

ЭВОЛЮЦИЯ ВЕРТИКАЛЬНЫХ МЕЛЬНИЦ ДИНАМИЧЕСКОГО САМОИЗМЕЛЬЧЕНИЯ

ostanovskiy51@mail.ru

Приведён анализ существующих схемных решений вертикальных мельниц динамического самоизмельчения, конструктивные особенности и их технические недостатки. Представлены новые запатентованные конструктивные схемы мельниц нового поколения, обеспечивающие снижение энергозатрат при измельчении минерального сырья.

Ключевые слова: мельница, самоизмельчение, корпус, ротор, барабан столб материала, кинематическое несоответствие, индифферентные группы, циркулирующая мощность, интенсивность взаимодействия.

Поиск новых направлений в области создания измельчительного оборудования, отвечающего современным требованиям производства, является актуальной задачей развития страны на ближайшую перспективу [1].

Решение этой сложной задачи в полной мере относится к строительной отрасли и отрасли по производству строительных материалов. Здесь с целью снижения эксплуатационных затрат и повышения конкурентоспособности выпускаемой продукции в ближайшее время необходимо провести переоснащение функционирующих предприятий измельчительным оборудованием с улучшенными техническими характеристиками, созданного на основе передовых научных исследований в области теории измельчения [2].

В последнее время исследователи пришли к выводу, что традиционные технологии и оборудование в принципе не способны решить проблему по модернизации и созданию измельчительного оборудования с улучшенными эксплуатационными показателями, в том числе с низкими энергетическими показателями при дроблении и измельчении материалов [3].

Решить проблему снижения энергозатрат на существующем оборудовании не позволяет то обстоятельство, что в нём используется сложившийся принцип сокращения первоначального размера куска, когда его располагают между рабочими органами: щеками, валками, конусами или шарами и к нему прилагается необходимое усилие, достаточное для его разрушения. В этом случае создаются усилия, которые превышают предел прочности материала на сжатие. В этом случае большая часть затрачиваемой энергии расходуется не на разрушение кусков материала, а на их нагрев, трение между ними и с поверхностью соприкасающихся частей машины и трению в её узлах. Большая часть подводимой энергии (до 70 %) в машинах расходуется на деформацию

рабочих элементов измельчительного оборудования – станин, плит, корпусов, подвижных и неподвижных конусов и др. Из этого вытекают недостатки традиционной техники и технологии дробления и измельчения, которые требуют установку мощных фундаментов, высокую металлоёмкость машин и использования электродвигателей повышенной мощности. Это является основной причиной высоких энергетических затрат при измельчении и дроблении материала [4].

Особый интерес с точки зрения решения этой проблемы является появившаяся возможность использовать для измельчения вертикальные мельницы динамического самоизмельчения системы «МАЯ», в которых реализован способ самоизмельчения, в результате которого разрушение первоначальных кусков происходит при их соударении, сжатии, раскалывании и истирании их между собой [5, 6].

В табл. 1. представлены схемные решения известных вертикальных мельниц динамического самоизмельчения, технические преимущества и приводятся эксплуатационные недостатки, не позволяющие добиться снижения энергозатрат при их использовании.

Эволюции вертикальных мельниц динамического самоизмельчения показывает, что, несмотря на разработку множества конструктивных и схемных решений мельниц системы «МАЯ» они достигли предела по возможности снижения энергопотребления, так как в них реализован принцип разрушения кусков и частиц материала за счёт центробежных сил, которые они приобретают при вращении ротора, угловая скорость которого не может превышать некоторого критического значения [7].

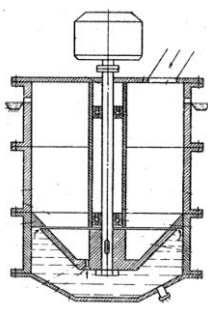
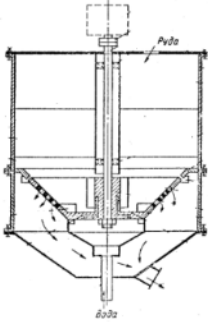
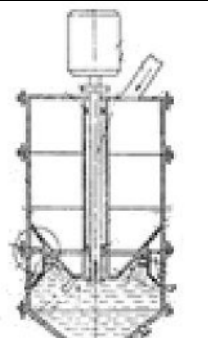
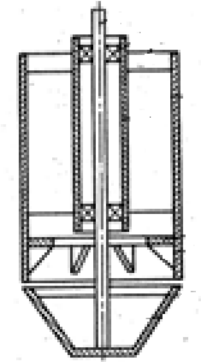
По мнению автора, поиск новых технических решений, обеспечивающих снижение энергопотребления при измельчении в мельницах этой системы, должно базироваться на создании

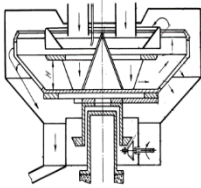
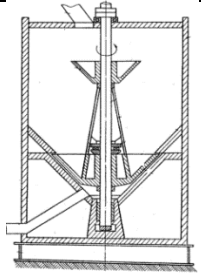
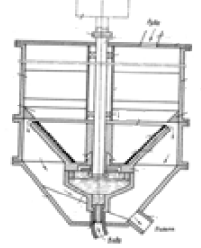
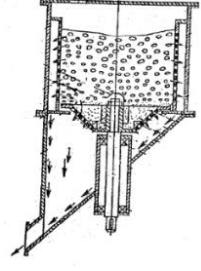
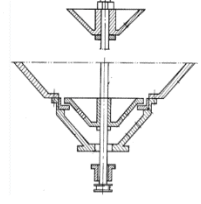
принципиально новых структурных схем, являющихся основой конструкции любой машины [8]. Изменяя закономерности движения звеньев механизма, можно изменять величину, направление

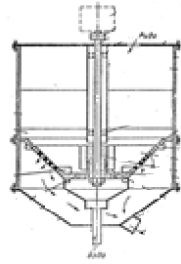
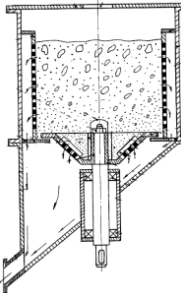
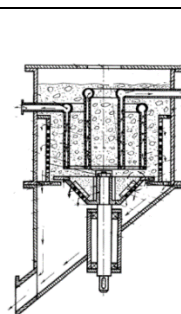
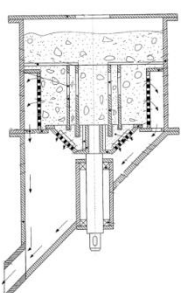
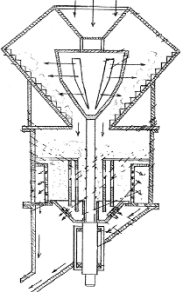
скоростей и моментов в этих звеньях, что будет определять силовые характеристики при их взаимодействии и энергопотребление.

Таблица 1

Эволюция вертикальных мельниц динамического самоизмельчения системы «МАЯ»

№ п/п	Наименование изобретения	Эскиз схемного решения	Номер авторского свидетельства или патента на изобретение, дата публикации	Основные недостатки	Способ достижения технического преимущества	Технические преимущества схемного решения
1	2	3	4	5	6	4
1	Мельница динамического самоизмельчения «МАЯ»		А.с. №710632 Опубл. 25.01.80 Бюл. №3	Несвоевременный вывод готового продукта из рабочего пространства мельницы	1. Оснащением конусообразным выступом и полым цилиндром. 2. В чашеобразном роторе выполнены каналы для подачи транспортирующего агента (воды)	1. Снижение энергозатрат на единицу готового продукта. 2. Снижение расхода металла на единицу готового продукта за счёт замены мелющих тел более крупными кусками измельчаемого материала
2	Мельница динамического самоизмельчения «МАЯ»		А.с. №937002 Опубл. 23.06.82 Бюл. №23.	Несвоевременный вывод готового продукта из рабочего пространства мельницы	1. Установкой эквидистантно в чашеобразном роторе внутренней стенкой с просеивающими поверхностями и сосудом для подачи транспортирующего агента	1. Повышение производительности в единицу времени; 2. Повышение качества за счёт стабилизации гранулометрического состава
3	Мельница динамического самоизмельчения		А.с. №91516139 Опубл. 23.10.89 Бюл. №39	1. Интенсивный износ кольцевого зазора между конусообразным кольцом и чашеобразным ротором. 2. Не своевременный вывод готового продукта из рабочего пространства мельницы	1. За счёт оснащения кольцевой сборной камерой. 2. Выполнение кольцевого выступа перфорированный 3. В верхней части чашеобразный ротор выполнен с отбортовкой, а в нижней с лопатками.	1. Повышение надежности: -повышение срока службы чашеобразного ротора. 2. Повышение качества за счёт стабилизации гранулометрического состава
4	Мельница динамического самоизмельчения		А.с. №957953 Опубл. 15.09.82 Бюл. №34.	Незначительное снижение частоты вращения чашеобразного ротора приводит к значительному снижению производительности	1. Оснащением отбойным кольцом, расположенным над чашеобразным ротором с радиальными перегородками. 2. Вал установлен в подшипниковых опорах расположенных в полом цилиндре,	Увеличение КПД измельчения, удельной производительности, расширение диапазона частоты вращения ротора

1	2	3	4	5	6	7
5	Мельница самоизмельчения МАЯ - Т		А.с. №2053851 Опубл. 10.02.1996 Бюл. №3	1. Высокая металлоемкость. 2. Не своевременный вывод готового продукта из рабочего пространства мельницы.	1. Оснащением трехлучевым кольцевым соединением с полым валом, расположенным на опоре. 2. Чашеобразный ротор имеет съемные сита с горизонтальными щелями. 3. Чашеобразный ротор установлен на полый вал, привод через зубчатую передачу. 4. Удалением готового продукта через сита в чашеобразном роторе при помощи воды.	1. Повышение производительности в единицу времени. 2. Снижение металлоемкости
6	Мельница динамического самоизмельчения «МАЯ»		А.с. №11610632 Опубл. 10.05.2000 Бюл. №25.	1. Интенсивный износ кольцевого зазора между конусообразным кольцом и чашеобразным ротором.	1. Оснащением кольцом для подачи транспортирующего агента (воды). 2. Вал установлен в подшипниковых опорах, расположенных в полом цилиндре. 3. Удаление готового продукта через кольцевой зазор и каналы в чашеобразном роторе при помощи воды	1. Повышение надежности: - повышение срока службы чашеобразного ротора. 2. Повышение качества: - стабильный гранулометрический состав.
7	Мельница динамического самоизмельчения		А.с. №1308382 Опубл. 07.05.87 Бюл. №17.	1. Интенсивный износ кольцевого зазора между конусообразным кольцом и чашеобразным ротором. 2. Не своевременный вывод готового продукта из рабочего пространства мельницы.	1. Оснащением кольцевым карманом, расположенным в верхней части чашеобразного ротора. 2. В наклонную стенку ротора вмонтированы сита. 3. Вал установлен в подшипниковых опорах, расположенных в полом цилиндре, привод верхний 4. Удалением готового продукта через сита в чашеобразном роторе при помощи воды	1. Повышение надежности: - повышение срока службы чашеобразного ротора. 2. Повышение качества: - стабильный гранулометрический состав.
8	Мельница		А.с. №1828412 Опубл. 15.07.93 Бюл. №30	1. Интенсивный износ сопряжения чашеобразного ротора и кольцевого выступа. 2. Не своевременный вывод готового продукта из рабочего пространства мельницы.	1/ Оснащением полым цилиндром с просеивающими поверхностями. 2. Чашеобразный ротор имеет съемный горизонтальный участок. 3. Удалением продукта через сита в чашеобразном роторе и просеивающие поверхности цилиндра	1. Повышение производительности в единицу времени. 2. Повышение надежности за счёт повышения срока службы сопряжения чашеобразного ротора и кольцевого выступа
9	Установка для самоизмельчения		А.с. №2012405 от 15.08.1991. Опубл 15.05.1994	1. Образование зон, в которых материал находится без движения. 2. Не достаточное давление материала на чашеобразный ротор.	1. Оснащением распределительной тарелкой. 2. Часть корпуса выполнена в виде бункера. 3. Вал установлен в подшипниковых опорах 4. Удаление готового продукта через сита в чашеобразном роторе	1. Повышение производительности в единицу времени

1	2	3	4	5	6	7
10	Мельница динамического самоизмельчения		А.с. №1681948 Опубл.07.10.91 Бюл. №37.	Несвоевременный вывод готового продукта из рабочего пространства мельницы	1.Оснащением проемом и сквозным пазом в форме трапеции, выполненными в радиальных перегородках. 2.Вал установлен в подшипниковых опорах, расположенных в полом цилиндре. 3.Удаление готового продукта через сита в чашеобразном роторе.	1. Повышение производительности в единицу времени. 2. Стабильный гранулометрический состав.
11	Мельница		А.с. №2084287 Опубл. 20.07.1997	1. Несвоевременный вывод готового продукта из рабочего пространства мельницы.	1.Оснащением сквозными пазами в радиальных перегородках в виде прямоугольников. 2. Радиальные перегородки установлены с зазором относительно ступицы чашеобразного ротора. 3. Удаление готового продукта через сита в чашеобразном роторе и просеивающие поверхности полого цилиндра	1. Повышение эффективности: -повышение производительности в единицу времени; 2. Повышение стабильности гранулометрического состава.
12	Мельница		А.с. №2142341 от 29.12.1997. Опубл. 10.12.1999	1. Неэффективное удаление материала из рабочей зоны, что приводит к ухудшению его качества из-за переизмельчения. 2. Интенсивный износ периферийной верхней части ребер чашеобразного ротора и снижению производительности мельницы	1. Оснащением четным количеством перфорированных цилиндров, образующих кольцевые камеры, для отвода готового продукта. 2. Удалением готового продукта через сита в чашеобразном роторе. 3. Установкой дополнительных перфорированных цилиндров 4. Внутренняя полость чаши ротора, над наклонной ее частью, выполнена с вертикальным участком, причем высота этого участка составляет до 1/3 от высоты чаши ротора	1. Повышение производительности в единицу времени. 2. Стабильный гранулометрический состав
13	Мельница		А.с. №2376063 от 29.09.2008 Опубл. 20.12.2009	1.Низкая разница в скоростях движения частиц опускающихся в чашеобразный ротор и частиц выходящих из него.	1.Выполнением в радиальных ребрах чашеобразного ротора вертикальных прямоугольных вырезов, в которые установлены вертикальные цилиндры, закрепленные на корпусе. 2. В верхних частях вертикальных цилиндров выполнены окна, а нижние их части выполнены сплошными	1. Повышение производительности в единицу времени
14	Агрегат для измельчения		А.с. №2454280 от 25.10.2010. Опубл. 27.06.2012	Снижение производительности при увеличении крупности питания	1. В радиальных ребрах чашеобразного ротора выполнены вертикальные прямоугольные вырезы, в которых установлены вертикальные цилиндры, закрепленные на корпусе. 2.В верхних частях вертикальных цилиндров выполнены окна 3. Выполнением нижних их частей сплошными. 4. Вал соединяет конусообразную корзину с чашеобразным ротором. 5.Поверхность вала в рабочей зоне дополнительно снабжена зубцами.	1. Обеспечивается совмещение операций дробления и тонкого помола в одном агрегате и интенсификации процесса перемешивания и прохода измельчаемой породы

Из разработанной классификации [9] следует выделить наиболее перспективное направление в создании вертикальных мельниц динамического самоизмельчения нового поколения, позволяющее снизить энергопотребление путём построения их структурных схем с использованием индифферентных групп [10].

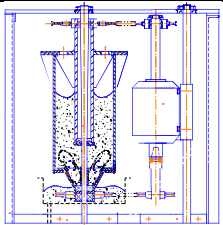
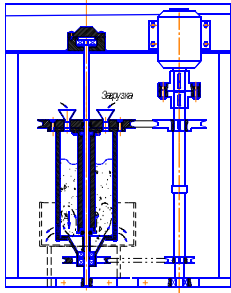
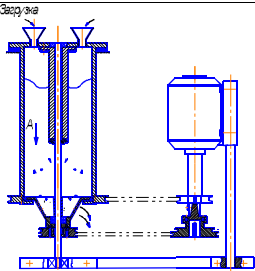
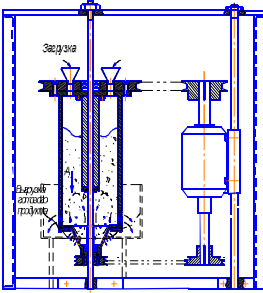
Это позволяет добиться снижения энергозатрат за счёт использования для разрушения материала кроме кинетической энергии движущихся

частиц под воздействием вращающегося ротора дополнительно потенциальную энергию, возникающую при скручивании вала приводного двигателя, которое осуществляется выполнением верхней и нижней ветви замкнутого контура с их кинематическим несоответствием [11].

В табл. 2 представлены запатентованные конструктивные схемы мельниц этой системы и указаны причины, приводящие к снижению энергопотребления при измельчении материала.

Таблица 2

Схемные решения вертикальных мельниц динамического самоизмельчения с индифферентной структурной группой

№ п/п	Наименование схемного решения	Эскиз	Номер патента на изобретение, дата публикации	Техническое преимущество	Способ реализации снижения энергозатрат
1	Измельчитель динамического самоизмельчения		Патент на изобретение №2465960. Опубл. 10.11.2012 г. Бюл. №31	Снижение энергозатрат при той же производительности	За счет возникновения явления «циркуляции» мощности, образующейся в замкнутом контуре кинематической цепи из-за кинематического несоответствия его ветвей
2	Мельница		Патент на изобретение №2496581. Опубл. 27.10.2013 Бюл. №30	Снижение энергозатрат при той же производительности эксплуатационных затрат	За счет возникновения явления «циркуляции» мощности, образующейся в замкнутом контуре кинематической цепи из-за кинематического и несоответствия и упрощения конструкции
3	Измельчитель динамического самоизмельчения материала		Патент на изобретение №2520008. Опубл. 20.06.2014 Бюл. №17	Снижение энергозатрат при той же производительности и эксплуатационных затрат	За счет возникновения явления «циркуляции» мощности, образующейся в замкнутом контуре кинематической цепи из-за кинематического и несоответствия и упрощения конструкции
4	Устройство для измельчения материала		Патент на изобретение №2526668. Опубл. 27.08.2014 г. Бюл. №24	Снижение энергозатрат при той же производительности и эксплуатационных затрат	За счет возникновения явления «циркуляции» мощности, образующейся в замкнутом контуре кинематической цепи из-за кинематического их несоответствия и упрощения конструкции

В мельнице динамического самоизмельчения с индифферентной структурной группой подвод мощности от приводного двигателя к столбу измельчаемого материала осуществляется по двум параллельным ветвям замкнутого контура, причём величины этих потоков мощности для того, чтобы осуществлялся режим самоизмельчения, не должны быть равными между собой. Это достигается тем, что кинетическая цепь строится таким образом, что передаточные отношения передач в верхней и нижней ветви замкнутого контура не равны между собой, т. е.

$i_{\text{верх}} \neq i_{\text{нижн}}$. При этом разность между частотой вращения ротора и барабана должна находиться в пределах $\Delta n = n_{\text{рот}} - n_{\text{бар}} = 300-350$ об/мин.

Передача разных потоков мощности при такой схеме приведёт к скручиванию столба материала в мельнице и приводного вала, в котором за счёт деформации возникнет потенциальная энергия $E_{\text{пот}}$, образующаяся в результате деформации и нарушения равновесия в кристаллических решётках материала, из которого изготовлен вал приводного вала (рис. 1).

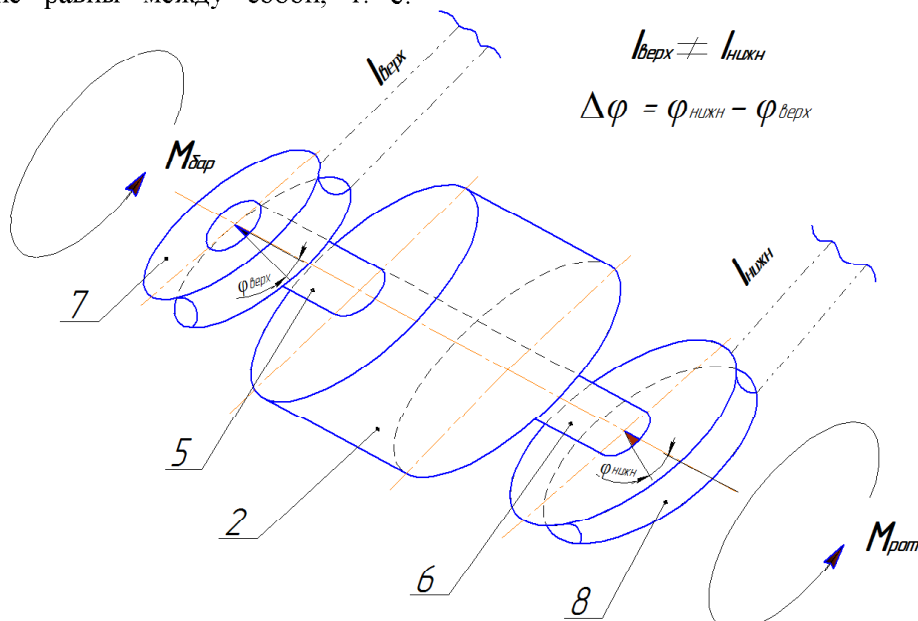


Рис. 1. Скручивание концов вала приводного двигателя в мельнице системы «МКАД» при передаче разных по величине потоков мощности (моментов) по верхней и нижней ветви замкнутого контура:

1 – вал приводного двигателя; 2 – барабан; 3 – верхний конец вала; 4 – нижний конец вала; 5 – приводной шкив верхней ветви клиноременной передачи; 6 – приводной шкив нижней ветви клиноременной передачи

Величина возникающей потенциальной энергии $E_{\text{пот}}$ при известных значениях диаметра вала приводного двигателя – $d_{\text{ср}}$, его длины l и упругих свойств материала вала – $[E]$ будет зависеть от угла скручивания вала – $\Delta\phi_{\text{скр}i}$, которая может быть определена как разность между значениями углами скручивания нижнего и верхнего конца относительно исходного состояния до приложения к нему крутящего момента, подводимого по ветвям замкнутого контура. Разность углов скручивания концов приводного двигателя в любой i -й момент времени определится по формуле

$$\Delta\phi_{\text{скр}i} = \phi_{\text{нижн}i} - \phi_{\text{верх}i}, \text{ рад} \quad (1)$$

где $\phi_{\text{нижн}i}$ и $\phi_{\text{верх}i}$ – величины скручивания нижнего и верхнего конца приводного вала в поперечном сечении в i -й момент времени относительно первоначального (исходного) состояния до передачи крутящего момента, рад.

Мощность, необходимая для скручивания вала приводного двигателя $N_{\text{скр}i}$, можно определить как

$$N_{\text{скр}i} = \int_0^t M_{\text{скр}i} \cdot d(t_i) \cdot \omega_i, \text{ Вт} \quad (2)$$

где $M_{\text{скр}i}$ – момент, возникающий из-за скручивания вала результате кинематического несоответствия ветвей замкнутого контура; t_i – период измельчения, с; ω_i – угловая скорость вала в i -й момент времени, рад/с.

Приведённые формулы показывают преимущество мельниц, имеющих индифферентную структуру и позволяющую использовать для разрушения материала дополнительную энергию замкнутого контура, что способствует снижению энергозатрат.

Этот вывод и представленные схемные решения вертикальных мельниц динамического самоизмельчения позволили разработать техническую документацию и приступить к изготовлению промышленного образца мельницы системы

«МКАД-2», в которой обеспечивается непрерывная загрузка исходного материала. Особенностью конструктивного решения этого образца является то обстоятельство, что в ней помимо отмеченных схемных решений (см. табл. 2) синтезированы дополнительно 4 запатентованных технических решения, позволяющие не только снизить

энергопотребление, но и также повысить производительность, надёжность, ремонтпригодность и работоспособность [12–15].

На рис. 2 представлена конструктивная схема мельницы этой системы с габаритными размерами, позволяющими оценить её технические возможности.

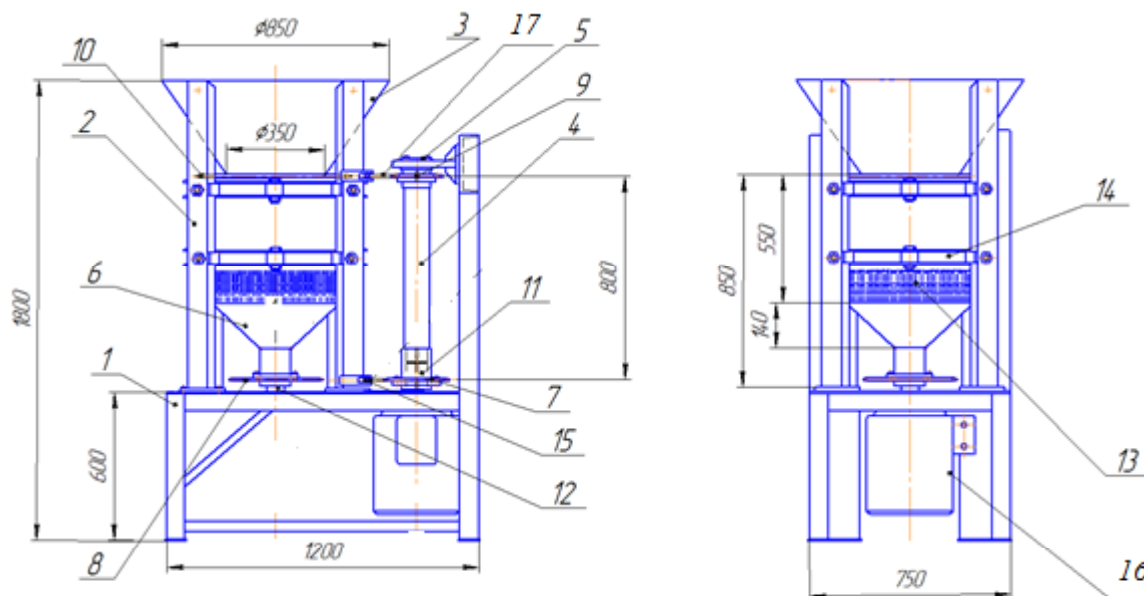


Рис. 1. Конструктивная схема промышленного образца мельницы динамического самоизмельчения «МКАД-2»:

1 – стол; 2 – рама; 3 – бункер; 4 – вал вертикальный; 5 – ведущая звёздочка привода барабана; 6 – ротор; 7 – ведущая звёздочка привода ротора; 8 – ведомая звёздочка привода ротора; 9 – опора верхняя; 10 – ведомая звёздочка привода барабана; 11 – муфта; 12 – опорный вал ротора; 13 – барабан; 14 – люнет; 15 – цепь привода ротора; 16 – приводной электродвигатель; 17 – цепь привода барабана

Рабочая документация мельницы «МКАД-2» разработана автором статьи, а её изготовление производится на предприятии ООО «Восток» г. Шахты Ростовской области, занимающегося изготовлением обогатительного оборудования для крупнейших предприятий Российской Федерации: ОАО АК «Алроса», ООО «Евраз-Холдинг», ОАО «Мечел».

Особенностью мельницы является использование в конструктивной схеме двух люнетов 14, предназначенных для повышения жесткости и снижения вибрации при вращении барабана 13.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Приказ Минрегиона РФ от 30.05.2011 № 262 «Об утверждении Стратегии развития промышленности строительных материалов и индустриального домостроения на период до 2020 года».

2. Субботин М.Ф. Анализ современного состояния и перспективы развития дробильно-измельчительного оборудования // Вестник Читинского гос. ун-та (Вестник ЧитГУ). Чита: ЧитГУ, 2010. (№3(5). С. 100–105.

3. Пивняк Г.Г., Вайсберг Л.А., Кириченко В.И., Пилов В.И. Измельчение. Энергетика и технология. М.: Издательский дом «Руда и Металлы». 2007. 296 с.

4. Технология сырья на перепутье. Проблемы и перспективы. Пер. с англ. Под ред. Б.А. Уилса, Р.В. Барей. М.: Недра, 1992. 272 с.

5. А.с. № 651845 (СССР), МПК4 В 02 С13/14. Способ измельчения материала/ Ягупов А.В.; заявитель Северо-Кавказский горно - металлургический институт. № 2331562; заявл. 09.06. 1976, опубл. 15.03. 1979, Бюл. №11. 3 с.

6. А.с. № 710632 (СССР), МКИ В 02 С 13/00. Мельница динамического самоизмельчения «МАЯ»/ Ягупов А. В.; заявитель Северо-Кавказский горно-металлургический институт, заявка № 2325134; заявл. 17.02. 1976, опубл. 25.01.1980, Бюл. №3. 4 с.

7. Гегелашвили М.В. Определение границ скоростных режимов движения материала в мельнице динамического самоизмельчения «МАЯ» // Механизмы и машины ударного, периодического и вибрационного действия. Матер/ междунар. симп. (Орел 22-24 нояб. 2000) Орел ОПУ. 2000 С. 245–249.

8. Дровников А.Н., Остановский А.А. Системы мельниц динамического самоизмельчения контурного типа. Южно-российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М. И. Платова. Новочеркасск: ЮРГПУ (НПИ), 2017. 183 с.

9. Дровников А.Н., Остановский А.А., Маслов Е.В. Классификация вертикальных мельниц динамического самоизмельчения как основа создания измельчительного оборудования нового поколения // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. 2014. № 6. С. 12–17.

10. Дровников А.Н. Индифферентные структуры механизмов и машин. Ростов-на-Дону: Изд-во «Пегас», 1999. 136 с.

11. Остановский А.А., Дровников А.Н. Закономерности передачи мощности к измельчаемому материалу в мельницах системы «МКАД». // Наука и образование. 2017. №5. С. 21–23.

12. Пат. на изобретение №2558205 Российская Федерация МПК В02С13/14. Мельница. Дровников А.Н., Остановский А.А., Никитин Е.В., Маслов Е.В., Городнянский В.М., Черкесов В.Ю. Заявка: 2014110456/13, заявл. 18.03.2014; Патентообладатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Донской государственный технический

университет" (ДГТУ), опублик. 27.07.2015, Бюл. №21. 6 с.

13. Пат. на полезную модель №134825. Российская Федерация. МПК В02С13/14. Измельчитель материала/ Остановский А.А., Дровников А.Н., Маслов Е.В.; заявка №2013105691, заявл. 11.02.13; заявитель и патентообладатель – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южно-Российский государственный университет экономики и сервиса (ФГБОУ ВПО «ЮРГУЭС»); опублик. 27.11.2013, Бюл. №34. 3 с.

14. Пат. на полезную модель №173519. Российская Федерация. МПК В02С13/14. Мельница динамического самоизмельчения. Остановский А.А., Дровников А.Н., Рыбальченко А.Н., Маслов Е.В., Осипенко Г.Е., Никитина Н.С. / Заявка №2017101475, заявл. 17.01.17; заявитель и патентообладатель. Остановский А.А.; опублик. 30.08.2017, Бюл. №25. 6 с.

15. Пат. на полезную модель №175318. Российская Федерация. МПК В02С13/14. Устройство для измельчения материала. Остановский А.А., Никишин В. В. Заявка №2017116514; заявл. 11.05.2017; заявитель и патентообладатель Остановский А. А. ; опублик. 30.11.2017. Бюл. №34. 4 с.

Информация об авторах

Остановский Александр Аркадьевич, кандидат технических наук, доцент, главный инженер.

E-mail: ostanovskiy51@mail.ru

ООО «Оптимастрой».

Россия, 141130 Московская обл., Рузский район, г. Тучково, ул. Школьная, д. 28.

Поступила в декабре 2017 г.

© Остановский А.А., 2018

A.A. Ostanovskiy

EVOLUTION OF VERTICAL MILLS OF DYNAMIC SELF-REFINING

The analysis of existing circuit solutions of vertical grinding mills of dynamic self-grinding, design features and their technical disadvantages is given. New patented design schemes for new-generation mills are presented, which ensure a reduction in energy costs when grinding mineral raw materials

Keywords: mill, self-grinding, body, rotor, drum column material, kinematic mismatch, in-trim groups, circulating power, interaction intensity.

Information about the authors

Alexzander A. Ostanovskiy, PhD, Assistant professor, Chief Engineer.

E-mail: ostanovskiy51@mail.ru.

ООО «Optimastroy».

Russia, 141130 Moscow Region., Ruza district, Tuchkovo, st. School, h. 28.

Received in December 2017