

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАЗДЕЛЕНИЯ СЛЮДОСОДЕРЖАЩИХ РУД В ТРАНСПОРТИРУЮЩИХ ЖЕЛОБАХ

Потапов В. Я., Потапов В. В., Семериков Л. А., Васильев Е. А.

Приводятся результаты имитационного разделения слюды и вмещающих пород на поверхности транспортирующего желоба. В качестве разделительного признака используются фрикционные характеристики минералов. Оценено влияние поверхности желоба и режимных факторов на траектории движения частиц при спуске с желоба. **Ключевые слова:** желоб; математическое уравнение; траектории движения.

В практике транспортирования перерабатываемых руд часто используются перегрузочные желоба, на которых минеральные комплексы (полезные ископаемые и породы) могут при их движении подвергаться первичному разделению за счет различий фрикционных характеристик горных пород. Желоба можно использовать для предварительного разделения и классификации транспортируемого материала.

Прогнозирование результатов предварительного разделения и выбор рациональных параметров устройства можно осуществить с помощью моделирования рассматриваемого процесса на ПЭВМ. Большинство исследователей пользуются методами такого моделирования на основе уравнений движения частицы обогащаемого материала по шероховатой наклонной плоскости, составленных с помощью основного закона динамики точки (второго закона Ньютона). Использование точечной механической модели характерно и для определения механических характеристик частиц, составляющих стандартную методику исследований [1].

Подача горной массы в узел стратификации происходит путем свободного засыпания на наклонную плоскость (желоб), поэтому начальная скорость v_0 во всех приведенных формулах получена на основании анализа удара частицы о наклонную плоскость в виде [2–4]:

$$v_0 = \sqrt{2gh(\sin \alpha - f_{\text{ск}} \cos \alpha)},$$

где h – высота, с которой частицы падают на наклонную плоскость, м.

На второй стадии сепарации свободный полет частиц обеспечивает их падение на раз-

ных расстояниях от места соскальзывания с поверхности полки. Силы сопротивления движению здесь не столь велики, как трение на фрикционной поверхности, особенно при небольших скоростях движения, при которых происходит сепарация, поэтому форма рудных частиц играет не столь заметную роль. Свободное движение частиц описано с помощью законов равномерного (по горизонтали) и равнопеременного (по вертикали) движений. Дальность полета частицы после отрыва от желоба получена в виде:

$$l = \frac{v \cos \alpha}{g} \left(\sqrt{v^2 \sin^2 \alpha + 2gb} - v \sin \alpha \right),$$

где b – вертикальное расстояние до места падения частиц, м.

Совокупность приведенных формул составила основу математической модели для описания процесса сепарации от стадии загрузки до момента извлечения обогащенного материала. В соответствии с этими соотношениями проводился вычислительный эксперимент, в котором изменялись конструктивные параметры фрикционного сепаратора (величины h , L , α).

Моделирование движения частиц по наклонной плоскости осуществлялось согласно рассмотренным уравнениям с учетом коэффициентов кинетического трения и приведенного коэффициента трения-качения, значения которых задавались генератором случайных чисел [4, 5]. С помощью математической модели изучено влияние конструктивных особенностей узла стратификации, скорости направления и точки подачи воздушного потока, производительности, крупности исходного материала на эффективность разделения. На

рис. 1 представлены траектории движения частиц, полученные имитационным моделированием.

Графики показывают, что данные виды сырья можно эффективно разделять фрикционными методами, при этом на процесс раз-

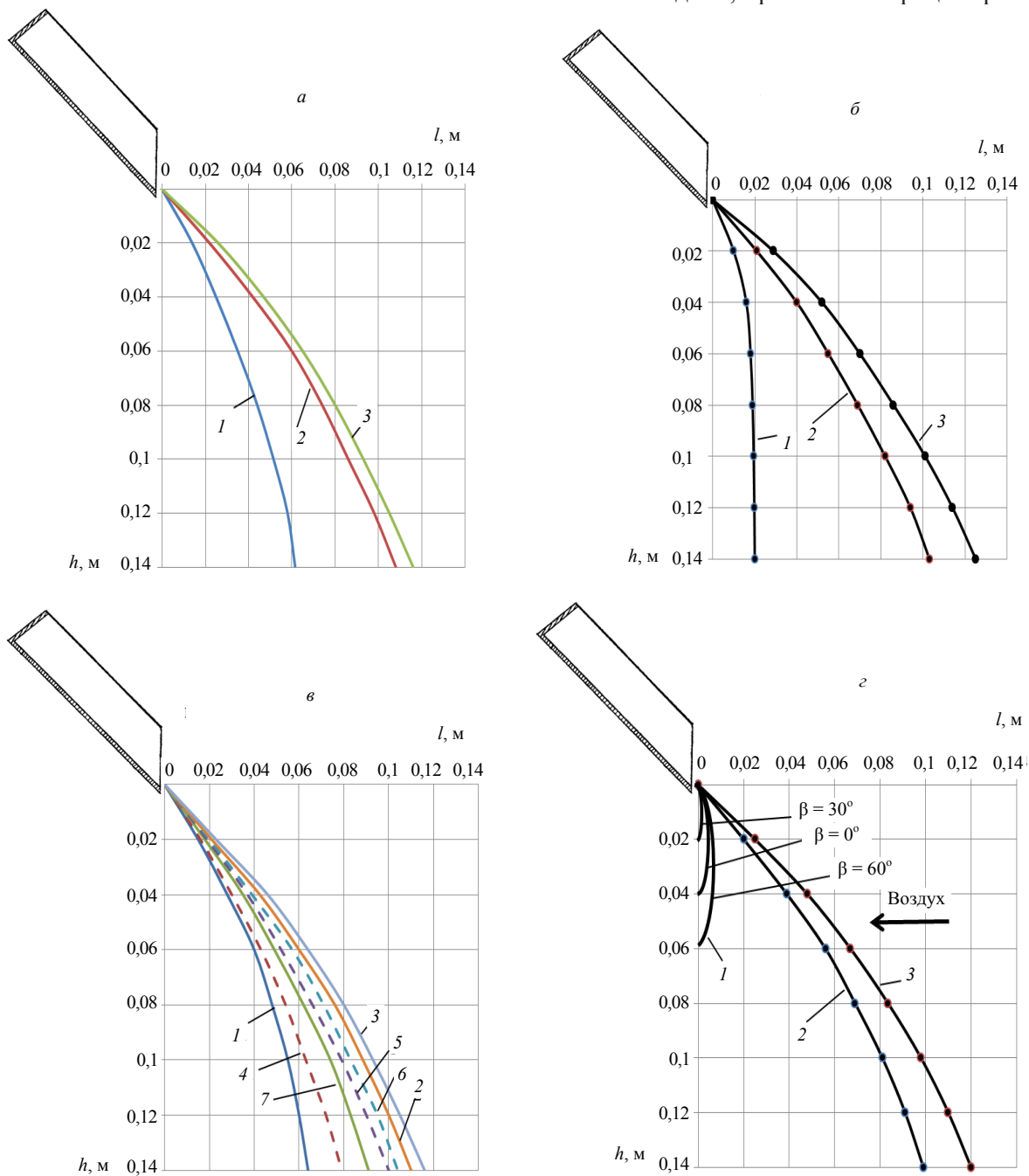


Рис. 1. Траектории движения частиц после схода с плоскости класса $-0,4 + 0,25$ мм: 1 – слива, 2 – кварц, 3 – гранат, 4 – слива в смеси, 5 – кварц в смеси, 6 – гранат в смеси, 7 – смесь общая (30 % сливы, 60 % кварца, 10 % граната); а, в – прямолнейная полка, длина 1 м, угол наклона 43° ; б, г – трамплинообразная полка, углы наклона участков; $\alpha_1 = 60^\circ$, $\alpha_2 = 25^\circ$, длина участков 1 м и 0,1 м; г – подача воздушной струи, ширина зоны действия воздуха 0,05 м, скорость воздушного потока 1,0 м/с, точка подачи воздушного потока 0,04 м от края полки

деления влияют конструктивные параметры узла стратификации. Установлено, что наибольшую эффективность разделения обеспечивает поверхность, выполненная из материалов с высоким коэффициентом трения

(резина). На процесс разделения оказывает существенное влияние угол наклона разделительной поверхности. Воздействие воздушного потока в направлении сортируемого материала проявляется для частиц, обладающих

парусностью (слюда, асбест), что позволяет усилить отклонение частиц данных пород из общего потока рудной массы для обеспечения эффективности процесса разделения [4].

Как видно из графических зависимостей, представленных на рис. 2, необходимая для обеспечения качества разделения продуктов разных классов крупности скорость движе-

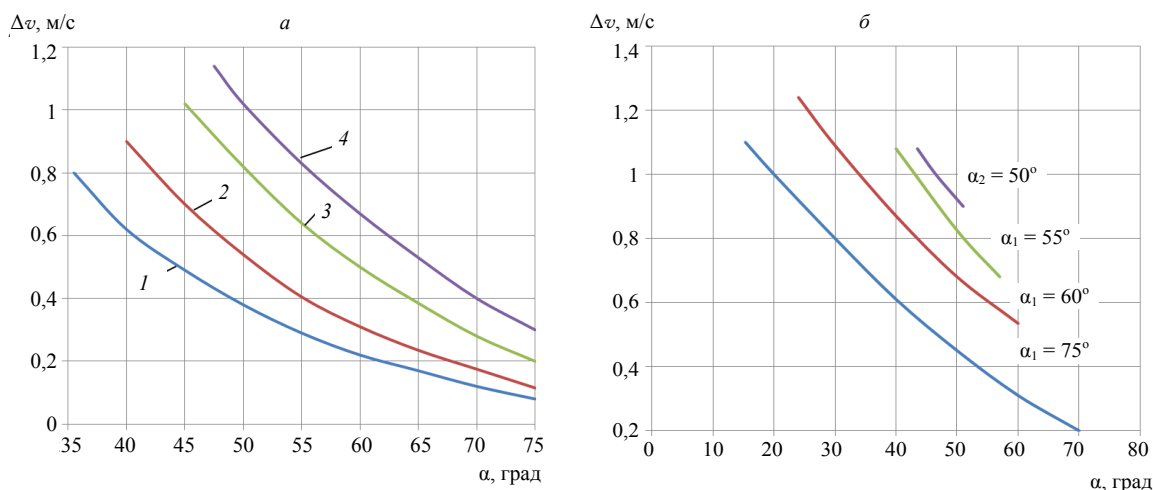


Рис. 2. Зависимость разности скоростей схода частиц кварца и слюды от углов наклона плоскости: а – прямолинейная полка, длина 1 м; 1 – класс $-1,35 + 0,7$ мм; 2 – класс $-0,7 + 0,4$ мм; 3 – класс $-0,4 + 0,25$ мм; 4 – класс $-0,25 + 0,15$ мм; б – полка с трамплином, длина участков разгона 1 м, трамплина 0,1 м; класс $-0,4 + 0,25$ мм; α_1, α_2 – углы наклона участков полки

ния материала по плоскости без трамплина соответствует 0,8 м/с при наклоне угла полки 43°, с установкой трамплина под углом 15° скорость подачи материала составляет 1 м/с.

На основании полученных зависимостей определены основные направления в конструировании узла стратификации (желоба). Наибольшая эффективность разделения минералов исследуемой руды соответствует устройству с наклонной плоскостью, состо-

ящей из двух участков: участка разгона длиной 1 м и трамплина 0,1 м с регулируемым углами наклона, величина которых зависит от крупности обогащаемого класса. Скорость воздушного потока зависит от скоростей витания разделяемых компонентов и составляет 0,8–1,8 м/с, в зависимости от крупности минералов [5]. Представленные результаты могут быть использованы при проектировании транспортных систем обогатительных фабрик.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Потапов В. Я. Теоретический анализ движения и удара частицы обогащаемого материала о наклонную плоскость / В. Я. Потапов [и др.] // Изв. вузов. Горный журнал. 2007. № 1. С. 110–113.
2. Ляпцев С. А., Потапов В. Я. Совершенствование узла стратификации фрикционного сепаратора // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 2. С. 7–10. URL: www.science-education.ru/96-4622
3. Потапов В. Я., Потапов В. В. Закономерности движения куска горной породы по наклонной плоскости фрикционного сепаратора // Изв. вузов. Горный журнал. 2011. № 5. С. 94–100.
4. Ляпцев С. А., Потапов В. Я. Математическое описание поведения рудных частиц в воздушном потоке разделительных аппаратов // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 1. С. 7–10. URL: www.science-education.ru/101-5493
5. Александрова Е. П. Закономерности воздушной сепарации слюдосодержащих мелкочешуйчатых сланцев и технология их обогащения: дис ... канд. техн. наук. Свердловск, 1982. 205 с.

Поступила в редакцию 23 апреля 2014 г.

Потапов Валентин Яковлевич – профессор, доктор технических наук. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет. E-mail: 2c1@inbox.ru

Потапов Владимир Валентинович – доцент, кандидат технических наук. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет.

Семериков Леонтий Андреевич – аспирант кафедры горной механики. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет.

Васильев Евгений Александрович – аспирант кафедры горной механики. 620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30, Уральский государственный горный университет.