Записки Санкт-Петербургского горного института им.Г.В.Плеханова.
Т. 141. СПб, 1995

УДК 622.794.002.5

В.И.АЛЕКСАНДРОВ,
Р.Ф.НАГАЕВ

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ОСАЖДЕНИЯ В СГУСТИТЕЛЯХ С НАКЛОННЫМИ ПЛАСТИНАМИ

В технологических процессах гидравлического транспортирования насыпных материалов применяются различные типы сгустителей исходной двухфазной смеси. В последние годы получили распространение, особенно за рубежом, сгустители пластинчатого типа, так называемые "Lamell". Принципальным отличием этих сгустителей от традиционных, например типа "Dora", является деление исходного потока сгущаемой гидросмеси на ряд ламинарных течений при помощи тонких пластин, устанавливаемых наклонно в корпусе сгустителя, на некотором малом, обычно 30–50 мм, расстоянии одна от другой.

При прохождении загрязненной жидкости по межпластинным каналам твердые частицы выпадают из потока на поверхность пластин, перемещаются в нижнюю часть сгустителя, а осветленная жидкость удаляется через сливной лоток в верхней части корпуса.

При проектировании пластинчатых сгустителей типа "Lamell" возникает задача определить длину межпластинных каналов, обеспечивающих необходимую эффективность работы сгустителей по осветленному сливу и плотности сгущенного продукта. Существующие методики расчета обычно предполагают независимость характера течения от наличия частиц, что не отражает действительного процесса.

Полное и точное решение задачи на базе современных представлений о движении многофазных систем в настоящее время весьма затруднительно по следующим причинам: во-первых, чрезвычайно сложны количественный и качественный составы исходной системы нелинейных интегродифференциальных уравнений течения; во-вторых, проблема идентификации отдельных слагаемых этих уравнений, характеризующих, в частности, взаимное влияние отдельных фаз, требует постановки трудоемкого многопланового эксперимента и его последующей скрупулезной обработки.

Были использованы также приближенные методы, основанные на анализе уравнений балансового типа, что позволило определить не только конечные размеры зоны седиментации и сегрегации с учетом стесненного падения, но и установить закон распределения осаждающихся частиц по гидравлической круп-

ности на длине пластины. При этом, если адекватное решение первой части задачи позволяет обоснованно подойти к определению межпластинного расстояния, то решение второй части задачи лежит в основе суждения о структуре сгущенного осадка на выходе из канала.

При выводе математической модели процесса предполагалось, что состав твердого материала характеризуется дифференциальной кривой распределения частиц по гидравлической крупности, а гидросмесь – функцией вязкости дисперсной среды. В зоне седиментации имеются два характерных участка: область полного замутнения с концентрацией, равной концентрации исходной гидросмеси, и область постепенного осветления с изменяющейся по длине канала концентрацией твердого. Границами областей являются траектории частиц соответственно максимальной ω^* и минимальной ω_* гидравлической крупности. При этих условиях скорость седиментации в точке канала с координатами $(\xi, 0)$

$$v(x,\xi) = \bar{v}\left(\omega(\xi) + \omega(x)\frac{\mu(c_0)}{\mu(c_0(\xi))}\right). \qquad (I)$$

В зоне полного замутнения скорость седиментации частиц в соответствии с формулой (I)

$$v_0(x) = \bar{v}_0 + \omega(x). \qquad (2)$$

При выводе уравнений учитывалось, что входной поток равен выходному, т.е. $Q_+ = Q_-$,

$$Q_+ = H(v_f - v\sin\alpha); \qquad (3)$$

$$Q_- = \left(v_0(x)x^* + \int_{x^*}^{x} v(x,\xi)\,d\xi\right)\cos\alpha. \qquad (4)$$

Сравнивая значения расходов и учитывая исходные данные, получим

$$H = \left(\frac{\bar{v}_f}{\cos\alpha} - \omega t g\alpha\right) = (\bar{v}_0+\omega)x^* + \int_{x^*}^{x} \bar{v}\left(v(\xi)\right) + \omega(x)\frac{\mu(c_0)}{\mu(c(\xi))}d\xi. \qquad (5)$$

Нелинейное дифференциальное уравнение после двойного интегрирования и соответствующих преобразований приводится к виду

$$x_* - x^* = H\frac{v_f + v_0\sin\alpha}{(\bar{v}_0+\omega^*)\cos\alpha}\int_{\omega_*}^{\omega^*}\exp\left(\int_{\omega_*}^{\omega^*}\frac{\nu d\omega}{\bar{v}+\omega\nu}\right)\frac{d\omega}{\bar{v}+\omega\nu}. \qquad (6)$$

Полученное уравнение характеризует длину зоны полного осветления x_*-x^* в зависимости от высоты канала H, угла наклона α, вязкости ν =

$= \mu(c_0)/\mu(c(\xi))$, скорости жидкости на входе в канал $\bar{v}_f$, гидравлической крупности ω при непрерывном распределении частиц по гранулометрическому составу.

Из уравнения (6) получаем формулу для случая дискретного распределения частиц, где функция гранулометрического состава имеет вид

$$F = \sum_{i=1}^{n} c_i \delta(\omega - \omega_i). \tag{7}$$

Будем иметь

$$x_1 - x_n = H \frac{\bar{v}_f + \sum_{i=1}^{n} c_i \omega_i \sin\alpha}{\left(\sum_{i=1}^{n} c_i \omega_i + \omega_n\right)\cos\alpha} \times$$
$$\times \sum_{k=1}^{n-1} \frac{1}{v^{(k)}} \ln \frac{v^{(k)} + \omega_{k+1} v^{(k)}}{v^{(k)} + \omega_k v^{(k)}} \sum_{j=k+1}^{n-1} \ln \frac{v^{(j)} + \omega_{j+1} v^{(j)}}{v^{(j)} + \omega_j v^{(j)}}, \tag{8}$$

где $i = 1,2,\ldots,\ n$ – число фракций частиц; $\omega_1 < \omega_2 < \ldots < \omega_n$;

$$\sum_{i=1}^{n} c_i = c_0; \quad \omega_* = \omega_1; \quad \omega^* = \omega_n; \quad k = 1,2,\ldots, n-1;$$
$$\bar{v} = \sum_{i=1}^{k} c_i \omega_i = v^{(k)}; \quad v^{(j)} = \sum_{i=1}^{j} c_i \omega_i; \quad j = 1,2,\ldots, n-1.$$

Длина зоны полного замутнения

$$x^* = x_n = \frac{H \dfrac{\bar{v}_f}{\cos\alpha} - \omega_n \operatorname{tg}\alpha}{\sum_{i=1}^{n} c_i \omega_i + \omega_n}. \tag{9}$$

Для решения задачи в конкретном значении исходных данных была разработана программа расчета и алгоритм для ЭВМ ЕС-1035.