

УДК 622:331:817

**А.В. Покаместов, А.В. Бобина**

## **НОВЫЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ПРИНЦИП СОЗДАНИЯ И РЕГУЛИРОВАНИЯ УСИЛИЯМИ ИСТИРАНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД ЗА СЧЕТ ГИРОСКОПИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА \***

*Дан анализ конструкции гироскопического измельчителя и представлен принцип его работы. Показано, что в конструкции гироскопического измельчителя удалось преодолеть все три главных недостатка существующих устройств по разрушению природных геоматериалов, что позволило на практике реализовать новый физический принцип создания и управления силовыми нагрузками в измельчителях за счет гироскопического эффекта. Выявлено, что главный элемент гироскопического измельчителя двухстепенный гироскоп является управляющим элементом с отрицательной обратной связью, который и обеспечивает устойчивую работу измельчителя в заданном режиме.*

*Ключевые слова: гироскопический измельчитель, горные породы, гироскопический эффект, новый физический принцип создания и регулирования усилиями истирания.*

---

**Ф**изическую основу подавляющего числа различных технологических разработок и реализующих их машин и механизмов по дезинтеграции горных пород определяет соответствующий им принцип реализации сжимающих или растягивающих усилий. В частности, в горном деле широко используются сила тяжести (сила собственного веса бурового става, валков, шаров и т.п.) и сила упругого сжатия (усилия пружинных блоков при разрушении геоматериалов в различного рода дробилках и мельницах, а также сила сжатой жидкости в прессовых установках).

Использование этих сил, например, при бурении вертикальных и наклонных скважин требует значительных расходов металла и энергии, достигающих сотен тонн по весу и нескольких десятков мегаватт электри-

ческой мощности. Поэтому остается актуальной задача по разработке новых методов создания усилий в устройствах и механизмах применяемых в горном деле.

Анализ современной научно-технической, нормативной, методической литературы, затрагивающей научно-техническую проблему дезинтеграции рудных полезных ископаемых, позволяет сделать вывод о том, что развитие техники и технологии измельчения горных пород происходит в русле модернизации конструкции известных устройств с целью снижения энергетических затрат на измельчение и уменьшения массы установок, но не затрагивает основополагающих физических принципов создания усилий разрушения, опираясь все также на традиционные силы тяжести, упругости, газодинамического и гидравлического давления [1-3].

---

\*Статья подготовлена при содействии Министерства образования и науки Российской Федерации госконтракт № 16.515.12.5010 от 11.10.2011 г.

Существующие технические решения (дробилки и мельницы различных типов) реализуют различные типы физического процесса измельчения, а именно: ударного разрушения, раздавливания, раскалывания и истирания.

Однако, по известным данным материаловедения и теории прочности твердых тел, для большинства известных твердых материалов предел прочности на сжатие (раздавливание) образца на порядок превышает предел прочности на сдвиг (истирание). Согласно этому, измельчающие природный материал установки, которые имеют минимальную потребляемую мощность, должны работать и работают в режиме сдвигового разрушения (истирания) твердого материала.

Таким образом, метод сдвигового разрушения (истирания) твердого геоматериала по энергоемкости на порядок величины эффективнее метода разрушения с помощью сжатия (раздавливание). Этот вывод подтверждается всем опытом решения проблемы дезинтеграции алмазосодержащих кимберлитов.

В целом же за период 1959-2001 гг. благодаря научным разработкам и организационным мероприятиям при разработке алмазных месторождений Якутии удалось за счет использования мельниц мокрого самоизмельчения вместо шаровых мельниц поднять долю добычи очень крупных ювелирных алмазов среди именных алмазов до почти 50%, а гигантских алмазов соответственно до 30%. Эти результаты убедительно доказывают правильность выбранного направления технического перевооружения обогатительных фабрик по извлечению алмазов из кимберлитовой руды [4].

Там же было высказано мнение о том, что при создании эффективной технологической схемы многостадий-

ной рудоподготовки добытой кимберлитовой руды, обеспечивающей сохранность алмазов всех известных классификационных групп, необходимо учитывать, что новые машины и механизмы должны быть основаны на использовании процесса истирания соответствующих фракции этой руды, а не ее ударного дробления, что значительно увеличит добычу технических и именных алмазов.

При этом в качестве альтернативы мельницам мокрого самоизмельчения были предложены так называемые гироскопические мельницы (ГМ) [5-8], технические и энергетические характеристики которых на порядок выше, чем у мельниц мокрого самоизмельчения.

Анализ существующих технических устройств по измельчению показывает, что их высокая энерго- и металлозатратность определяется следующими причинами: 1) значительной массой рабочего органа (шек, шаров, стержней и т.д.), которая достигает нескольких тонн; 2) одновременным использованием рабочего органа как в качестве элемента, создающего разрушающее усилие, так и силового элемента; 3) отсутствием у системы регулирования устойчивой деятельности рабочего органа, что приводит к катастрофическому разрушению конструкции устройства.

Эти причины являются следствием традиционной переоценки сил тяготения и недооценки других физических принципов создания усилия и, в частности, с помощью гироскопических сил.

Для реализации гироскопического принципа создания силовых нагрузок в измельчителях, основанного на независимом управлении величинами угловых скоростей бегунка и развольного стола, был разработан гироскопический измельчитель (ГИ) с

загрузкой породы через полый вал вращения рабочей площадки.

На рисунке представлена конструкция ГИ который работает следующим образом: силовой привод, включающий силовые двигатели 9, ведомую 10 и ведущую 11 шестерни редуктора, закрепленные на полом валу вращения 4 раскручивает горизонтальную рабочую площадку 23 с установленными на ней валками (рабочий орган) 26 до угловой скорости  $\Omega$  вокруг вертикальной оси вращения, электродвигатели 21 раскручивают маховики 20 до угловой скорости  $\omega$ , направление вектора которой совпадает с направлением рычагов 24 валков 26. При этом на двухступенной гироскоп, образованный электродвигателем 21 и маховиком 20 действует гироскопический момент, величина которого определяется формулой

$$M_{гI} = J_{м} \omega \Omega \sin \alpha, \quad (1)$$

где  $J_{м} = m_{м} R_{м}^2 / 2$  – момент инерции маховика 20,  $m_{м}$  и  $R_{м}$  – соответственно масса и радиус маховика 20,  $\alpha$  – угол между векторами  $\omega$  и  $\Omega$ . На валок 26 действует вертикальная гироскопическая сила  $F_{д}$ , равная

$$F_{дI} = M_{гI} / l_1 = J_{м} \omega \Omega \sin \alpha / l_1, \quad (2)$$

где  $l_1$  – расстояние от шарнира 25 и до центра валка 26. Расчеты дают при реальных значениях  $J_{м} = 0,007 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ ,  $\omega = (300-1000)\pi \text{ с}^{-1}$ ,  $\Omega = (3-30)\pi \text{ с}^{-1}$ ,  $\alpha = 90^\circ$  и  $l_1 = 0,1 \text{ м}$  значения для  $F_{д}$  в диапазоне от  $10^3$  до  $10^5 \text{ Н}$ , тогда, как вес самого рабочего органа не превышает  $0,1 \text{ Н}$ .

При этом значение силы истирания вычисляется согласно следующей формулы:

$$F_{истр} = K \times F_{д} = K \times J_{м} \omega \Omega \sin \alpha / l_1, \quad (3)$$

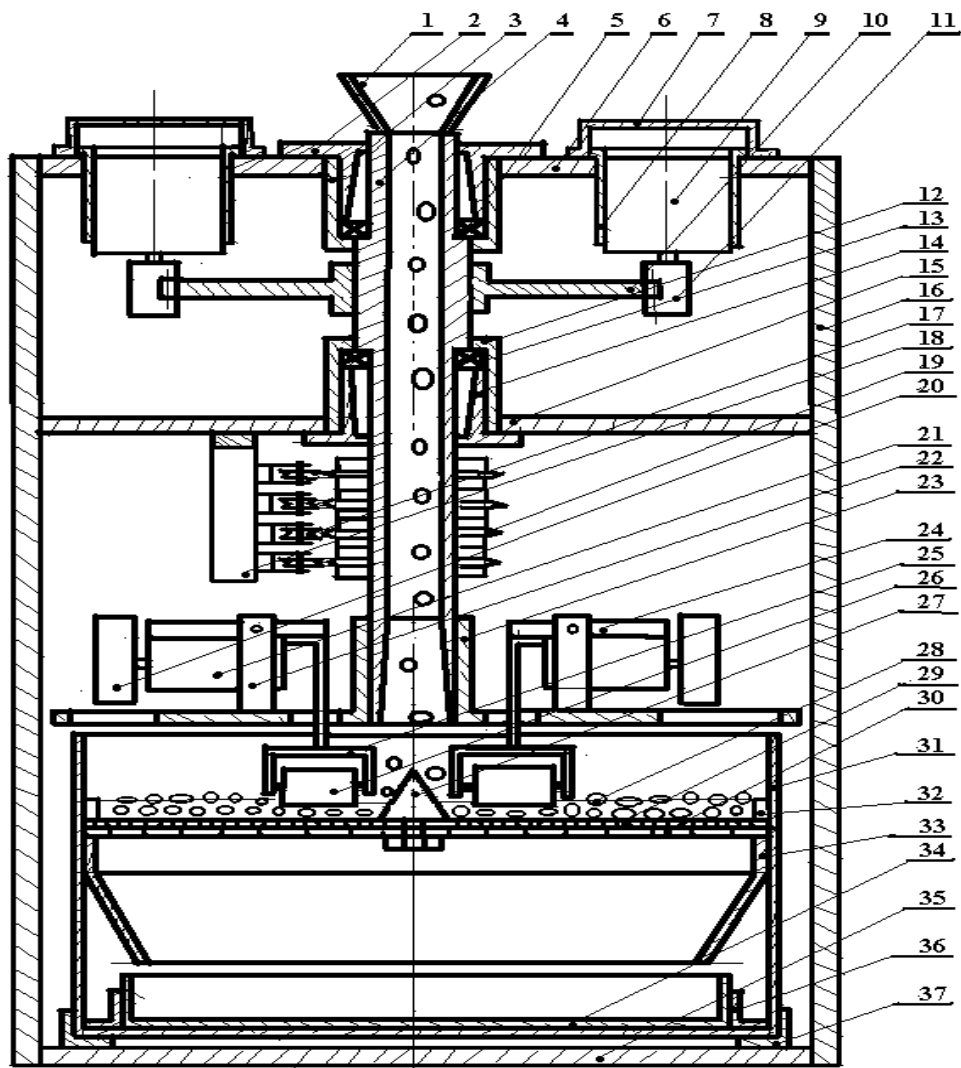
где  $K$  – коэффициент трения.

Из соотношения (3) следует, что, изменяя  $\omega$  и  $\Omega$  независимо друг от друга, можно изменять величину гироскопической силы  $F_{истр}$  в широком диапазоне значений в зависимости от прочностных свойств горной породы. Измельчаемая горная порода 28 через усеченный конус центрального загрузочного устройства 1 попадает через полый вал вращения 4 на рабочий стол 29, по которому она равномерно распределяется с помощью центрального рассекателя 27. При истирании на рабочем столе 29 порода дезинтегрируется и через перфорированные отверстия 30 рабочего стола 29, который закреплен в корпусе 31 фиксатором 32, сначала попадает в разгрузочный усеченный конус 33 и далее в бункер 34, установленном на основании 35 с направляющими бункера 36 и направляющими рабочего стола 37.

За счет предложенной конструкции рабочего стола и системы подачи горной породы через полый вал вращения значительно уменьшаются габариты и вес гироскопического измельчителя, ее производительность и затраты на электроэнергию.

Устойчивость работы предлагаемого устройства определяется тем, что при увеличении силы сопротивления размельчаемой породы перемещению валка 26 по размольному столу происходит и уменьшение заданной величины  $\Omega$ , что в свою очередь, согласно формуле (1), приводит к уменьшению величины гироскопического момента и величины гироскопической силы  $F_{д}$ , что обеспечивает увеличение значения угловой скорости  $\Omega$  до заданной величины.

Следовательно, с точки зрения теории автоматического регулирования ГИ является автоматическим устройством с отрицательной обратной



**Конструкция гироскопического измельчителя с загрузкой породы через полый вал вращения рабочей площадки**

связью, которая и обеспечивает его устойчивую работу.

**Выводы**

Таким образом, анализ конструкции ГИ и принципа ее работы показывает, что в нем удалось преодолеть все три главных недостатка существующих устройств по разрушению природных геоматериалов, что позволило на практике реали-

зовать новый физический принцип создания и управления силовыми нагрузками в измельчителях за счет гироскопического эффекта, при этом двухступенный гироскоп является управляющим элементом с отрицательной обратной связью, который и обеспечивает устойчивую работу измельчителя в заданном режиме.

---

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пивняк Г.Г., Вайсберг Л.А., Кириченко В.И., Пилов П.И., Кириченко В.В. Измельчение. Энергетика и технология. – М.: Руда и металлы, 2007. – 295 с.
2. Чантурия В.А. и др. Наночастицы в процессах разрушения и вскрытия геоматериалов. – М.: ИПКОН РАН, 2006. – 352 с.
3. Алмазы России-Саха. Пятьдесят алмазных лет. РОССПЭН (Российская политическая энциклопедия), М., 2005, 704 с.
4. Бобин В.А., Ланюк А.Н. Сравнительная оценка шаровых мельниц и мельниц мокрого самоизмельчения по показателям роста добычи всех групп якутских именных алмазов. ГИАБ, 2008. – №7. – С. 340-344.
5. Трубецкой К.Н., Вайсберг Л.А., Бобин В.А., Ланюк А.Н. и др. Патент РФ № 2248242 "Гироскопический измельчитель сухой горной породы", 2005, бюл. № 8.
6. Бобин В.А., Чернегов Ю.А. Гироскопическая мельница. Технологический прорыв в горном деле. "Технологии мира", 2010. – №6(24). – С. 25-27.
7. Бобин В.А., Чернегов Ю.А., Ланюк А.Н. и др. Эффективность дезинтеграции горных пород и извлечение полезных компонент с использованием гироскопической мельницы. Ч.1. Экологический вестник России, 2010 – № 10 – С. 36-40.
8. Бобин В.А., Чернегов Ю.А., Ланюк А.Н. и др. Эффективность дезинтеграции горных пород и извлечение полезных компонент с использованием гироскопической мельницы. Ч.2. Экологический вестник России, 2010. – № 11. – С. 30-33.

ГИАБ

---

## КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Покаместов Александр Викторович – Генеральный директор ООО «НПП «Профиль-Т», инженер, rokamest@bk.ru

Бобина Анна Вячеславовна – старший специалист отдела развития и информации Международного союза экономистов, инженер, annabobini@mail.ru



---

## РЕТРОДАЙДЖЕСТ

(Продолжение. Начало на с. 128)

В начале 1760-х гг. горные чиновники разделялись на генералов, штаб — и обер-офицеров (хотя формально военными не были). Для отличия от чинов прочих гражданских ведомств они имели особые наименования чинов:

Согласно горной таблицы о рангах 1722 – 1734 гг.:

- *Берг-советник (Берг-рат)* – высший чин VI класса, соответствовал званию полковника военной таблицы.
- *Бергмейстер* – чин IX класса, соответствующий майору военной таблицы.
- *Оберцегентнер* – чин IX-го класса, действовавшей с 1734 г. Соответствовал капитану военной таблицы.
- *Берг-фохт* – чин IX-го класса, соответствовал капитану воинской таблицы.
- *Берг-шрейбер* – чин XII класса, соответствовал поручику военной таблицы.
- *Шихтмейстер* – низший чин горной таблицы о рангах (XIV класса). Соответствовал коллежскому регистратору гражданской службы или подпрапорщику военной.
- *Берг-гауер* – низший чин на рудниках, занимавшийся сортировкой руды. Берг-гауеры работали также при сыске рудных месторождений.
- *Штейгер* – рудный мастер на плавильных заводах.