

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТЕЧЕНИЯ ПУЛЬП В ПРИПОВЕРХНОСТНОМ СЛОЕ СГУСТИТЕЛЬНОЙ ВОРОНКИ

Бобров В.Б., аспирант

Институт геотехнической механики им. Н.С.Полякова
НАН Украины

Предложена математическая модель течения пульпы в приповерхностном слое сгустительной воронки, позволяющая определить концентрацию гидросмеси в слое перелива и в основной области течения, распределение расходов в сгустительной воронке, а также оценить возможность применения воронки для очистки оборотной воды и отходов обогащения минерального сырья.

The mathematical model of pulps flowing in near-surface layer of thickening funnel is offered which allows to calculate the hydraulic liquid concentration in overflow layer and main flow zone, the distribution of discharges in thickening funnel and also to evaluate the possibility of funnel use for reused water and cleaning rejects' purification.

Проблема и ее связь с научными или практическими задачами. Безопасность открытых горных работ для окружающей среды сегодня определяется возможностью существующих технологий обеспечить эффективную переработку и складирование получаемых отходов, а также очистку оборотной воды, используемой в технологиях добычи и обогащения [1 - 4]. Поскольку в большинстве технологических процессов применяемых при обогащении минерального сырья, используется вода как среда транспортирования и разделения минералов, то на различных этапах обогащения применяются аппараты типа сгустительной воронки [4, 5].

Сгустительные воронки играют важную роль в обеспечении надежности и эффективности обогатительного производства. Например, если сгустительные воронки работают неудовлетворительно, никакое исправное и отлаженное основное оборудование не способно обеспечить требуемые показатели обогащения.

В технологиях обогащения минерального сырья сгустительные воронки используются для повышения концентрации твердого в

пульпе, аккумуляирования гидросмеси и согласования работы обогащительных аппаратов. В последнее время сгустительные воронки все чаще применяются для очистки оборотной воды и предварительного сгущения отходов обогащения перед транспортировкой в хвостохранилища, а это требует обоснования и расчета параметров течения в слое перелива, в котором должна обеспечиваться основная сепарация твердых частиц и очистка воды, попадающей в слив.

Анализ исследований и публикаций. Известные методы расчета сгустительных воронок направлены на определение параметров и режимов работы при использовании их в качестве аккумуляирующих емкостей или емкостей для стабилизации параметров гидросмеси перед обогащением [1, 2, 5]. В этих методиках основное внимание уделяется расчету течения в сужающейся части воронки, а параметры течения в приповерхностном слое практически не рассматриваются.

Постановка задачи. Цель данной работы - создание математической модели течения гидросмеси в слое перелива сгустительной воронки, а также разработка метода расчета параметров слоя перелива.

Изложение материала и результаты. Поле течения гидросмеси в сгустительной воронке можно разбить на две зоны (рис. 1): у приповерхностного слоя толщиной $h(R)$, в которой происходит течение в радиальном направлении от подающего устройства на водослив через борт воронки, и зону основного течения вниз ниже сечения 0–0 [2, 5].

В приповерхностном слое происходит осветление гидросмеси за счет его разгрузки твердого в основной поток. Высота слоя перелива изменяется и зависит от радиуса верхнего сечения воронки, концентрации и характера твердого вещества в питании, а также расхода гидросмеси. При движении гидросмеси в слое перелива не все частицы твердого попадают в основной поток. Некоторые из них вместе с жидкостью уходят через сливной борт в перелив. Вместе с частицами в перелив уходит также и некоторая часть жидкости, поэтому концентрация твердых частиц в основном потоке по отношению к начальной изменится.

Основной поток ниже сечения 0 – 0 можно считать одномерным, направленным вертикально вниз (рис.1). При движении гидросмеси в основном потоке наблюдается увеличение разности скоростей жид-

кости и твердого вещества. Этот процесс сопровождается увеличением концентрации твердого вещества в нижней части сгустительной воронки, тогда как в приповерхностном слое воронки она снижается за счет разгрузки части частиц из потока, уходящего в слив [2, 5].

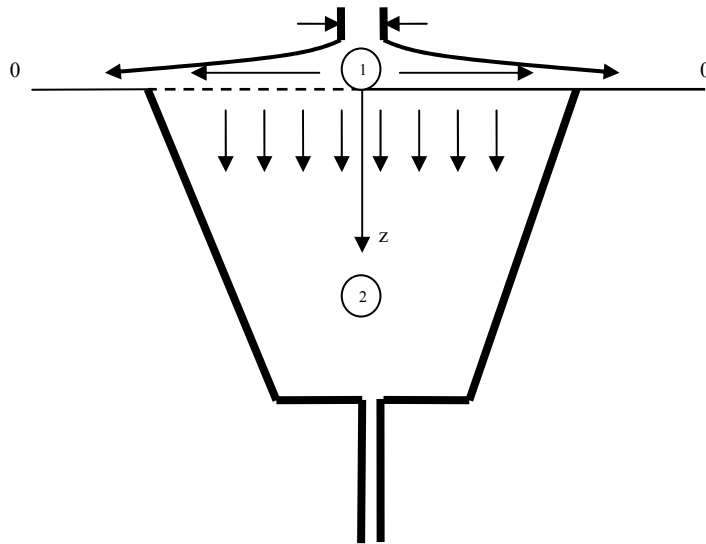


Рис. 1. Схема поля течения гидросмеси в сгустительной воронке

Секундный расход и концентрация пульпы, уходящей в слив через борт воронки, определяются так:

$$Q_c = Q_o - Q(\varphi_*); \quad \varphi_* = \varphi_c + (\varphi_o - \varphi_c) \frac{Q_o}{Q(\varphi_*)}, \quad (1)$$

где Q_c - секундный расход пульпы уходящий через борт перелива; Q_o - расход гидросмеси, подаваемой в воронку; $Q(\varphi_*)$ - расход пульпы, поступающей в основную область течения; φ_* - концентрация пульпы, поступающей в основную область течения; φ_c - концентрация пульпы, уходящей через борт перелива; φ_o - концентрация гидросмеси, подаваемой в воронку.

Для доли концентрации гидросмеси, уходящей через борт перелива, на основании законов сохранения массы и импульса была разработана математическая модель течения пульпы в поверхностном слое сгустительной воронки, состоящая из системы двух дифференциальных уравнений с двумя начальными условиями:

$$\frac{dh}{dr} = -\frac{r w \varphi + h \sqrt{b - 2gh}}{r(b - 3gh)} \sqrt{b - 2gh}; \quad \frac{d\varphi}{dr} = -(1 - \varphi) \varphi \frac{w}{h \sqrt{b - 2gh}};$$

$$\varphi(r = R_o) = \varphi_o; \quad h(r = R_o) = \frac{1}{2} \left(\frac{Q_o - Q(\varphi_*)}{m \pi R \sqrt{g}} \right)^{2/3}; \quad (2)$$

$$b = \left(\frac{m^2 + 1}{m^{2/3}} \right) \left(\frac{g}{\pi R} (Q_o - Q(\varphi_*)) \right)^{2/3}; \quad w = \frac{\rho - \rho_o}{9 \rho_o} \frac{g R_s^2}{\nu} (1 - \varphi),$$

где r - текущий радиус поперечного сечения приповерхностного слоя $R_0 \leq r \leq R$; R_0 - радиус устройства подачи пульпы в сгустительную воронку; R - радиус верхнего сечения сгустительной воронки; w - гидравлическая крупность частиц; g - ускорение свободного падения; h - изменение высоты слоя перелива; φ - текущая концентрация пульпы; h_0 - высота слоя перелива возле подающего устройства; $m = 0.4$ - коэффициент расхода через борта перелива; ρ - плотность твердых частиц; ρ_o - плотность воды; R_s - радиус частиц; ν - кинематический коэффициент вязкости воды.

Первое уравнение описывает зависимость высоты слоя перелива от радиуса верхнего сечения воронки. Второе уравнение задает распределение концентрации твердого вещества в слое перелива.

Выводы и направление дальнейших исследований.

По предлагаемой методике были выполнены расчеты параметров течения пульпы в приповерхностном слое сгустительной воронки для следующих начальных данных: $D=2$, $D_0=0.25$, $\varphi=0.2$, $\rho_l=4800$, $\rho_s=1000$, (см. рис. 2 – 4).

Из полученных результатов следует что, высота слоя перелива зависит, в первую очередь, от величины расхода который подается в сгустительную воронку. Начальное значение концентрации твердого в гидросмеси и крупность частиц незначительно влияют на высоту слоя перелива. Однако при этом на распределение концентрации твердого вещества внутри слоя перелива большое влияние оказывает величина гидравлической крупности частиц и начальная концентрация твердого в пульпе.

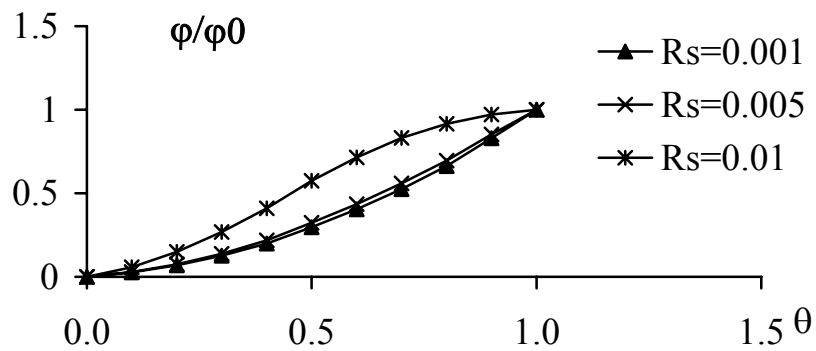


Рис. 2. Относительная зависимость распределения концентрации твердого к исходной концентрации твердого в слое перелива при различных крупностях частиц в гидросмеси которая подается в сгустительную воронку

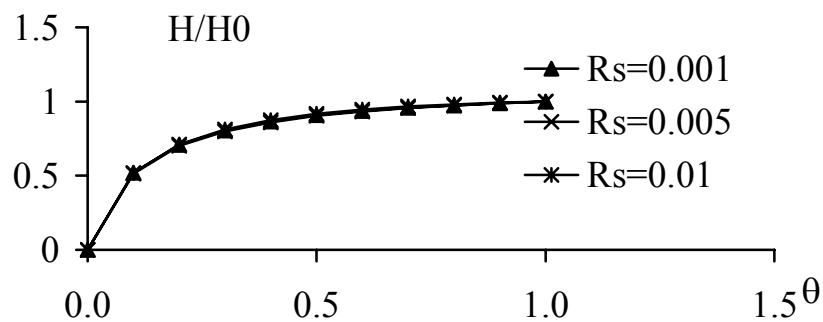


Рис. 3. Относительная зависимость высоты слоя перелива к исходной высоте слоя перелива при различных расходах гидросмеси подающихся в сгустительную воронку в безразмерных координатах

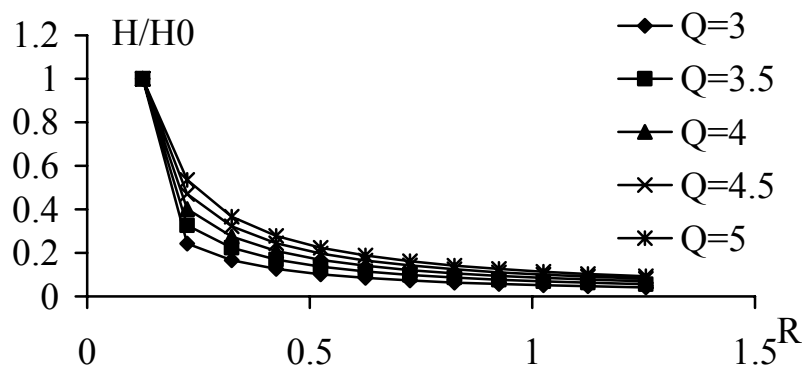


Рис. 4. Относительная зависимость высоты слоя перелива к исходной высоте слоя перелива при различных расходах гидросмеси подающихся в сгустительную воронку

Таким образом, с помощью приведенной методики расчета возможна оценка эффективности применения сгустительной воронки для извлечения из отходов обогащения твердых частиц с требуемыми параметрами, а также для очистки технической воды, используемой в системе оборотного водоснабжения технологий обогащения.

Список источников.

1. Блюсс Б.А., Сокил А.М., Гоман О.Г. Проблемы гравитационного обогащения титан-цирконовых песков. – Днепропетровск: Поліграфіст, 1999. – 190 с.
2. Блюсс Б.А., Головач Н.А. Совершенствование технологий предобогащения ильменитовых руд. – Днепропетровск: Полиграфист, 1999. – 126 с.
3. Проблемы разработки россыпных месторождений / И.Л. Гуменик, А.М. Сокил, Е.В. Семененко и др.. – Днепропетровск: Січ, 2001. – 224 с.
4. Баранов Ю.Д., Блюсс Б.А., Семененко Е.В., Шурыгин В.Д. Обоснование параметров и режимов работы систем гидротранспорта горных предприятий – Днепропетровск: Новая идеология, 2006. – 416 с.
5. Блюсс Б.А., Сокил А.М., Семененко Е.В. Научные основы моделирования процессов в технологиях обогащения титан-цирконовых россыпей // Научно-технический сборник «Обогащение полезных ископаемых». - Днепропетровск, 2004. Вып. №19(60). - С. 90 - 97.

Дата поступления статьи в редакцию: 02.11.07