

УДК 622.73

М.В. Гегелашвили, И.Р. Бурлаков, Г.И. Свердлик

**О СКОРОСТНЫХ РЕЖИМАХ ДВИЖЕНИЯ
ИЗМЕЛЬЧАЕМОГО МАТЕРИАЛА В ВЕРТИКАЛЬНОЙ
МЕЛЬНИЦЕ ПРИНУДИТЕЛЬНОГО САМОИЗМЕЛЬЧЕНИЯ**

Приведены результаты испытаний лабораторной модели вертикальной мельницы принудительного самоизмельчения. Рассмотрено напряженное состояние измельчаемого материала во вращающемся корпусе.

Ключевые слова: измельчение, вертикальная мельница принудительного самоизмельчения, сыпучее тело.

В СКГМИ разработан способ динамического самоизмельчения минерального сырья, реализуемый в соответствующих вертикальных мельницах. Основным преимуществом способа динамического самоизмельчения является то, что размол материала осуществляется в активной зоне за счет взаимного соударения частиц и кусков друг о друга и последующего истирания. При этом верхняя часть столба практически малоподвижна и в основном создает необходимое давление – стесненные условия для взаимного перемещения частиц в нижней части корпуса. Верхние слои заторможены неподвижными стенками корпуса и соответственно между вращающимся ротором и неподвижными частями корпуса образуется зазор. Данный зазор должен быть заблокирован от попадания продуктов размолла. Решение этой задачи осуществлено для сухого размолла, а для мокрого процесса это оказалось достаточно сложным.[1—4]

В результате разработки приемлемых конструктивных решений появилась новая вертикальная мельница принудительного самоизмельчения.

Предлагаемая схема изображена на рис. 1: Устройство состоит из вра-

вращающегося ротора, состоящего из ступицы 1 с нижней торцевой крышкой, цилиндрической боковой поверхности 2 и верхнего кольца 3. Корпус ротора снабжен вертикальными ребрами 4 предназначенными для передачи материалу движения. В полости ротора на неподвижном стержне 5 расположена пластина 6, предназначенная для затормаживания внутренних слоев измельчаемого материала и создания принудительного самоизмельчения путем взаимного перемещения измельчаемых частиц в стесненных условиях.

Для проверки работоспособности предлагаемой конструктивной схемы была спроектирована и изготовлена лабораторная модель, которая предназначена для изучения кинематики движения внутримельничного заполнения. Вращающийся ротор насажен непосредственно на вал электродвигателя постоянного тока. Стенки ротора выполнены из прозрачного оргстекла. Ротор имеет три верхних роликовых опоры. Диаметр корпуса – 210 мм; высота – 300 мм; частота вращения – 0-1500 об/мин; ширина лопасти – 25; 50; 70; 100 мм; диаметр лопасти – 100 мм; двигатель П 31; мощность – 1.5 кВт.

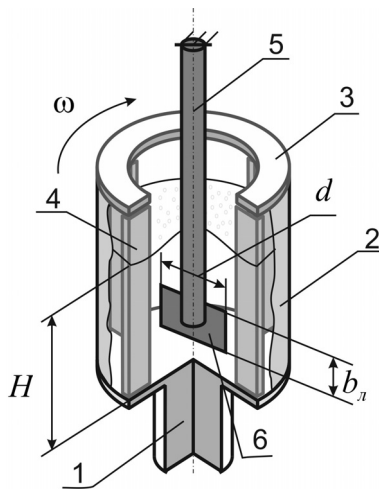


Рис. 1.

При проведении ориентирующих опытов на первоначальном этапе исследований для моделирования движения внутримельничного заполнения использовался гранулированный полиэтилен. После первых опытов от полиэтилена пришлось отказаться из-за того, что он сильно электризовался под воздействием трения между частица-

ми. В дальнейшем для моделирования использовалось пшено. На рис. 2 показано изменение крутящего момента на валу для неподвижных лопастей различной ширины в опытах с пшеном при высоте столба в роторе 250 мм.

При первоначальном изучении графиков обращает на себя внимание тот факт, что при увеличении частоты вращения крутящий момент сначала уменьшается, а потом возрастает. Это является свидетельством того, что для этой машины по аналогии с мельницами динамического самоизмельчения характерными являются три скоростных режима движения материала [5]:

1. Без циркуляции материала в вертикальном направлении.

2. Режим с непрерывной циркуляцией материала в вертикальном направлении (режим принудительного самоизмельчения).

3. Режим со сверхкритической скоростью («маховое» колесо).

После испытаний с использованием лопасти каждого размера производилась разборка корпуса с визуаль-

ным осмотром внутреннего содержимого корпуса. Было выявлено, что вокруг лопастей после работы на самых высоких частотах вращения образовались зоны, в которых измельчаемый материал (целые и размолотые частички пшена) оказались неподвижными относительно стенок вращающегося корпуса. На рис.3 схематично показаны границы зон малой подвижности измельчаемого материала, образовавшихся вокруг неподвижных лопастей минимального (правая сторона) и максимального (левая сторона) размеров

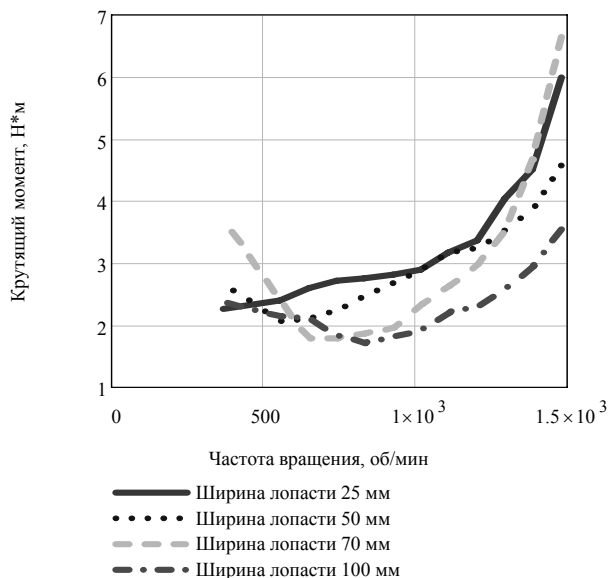


Рис. 2. Графики изменения крутящего момента на валу

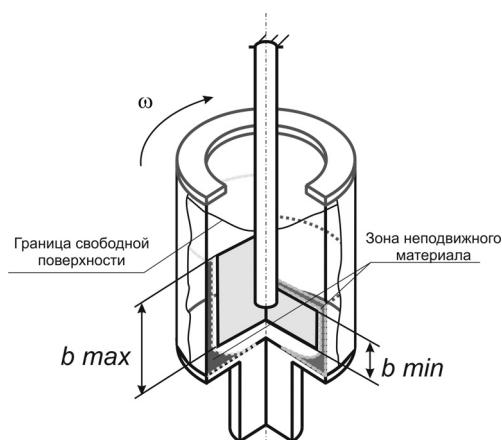


Рис. 3. Границы зон малой подвижности

после испытания на максимальной частоте вращения ротора. Эти границы имеют разную форму в верхней части – вокруг лопасти минимального размера образовалось подобие кокона, а сверху самой широкой лопасти материал остался подвижным.

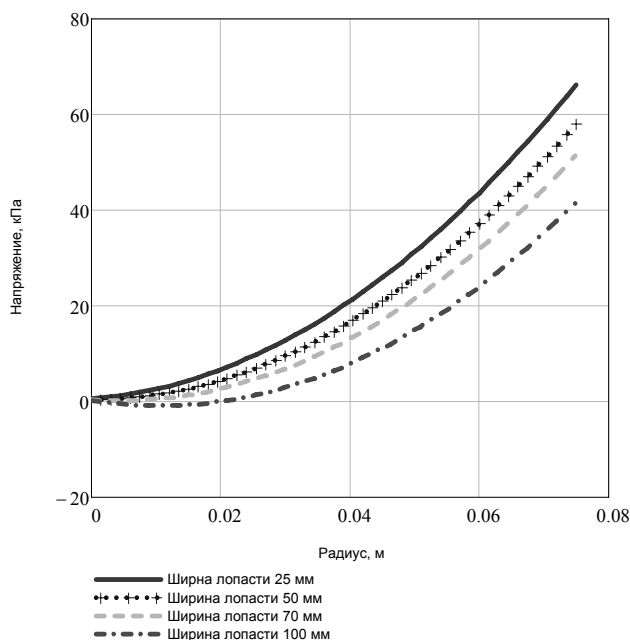


Рис. 4. График изменения вертикального напряжения на нижней границе лопасти при максимальной угловой скорости

Анализ результатов эксперимента привел к выводу, что в корпусе можно выделить 3 области, характеризующиеся различным движением материала:

- нижняя область, расположенная между дном и нижней гранью лопасти;
- средняя область, расположена между нижней и верхней гранями лопасти;
- верхняя область, образованная движением материала над лопастью.

Считаем, что самая нижняя область – это подобие ротора мельницы динамического самоизмельчения без внутренних рёбер. Материал, двигаясь в вертикальном направлении, образует динамическую насыпь, которая является застойной зоной, это объясняется свойствами сыпучего материала.

Из этого был сделан вывод о том, что для определения границ скоростных режимов движения предварительно необходимо описать напря-

женное состояние измельчаемого материала непосредственно над нижней гранью неподвижной лопасти.


Сыпучий материал, находящийся внутри вращающегося корпуса находится под действием двух массовых сил – силы тяжести направленной вертикально и центробежной силы инерции, имеющей радиальное направление. При этом следует отметить, что в пределах расположения неподвижной лопасти материал заторможен и не вращается, т.е. в этой зоне центробежной силы инерции нет. Одновременно необходимо принимать во внимание факт появления бокового

давления и сил внутреннего трения от действия обеих массовых сил, что характерно для сыпучих тел. При вращении корпуса произойдет также изменение формы свободной поверхности внутримельничного заполнения, вызываемое взаимодействием массовых сил и силы внутреннего трения сыпучего тела. За основу при разработке методики расчета была принята модифицированная модель сыпучей среды, предложенная Лукьяновым П.И. и Каталимовым А.В. [6,7]. Методика расчета реализована в среде «MathCad 14». На рис.4 представлены результаты расчета вертикального напряжения на границе между областями 1 и 2, т.е. на нижней грани неподвижной лопасти. Анализ полученного графика пока-

зывает, что при одинаковой частоте вращения для узкой лопасти величина вертикального давления выше. Это объясняется тем, что в этом случае большая часть внутримельничного заполнения находится под действием центробежной силы инерции. Правильность разработанной модели косвенно подтверждается тем, что согласно графику на рис. 2 для этой лопасти требуется приложить больший крутящий момент.

Следующим шагом в расчете границ скоростных режимов является разработка описания напряженного состояния в зоне 1, основой для которого послужит методика расчета усилий внутри ротора мельницы динамического самоизмельчения.[3]

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ягупов А.В. Новый способ измельчения руд // Горный журнал. 1976. №11. С.71-73.
2. Пат. 2078613 (РФ). Способ измельчения материалов / В.Н. Хетагуров
3. Гегелашвили М.В. Теория и практика мельниц динамического самоизмельчения. – Владикавказ: Терек, 2001. – 208с.
4. Гегелашвили М.В., Медоев Т.Г. Мельница-классификатор для мокрого размола рудного сырья. // Горный информационно-аналитический бюллетень, 2003 №2. с. 210 – 212.
5. Гегелашвили М.В., Бурлаков И.Р., Стрельцов А.А. Результаты испытаний лабораторной модели вертикальной мельницы принудительного самоизмельчения // Сборник докладов IX международной научно-технической конференции «Чтения памяти В.Р. Кубачека» Екатеринбург. 2011. с.206-209
6. Лукьянов П.И. Аппараты с движущимся зернистым слоем. Теория и расчет. М.: Машиностроение, 1974. 184с.
7. Каталимов А.В., Любартович В.А. Дозирование сыпучих и вязких материалов. Л.: Химия, 1990. 240 С. 

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Гегелашвили М.В. – доктор технических наук, профессор, e-mail: Gegelashvili@mail.ru,
Бурлаков И.Р. – аспирант,
Свердлик Г.И. – доктор технических наук, профессор,
Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет).

