

## **СПЕЦИФИКА И ПРОБЛЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ИЗМЕЛЬЧАЮЩИХ АГРЕГАТОВ И ИХ МЕСТО В ИННОВАЦИОННОМ ПРОЦЕССЕ**

Инновационный процесс – это превращение научных знаний в инновацию. Он разделяется на несколько этапов: фундаментальные исследования, прикладные исследования, опытно-конструкторские разработки, промышленное освоение и только после этого промышленное производство. Общемировая практика говорит о том, что для успешной реализации научных идей соотношение финансирования на первых четырех этапах должно быть 1:3:9:27, т.е. возрастать втрое. Кроме того, для этой же цели в зарубежных странах созданы инновационные центры: бизнесцентры, бизнес - инкубаторы, технологические парки. Финансированием инновационных проектов занимаются, преимущественно, венчурные фонды, основными вкладчиками которых являются пенсионные фонды.

К сожалению, ничего подобного у нас в стране нет. По признанию многих специалистов на постсоветском пространстве этап, связанный с промышленным освоением, вообще никто не финансирует.

А теперь о месте и роли университетской науки. Научные работники должны заниматься наукой – фундаментальной или прикладной. В силу своей загруженности той же научной работой, учебным процессом они просто не в состоянии планомерно и последовательно заниматься реализацией своих идей. Причем этим надо заниматься в определенном месте каждый день и по многу часов.

Руководствуясь вышеизложенным, мы начали исследование измельчающих агрегатов и продолжаем этим заниматься последние пятнадцать лет. Основной целью этих исследований являлась интенсификация процессов диспергирования в направлении снижения энергозатрат. Но дополнительно решались задачи по разработке инженерных методик расчета измельчителей и вовлечению в процесс научного поиска студентов, аспирантов, молодых преподавателей. Ведь главной задачей университета следует считать подготовку квалифицированных кадров, способных не только разрабатывать, но и обслуживать технологическое оборудование, в том числе и измельчающее.

На начальном этапе были сформулированы основные направления интенсификации процесса диспергирования [1]: оптимизация процесса диспергирования на основе анализа и практических выводов теории разрушения; поиск новых более эффективных способов воз-

действия на материал; совершенствование организации технологического процесса; моделирование и оптимизация движения измельчаемого материала и рабочих органов машин в зоне воздействия; конструктивное совершенствование измельчающих машин.

Основным направлением исследований выбрано моделирование и оптимизация движения измельчаемого материала и рабочих органов машин. Выбор этого направления обусловлен трудностями, связанными с экспериментальными исследованиями процесса измельчения. Модели машин и их составные части испытывают высокие нагрузки и поэтому должны быть изготовлены из соответствующих конструкционных материалов, обеспечивающих прочность, жесткость, износостойчивость. Проведение экспериментов требует использования большого количества измельчаемых материалов, их подготовки и утилизации после пробного измельчения. Кроме того, по результатам экспериментов можно определить только обобщающие характеристики процесса. Характер движения материала, сущность самого процесса изучить практически невозможно из-за недоступности зоны разрушения для установки контрольно-измерительной аппаратуры и визуального наблюдения. Поэтому не возможно, например, определить условия соприкосновения материала с рабочим органом в мельницах ударного действия, траекторию движения измельченных частиц в среднеходных мельницах и т. д. Незнание промежуточных характеристик не дает возможности регулировать процесс и устанавливать его оптимальные параметры. Часто в результате такого ограниченного эксперимента, особенно для новых конструкций агрегатов, вообще не удается найти оптимальные режимы работы, и в целом интересные технические решения не доводятся до практической реализации.

Разрешить указанное противоречие можно с помощью моделирования, особенно математического. Правильно составленная математическая модель, учет всех силовых факторов позволяют достоверно описать процесс, избавиться от трудоемкого эксперимента с неизбежными ошибками и неточностями. Возможность широкого использования математического моделирования значительно расширилась при появлении современной вычислительной техники. Сейчас не надо упрощать математические модели до возможности их аналитического решения. Численными методами на компьютере решаются достаточно сложные задачи по описанию процессов в виде дифференциальных уравнений. Причем задачи могут быть многовариантными, в процессе решения легко изменяются все параметры и анализируется результат. Моделирование позволяет дать качественную и количественную оценку процесса, рассчитать технологические и конструкционные парамет-

ры машин. На основе моделирования составляются методики и алгоритмы расчета измельчающих машин.

Примером успешного решения задачи по расчету габаритных размеров центробежно шаровой мельницы можно считать математическое моделирование движения мелющих тел и материала в этом агрегате. Уравнения движения (1) только во вращающемся роторе представлены в виде:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dv_x}{dt} = \omega^2 x + 2\omega v_y - f \left[ \omega^2 y - 2\omega v_x \right] \sin \alpha - g \cos \alpha \\ \times \frac{v_x}{\sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}}, \\ \frac{dv_y}{dt} = \omega^2 y - 2\omega v_x - f \left[ \omega^2 y - 2\omega v_x \right] \sin \alpha - g \cos \alpha \\ \times \frac{\sqrt{v_y^2 + v_z^2}}{\sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}} \cdot \cos \alpha, \\ \frac{dv_z}{dt} = -g - f \left[ \omega^2 y - 2\omega v_x \right] \sin \alpha - g \cos \alpha \\ \times \frac{\sqrt{v_y^2 + v_z^2}}{\sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}} \cdot \sin \alpha. \end{array} \right. \quad (1)$$

Далее проанализировано движение по статическому кольцу, соударение тел, полет их в сепарационном пространстве и возвращение на поверхность ротора. Для всех этих участков составлено математическое описание. Реализация алгоритма расчета позволила оптимизировать геометрические соотношения сепарационного пространства так, чтобы мелющие тела возвращались как можно ближе к центру ротора.

Подобные методы определения оптимальных параметров использованы для дезинтегратора, среднеходной валковой и планетарной мельниц.

Еще один вопрос, который нельзя обойти без внимания, это оптимизация параметров замкнутого цикла измельчающих агрегатов. Разработана модель замкнутого цикла и получена зависимость степени измельчения как функции пяти параметров (2), что говорит о сложности решаемой задачи.

$$i = \frac{(1 - \tau) d_0 + {}^1 C_3 d_2}{(1 - \tau_3)(1 - \tau) d_1 + (1 + \tau) C_3 d_2} \quad (2)$$

По этой модели с помощью методов нелинейного программирования определена оптимальная эффективность классификатора и размер циркулирующей загрузки для обеспечения максимальной степени измельчения. По ней рассчитана максимально возможная производительность агрегата.

Определив скорости и ускорения измельчающих тел при движении элементов загрузки, мы можем рассчитать инерционные силы и весь комплекс силовых факторов, действующих на измельчаемый материал, в том числе силы давления, трения и силу удара. Результаты этих исследований легли в основу определения разрушающих напряжений при различных способах воздействия на материал: раздавливания, ударе, истирании. Эта часть работы находится в стадии интенсивного развития.

Творческий коллектив, занимающийся исследованием измельчающих агрегатов, не ограничивается только вопросами моделирования. Достоверность всех параметров измельчителей проверяется и подтверждается экспериментально. Более того, все оптимизированные агрегаты прошли промышленные испытания, часть из них внедрено в производство. Но это все - таки только пробные варианты. Для реализации инновационного процесса требуется выполнение всех условий, указанных в начале этого сообщения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Вайтехович П.Е. Интенсификация и моделирование процессов диспергирования в поле инерционных сил: монография / П.Е. Вайтехович. – Минск: БГТУ, 2008. – 220 с.

УДК 631.8-046.42

А. С. Стромский, заведующий НИТО  
М. Г. Шемякина, зав. лабораторией ПиА  
А. К. Эмильянович, инженер лаборатории ПиА  
[ru.emilyanovich 2012](mailto:ru.emilyanovich@2012) (ОАО «Белгорхимпром», г.Солигорск)  
Л. С. Ещенко, проф., д-р техн.наук,  
(БГТУ, г.Минск)

#### **ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ОКРАШИВАНИЯ ХЛОРИСТОГО КАЛИЯ КРАСНЫМ ЖЕЛЕЗОКСИДНЫМ ПИГМЕНТОМ**

Зерна хлористого калия, полученные флотационным методом, имеют красно-бурый цвет, характерный для природного сильвина Старобинского месторождения из-за включений оксидов железа. Сильвиниты Петриковского месторождения разнообразны по цвету, но чаще встречаются белые и розовые. Флотационный хлористый ка-