

*Остановский А.А., канд. техн. наук, доц.
Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал)
Донского государственного технического университета*

ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ НАДЕЖНОСТИ И РЕМОНТОПРИГОДНОСТИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ МЕЛЬНИЦ ДИНАМИЧЕСКОГО САМОИЗМЕЛЬЧЕНИЯ СИСТЕМЫ «МКАД»

ostanovskiy51@mail.ru

Одной из главных причин низкой эффективности предприятий по производству строительных материалов является низкое качество изготовления оборудования, медленные темпы их технического переоснащения. Сложившаяся ситуация вызвала в последние годы в Российской Федерации и за рубежом резкую интенсификацию работ по созданию более эффективных дробильно-измельчительных машин. При их создании необходимо учитывать возможность повышения производительности труда и эксплуатационной надежности, снижения расхода металла, переизмельчения материала и энергозатрат на разрушение. Эксплуатация считающихся наиболее прогрессивными на сегодняшний день вертикальных мельниц динамического самоизмельчения системы «МАЯ», обнаружила их конструктивные и эксплуатационные недостатки, которые не позволяют широко их использовать в соответствующих отраслях промышленности. Для их устранения при создании вертикальных мельниц динамического самоизмельчения предложены принципиально новые конструктивные схемы, позволяющие повысить их надёжность и работоспособность и этим снизить капитальные и эксплуатационные затраты.

Ключевые слова: дробильное оборудование, мельница, помол, энергоэффективность, надежность, ремонтпригодность, измельчение, ротор, ребро, износ, сменная рубашка.

В последние годы в нашей стране и за рубежом отмечается резкий рост технических решений по созданию эффективных дробильно-измельчительных машин, обладающих высокой производительностью, низкой энергоемкостью измельчения. Кроме того важнейшим показателем эффективности новых машин при их эксплуатации является приемлемая надежность и ремонтпригодность.

К техническим новинкам в области измельчения материалов следует отнести созданные в последние годы мельницы А. В. Ягупова [1], Д. К. Крюкова [2] и Л. А. Летина [3].

Шаровая мельница А. В. Ягупова использует в своей конструкции сочетание принципов раздавливания и истирания. Конструктивная схема такой установки автора показана на рис. 1.

Она состоит из неподвижного цилиндрического корпуса 1 с соосным пустотелым цилиндром 2. Внутри корпуса расположены две вращающиеся в разные стороны платформы в форме дисков – верхнего 3 и нижнего 4. Между дисками располагается шаровая загрузка, причем верхний диск сделан подвижным и прижимается к шаровой загрузке пружинной 5.

На основе показанной схемы была создана опытно-промышленная установка с объемом рабочего пространства 1 м³ и произведены испытания в кратковременном режиме. Установлено, что мельница обладает рядом существенных преимуществ: низкая энергоемкость

измельчения, большая удельная производительность, малый уровень шума.

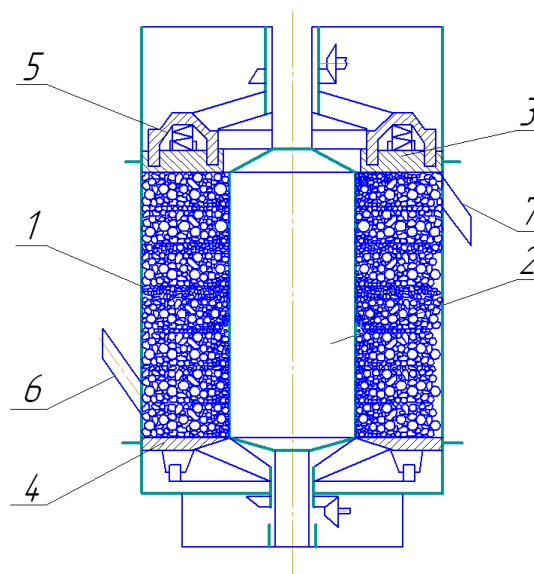


Рис. 1. Шаровая мельница А. В. Ягупова

К недостаткам следует отнести необходимость первичного измельчения до крупности 1÷2 мм, трудность создания надежного уплотнения между неподвижным корпусом 1 и нижним диском 4, сложность конструкции и, следовательно, малую надежность в работе. Все это снижает достоинства мельницы и ограничивает область ее возможностью применения.

Принципом взаимного соударения потоков измельчаемого материала используется в мель-

нице Л. А. Летина. Мельница этой конструктивной схемы имеет два вращающихся в противоположные стороны ротора 2, которые закреплены на горизонтальных валах 1 (рис. 2). Ротор состоит из вала 1 и двух корпусов – внутреннего 2 и охватывающего его внешнего 3.

Пространство между конусами разделено на каналы лопастями, осуществляющими разгон материала, выбрасываемого в зазор между роторами, где происходит измельчение при встрече двух противоположно направленных потоков.

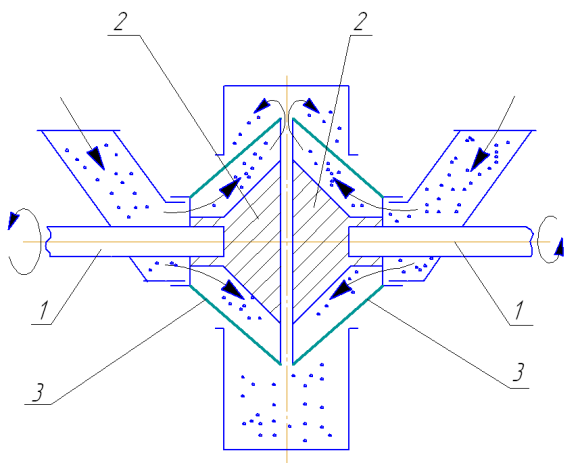


Рис. 2. Центробежная мельница Л. А. Летина

В мельнице Л. А. Летина сохраняются технологические преимущества струйного измельчения, а энергетические затраты могут быть несколько ниже. К недостаткам конструкции следует отнести быстрый износ лопаток, особенно на периферии ротора.

Новым шагом в направлении совершенствования процесса измельчения является мельница принудительного самоизмельчения, разработанная коллективом под руководством д.т.н. Д. К. Крюкова (рис. 3).

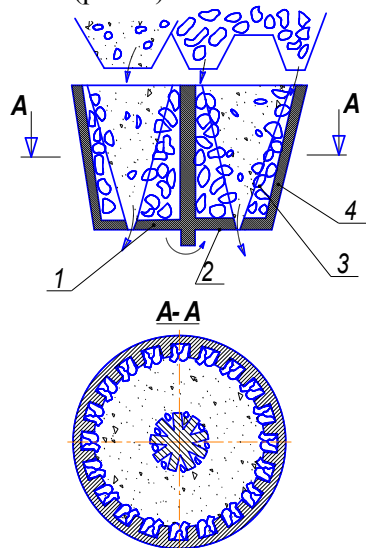


Рис. 3. Вертикальная мельница самоизмельчения проф. Крюкова Д. К.

Эта мельница состоит из ротора 1 с ребрами 2, вращающегося внутри неподвижного барабана 3, снабженного ребрами 4. В мельнице также реализуется способ самофутеровки ротора и барабана с одновременным переносом основной работы измельчения во внутренние слои сегрегированной руды. Для этого руда предварительно разделяется на классы и загружается в мельницу отдельно.

Эта мельница обладает существенным недостатком – сложностью обеспечения условий для непрерывной послойной загрузки измельчаемого сырья, что усложняет условия для самофутеровки ротора. Кроме того, с точки зрения надежности в ней трудно обеспечить высокую износостойкость сопряжения ротора с барабаном, так через него выходит измельченный продукт.

Одним из перспективных направлений совершенствования и внедрения новых машин с улучшенными техническими характеристиками, в том числе более высокой надёжностью, являются мельницы динамического самоизмельчения системы «МАЯ», в которых реализован способ самоизмельчения [4–7]. Преимущества этого способа и мельниц, созданных на его основе, состоит в следующем:

- из процесса помола выведены мелющие тела, что позволяет экономить значительные средства;
- при отсутствии мелющих тел (в виде стальных шаров) футеровка может быть выполнена менее массивной;
- появляется возможность сокращения капитальных затрат за счет сокращения стадий дробления;
- снижается загрязнение готового продукта частицами металла.
- снижение металлоёмкости позволяет снизить нагрузку на приводные элементы и увеличить надежность машин, а также снизить мощность приводного двигателя.

На рис. 4 показана разработанная и реализованная на практике вертикальная мельница динамического самоизмельчения, в которой используется способ самоизмельчения МАЯ-10К.

Однако при всех очевидных преимуществах мельниц системы «МАЯ» для мельницы и этой конструктивной схемы изнашивание рабочих деталей, взаимодействующих с измельчаемым материалом, является неизбежным процессом и приводит к уменьшению её ресурса и снижению производительности. Следствием этого является увеличение расхода запасных частей и затрат трудовых и материальных ресурсов.

Другим важным условием повышения эффективности работы мельниц является повышение ремонтпригодности, так как высокая трудоемкость замены выходящих из строя деталей и узлов мельницы также ведет к снижению производительности.

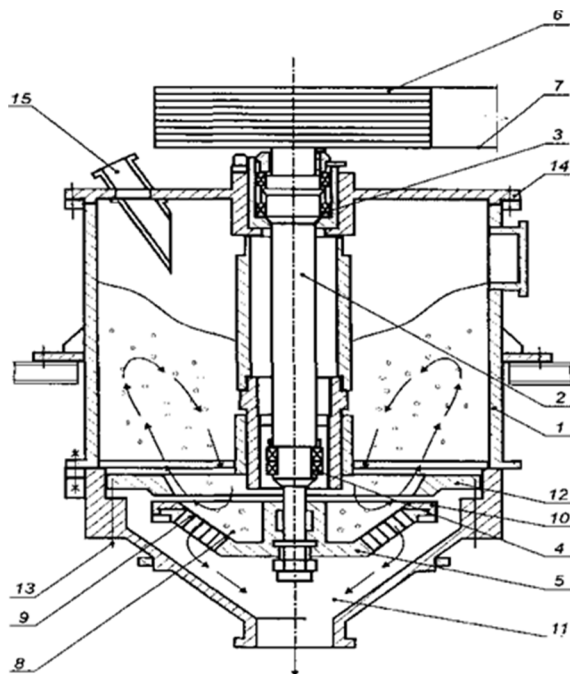


Рис. 4. Конструктивная схема мельницы МАЯ-10:
 1 – корпус; 2 – вал; 3, 4 – подшипниковые опоры;
 5 – чашеобразный ротор; 6 – шкив;
 7 – клиноременная передача; 8 – радиальные ребра;
 9 – просеивающие поверхности; 10 – съемное
 кольцо; 11 – воронка; 12 – верхнее кольцо;
 13 – винтовые домкраты; 14 – крышка;
 15 – загрузочное отверстие

Поэтому необходимым условием повышения ресурса мельниц этой системы является разработка технических решений, позволяющих обеспечить повышение надежности и ремонтпригодности.

Большой вклад в решении исследования процесса износа деталей и узлов мельниц системы «МАЯ» принадлежит одному из основоположников в создании и исследования принадлежит докт. техн. наук Хетагурову В. Н. В его лично и совместных работах установлено, что низкая долговечность рабочих элементов, отсутствие надежных мероприятий по эвакуации измельченного материала из рабочего пространства мельницы и достоверных методик по определению параметров электродвигателя, а также необоснованно высокая масса мельниц «МАЯ» существенно повышают эксплуатационные расходы на измельчение и являются сдерживающим фактором в разработке высокопроизводительных образцов новых конструкций вертикальных мельниц этой системы [8–12].

Некоторые вопросы по повышению надежности и ремонтпригодности решены в конструктивных схемах мельниц системы «МКАД» (мельницы контурные Александра Дровникова), названные по имени разработчика этой системы машин.

В мельницах этой системы с целью повышения надежности и ремонтпригодности вертикальных мельниц динамического самоизмельчения предложены и запатентованы конструктивные схемы, в которых устранены технические недостатки, свойственные мельницам системы «МАЯ».

Например, в исследовании [13] установлено, что износ всегда присутствует на ребрах ротора, так как, перемещаясь внутри рабочей камеры и взаимодействуя с ними куски и частицы, в зависимости от их физико-механических свойств и угловой скорости ротора он протекает с разной интенсивностью.

Так как износ ребер процесс неизбежный, а замена изношенных ребер, выполненных как единое целое с ротором, процесс весьма трудоемкий и затратный, то предложено техническое решение [14], позволяющее повысить ремонтпригодность мельницы путем установки на роторе 1 сменной рубашки 2, которая установлена внутри ротора с помощью болтовых соединений (рис. 7).

Выполнение такого техничного мероприятия позволит существенно уменьшить трудоемкость замены изношенного узла и снизить трудозатраты, связанные с необходимостью изготовления нового ротора.

Другим техническим решением позволяющим повысить надежность мельницы системы «МКАД» является изменение формы ребер ротора в продольном сечении. Необходимость этой операции связана с тем, что при измельчении твердых материала (гранита) было установлено, что в нижней части ротора между ступицей 5 и ребрами 2 происходит заклинивание кусков неправильной формы (рис. 8).

Это приводит к тому, что при циркуляции кусков внутри барабана из-за неправильности формы кусков и частиц происходит их заклинивание между ребрами и ступицей в роторе мельницы.

Из-за этого происходит их наслоение по высоте, что снижает активную площадь взаимодействия ребер с кусками. Это приводит к уменьшению количества кусков и частиц, перемещающихся по торообразной траектории внутри барабана, а их скорость и кинетическая энергия будут снижаться. Для ликвидации этого явления необходима остановка мельницы и трудоемкая ручная операция по удалению закли-

ненных кусков. Операция по удалению их весьма трудоёмкая, приводящая к частой остановке

работы мельницы и ведет к снижению производительности.

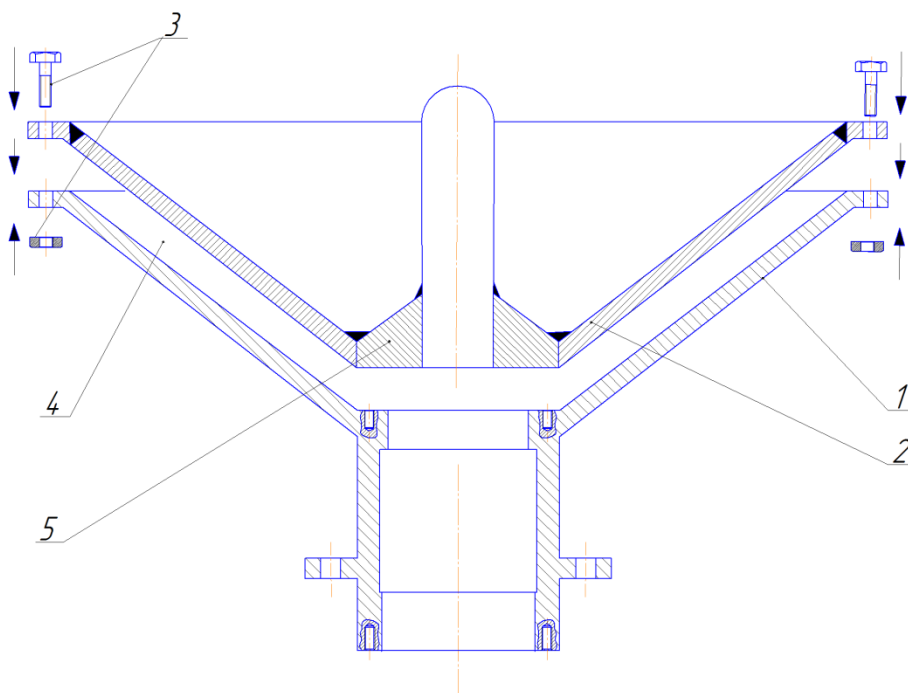


Рис. 7. Установка сменной рубашки на роторе мельницы: 1 – ротор; 2 – сменная рубашка; 3 – болтовые соединения; 4 – ребро; 5 – ступица



Рис. 8. Заклинивание кусков гранита между ребрами и ступицей в роторе мельницы: 1 – ротор; 2 – ребра; 3 – заклиненный кусок материала

Чтобы устранить это явление, приводящее к снижению энергоэффективности мельницы, для нового полупромышленного образца принято решение выполнить перегородки с небольшим уклоном (рис. 9).

Это приведет к тому, что куски, попадающие в зону между ребрами и ступицей, за счет

центробежных сил и уклона ребер с меньшей долей вероятности будут заклинивать в указанной области и большее количество частиц будут циркулировать в барабане и взаимодействовать друг с другом.

Следовательно, интенсивность взаимодействия кусков друг с другом также снизятся, что

приведет к уменьшению производительности и росту энергозатрат. Несложная модернизация одного из основных узлов мельницы позволит без существенных материальных затрат уменьшить время на ликвидацию отказа и повысить производительность мельницы.

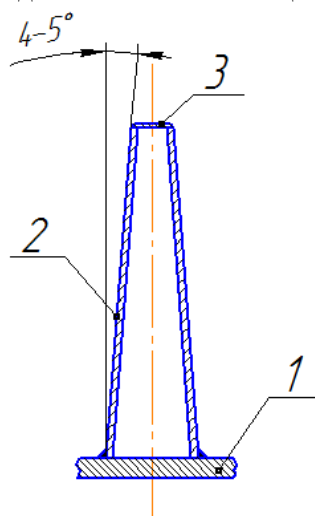


Рис. 9. Выполнение боковых стенок ребра с уклоном: 1 – ротор; 2 – боковая стенка ребра; 3 – связка

Другим конструктивным решением, направленным на повышение надежности мельниц динамического самоизмельчения является самотормозящийся измельчитель динамического самоизмельчения [15].

Актуальность его создания заключается в том, что одной из главных причин недостаточной надежности мельниц системы «МАЯ» является необходимость неполного заполнения корпуса мельницы измельчаемым материалом, так как в момент её пуска из-за наличия высокого столба материала, находящегося над чашей ротора, возникают высокие пусковые токи, приводящих нередко к выходу из строя электродвигателя. Это же обстоятельство требует при запуске в работу мельниц динамического самоизмельчения типа «МАЯ» заполнять корпус не полностью, а только на $\frac{1}{3}$ его объема или устанавливать электродвигателя повышенной мощности, что снижает их надежность и увеличивает эксплуатационные расходы.

С целью устранения этого недостатка и повышения надежности вертикальной мельницы динамического самоизмельчения разработана конструктивная схема за счёт автоматического торможения барабана по мере набора угловой скорости электродвигателя снизить крутящий момент в период пуска мельницы в работу, что позволит уменьшить вероятность «опрокидывания» двигателя и преждевременному выходу его из строя и позволит повысить надежность приводных элементов мельниц этого типа (рис. 10, 11).

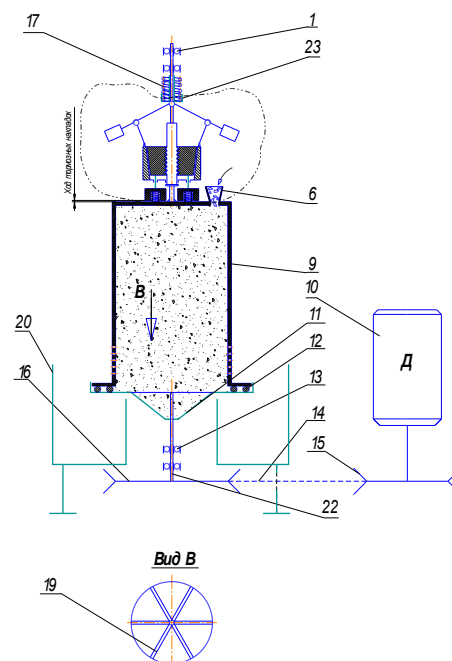


Рис. 10. Схема самотормозящегося измельчителя динамического самоизмельчения: начальная фаза

Процесс измельчения устройства данной конструкции осуществляется следующим образом.

Первоначально исходный материал загружается через загрузочную воронку *б* в барабан *9*. Далее производится включение электродвигателя *10*, который через клиноременную передачу и ведомый *15* и приводной *16* шкивы приведет во вращение чашеобразный ротор *11*.

При включении электродвигателя *10* частицы материала, находящиеся в полости чашеобразного ротора *11*, начинают перемещаться к её периферии под действием центробежной силы, увлекая за собой барабан *9*, одновременно прижимаясь к радиальным ребрам *19*. Попав в активную зону измельчения, измельчаются за счет ударов, скалывания и истирания. Затем, уменьшившись до соразмерного с высотой выходных отверстий, выполненных в боковых стенках чашеобразного ротора *11* выводятся из барабана *9* мельницы и аккумулируются в приемной емкости *20*. Частицы материала крупнее размера выходных отверстий, совершают движение в барабане по восходящей тороидальной линии и далее вместе с исходным материалом опускаются в (активную) рабочую полость чашеобразного ротора *11*.

Одновременно с этим за счет образовавшейся центробежной силы, от вращающихся частиц измельчаемого материала, обеспечивается прижатие этих частиц к его стенкам барабана *9*, и этим самым за счет сил трения, частиц о его внутреннюю полость они начнут увлекать за собой барабан *9* мельницы, который начнет

вращаться, опираясь на опорную поверхность подшипников 12 чашеобразного ротора 11.

По мере достижения определенной угловой скорости вращения барабана 9 грузы 2 за счет центробежных сил будут приподниматься вверх, через шарнир 21, отжимая пружину 17, установленную во втулке 23 коромыслом 18 (рис. 11). При перемещении грузов 2 вверх вертикальная тяга 3 начинает перемещать за собой вверх коническую втулку 4, которая своей внутренней конической частью обеспечит сжатие маточной гайки 5 и замыкание их на винте 7. Замкнувшись, маточная гайка 5 начнет перемещаться по вращающемуся винту 7 к торцевой части барабана 9 и через траверсу 25 обеспечит прижатие тормозных накладок 8 к его торцевой поверхности, что приведет к его остановке.

При достижении определенного усилия, создаваемого тормозными накладками 8 на барабане 9, отбойная пружина 24 приподнимет маточную гайку 5 вверх и выведет из замыкания с ней винт 7, что приведет к вращению барабана 9 частицами измельчаемого материала.

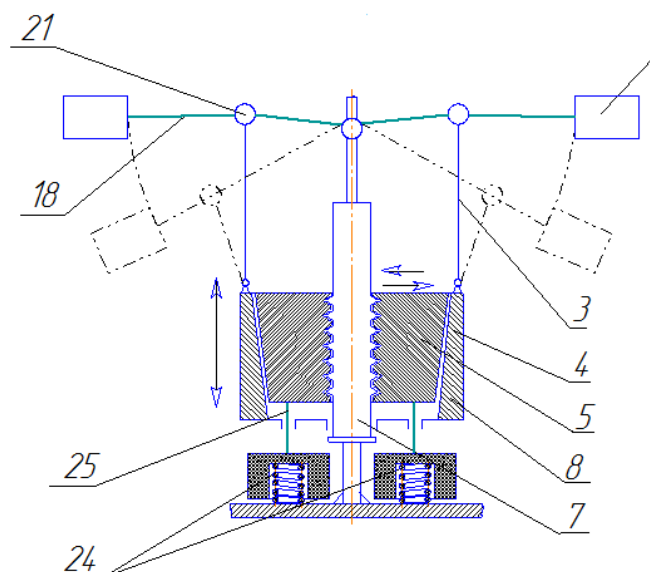


Рис. 11. Схема действия механизма торможения измельчителя динамического самоизмельчения

Торможение и остановка барабана 9 приведет к снижению крутящего момента, необходимого для его вращения и, следовательно, к уменьшению пускового тока электродвигателя.

При остановке барабана 9 и уменьшения его угловой скорости вращения грузы 2 за счет снижения центробежных сил начнут опускаться вниз и через вертикальную 3 тягу, коромысло 18, воздействуя на коническую втулку 4, опустят её вниз и разомкнут на винте 7 маточную гайку 5. Маточная гайка 5, разомкнувшись на винте 7, не будет обеспечивать перемещение тормозных накладок 8 в направлении торцевой

части барабана 9, и отбивными пружинами вернет систему в исходное состояние, существовавшее до пуска электродвигателя 10.

Таким образом, разработанные конструктивные решения при создании вертикальных мельниц динамического самоизмельчения, позволяют в значительной мере без значительных материальных и капитальных затрат повысить их надежность и ремонтпригодность, что позволит расширить область их применения в различных отраслях промышленности, занимающихся выпуском современного измельчительного оборудования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. А.с. № 303104 (СССР), МПК6 В02 С17/04. Шаровая мельница/ Ягупов А. В., заявитель Криворожский горно-рудный институт. - заявка. №1317692; Оpubл. 01.01. 1971 Бюл. №1. 4 с.
2. А. с. № 2111053 (СССР), МПК6 В02 С13/02. Центробежная мельница / Летин Л. А., заявитель и патентообладатель «Акционерное общество открытого типа «Всероссийский теплотехнический научно-исследовательский институт». – заявл. 17.02. 1976; Оpubл. 25.01. 1980, Бюл. № 3. 3 с.
3. Крюков В. А., Кириченко. Выбор перспективного направления развития барабанных мельниц// Обогащение полезных ископаемых: сб. статей, вып. 28, 1981. С. -20-26.
4. 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.
5. 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.
6. А.с. №1308382 (СССР), МКП4 В 02 С 13/14. Мельница динамического самоизмельчения/ Ягупов А.В., Хетагуров В.Н., Гегелашвили М.В., Фридман Е.М.; заявитель Северо-Кавказский горно-металлургический институт. - заявка № 4000261; заявл. 30.12.1985, опубл. 07.08.87, Бюл. №17. 3 с.
7. А.с. № 1516139 (СССР), МПК4 В 02 С13/14. Ягупов А.В., Хетагуров В.Н., Гегелашвили М.В., Клыков Ю.Г. Мельница динамического самоизмельчения / заявитель Северо-Кавказский горно-металлургический институт; заявка № 4172684; заявл. 04. 01. 1987, опубл. 23.10.1989, бюл. № 39. 3 с.

8. Хетагуров В.Н. Разработка и проектирование центробежных мельниц вертикального типа // Владикавказ: Терек, 1999. 225 с.

9. Ягупов А.В., Хетагуров В.Н., Кузьминов А.П. О повышении эксплуатационной надежности вертикальной мельницы МАЯ. // Дробильно-размольное оборудование и технология дезинтеграции: Междувед. сб. науч. тр./ «Механобр». Л., 1989. С. 55–64.

10. Хетагуров В.Н. Исследование механизма изнашивания рабочих элементов мельницы МАЯ-Р10 // Сев.-Осет. гос. ун-т, Сев.-Кавк. горно-металлург. ин-т. - Орджоникидзе, 1987. - 25 с. Библиогр. 9 назв. - Деп. в ЦНИИцветмет экономики и информации 9.09.87, № 1620-87 Деп.

11. Ягупов А.В., Гегелашвили М.В., Хетагуров В.Н., Палванов В.П. Опыт динамического самоизмельчения золотосодержащей руды // Колыма. 1986. №5. С. 14–15.

12. Ягупов А.В., Хетагуров В.Н., Кузьминов А.П. О повышении эксплуатационной надежности вертикальной мельницы МАЯ. // Дробильно-размольное оборудование и технология дезинтеграции: Междувед. сб. науч. тр./ «Механобр». Л., 1989. С.55-64.

13. Хетагуров В.Н., Кузьминов А.П. О закономерностях изнашивания рабочих элементов

мельницы МАЯ. Депонировано в ЦНИИЭИцветмет экономики и информации 22. 05. 89, № 1819 - 89 деп.

14. Пат. на полезную модель №134825. Российская Федерация. МПК В02С13/14. Измельчитель материала/ Остановский А.А., Дровников А.Н., Маслов Е.В.; 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»).- заявка №2013105691; опубл. 27.11 2013, Бюл. №33. 3 с.

15. Пат. на полезную модель №122911. Российская Федерация. МПК В02С13/14. Самотормозящий измельчитель динамического самоизмельчения / Дровников А. Н., Остановский А. А., Маслов Е. В., Бурков Н. В., Осипенко Г. Е.; заявл. 16.04.12; заявитель и патентообладатель – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южно-Российский государственный университет экономики и сервиса (ФГБОУ ВПО «ЮРГУЭС»).- заявка №2012115073/13; опубл. 20.12 2012, Бюл. №35. 5 с.

Ostanovskiy A.A.

**THE TECHNICAL PROPOSALS TO IMPROVE RELIABILITY AND MAINTAINABILITY
AUTOGENOUS MILLS DYNAMIC**

One of the main reasons for the low efficiency of the enterprises for manufacture of building materials is the low quality of the equipment manufacturing, the slow pace of their technical re-equipment. This situation has caused in the Russian Federation and abroad, a sharp intensification in recent years, the work to create a more efficient crushing and grinding machines. At their creation must take into account the possibility of increasing productivity and operational reliability, reduce the consumption of metal, overgrinding material and energy costs for the destruction of. Operating considered the most progressive to date vertical mills autogenous dynamic system, "MAY", discovered their design and operational deficiencies that do not allow wide use of them in their respective industries. To eliminate them, to create dynamic vertical mills autogenous offered fundamentally new structural systems that improve their reliability and performance, and these reduce capital and operating costs

Key words: *crushing equipment, grinding mill, grind, energy efficiency, reliability, maintainability, grinding, rotor, edge wear, removable shirt.*

Остановский Александр Аркадьевич, докторант, кандидат технических наук, доцент Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) Донского государственного технического университета, кафедра «Технические системы ЖКХ и сферы услуг»

Адрес: Россия, 346500, г. Шахты Ростовской области, ул. Шевченко, 147

E-mail: Ostanovskiy51@mail.ru