный агрегат комбинированного действия с двумя камерами.

Агрегат предназначен для измельчения техногенных волокнистых материалов, таких как отходы базальтовой ваты. Данные волокнистые материалы применяют при производстве композиционных строительных смесей различного функционального назначения [3].

Агрегат имеет возможность получения фиброполнителей различных размеров с широким диапазоном дисперсности. Высокая удельная поверхность фиброволокна повышает армирующие свойства композиционной смеси.

В качестве прочностной добавки использовали продукт термолитной технологии - технический углерод [4]. Применение технического углерода в композиционных смесях приводит к повышению прочности образцов при изгибе и сжатии [5]. Для расширения области использования (в теплоизоляции; в производстве сверхлёгкого бетона и лёгких керамзитобетонных блоков; в качестве заполнителя в декоративных изделиях для частных загородных домов и городских объектов; мелкозернистых фибробетонах) технический углерод подвергли агломерированию в разработанном барабанно-винтовом агрегате комбинированного действия (рисунок 2) [6].

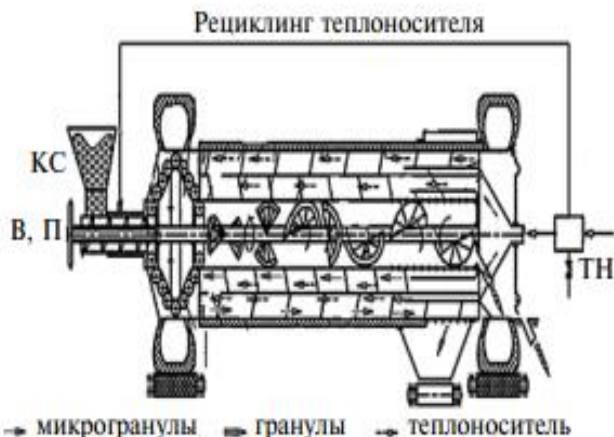


Рис. 2 Барабанно-винтовой агрегат для гранулирования полидисперсных материалов.

Данное изобретение обеспечивает микрогрануляцию техногенного, высокопористого и высокодисперсного материала.

Смешение всех компонентов происходит в технологическом модуле для приготовления гетерогенных композиционных смесей [7-8].

Модуль состоит из вертикального турбулентного смесителя, в котором происходит макросмешение поступающего материала, где двухзаходные винтовые лопасти обеспечивают качественную гомогенизацию всех компонентов смеси. В горизонтальном смесителе, в зоне загрузки, установлена винтовая лопасть, обеспечивающая быструю подачу поступающего материала в зону микросмешения. Двухзаходные винтовые лопасти создают внутренние рециркуляционные потоки смеси, что обеспечивает качественную гомогенизацию всех компонентов и позволяет устранить застойные зоны в центральной части горизонтального смесителя (рисунок 3).

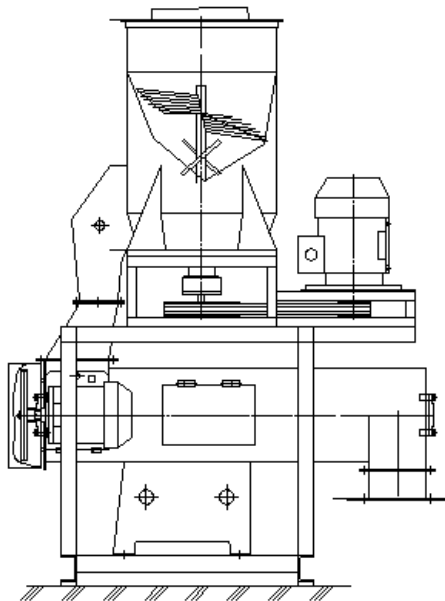


Рис. 3 Технологический модуль для приготовления гетерогенных композиционных смесей

Таким образом, одним из эффективных путей решения проблемы накопления техногенных отходов в больших количествах является вторичное их использование в качестве наполнителей, армирующих волокон, либо модифицирующих добавок в производстве строительных материалов и изделий. Применение техногенных отходов в качестве вторичных ресурсов позволяет не только уменьшить загрязнение окружающей среды отходами, но и дает возможность получить качественный продукт при экономии первичного сырья, что снижает себестоимость производства.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Е.Е. Ибе. Дисперсно-армированные бетоны на основе базальтового волокна/ Г.Н. Шибаева, Н.А. Артемьев, А.А. Миколайчик// Инженерный вестник Дона, №2 (2021) [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2021/6832](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2021/6832).
2. Шишакина О.А. Обзор направлений утилизации техногенных отходов в производстве строительных материалов. / Шишакина О.А.,



Паламарчук А.А. //Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований № 4, 2019 С. 198-203.

3. Пат. №2692624С1 РФ, МПК 51 В02С 17/08. Устройство и способ переработки техногенных волокнистых материалов для получения фибронаполнителей/ Севостьянов М. В., Полуэктова В. А., Севостьянов В. С., Сирота В. В., Уральский В. И., Мартаков И. Г., Бабуков В. А. "Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова". Заявка: 2018131819, 03.09.2018г. Оpubл. 25.06.2019г. Бюл. №18.

4. Пат. № 2744225 С1 РФ, МПК F23G 5/027, В09В 3/00. Способ низкотемпературной переработки органических твердых коммунальных отходов и установка для его реализации / Глаголев С. Н., Севостьянов В. С., Шеин Н. Т., Оболонский В. Ва., Севостьянов М. В., Шамгулов Р. Ю., Перелыгин Д. Н.; патентообладатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова». Заявка: 2020124265, 22.07.2020г. Оpubл. 03.03.2021г. Бюл. № 7.

5. Г.И. Яковлев. Влияние дисперсий технического углерода на свойства мелкозернистого бетона/ В.П. Грахов, А.Ф. Гордина, А.В. Шайбадуллина, З.С. Саидова, С.В. Никитина, Е.В. Бегунова, А.Э.М.М. Эльрефаи// Строительные материалы. 2018. № 8. С. 89–92. DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2018-762-8-89-92>.

6. Пат. 2748629 РФ, МПК F26В 11/04. Барабанно-винтовой агрегат для гранулирования техногенных материалов. и их обработки / Севостьянов В. С., Шеин Н. Т., Севостьянов М. В., Шамгулов Р. Ю. и др.; заявитель и патентообладатель «Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова». — № 2020129204; заявл. 03.09.20; опубл. 28.05.21, Бюл. № 16. — 2 с.

7. Пат. № 2729680 С1. Технологический модуль для приготовления гетерогенных композиционных смесей/ Севостьянов М.В., Мартаков И.Г., Севостьянов В.С., Полуэктова В.А., Бабуков В.А., Севостьянова К.И.; Заявл. 23.12.2019. Оpubл. 11.08.2020 Бюл. № 23.

8. Свидетельство о регистрации НОУ-ХАУ №20190045. Технологический модуль для приготовления многокомпонентных смесей/ Севостьянов М.В., Полуэктова В.А., Севостьянов В.С., Мартаков И.Г., Бабуков В.А., Шамгулов Р.Ю., Севостьянова К.И., Проценко А.М; регистр. 11.12.2019г.

**УДК 62-9**

**Рязанцев В.Г.**

*Научный руководитель: Герасимов М.Д., канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **ЭКСПЕРИМЕНТ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПАРАМЕТРОВ ВИБРОСТОЛА ЭВ-341 ПОД НАГРУЗКОЙ**

Цель. Определить зависимости полученных параметров (амплитуды, виброскорости, виброускорения) от частоты оборотов и вывести уравнения для каждой функции [1-4].

Методика проведения испытаний. Проведение испытаний проведено в учебно-научно-исследовательской лаборатории «Инновационные вибрационные технологии и машины» кафедры ПТиДМ и Управления НИР БГТУ им. В.Г. Шухова, 09.02.2022.

Технология проведения испытаний включает в себя такие основные операции:

- установка грузов на площадку вибростола ЭВ-341 и жесткое закрепление их;
- подключение вибростола к частотному преобразователю ИЕК ONI A150, с целью регулирования частоты (оборотов): 500, 750, 1000, 1500, 2000, 3000 об/мин;
- подключение виброизмерительной аппаратуры – виброметр VT-2700.

Исполнители: научный руководитель к.т.н., доцент Герасимов М.Д. (научн. руководитель УНМЛ «ИВТиМ»), аспирант Рязанцев В.Г.

Оборудование. Вибростол ЭВ-341; виброметр VT-2700; частотный преобразователь ИЕК ONI A150; вибраторы ИВ-05-50.

Результат.



Рис. 1 Вибростол ЭВ-341

Таблица 1 - Технические характеристики вибростола ЭВ-341

Тип вибростола	Амплитуда колебаний, (расчетная)	Грузоподъемность, (max)	Частота колебаний	Мощность потребляемая
	мм	кг	мин <sup>-1</sup>	кВт
ЭВ-341	0,2...0,4	150	3000	1,0

Изучив паспорт с техническими характеристиками, где сказано, что для пружин сжатия используется сталь Б-2 ГОСТ 9389-75 [5-7].

В ходе эксперимента были получены следующие значения:

Масса с нагрузкой в виде крепежной плиты вибратора ИВ-101Б, которая равна 10,314 кг и вибратор ИВ-101Б, масса которого равна 17 кг. Из этого следует, что суммарная нагрузка будет равна 27,314 кг.

Также с обеих сторон были установлены коробки с грузами. Слева, коробка №1, масса нагрузки равна 15,152 кг. Справа, коробка №2, масса равна 14,251 кг (рисунок 2).

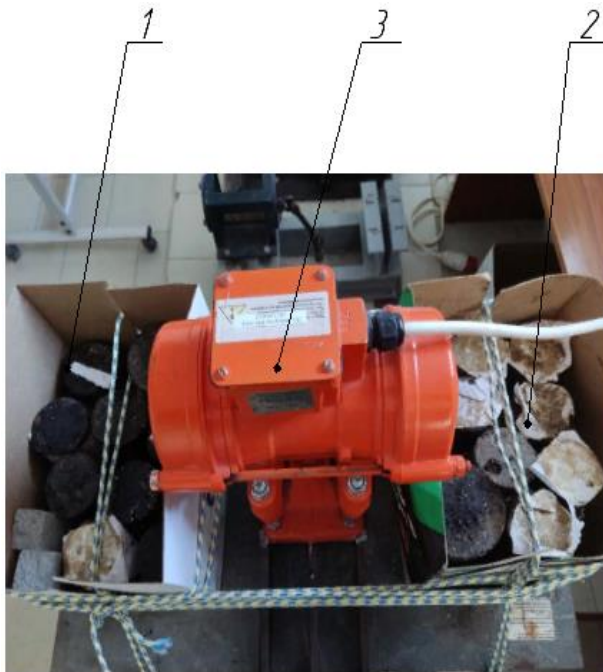


Рис. 2 Вибростол ЭВ-341 с нагрузкой

1 – коробка №1; 2 – коробка №2; 3 – вибратор ИВ-101Б с крепежной плитой.

Общая нагрузка на вибростол ЭВ-341 составляет 56,717 кг  $\approx$  57 кг.

В ходе эксперимента получились такие численные значения  
таблица 2 [8-9]:

Таблица 2 - Экспериментальные значения для вибростола ЭВ-341

	500 об/мин	750 об/мин	1000 об/мин	1500 об/мин	2000 об/мин	3000 об/мин
A мм	1,87	1,39	1,16	1,45	1,65	2,4
v мм/с	34,2	36,4	41,4	72,4	75,4	94
$\xi$ м/с <sup>2</sup>	10,1	16,7	29,3	44	54,3	105,5

Произведя расчет в Excel, строим графики зависимостей, полученных данных от частоты оборотов, а также определяем формулу каждой зависимости.

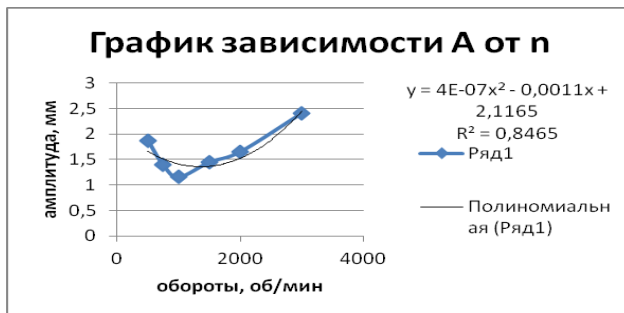


Рис. 3 Зависимость амплитуды от оборотов

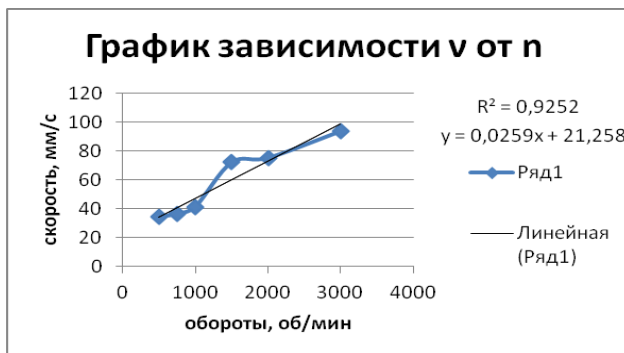


Рис. 4 Зависимость виброскорости от оборотов

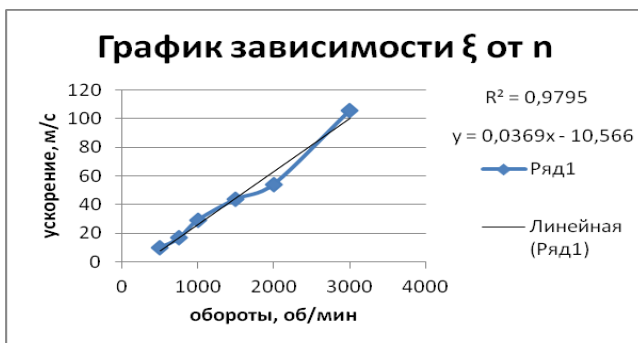


Рис. 5 Зависимость виброускорения от оборотов

Из этого следует, что для определения любого из параметров можно использовать следующие уравнения:

$$A = 4E - 07 \cdot n^2 - 0,0011 \cdot n + 2,1165 \quad (1)$$

где  $A$ - амплитуда колебаний, мм;  $n$  – число оборотов, об/мин.

$$\vartheta = 0,0259 \cdot n + 21,258 \quad (2)$$

где  $\vartheta$ - виброскорость, мм/сек;  $n$  – число оборотов, об/мин.

$$\xi = 0,0369 \cdot n - 10,566 \quad (3)$$

где  $\xi$ - виброускорение, м/сек;  $n$  – число оборотов, об/мин.

Получив среднеквадратичное отклонение ( $R^2$ ) для каждой зависимости, мы видим, что оно стремится быть равным 1. Это подтверждает адекватность полученных уравнений.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Челомей В.Н. Вибрации в технике: Справочник Т. 4. М.: Под ред. Э. Э. Лавендела, 1981. 509 с.

2. Герасимов М.Д., Любимый Н.С., Рязанцев В.Г. Методика проектирования вибропогружателя с асимметричными колебаниями // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2020. №5. С. 135–142.

3. Рязанцев В.Г., Герасимов М.Д., Бражник Ю.В. Приведение равнонаправленных колебаний к асимметричным, путём изменения соотношения величин, составляющих вынуждающую силу // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2021. № 5. С. 19–27. DOI: 10.34031/2071-7318-2021-6-5-19-27.

4. Gerasimov M.D. The influence of the ratio of the vibration device's two stages' imbalances' static moments with asymmetric oscillations on the system amplification factor / Gerasimov M.D., Vorobev N.D., Ryzantsev V.G. and Otakulov O.Kh. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. 786 012047 <https://doi.org/10.1088/1757-899X/786/1/012047>.

5. Герасимов М.Д. Способ получения направленных механических колебаний для практического применения в технологических процессах // Строительные и дорожные машины. 2014. №1. С. 35–38.

6. Рязанцев В.Г., Герасимов М.Д. Расчёт вибродвижителя для дорожного катка с асимметричными колебаниями // Энерго-ресурсосберегающие технологии и оборудование в дорожной и строительной отраслях. Материалы международной научно-

практической конференции. Белгород, 2019. С. 234-248.

7. Gerasimov M. D., Romanovich M. A., Vorobiev N. D., E. Amini. Results of research to improve efficiency of vibrating machines // International Conference “Complex equipment of quality control laboratories”. IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series No 1118. 2018. Pp. 012015. doi:10.1088/1742-6596/1118/1/012015.

8. Gerasimov M., Vorobiev N., Romanovich M., Amini E. The dynamic factor determination of the vibration mechanism with asymmetric vibrations// IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. No 698. 2019. Pp. 066039. doi:10.1088/1757-899X/698/6/066039.

9. Романович А.А. Расчет мощности, затрачиваемой на создание продольного движения мелющих тел // Энерго-ресурсосберегающие технологии и оборудование в дорожной и строительной отраслях: материалы международной научно-практической конференции. Белгород: Изд-во БГТУ, 2019. С. 216–228.

**УДК 621.926.22**

***Цевашов К.Ю.***

***Научный руководитель: Бражник Ю.В., канд. техн. наук, доц.***

***Белгородский государственный технологический университет***

***им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия***

## **НАПРАВЛЕНИЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ЩЕКОВЫХ ДРОБИЛОК**

На сегодняшний день в производстве строительных материалов процессы измельчения являются одними из самых энергоемких. Например, затраты энергии на дробление в производстве щебня составляют 30-60 % от всех энергозатрат.

Для измельчения строительных материалов применяют различные конструкции дробилок. Наибольшее распространение для предварительного измельчения сырья получили щековые дробилки за счет своей универсальности. Их невозможно использовать лишь для дробления вязкоупругих материалов.

В виду широкого спектра применения щековых дробилок можно утверждать, что усовершенствование данного типа оборудования имеет весомое значение для строительной отрасли.

Пути совершенствования щековых дробилок можно разделить на три основных направления:

- повышение производительности;
- повышение надежности;





Немаловажным фактором долговечности работы машины является повышение ее надежности.

На основании патента RU 135272 U1 [2] повышение надежности происходит путем снижения прилагаемых напряжений на конструктивные элементы (изменение рифлений дробящих плит (рисунок 2)). Такое конструктивное исполнение плит позволяет обеспечить разрушение материала под действием растягивающих напряжений, а также снизить сопротивление продвижению материала к разгрузочному отверстию. Тем самым уменьшаются нормальные напряжения, действующие на плиты, что, в свою очередь, увеличивает их долговечность.

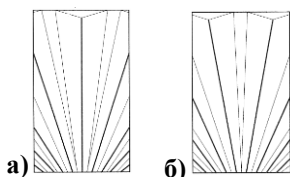


Рис. 2 Схема рифления дробящих плит:

а – дробящая плита неподвижной щеки; б – дробящая плита подвижной щеки

Автоматизации регулировки ширины выходной щели щековой дробилки можно добиться внедрением следящей системы, представленной в патенте RU 2044561 C1 [3]. В конструкции указанной дробилки (рис. 3) распорная плита упирается в блок гидроцилиндров 11, ход штока 10 данных блоков изменяется за счет маслостанции, а регулируется за счет следящей системы. Она содержит гибкую связь, соединяющую ползун 14 с блоком 15, на ободке которого установлен упор 16, взаимодействующий с толкателем 17 конечного выключателя 18. Кроме того, упор, положение которого определяет ширину выходной щели, выполнен подвижным. Это обеспечивает поддержание заданной ширины выходной щели дробилки.

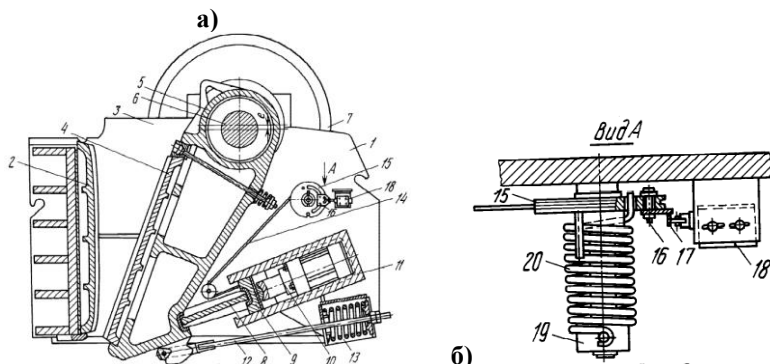


Рис. 3 Щековая дробилка:

- а - схема щековой дробилки; б - поворотный упор следящей системы;  
 1 – станина; 2 – дробящая плита; 3 – корпус; 4 – подвижная дробящая плита; 5 – подвижная щека; 6 – эксцентриковый вал; 7 – шкив-маховик;  
 8 – распорная плита; 9 – ползун; 10 – шток; 11 – моноблок; 12 – тяга;  
 13 – пружины; 14 – ползун; 15 – блок; 16 – упор; 17 – толкатель;  
 18 – включатель; 19 – ось; 20 – пружина

Таким образом, были озвучены основные направления совершенствования щековых дробилок, а также рассмотрены примеры технических решений по устранению основных недостатков конструкций посредством патентного поиска.

Данные решения позволят улучшить экономические показатели предприятий, тем самым уменьшить себестоимость выпускаемой продукции при сохранении или увеличении ее качества.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пат. 2463110 С1, В 27 С 1/04. Щековая дробилка / Ю. Д. Гарасов; заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Санкт-Петербургский государственный горный институт имени Г.В. Плеханова. № 2011116195/13, заявл. 22.04.2011; опубл. 10.10.2012. Бюл. № 28, 5 с.

2. Пат. 135272 U1, В 02 С 1/10. Дробилка щековая / А. Д. Кольга; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова". № 2013135208/13, заявл. 07.26.2013; опубл. 12.10.2013. Бюл. № 34, 7 с.

3. Пат. 2044561 С1, В 02 С 1/02. Щековая дробилка / В. А. Дигтяренко; заявитель и патентообладатель Акционерное общество "Дробмаш". № 5006921/33, заявл. 30.09.1991; опубл. 27.09.1995. Бюл. № 39, 7 с.

4. Карпачев, Д. В. Совершенствование технологии измельчения и обогащения рудных и нерудных материалов / Д. В. Карпачев // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2013. – № 2. – С. 103-107.

5. Богданов В. С. Краткий обзор новых технических решений по совершенствованию конструкций щековых дробилок / В. С. Богданов, В. М. Петренко, И. А. Скитов, М. А. Алдушина // Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов: межвузовский сборник статей, Белгород, 01–20 декабря 2019 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2019. – С. 26-31.

#### **УДК 67.05**

*Шамгулов Р.Ю., Гончаров А.Н., Гридчин Ю.С.*

*Научный руководитель: Севостьянов В.С., д-р техн. наук, проф.*

*Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

### **ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ БАРАБАННО-ВИНТОВОГО АГРЕГАТА ДЛЯ АГЛОМЕРАЦИИ ПОЛИДИСПЕРСНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

В Российской Федерации с апреля 2014 года запущена программа импортозамещения, которая предусматривает ограничение использования иностранной продукции [1]. Политика импортозамещения направлена на создание и развитие производимых внутри страны товаров, которые способны конкурировать с импортными аналогами. Исходя из этого, отечественная продукция получает новый вектор развития на внутреннем и внешнем рынках [2].

В настоящее время, в том числе благодаря развитию импортозамещения, ведётся большое количество разработок по созданию устройств и оборудования для различных отраслей промышленности. Авторским коллективом БГТУ им.В.Г.Шухова был разработан барабанно-винтовой агрегат для агломерирования полидисперсных материалов. Отличительной особенностью данного устройства является совмещение в работе таких процессов, как:

агломерирование, микрогранулирование (образование микрозародышей) и сушка сгранулированного материала [3].

Цель данной работы - теплотехнический расчёт барабанно-винтового агрегата (рисунок 1), а именно определение таких параметров, как расход по массе влажного материала, материальный баланс по абсолютно сухому материалу, а также время сушки влажного материала, которым является технический углерод.

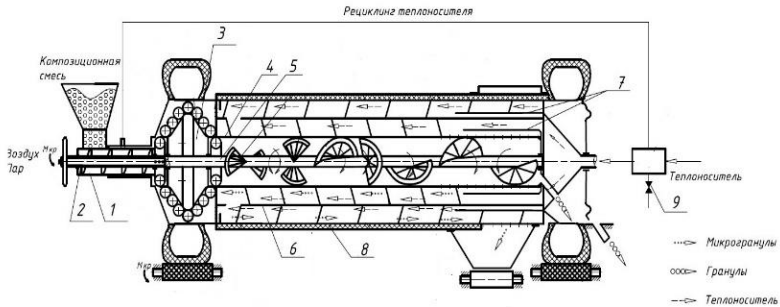


Рис. 1 Барабанно-винтовой агрегат для гранулирования техногенных материалов и их обработки.

1-загрузочное устройство; 2-транспортирующий шнек; 3-спиралевидный блок микрогранулирования; 4-центральный барабан; 5-центральный вал; 6-средний барабан; 7-направляющая теплоносителя; 8-внешний теплоизолированный барабан; 9-конденсатоотводчик.

Теплотехническая сушка заключается в удалении влаги из материала путём подвода теплоты и последующего отвода образующихся паров. Удаление влаги при сушке сводится к перемещению влаги внутри материала к её переносу с поверхности материала в окружающую среду [4].

В ходе теплотехнического расчёта, произведённого согласно методике по расчёту технического оборудования предприятий промышленности строительных материалов [5], нами были определены следующие параметры:

1. Расход по массе влажного материала, поступающего на сушку по формуле:

$$G = G_2 + W; \quad (1)$$

где  $W$  – расход испарённой влаги, кг/ч;

$G_2$  – производительность по сухому материалу, кг/ч.  
Рассчитаем расход испарённой влаги по формуле:

$$W = G_2 \frac{\omega_1 - \omega_2}{100 - \omega_1}; \quad (2)$$

где  $\omega_1 = 20\%$  - начальная влажность материала (технический углерод);

$\omega_2 = 5\%$  - конечная влажность материала;

$G_2 = 400$  кг/ч - производительность по сухому материалу.

Подставляя числовые значения в формулу (2), получим:

$$W = G_2 \frac{\omega_1 - \omega_2}{100 - \omega_1} = 400 * \frac{20 - 5}{100 - 20} = 75 \text{ кг/ч}$$

Итоговый расход влажного материала по массе находим по формуле (1):

$$G = G_2 + W = 400 + 75 = 475 \text{ кг/ч}$$

2. Материальный баланс по абсолютно сухому материалу, расход которого не меняется:

$$G_c = G_1 * (1 - \omega_1) = G_2 * (1 - \omega_2); \quad (3)$$

где  $G_1 = 475$  кг/ч - расход влажного материала по массе;

$G_2 = 400$  кг/ч - производительность по сухому материалу;

Подставив имеющиеся числовые значения в формулу (3), получим:

$$\begin{aligned} G_c &= G_1 * (1 - \omega_1) = G_2 * (1 - \omega_2) = 475 * (1 - 0,2) \\ &= 400 * (1 - 0,05) = 380 \text{ кг/ч} \end{aligned}$$

3. Расчёт времени сушки.

$$t = 120 * \frac{\beta \rho}{m_0} * \frac{\omega_1 - \omega_2}{200 - (\omega_1 - \omega_2)}; \quad (4)$$

где  $\beta = 0,15$  – коэффициент заполнения барабана;

$\rho$  – плотность технического углерода,  $\rho = 400$  кг/м<sup>3</sup>;

$m_0 = 48,4$  кг/(м<sup>3</sup> \* ч). – объёмное напряжение барабана по влаге.

Подставляя числовые значения в формулу (4), получим:

$$t = 120 * \frac{\beta\rho}{m_0} * \frac{\omega_1 - \omega_2}{200 - (\omega_1 - \omega_2)} = 120 * \frac{0,15 * 400}{48,4} * \frac{20 - 5}{200 - (20 - 5)}$$

$$= 12 \text{ мин } 6 \text{ с} = 726 \text{ с.}$$

В данной работе представлен теплотехнический расчёт барабанно-винтового агрегата для агломерации поризованных материалов, в результате которого были найдены следующие параметры: расход влажного материала на сушку, материальный баланс по основному сухому материалу, и время сушки. Расход влажного материала, который поступает на сушку, составил 475 кг/ч, материальный баланс по абсолютно сухому материалу равен 380 кг/ч, а итоговое время сушки составит 726 с.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Программа импортозамещения в Российской экономике в 2014-2015 годах [Электронный ресурс] URL: <https://ria.ru/20151125/1327022750.html>
2. Выжитович А.М., Ершов П.А. Импортозамещение: Актуальные механизмы и инструменты // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. - 2015. - №38 (323). - С.52-64.
3. Пат. № 2748629, Российская федерация, МПК – 2006.01 F26B 11/04. Барабанно-винтовой агрегат для гранулирования техногенных материалов и их обработки / Севостьянов В.С., Шеин Н.Т., Севостьянов М.В., Шамгулов Р.Ю., Перельгин Д.Н., Оболонский В.В.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО “БГТУ им. В.Г. Шухова”. №2020129204, заявл. 03.09.2020; опубл. 28.05.2021. Бюл.№16
4. Губарева В.В., Расчёт и проектирование конвективных сушильных установок, БГТУ им. В.Г. Шухова, Белгород, 2014. – 120 с.
5. Роговой М.И., Кондакова М.Н., Сагановский М.Н. Расчёты и задачи по теплотехническому оборудованию предприятий промышленности строительных материалов / М.: Стройиздат, 1975. – 320 с.

*Шамгулов Р.Ю., Гончаров А.Н., Гридчин Ю.С.  
Научный руководитель: Севостьянов В.С., д-р техн. наук, проф.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ БАРАБАННО-ВИНТОВОГО АГРЕГАТА ДЛЯ АГЛОМЕРАЦИИ ПОРИЗОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

В связи с направлением экономического развития России на курс импортозамещения, спрос повышается на продукцию, произведённую внутри нашей страны. После введения политики импортозамещения отечественные промышленные предприятия нуждаются в новых высокотехнологичных разработках, которые не будут уступать в качестве иностранным [1].

Большим спросом в различных отраслях промышленности (строительная, химическая, металлургическая и др.) пользуются такие поризованные полидисперсные материалы, как перлит, вермикулит, технический углерод и др. Данные материалы характеризуются низкой насыпной плотностью ( $\rho_0 \leq (250-300) \text{ кг/м}^3$ ) и определённым гранулометрическим составом. Последний варьируется от 0,5 до 2 мм и более [2].

Одним из технологических переделов при переработке полидисперсных материалов является агломерирование, которое включает в себя совокупность физико-химических и физико-механических процессов, обеспечивающих формирование частиц определённых размеров, формы, структуры и физических свойств [3]. Для реализации этого процесса разрабатываются и производятся новые установки, которые отличаются своей малогабаритностью, надёжностью, а также являются экономичными в эксплуатации.

Одним из направлений технологического совершенствования аппаратов агломерирования поризованных высокодисперсных материалов является совмещение в одном агрегате различных процессов, таких как микрогранулирование, упрочнение гранул, классификация и сушка.

Примером таких аппаратов является разработка авторского коллектива БГТУ им. В.Г.Шухова“. Барабанно-винтовой агрегат для гранулирования техногенных материалов и их обработки” [4-5]. В данном агрегате (рис. 1.) реализуется задача, направленная на

переработку органических и минеральных высокодисперсных материалов (технического углерода, перлита и др.).

Технический углерод получают способом низкотемпературного термолита ( $T \leq 500 \text{ } ^\circ\text{C}$ ) в специально разработанном и защищённом патентом терморекторе [6-7]. Исходным сырьём являются органические техногенные материалы (ТМ): полимерные, древесные, целлюлозно-бумажные и др. отходы. Данный способ переработки ТМ может быть использован в различных отраслях промышленности, таких как химическая, нефтехимическая, строительная, деревообрабатывающая и др.

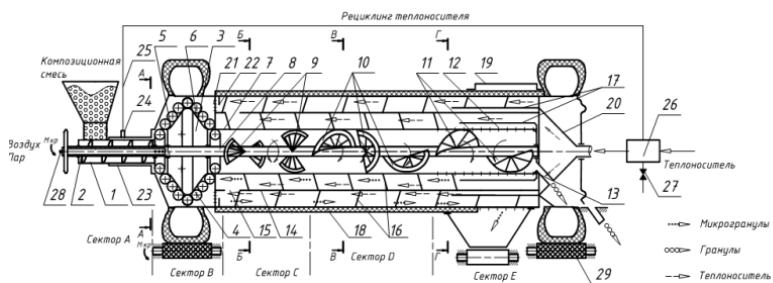


Рис. 1. Барабанно-винтовой агрегат для гранулирования техногенных материалов и их обработки.

1-загрузочное устройство; 2-транспортирующий шнек; 3-спиралевидный блок микрогранулирования; 4-трубчатый контур; 5,6-усеченные конуса; 7-центральный барабан; 8-центральный вал; 9-двухзаходные геликоидальные лопасти; 10-однонаправленные в сторону выгрузки однозаходные винтовые лопасти; 11-однозаходные разнонаправленные винтовые лопасти; 12-сетчатая поверхность; 13-пересыпная полка; 14-средний барабан; 15-выгрузочное окно; 16-нормальные полые геликоидальные параллелепипеды-геликоиды; 17-направляющая теплоносителя; 18-внешний теплоизолированный барабан; 19-защитный кожух; 20-конусообразный раструб подачи теплоносителя; 21-перфорированная торцевая перегородка; 22-стенка; 23-рубашка загрузочного устройства; 24-выходной патрубок; 25-трубопровод циркуляции теплоносителя; 26-распределительный блок рециркуляции теплоносителя; 27-конденсатоотводчик; 28-штуцер продувки; 29-опорные ролики.

Барабанно-винтовой агрегат (БВА) обеспечивает микрогрануляцию техногенных материалов, включая высокопористый и высокодисперсный, за счёт оснащения агрегата спиралевидным блоком микрогрануляции, который отвечает за образование микрочастиц, что является одним из нововведений в конструкции данного агрегата. На центральном валу установлены



разнонаправленные геликоидальные лопасти, которые способствуют классификации гранул. В агрегате установлены винтовые лопасти, направленные в сторону выгрузки и отвечающие за движение гранулируемого продукта. Кроме того, БВА обеспечивает термическую обработку и сушку агломерированных материалов, в том числе продуктов низкотемпературного термолиза.

Как показала практика опытно-промышленных испытаний термолизной установки на ООО “ЭКОТРАНС” для получения технического углерода (ТУ) могут быть использованы различные органические ТКО (полимерные, пластмассовые, резинотехнические и др. отходы). Последующее агломерирование технического углерода существенно расширяет технологические возможности товарной продукции, полученной из ТКО. Агломерированная продукция из ТУ может быть использована для получения теплоизоляционных композиционных смесей, утепления зданий и сооружений, производства теплоизоляционных оболочек и покрытий, а также при производстве облегченных конструкций строительных изделий и др.

В работе представлено разработанное технологическое оборудование для гранулирования поризованных материалов. Барабанно-винтовой агрегат реализует комплекс процессов, таких как микрогрануляция, агломерация полидисперсных материалов, а также их последующую сушку. БВА отличается от уже имеющихся устройств для агломерации тем, что обладает спиралевидным блоком микрогранулирования, который, в свою очередь, способствует образованию микрозародышей. Представленные научно-технические разработки предназначены для расширения технологических возможностей агрегата при переработке высокопоризованных полидисперсных материалов с низкой насыпной плотностью, а также снижения металлоёмкости оборудования.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Выжитович А.М., Ершов П.А. Импортозамещение: Актуальные механизмы и инструменты // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2015. №38 (323). с.52-64.
2. Шкарпеткин Е.А., Анализ получения гранул и средств для их реализации, Наука и современность. 2010. №2-2. С. 378-383.
3. Классен П.В., Гришаев И.Г. Основы техники гранулирования: Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии. –М.: Химия. 1982. – 272 с..

4. Пат. № 2748629, Российская федерация, МПК – 2006.01 F26B 11/04. Барабанно-винтовой агрегат для гранулирования техногенных материалов и их обработки / Севостьянов В.С., Шеин Н.Т., Севостьянов М.В., Шамгулов Р.Ю., Перельгин Д.Н., Оболонский В.В.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО “БГТУ им. В.Г. Шухова”. №2020129204, заявл. 03.09.2020; опубл. 28.05.2021. Бюл. №16

5. Гончаров А.Н., Шамгулов Р.Ю., Разработка барабанно-винтового агрегата для гранулирования технического углерода/ Международная научно-техническая конференция молодых учёных БГТУ им. В.Г.Шухова. – Белгород. 2021. – С.1844-1847.

6. Пат. №2744225, Российская Федерация, МПК – F23G 5/027, B09B3/00. Способ низкотемпературной переработки органических твёрдых коммунальных отходов и установка для его реализации / Глаголев С.Н., Севостьянов В.С., Шеин Н.Т., Оболонский В.В., Севостьянов М.В., Шамгулов Р.Ю., Перельгин Д.Н.: заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО “Белгородский государственный университет им. В.Г.Шухова”, Заявка №2020124265. Заявл. 22.07.2020, опубл. 03.03.2021. Бюл. №7

7. Заявка № 2021134475 от 24.11.2021. Установка для низкотемпературного термолиза твёрдых коммунальных и промышленных отходов / Глаголев С.Н., Севостьянов В.С., Шеин Н.Т., Оболонский В.В., Севостьянов М.В., Шамгулов Р.Ю., Перельгин Д.Н.: заявитель ФГБОУ ВО “Белгородский государственный университет им. В.Г.Шухова”.

**УДК 666.1.002.5**

**Шаталов В.А.**

**Научный руководитель: Михайличенко С.А., канд. техн. наук, доц.**

*Белгородский государственный технологический университет*

*им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ РОТОРНО-ЦЕНТРОБЕЖНЫХ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЕЙ**

Согласно ст.1354 ГК РФ патент на изобретение, полезную модель или промышленный образец удостоверяет приоритет изобретения и исключительное право на изобретение, модель или промышленный образец.

Таким образом, после получения патента патентообладатель будет обладать исключительным правом, позволяющим ему разрешать или запрещать использование патента другими лицами.

Целью нашего анализа опубликованных патентов роторно-центробежных агрегатов (РЦА) является выявление актуальности модернизации уже известных запатентованных агрегатов или разработки нового агрегата. Задача исследования заключается в поиске возможных путей модернизации известных изобретений.

На сегодняшний день известны три новых патента РЦА. Патент №2724667 «Роторно-центробежный агрегат комбинированного действия для переработки органических и минеральных материалов». Изобретение относится к средствам переработки органических и минеральных материалов в области производства строительных материалов, целлюлозно - бумажной промышленности [1]. Агрегат имеет несколько камер роторов для обеспечения различного физико-механического воздействия на сырье (рисунок 1).

Данный агрегат примечателен тем, что у него имеется две камеры измельчения и материал из первой камеры подается во вторую без использования дополнительного оборудования. Поскольку у агрегата роторы находятся на двух отдельных валах, требуется использования дополнительного мотор – редуктора, что делает его менее энергоемким.

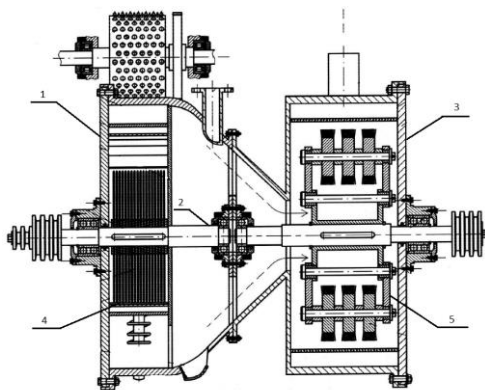


Рис. 1. Схема роторно – центробежного агрегата:  
1,3- камеры измельчения; 2- валы; 4,5- роторы измельчители.

Патент № 2540549 «Установка для измельчения волокнистых материалов». Данное изобретение относится к оборудованию для

измельчения и гомогенизации листовых волокнистых материалов средней и малой прочности, например, твердых бытовых отходов (ТБО) в области строительных материалов [2]. Запатентованная установка (рисунок 2) отличается от предыдущего патента только строением ротора. Это отличие обусловлено использованием агрегата в иной области измельчения.

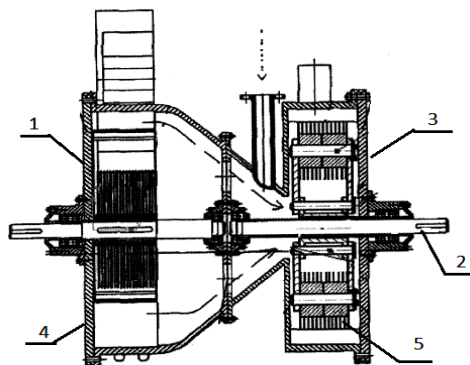


Рис. 2. Схема роторно – центробежного агрегата:  
1,3- камеры измельчения; 2- валы; 4,5- роторы измельчители.

Запатентованный агрегат имеет игольчатое строение ротора для измельчения волокнистых материалов. Данное решение интересно нам для внедрения в разрабатываемую установку.

Самым схожим патентом по строению является № 2204437 «Роторно – центробежный измельчитель». Изобретение предназначено для пневмомеханического измельчения и гомогенизации сухих сыпучих материалов средней и малой прочности [3]. Агрегат содержит корпус цилиндрического строения для измельчения сырья и торообразную камеру для смешения готового продукта с присадками (рисунок 3).

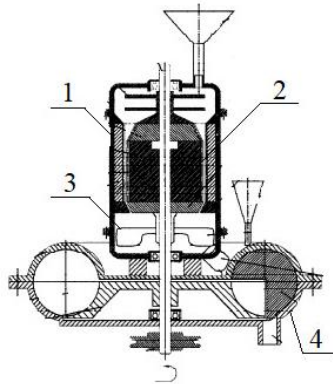


Рис. 3. РЦА с торообразным смесителем: 1- камера измельчения; 2- ротор; 3- лопастной питатель; 4- торообразный смеситель.

Из плюсов у агрегата ротор и сопутствующие органы воздействия на материал закреплены на едином валу, что позволяет нам отказаться от дополнительных мотор – редукторов. Готовое сырье подается в торообразную камеру под действием лопастного питателя, расположенного на валу РЦА.

В ходе проведенного патентного исследование нами было установлено, что тема развития роторно – центробежных измельчителей актуальна на сегодняшний день [4-7]. Каждый агрегат способен занять свое место в технологических линиях.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пат. 2724667 РФ, МПК В02С 18/00 Роторно-центробежный агрегат комбинированного действия для переработки органических и минеральных материалов/ Севостьянов В.С., Шеин Н.Т., Севостьянов М.В., Горягин П.Ю., Нрмилов Р.А. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова". - № 2019129930; заявл. 23.09.2019; опубл. 25.06.2020, Бюл. №18.

2. Пат. 2540549 РФ, МПК В02С 7/00 Установка для измельчения волокнистых материалов/ Глаголев С.Н., Севостьянов В.С. и др. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Белгородский государственный

технологический университет им. В.Г. Шухова". - № 2013141378/13; заявл. 09.09.20134; опублик. 10.02.2015, Бюл. №4.

3. Пат. 2204437 РФ, МПК В02С 18/08 Роторно- центробежный измельчитель/ Севостьянов В.С., Михайличенко С.А. и др. Белгородская государственная технологическая академия строительных материалов. - № 2002100656/03; заявл. 04.01.2002; опублик. 20.05.2003.

4. Севостьянов В.С. Способы совершенствования измельчителей ударного действия на основе многостержневых рабочих органов/ С.А.Михайличенко, Т.Н.Ильин, А.А.Макридин, Т.Л.Сиваченко// Вестник БГТУ. № 5. 2013. С. 87-90.

5. Шаталов, В. А. Роторно-центробежный агрегат с комплексным динамическим воздействием на материал/ В. А. Шаталов // Образование. Наука. Производство: XIII Международный молодежный форум, Белгород, 08–09 октября 2021 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2021. – С. 1246-1252.

6. Шаталов, А. В. Роторно- центробежный агрегат для измельчения перерабатываемых отходов/ А. В. Шаталов, В. А. Шаталов, Д. С. Шавирская // Образование. Наука. Производство: XIII Международный молодежный форум, Белгород, 08–09 октября 2021 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2021. – С. 968-971.

7. Шаталов, А.В. Технологические комплексы для измельчения кремнеземистых материалов: монография/А. В. Шаталов, С.А. Михайличенко; БГТУ им. В.Г. Шухова. – Белгород.: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2016. – 135с.

**УДК 62-137: 678**

***Шаталов В.А., Шаталов А.В.***

***Научный руководитель: Михайличенко С.А., канд. техн. наук, доц.  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия***

## **РОТОРНО-ЦЕНТРОБЕЖНЫЙ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЬ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ АНИЗОТРОПНЫХ ТЕХНОГЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

По данным мониторинга за 2020-21 годы в России образуется более 70 млн. тонн твердых бытовых отходов (ТБО), из них 5-7 млн.

тонн пластик, на втором месте идет стекло - 5-6 млн. тонн в год, на третьем месте – отходы целлюлозно-бумажной промышленности 4-5 млн. тонн. Остальные составляющие общей суммы твердых отходов идут на переработку или захороняются на территориях полигонов ТБО. В свою очередь захоронение отходов на полигонах требует их предварительной сортировки, дезактивации и измельчения, но даже после всех принятых мер неперерабатываемые отходы пагубно влияют на окружающую среду. Для строительства полигонов используются полезные земельные площади, возникает опасность загрязнения подземных вод, неприятные запахи и т.д.[1].

Исходя из вышеуказанного, можно предположить, что технологии переработки отходов не совершенны и требуют модернизации. Одной из прогрессивных технологий утилизации материалов является термолиз. Коллективом научных сотрудников БГТУ им В.Г. Шухова и инженерно-технических работников ООО «ТК «Экотранс» на территории г. Белгорода и Белгородского района проводятся научно-технические разработки и внедрение в реальное производство ресурсно-энергосберегающей технологии и специального оборудования низкотемпературного термолиза твердых бытовых отходов [2].

Упомянутая технология и техника способны под действием температуры (400-500°C) и без доступа кислорода разложить загружаемые материалы на несколько полезных веществ: жидкость, газ и технический углерод. Жидкость в свою очередь состоит из воды и горючего вещества. После ее фильтрации, возможно получить дизельное топливо для мотор - генераторов на территории ООО «ТК «Экотранс» (рисунок 1). Полученный технический углерод можно использовать для пигментации красящих веществ или для изготовления резино - технических изделий.



Рис.1 Термолизная линия с двумя камерами и отстойником

Инженерно-техническим составом ООО «ТК «Экотранс», было установлено, что для успешной и бесперебойной работы термолитной линии следует использовать смесь определенных материалов: бумаги, резины и пластика. При разложении резины выделяется большое количество жидкого составляющего, бумага добавляет вязкости полученному сырью, чтобы оно не деформировало уплотнительные элементы агрегата, а пластик создает большое количество газа, что способствует лучшему уносу жидкости в систему фильтрации.

Для подготовки лучшего сырья требуется использование энергосберегающего измельчающего агрегата. Авторским коллективом научных сотрудников БГТУ им. В.Г. Шухова предлагается использование роторно-центробежного агрегата с комплексным воздействием на измельчаемый материал (рисунок 2).



Рис.2 Роторно- центробежный агрегат

Конструкция ротора агрегата способна обеспечить смешанное воздействие на сырье: удар, истирание, разрыв и т.д. Для измельчения бумаги нам потребуется разрывающее и истирающее воздействие ротора измельчителя (рисунок 3), для измельчения пластика потребуется ударное и режущее воздействие[3]. Малые габариты агрегата позволяют установить его на территории малой площадью и обеспечить термолитный агрегат сырьем в кратчайшие сроки, потому что не требуется долгой транспортировки полученного сырья. На рабочем валу агрегата располагается смешивающая гребенка, она способна смешать полученное сырье с дополнительными материалами (пищевые отходы, полимеры, древесина) и подать полученную смесь на дальнейшую переработку [4].





Рис.3 Рабочий ротор РЦА

На выгрузке стоит специальная крышка с регулируемым зазором относительно выходных отверстий. Данный зазор можно регулировать в пределах 0.5-10мм, что позволяет нам получать сырье с различным размером частиц. Упомянутый диапазон удовлетворяет требованию к размеру частиц для образования рабочей пробки, препятствующей попаданию кислорода в загрузочную камеру термолитической линии.

В ходе проведения эксперимента по измельчению и смешению ТБО нами было установлено, что роторно - центробежный агрегат (РЦА) способен занять свое место в термолитической линии и обеспечить ее качественным сырьем. Дальнейшим перспективным развитием использования РЦА является его внедрение в технологический процесс на территории перерабатывающего завода ООО «ТК «Экотранс».

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Пальгунов П.П., Сумароков М.В. Утилизация промышленных отходов. М.: Стройиздат. 1990. 352 с.

2. В. С. Севостьянов, А. И. Везенцев, Р. Ю. Шамгулов, А. Е. Раздобарин. Термолитическая технология переработки ТКО// Рациональное использование природных ресурсов и переработка техногенного сырья: фундаментальные проблемы науки, материаловедение, химия и биотехнология: Сборник докладов. Международная научная конференция, Алушта-Белгород, 01–05 июня 2021 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2021. – С. 234-239.

3. Шаталов В. А. К вопросу о малотоннажных технологических комплексах для переработки целлюлозно-бумажных отходов / В. А. Шаталов, А. И. Тарасов, Д. А. Герд // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова: Материалы конференции, Белгород, 30 апреля – 2021 года. – Белгород:

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2021. – С. 1857-1859.

4. Михайличенко С.А. Роторно - центробежный диспергатор со смежными камерами классификации и гомогенизации / Качество, безопасность, энерго- и ресурсосбережение в промышленности строительных материалов и строительстве на пороге XXI века: сб. докл. Междунар. науч.-практ. конф., Белгород: Изд-во БелГТАСМ, 2000. Ч.6. С.195-198.

5. Роторно- центробежный агрегат для измельчения перерабатываемых отходов / А. В. Шаталов, В. А. Шаталов, Д. С. Шавирская // Образование. Наука. Производство: XIII Международный молодежный форум, Белгород, 08–09 октября 2021 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2021. – С. 968-971.

**УДК 621.926.6**

***Шеметова О.М., Шеметов Е.Г.***

***Научный руководитель: Фадин Ю.М., канд. техн. наук, проф.***

***Белгородский государственный технологический университет  
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия***

## **ПРОВЕДЕНИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ПНЕВМОСМЕСИТЕЛЕ**

Исследования таких зарубежных ученых как N. Pannirselvam, K. S. Gokul Kishore, Pannirselvam, Tzer Sheng Tie показали большой потенциал использования вспученного вермикулита в строительных смесях для улучшения их физических и термических свойств. Разработка такого вяжущего также открывает перспективный путь для разработки экологически чистых строительных материалов, которые снижают потребление энергии в стране, страдающей от острой нехватки источников энергии, и, таким образом, снижают выбросы вредных газов за счет уменьшения тепла, получаемого через наружные стены и верхнее перекрытие строительной конструкции. Вермикулит как наполнитель в растворе дает возможность уменьшить удельный вес и коэффициент теплопроводности, что важно для теплоизоляции. Растворы с вермикулитом можно использовать в качестве хорошего изоляционного материала там, где это необходимо. Строительный раствор обычно используется в строительстве для связывания камней и

кирпичей, а также для заполнения пустот в стене и стыков панелей и т. д., и он также используется для инкрустации камней и плитки.

Результатом проведенных исследований в рамках диссертационной работы будет получение в качестве готового продукта теплоизоляционного материала [2,4,7-10]. Было рассмотрено несколько составов сухих строительных смесей.

Первая смесь изготавливается в процентном соотношении по объему:

- портландцемент ПЦ М500 Д0 (90%,80%,70%);
- вспученный вермикулит (10%,20%,30%);
- кварцевый песок фракции 0,1-0,5 мм (10%,20%,30%);

Вторая смесь изготавливается в процентном соотношении по весу:

- портландцемент ПЦ М500 Д0 (90%,80%,70%);
- кварцевый песок фракции 0,1-0,5 мм (10%,20%,30%);

Третья смесь изготавливается в процентном соотношении по весу:

- портландцемент ПЦ М500 Д0 (90%,80%,70%);
- бетонный лом (10%,20%,30%).

Во время проведения исследований для определения однородности готового продукта и определения прочностных характеристик смеси дополнительная модификация смеси состоящая из дополнительных добавок не использовалась.

Для эффективного и рационального процесса смешения в пневмосмесителе необходимо, чтобы была обеспечена равномерная подача материала в камеру смешения и непрерывная подача энергоносителя в период смешивания компонентов. Также необходимо, чтобы материал перед проведением смешивания был чистый и просеянный [1,3].

Для эффективной работы пневмосмесителя со спиральной энергоносительной трубкой основными параметрами влияющие на его работу являются:

– производительность ( $Q$ , кг/ч), которая зависит от времени затрачиваемой на качественное перемешивание, расходной концентрации энергоносителя и объема камеры смешения;

– однородность готовой смеси  $V_c$ , %;

– качественные показатели изделия готовой смеси (плотность ( $\rho$ ,  $\text{kg/m}^3$ ), предел прочности ( $\delta_{сж}$ , МПа) и коэффициент однородности ( $V_c$ )).

Во время проведения лабораторных экспериментальных исследований полученные результаты являются обязательными, для подтверждения достоверности аналитических выражений, которые представлены в диссертационной работе, также они требуются при

оценке эффективности процесса смешивания в пневмосмесителе со спиральной энергонесущей трубкой. При помощи полученных данных есть возможность оценивания варьируемых параметров, которые рассматриваются лабораторных исследованиях.

Таблица 1 – Полученные результаты экспериментальных исследований

№ опыта	Варьируемые фактора				Исследуемые параметры			
	P, МПа	n, шт	$\psi$ , %	H, мм	Q, кг/ч	Vc, %	$\delta_{сж}$ , МПа	$\rho$ , kg/m <sup>3</sup>
1	1	25	60	20	13,4	8	35.4	1885
2	2	25	60	20	13,35	9	30.75	1870
3	1	45	60	20	13,7	6	43.16	1925
4	2	45	60	20	13,9	5	51.14	1947
5	1	25	80	20	13	13	19.6	1820
6	2	25	80	20	13,02	11	22.3	1824
7	1	45	80	20	14,65	1	43.18	2052
8	2	45	80	20	13,5	8	36.35	1890
9	1	25	60	40	12,8	12	18.13	1796
10	2	25	60	40	12,2	16	12.48	1720
11	1	45	60	40	13,25	9	21.65	1857
12	2	45	60	40	13,5	8	45.47	1895
13	1	25	80	40	10,3	37	64.13	1453
14	2	25	80	40	12,7	27	55.4	1705
15	1	45	80	40	15,2	9	49	2129
16	2	45	80	40	15,4	7	51.2	2159
17	0,5	35	70	30	15,1	9	40.8	2113
18	2,5	35	70	30	14,8	10	32.17	2081
19	1,5	15	70	30	16,6	1	49.3	2329
20	1,5	55	70	30	15,3	8	40.4	2151
21	1,5	35	50	30	15,8	4	52.34	2225
22	1,5	35	90	30	14,1	3	24.4	1970
23	1,5	35	70	10	14	4	25.7	1963
24	1,5	35	70	50	14,6	1	26.7	2041
25	1,5	35	70	30	13,8	5	31.67	1943
26	1,5	35	70	30	13,7	6	31.19	1913
27	1,5	35	70	30	13,7	6	31.05	1915
28	1,5	35	70	30	13,3	6	32.3	1871
29	1,5	35	70	30	13,6	7	35.55	1902
30	1,5	35	70	30	13,7	6	29.4	1922
31	1,5	35	70	30	14,1	3	31.7	1975

Были проведены лабораторные исследования процесса перемешивания на лабораторной установке пневматического смесителя

с спиральной энергонесущей трубкой, с регистрацией всех выходных данных.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дергунов С. А. Сухие строительные смеси (состав, технология, свойства): учебное пособие. Оренбург: ОГУ, 2012. 106 с.
2. Шеметова О. М., Фадин Ю.М. Анализ технических средств для смешения сухих строительных смесей // В сборнике: Международная научно-техническая конференция молодых ученых. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2000. С. 3012–3015.
3. Богданов В. С. Механическое оборудование предприятий промышленности стройматериалов. учеб. пособие. Белгород: БелГТАСМ, 1996. 102 с.
4. Шеметова О. М., Фадин Ю.М. Сухие строительные смеси и смесительное оборудование для их производства // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2020. №12. С. 145–150.
5. Денисов Г.А. Производство и использования сухих строительных смесей // Сухие строительные смеси. 2011. С. 14-18.
6. Орехова Т.Н., Агарков А.М., Голубятников А.А. Направления конструктивно-технологического совершенствования пневмосмесителей для производства строительных материалов // Научный альманах. 2015. №3. С. 124–127.
7. Фадин Ю.М., Шеметова О.М. Применение пневматических смесителей в строительстве // В сборнике: Механизация и автоматизация строительства. 2020. С. 250–254.
8. Фадин Ю.М., Шеметова О.М. Анализ технических средств для смешения сухих строительных смесей // В сборнике: Национальной конференции, посвященной 50-летию кафедры механического оборудования БГТУ им. В.Г. Шухова. 2020. С.148–151.
9. Fadin Yu.M., Shemetova O.M., Voronov V.P., Shemetov E.G. Pneumatic mixer with a spiral energy-carrying tube // Environmental and Construction Engineering: Reality and the Future. 2021. С. 333–339.
10. Патент на полезную модель №. 2020136892 Пневмосмеситель для сыпучих материалов со спиральной энергонесущей трубкой // Патент России № 204403 U1 Бюл. № 15. / Фадин Ю.М., Воронов В.П., Шеметова О.М., Шеметов Е.Г., Лазько Е.В.

*Шеметова О.М., Шеметов Е.Г.*

*Научный руководитель: Фадин Ю.М., канд. техн. наук, проф.*

*Белгородский государственный технологический университет*

*им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

## **ОБЗОР ФИРМ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ СМЕСИТЕЛЕЙ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ**

В последнее время, становятся востребованными пневматические смесители, они отвечают требованиям по экологическим и производственным нормам, не наносят вреда здоровью сотрудников, а по своим техническим характеристикам ничем не уступают механическим смесителям [1,2,7].

Если учитывать малоизученное направление пневмосмешения то, можно выделить несколько направлений для изучения этого способа перемешивания компонентов: получение новых возможностей смешения за счет разработки эффективной камеры смешения; получение высокотехнологичной обработки сухих многокомпонентных смесей; уменьшение металлоемкости смесителя. В соответствии с разработкой пневмосмесителя и расчетами получения однородной смеси и времени перемешивания можно получить универсальную разработку пневмосмесителя с достижением степени однородности более 95% и возможностью качественного перемешивания компонентов разных по плотности и размеров частиц, большой удельной поверхностью [3,4,8,9].

На данный момент в мире имеется ряд крупных производителей, данного вида оборудования [5,6,10]. Рассмотрим несколько компаний производителей пневмосмесительного оборудования:

- «NOL-TEC»
- «Petrosadid»
- «BLENDCON»

Рассмотрим уникальность решений некоторых из компаний, представленных выше.

Пневматические смесители компании NOL-TEC (рисунок 1) и применяются для гомогенного смешивания порошковых и гранулированных продуктов с размером частиц не более 6мм.

Благодаря отсутствию движущихся механических частей, пневматические смесители идеально подходят для работы с хрупкими или высокоабразивными материалами, кроме того, по окончании

рабочего цикла, они обеспечивают равномерную и полную выгрузку смеси из бункера. Пневмосмесители устанавливаются на новые или существующие бункеры и силосы. Изначально пневмосмесители были разработаны для применения в стекольной промышленности, как альтернатива механическим смесителям стекольной шихты, подверженным сильному износу при работе с высокоабразивным продуктом. В настоящее время пневмосмесители NOL-TEC используются для смешивания сухих строительных смесей, в химической и полимерной промышленности.

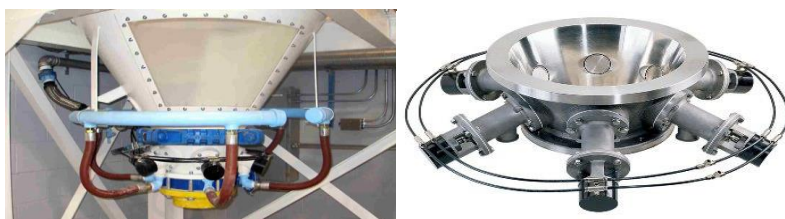


Рис. 1 Пневмосмеситель NOL-TEC

Компания Petrosadid разработала пневматический смеситель (рисунок 2), в котором можно смешивать большое количество продукта. Он более экономичен, по сравнению с механическим смешиванием, универсальность и простота очистки делают возможным применение пневматического смешивания в различных областях. Оснащенный шестью или двенадцатью износостойкими аэраторами, установленными вокруг конуса корпуса, мягкие струи сжатого воздуха впрыскиваются в центр смеси. Это действие мягко поднимает материалы вверх и наружу, пока не будет достигнута цель смешивания. Регулировка давления воздуха, продолжительности включения/выключения и количества импульсов оптимизирует процесс смешивания.

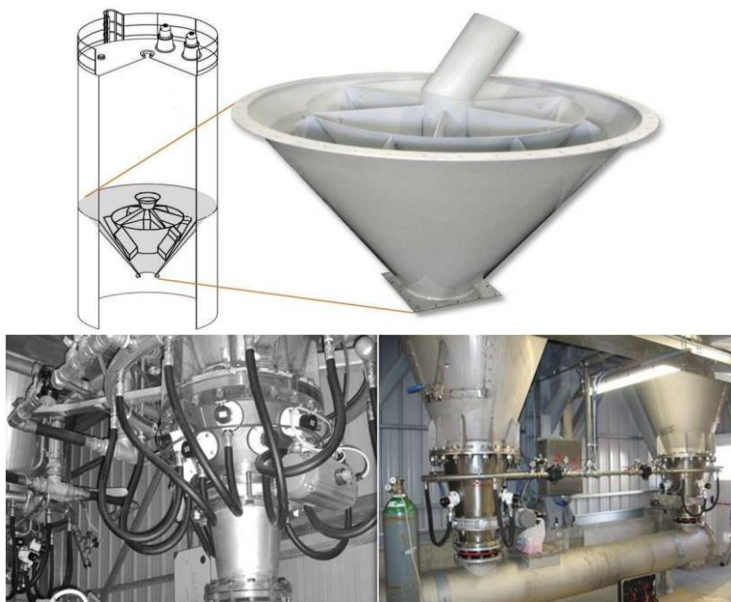


Рис. 2 Пневмосмеситель Petrosadid

Пневмосмеситель BLENDCON компании Dynamic Air (рисунок 3) смешивает сухие материалы до однородной смеси за счет использования высокой кинетической энергии, высвобождаемой при быстром расширении сжатого воздуха до атмосферных условий. Сжатый воздух (обычно от 15 до 30 фунтов на квадратный дюйм (0,103-0,206 мПа)) нагнетается в материал по восходящей круговой схеме и пульсирует для получения оптимальных результатов. Начало движения частиц становится случайным и быстро достигается тщательное смешивание. Низкое энергопотребление, универсальность, быстрый впрыск сжатого воздуха, который работает в импульсном режиме, полностью регулируется по давлению, объему воздуха, продолжительности и частоте для самых разных применений. Конечным результатом является универсальное смешивание с низким усилием сдвига и низким энергопотреблением, что делает смеситель воздуха Blendcon идеальным как для хрупких, так и для абразивных материалов. Отсутствие движущихся частей. Поскольку в смесителе воздуха Blendcon нет движущихся частей во время смешивания и мало изнашиваемых частей, обслуживание очень низкое. Кроме того, гладкие



стенки блендера облегчают очистку между партиями, значительно упрощая технологические требования.



Рис. 3 Пневмосмеситель BLENDCON

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дергунов С. А. Сухие строительные смеси (состав, технология, свойства): учебное пособие. Оренбург: ОГУ, 2012. 106 с.
2. Шеметова О. М., Фадин Ю.М. Анализ технических средств для смешения сухих строительных смесей // В сборнике: Международная научно-техническая конференция молодых ученых. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2000. С. 3012–3015.
3. Богданов В. С. Механическое оборудование предприятий промышленности стройматериалов. учеб. пособие. Белгород: БелГТАСМ, 1996. 102 с.
4. Шеметова О. М., Фадин Ю.М. Сухие строительные смеси и смесительное оборудования для их производства // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2020. №12. С. 145–150.
5. Денисов Г.А. Производство и использования сухих строительных смесей // Сухие строительные смеси. 2011. С. 14-18.
6. Орехова Т.Н., Агарков А.М., Голубятников А.А. Направления конструктивно-технологического совершенствования

пневмосмесителей для производства строительных материалов // Научный альманах. 2015. №3. С. 124–127.

7. Фадин Ю.М., Шеметова О.М. Применение пневматических смесителей в строительстве // В сборнике: Механизация и автоматизация строительства. 2020. С. 250–254.

8. Фадин Ю.М., Шеметова О.М. Анализ технических средств для смешения сухих строительных смесей // В сборнике: Национальной конференции, посвященной 50-тилетию кафедры механического оборудования БГТУ им. В.Г. Шухова. 2020. С.148–151.

9. Fadin Yu.M., Shemetova O.M., Voronov V.P., Shemetov E.G. Pneumatic mixer with a spiral energy-carrying tube // Environmental and Construction Engineering: Reality and the Future. 2021. С. 333–339.

10. Патент на полезную модель №. 2020136892 Пневмосмеситель для сыпучих материалов со спиральной энергонесущей трубкой // Патент России № 204403 U1 Бюл. № 15. / Фадин Ю.М., Воронов В.П., Шеметова О.М., Шеметов Е.Г., Лазько Е.В.