

Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство

железорудного сиров'язя. Однак при зменшенні шкорути пульпи в струе интенсивность перемешивания зменшується, вшледствие чего починаєт происходить гравитационное разделение железорудного сиров'язя.

Выводы и направление дальнейших исследований. В соответствии с установленными расчетными зависимостями установлено, что шкорути потока пульпы на выходе из устройства исходного питания зависит от параметров его конструктивных элементов, а также от содержания твёрдого в питающем потоке.

Вшледствие интенсивного перемешивания, практически не происходит гравитационного разделения железорудного сиров'язя. Однак при зменшенні шкорути пульпы в струе интенсивность перемешивания зменшується, вшледствие чего починаєт происходить гравитационное разделение железорудного сиров'язя.

Список литературы

1. Барский М.Д. Гравитационная классификация зернистых материалов / М.Д. Барский, В.И. Ревнивцев. – М.: Недра, 1974. – 232 с.
2. Остапенко П.Е. Обогащение железных руд. – М.: Недра, 1977. – 272 с.
3. Барский М.Д. О соотношении шкорути витания и осаждения твердых частиц в жидкой среде / М.Д. Барский, А.В. Говоров // Горный журнал. – 1978. – № 1. – С. 169-171.
4. Повх И.Л. Техническая гидромеханика. – Л.: Машиностроение, 1969. – 524 с.

© Кривенко А.Ю., Кривенко Ю.Ю., 2018

*Надійшла до редколегії 04.09.2018 р.
Рекомендовано до публікації д.т.н. Т.А. Олійник*

УДК 622.7

А.Ю. КРИВЕНКО, Ю.Ю. КРИВЕНКО, кандидаты техн. наук,

Р.И. ГРИЦАН, А.О. ЖУРАВСКАЯ

(Украина, Кривой Рог, Государственное ВУЗ «Криворожский национальной университет»)

ОБОСНОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОРИЕНТАЦИИ ЧАСТИЦ ТВЕРДОЙ ФАЗЫ ПУЛЬПЫ В ПОТОКЕ ИСХОДОГО ПИТАНИЯ ДЕШЛАМАТОРА

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами Широкое применение при обогащении железорудного сиров'язя, нашли гидравлические гравитационные способы обогащения, в которых в качестве технологического оборудования применяются дешламаторы. Эффективность этих устройств обеспечивается за счет деления компонентов твердой фазы пульпы по

гидравлической крупности с учетом формируемых восходящих потоков.

Процесс обогащения в существующих конструкциях дешламаторов инициируется потоком исходного питания. В месте с тем, применяемый нисходящий порядок исходного питания ограничивает прирост качественных показателей песков дешламации, из-за совпадения вектора направления движения частиц твердой фазы с вектором направления гравитационной составляющей. Такой порядок формирования исходного потока предопределял неполный вынос мелких нерудных частиц из нижних слоев обогатительного аппарата, в виду повышения плотности среды, обусловленной соотношением жидкой и твердой фаз.

Анализ исследований и публикаций. Решение проблемы повышения качества обогащаемого продукта при гидравлическом гравитационном обогащении в основном было связано, с изменением конструкции самого обогатительного аппарата или изменения характеристик питающей пульпы (ее температуры, плотности, внесения флокулянтов и т.д.). Внимание же массопереносу внутри чана дешламатора, в частности движению частиц в питающем потоке пульпы, уделялось недостаточно [1, 2].

Постановка задачи. Сепарационные характеристики дешламатора находятся в прямой зависимости от факторов предопределяющих характер перемещение частиц твердой фазы. Этими факторами являются геометрические параметры аппарата, скорость и направление исходного потока, глубина разгрузки, скорость восходящего потока, а также удельная технологическая нагрузка на оборудование. В связи с этим, задачей исследований является установление динамики пространственного перемещения частиц твердой фазы с учетом влияния указанных факторов.

Изложение материала и результаты. Зависимость динамики массопереноса частиц твердой фазы железорудной пульпы показывает, что формирование восходящих потоков в чане дешламатора обусловлена исходным питанием, объем поступления которого составляет 600 – 900 м³/ч. Такая нагрузка предопределяет формирование потоков, перемещающих частицы в ограниченном пространстве аппарата, с учетом их геометрических параметров и физико-механических свойств.

Рассматривая динамику движения отдельных частиц можно прогнозировать показатели обогащения. Вместе с тем для управления и оптимизации обогатительного процесса необходимо не только знать взаимосвязь восходящих потоков и гидравлическую крупность, но и траекторию перемещения частицы и всего потока в целом.

Анализ функционирования дешламатора показывает, что поток пульпы, выходя из радиального питающего устройства (РПУ) дешламатора, движется в горизонтальном направлении. При этом происходит торможение этого потока

Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство

пульпой, находящейся в ванне дешламатора, то есть имеет место, так называемая, затопленная струя [3].

Согласно теории формирования затопленных струй изменение скорости струи является линейной функцией расстояния от полюса струи, образованного пересечением продолжением границ струи.

Если воспользоваться уравнением неразрывности для несжимаемой жидкости, то величина скорости на расстоянии x от выхода из РПУ представится формулой

$$v_x = v_0 \frac{R \cdot d_0}{(R + x)(2x \cdot \operatorname{tg}(\alpha/2) + d_0)},$$

где α – угол, образуемый границами струи при выходе из полюса, *рад*, x – расстояние от границы выхода струи из РПУ до сечения расчета скорости струи, *м*, v_0 – скорость пульпы на выходе из РКУ, *м/с*, R – радиус диска РКУ, *м*, d_0 – расстояние между дисками РКУ.

В дальнейшем, представляется целесообразным для упрощения исследований записать формулу в безразмерном виде

$$\hat{v}_x = \hat{v}_0 \frac{\hat{R} \cdot \hat{d}_0}{(\hat{R} + \hat{x})(2\hat{x} \cdot \operatorname{tg}(\alpha/2) + \hat{d}_0)},$$

где $\hat{v}_x = \frac{v_x}{\theta}$, $\hat{v}_0 = \frac{v_0}{\theta}$, $\hat{R} = \frac{R}{\Delta l}$, $\hat{d}_0 = \frac{d_0}{\Delta l}$, $\hat{x} = \frac{x}{\Delta l}$.

Анализ численной интерпретации динамики скорости потока содержащего частицы различной крупности и плотности показывает, что его перемещение в виде затопленной струи происходит в среде обладающей высокой плотностью. В связи с этим после выхода из устройства исходного питания поток сразу же начинает снижать свою скорость по параболической зависимости. Постепенное снижение скорости потока происходит до расстояния от устья радиального питающего устройства составляющего 0,7 – 0,9 м. За указанной границей скорость потока и составляющих его элементов практически не изменяется. После снижения скорости до минимального уровня поток теряет свою структуру, при этом перемещение его элементов обусловлено только постоянным притоком пульпы поступающей в чан дешламатора.

За зоной снижения скорости потока поступающего из радиального питающего устройства перемещение среды соответствует скорости исходного питания с учетом диаметра дешламатора.

Конкретизация пространственной ориентации потока движущегося в чане дешламатора относительно горизонтальной координаты с учетом фактора времени решается с помощью задачи Коши

$$\frac{d\hat{x}}{d\tau} = \hat{v}_0 \frac{\hat{R} \cdot \hat{d}_0}{(\hat{R} + \hat{x})(2\hat{x} \cdot \text{tg}(\alpha/2) + \hat{d}_0)}, \quad (1)$$

$$\hat{x}(\tau = 0) = 0. \quad (2)$$

Интегрирование уравнения (1) дает решение в виде

$$\int (\hat{R} + \hat{x}) \cdot (2 \cdot \hat{x} \cdot \text{tg}(\alpha/2) + \hat{d}_0) d\hat{x} = \hat{v}_0 \cdot \hat{R} \cdot \hat{d}_0 \cdot \tau + c. \quad (3)$$

После вычисления интеграла в левой части равенства (3) с учетом начального условия (2), окончательно получаем

$$\frac{2}{3} \text{tg}(\alpha/2) \cdot \hat{x}^3 + (\hat{R} \cdot \text{tg}(\alpha/2) + \frac{\hat{d}_0}{2}) \cdot \hat{x}^2 + \hat{R} \cdot \hat{d}_0 \cdot \hat{x} = \hat{v}_0 \cdot \hat{R} \cdot \hat{d}_0 \cdot \tau. \quad (4)$$

Преобразовав (4), получаем в параметрическом виде уравнение траектории частицы для случая ее попадания в восходящий поток пульпы, выходящей из РПУ

$$\frac{2}{3} \text{tg}(\alpha/2) \cdot \hat{x}^3 + (\hat{R} \cdot \text{tg}(\alpha/2) + \frac{\hat{d}_0}{2}) \cdot \hat{x}^2 + \hat{R} \cdot \hat{d}_0 \cdot \hat{x} = \hat{v}_0 \cdot \hat{R} \cdot \hat{d}_0 \cdot \tau, \quad (5)$$

$$\hat{y} = (1 - \hat{v}_1) \cdot \tau + e^{-\tau} - 1. \quad (6)$$

Если частица попадает в нисходящий поток пульпы, выходящий из РПУ, то, получаем параметрическое представление траектории частицы в данном случае

$$\frac{2}{3} \text{tg}(\alpha/2) \cdot \hat{x}^3 + (\hat{R} \cdot \text{tg}(\alpha/2) + \frac{\hat{d}_0}{2}) \cdot \hat{x}^2 + \hat{R} \cdot \hat{d}_0 \cdot \hat{x} = \hat{v}_0 \cdot \hat{R} \cdot \hat{d}_0 \cdot \tau, \quad (7)$$

$$\hat{y} = (1 + \hat{v}_2) \cdot \tau + e^{-\tau} - 1. \quad (8)$$

Параметрическая запись траектории частицы в восходящем потоке пульпы позволяет записать явное представление этой траектории

$$\hat{y} = \exp \left[-\frac{1}{\hat{v}_0 \hat{R} \cdot \hat{d}_0} \left(\frac{2}{3} \text{tg}(\alpha/2) \cdot \hat{x}^3 + (\hat{R} \cdot \text{tg}(\alpha/2) + \frac{\hat{d}_0}{2}) \cdot \hat{x}^2 + \hat{R} \cdot \hat{d}_0 \cdot \hat{x} \right) \right] + (1 - \hat{v}_1) \frac{1}{\hat{v}_0 \cdot \hat{R} \cdot \hat{d}_0} \left(\frac{2}{3} \text{tg}(\alpha/2) \cdot \hat{x}^3 + (\hat{R} \cdot \text{tg}(\alpha/2) + \frac{\hat{d}_0}{2}) \cdot \hat{x}^2 + \hat{R} \cdot \hat{d}_0 \cdot \hat{x} \right) - 1. \quad (9)$$

Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство

Аналогічно, для руху частинки в нисходящому потоку пульпи з допомогою формул (7), (8) отримуємо рівняння траєкторії частинки в явному вигляді для цього випадку

$$\hat{y} = \exp\left(-\frac{1}{\hat{v}_0 \hat{R} \hat{d}_0} \left(\frac{2}{3} \operatorname{tg}(\alpha/2) \cdot \hat{x}^3 + (\hat{R} \cdot \operatorname{tg}(\alpha/2) + \frac{\hat{d}_0}{2}) \cdot \hat{x}^2 + \hat{R} \cdot \hat{d}_0 \cdot \hat{x} \right)\right) + (1 + \hat{v}_2) \frac{1}{\hat{v}_0 \cdot \hat{R} \cdot \hat{d}_0} \left(\frac{2}{3} \operatorname{tg}(\alpha/2) \cdot \hat{x}^3 + (\hat{R} \cdot \operatorname{tg}(\alpha/2) + \frac{\hat{d}_0}{2}) \cdot \hat{x}^2 + \hat{R} \cdot \hat{d}_0 \cdot \hat{x} \right) - 1. \quad (10)$$

Сепараційний процес, реалізуваний в дешламаторі реалізується за рахунок взаємодії цілого ряду факторів при реалізації яких відбувається утворення двох потоків масопереносу один з яких представляє собою великі щільні частинки формуючі стиснутий продукт, а інший потік – малі малощільні і перизмельчені щільні частинки формуючі сливи дешламации – хвости гравітаційного збагачення.

Сепараційний процес повинен підтверджуватися не тільки співставленням гравітаційної величини частинки і швидкості вихідних потоків, але і чисельними значеннями траєкторії руху частинки твердої фази пульпи. Це необхідно в силу особливості формування вихідного потоку пульпи вихідного з радіального пристрою. Цією особливістю є те, що спочатку рух потоку і складових його частинки орієнтовано горизонтально.

При горизонтальному русі частинки твердої фази, складової пульпу, на неї впливає гравітаційна складова, а також вихідні потоки формуючі сливи.

Виходячи з цього виконані вибірочні розрахунки математичної моделі траєкторії руху частинки щільністю 2,60; 3,40; 4,20; г/см³ при вихідних і нисходящих потоках в дешламаторі.

Графічна інтерпретація виконаних розрахунків представлена на рис. 1 і 2. Відображені графіки траєкторій руху частинки пульпи вихідного харчування в основному діапазоні їх щільності і гранулометричного складу

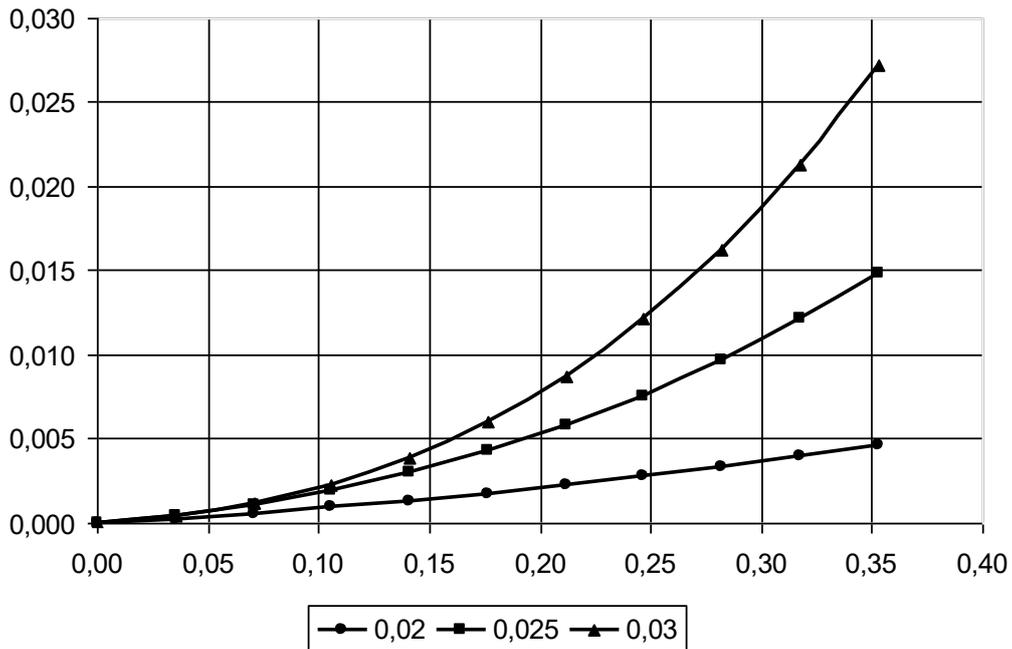


Рис. 1. Графік траєкторій частинок (0,02, 0,025, 0,03 мм) пульпи исходного питания плотностью 2,6 г/см³

Аналіз графіка (рис. 1) показує, що рух частинок щільністю 2,6 г/см³ розміром 0,02; 0,025; 0,03 мм характеризується висхідною траєкторією. Подібна траєкторія спостерігається через те, що частинки потрапляючи в висхідні потоки, мають гідрравлічну крупність нижче, ніж швидкість висхідних потоків всередині каналу дещламатора.

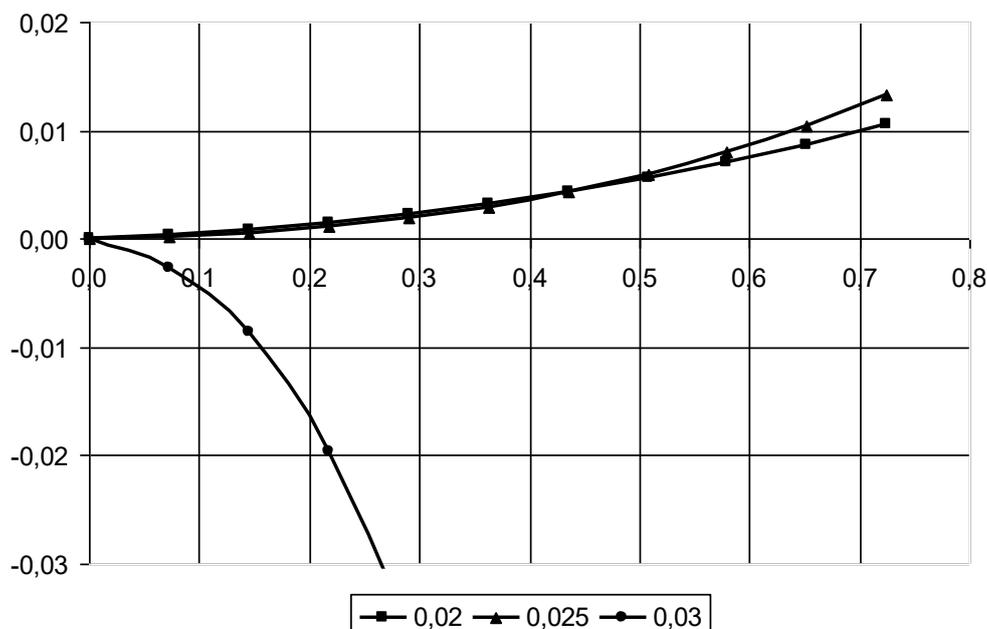


Рис. 2. Графік траєкторій частинок (0,02, 0,025, 0,03 мм) пульпи исходного питания плотностью 3,4 г/см³

Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство

Согласно графика (рис. 2) частицы плотностью $3,4 \text{ г/см}^3$ ведут себя неоднородно. При крупности от $-0,025+0,02$ частицы твердой фазы характеризуются восходящей траекторией и соответственно перемещаются в зону слива. Частицы твердой фазы, размер которых превышает $0,03 \text{ мм}$ характеризуются нисходящей траекторией и соответственно попадают в зону формирования сгущенного продукта.

Согласно расчетов, (рис. 3) частицы пульпы при плотности $4,2 \text{ г/см}^3$ осаждаются и попадают в зону сгущенного продукта. Исключение составляет частицы крупностью менее $0,02 \text{ мм}$. Эти переизмельченные частицы в основном попадают в зону слива и уносятся с хвостами обогащения. Потери этих, как правило, железосодержащих частиц могут быть минимизированы за счет управления процессом дешламации.

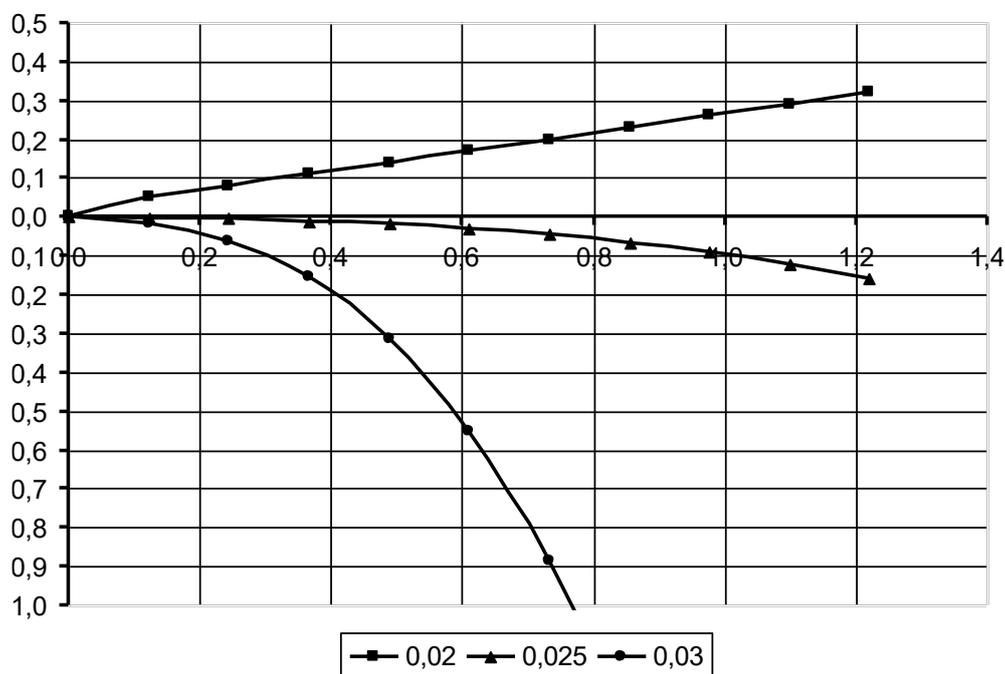


Рис. 3. График траекторий частиц (0,02, 0,025, 0,03 мм) пульпы исходного питания плотностью $4,2 \text{ г/см}^3$

Перезмельченные частицы высокой плотности, которые представляют собой богатые рудные сростки и частицы магнетита, согласно траектории их движения, практически все попадают в сгущенный продукт дешламатора. Вместе с тем, частицы, крупность которых менее $0,02 \text{ мм}$ могут частично перемещаться в слив, так как их гравитационная крупность может быть ниже скорости восходящего потока. В связи с наличием турбулентных потоков в дешламаторе эти частицы также могут увлекаться в зону формирования сгущенного продукта. Это объясняется тем, что частицы высокой плотности, но минимальной крупности, попадая в нижнюю часть дешламатора, где скорость восходящих потоков меньше гравитационной крупности этих частиц, будут осаждаться на донную часть дешламатора.

Выводы и направление дальнейших исследований

В соответствии с установленными расчетными зависимостями установлено, что скорости потока пульпы на выходе из устройства исходного питания зависит от параметров его конструктивных элементов. При этом формирование горизонтально ориентированного направленного потока позволяет обеспечить создать предпосылки для эффективного осаждения частиц твердой фазы пульпы крупностью $-0,074+0$ мм.

Перемещение частиц твердой фазы пульпы происходит в потоке на выходе из устройства исходного питания и по мере гашения скорости «затопленной струи» пульпы происходит постепенное осаждение частиц гравитационная крупность которых превышает скорость потока.

Основная массовая доля переизмельченных частиц крупностью $-0,02$ мм представленных малоплотными породами, бедными сростками и переизмельченным магнетитом имеют гравитационную крупность, величина которой меньше скорости восходящих потоков дешламатора и перемещаются в зону слива, формируя хвосты обогащения.

Список литературы

1. Шохин В.Н., Лопатин А.Г. Гравитационные методы обогащения. – М.: Недра, 1980.– 400 с.
2. Потапов В.Д. Применение дешламации при обогащении железных руд / В. Потапов, Л. Ломовцев. – М., Черметинформация, 1980. – 37 с.
3. Повх И.Л. Техническая гидромеханика. – Л.: Машиностроение, 1969. – 524 с.

© Кривенко А.Ю., Кривенко Ю.Ю., Грицан Р.И., Журавская А.О., 2018

Надійшла до редколегії 04.09.2018 р.

Рекомендовано до публікації д.т.н. Т.А. Олійник

УДК 622.794.254

А.Д. ПОЛУЛЯХ, д-р техн. наук,

О.В. ПОЛУЛЯХ, канд. техн. наук

(Украина, Днепр, ОП «Укрнииуглеобогащение» ГП «НТЦ «Углеинновация»)

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАБОТЫ ЛЕНТОЧНЫХ И КАМЕРНЫХ ФИЛЬТР-ПРЕССОВ НА УГЛЕОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИКАХ

Современное углеобогащительное производство должно отвечать жестким требованиям рынка: стабильные качественные характеристики топлива, задаваемые потребителем, рентабельность и возможно минимально опасное экологическое воздействие на окружающую среду [1-3].

Одним из технических и технологических решений, удовлетворяющим