

Определение площади осадения сгустителей

Приведен анализ уравнения Коу – Клевенджера и предложена методика расчета площади сгущения сгустителей с учетом принципа однофункциональности. Обоснован физический смысл и установлено численное значение коэффициента технологического запаса, используемого при корректировке скорости осадения, полученной в ходе классических седиментационных исследований в градуированных цилиндрах.

При расчете сгустителя принято определять площадь осадения, учитывая заданную производительность по твердому и разжижение продуктов разделения на основании лабораторных седиментационных исследований. Такие исследования проводятся на натурной пробе суспензии по методике Х. Коу – Г. Клевенджера [1] в градуированных цилиндрах с фиксацией высоты границы раздела фаз в зависимости от времени осадения. Построенная кинетическая кривая осадения в точке перегиба указывает на скорость v_k осадения, которая является ключевым расчетным параметром в уравнении

$$S_o = \frac{(R_k - R_u)Q}{v_k \rho}, \quad (1)$$

где S_o – площадь осадения, м²;
 R_k – отношение Ж:Т (жидкость: твердое) в исходном продукте, при котором достигается максимальная производительность сгустителя;
 R_u – отношение Ж : Т в сгущенном продукте;
 Q – производительность, т/ч;
 ρ – плотность пульпы, т/м³.

Площадь осадения рекомендуется [2] умножать на коэффициент технологического запаса, численное значение которого составляет более 2. Чтобы определить степень оптимального разжижения исходной суспензии, требуется провести серию седиментационных опытов до получения оптимального содержания в ней твердого. Такая практика сохранилась до настоящего времени. Во многих странах на ее основе введены стандартизированные методики. Для учета конструктивных особенностей сгустителя в знаменатель формулы (1) вводят коэффициент – отношение эффективно используемой поверхности осадения к общей площади поверхности осадения сгустителя, который принимается 0,7 – 0,8.

В последнее время принято проводить динамические исследования сгущения суспензии на специально разработанных стендовых установках, причем каждая фирма пользуется исключительно своим оборудованием, а также методикой расчета удельной производительности и удельной площади осадения. В этом случае воспроизводимость полученных данных остается в компетенции конкретного разработчика. В поисках единого эталона целесообразно использовать проверенную методику Х. Коу – Г. Клевенджера, которая гарантирует воспроизводимые результаты седиментационных исследований, но проблема заключается в повышении точно-



А. С. КИРНАРСКИЙ,
 доктор техн. наук
 («Инжиниринг Доберсек ГмБХ»)

сти аналитического расчета площади сгустителя на основании этих данных.

Обратимся к уравнению (1). Оно получено Х. Коу и Г. Клевенджером при условии равновесия в системе и достижении равновесной скорости осадения частиц твердой фазы. За точку отсчета авторы принимали скорость осадения в донной части сгустительного устройства. Гипотеза имеет следующие допущения:

- в момент равновесия скорость осадения равна скорости восходящего потока;
- содержание твердого в сливе пренебрежительно мало и принимается равным 0.

Исходя из массового баланса получен объем слива как разность воды в исходном и сгущенном продуктах $[(QR_k) - (QR_u)]$. Разделив полученное значение на плотность и скорость осадения, вышли на искомую площадь осадения, которая обеспечивает максимальную пропускную способность по твердому при оптимальном разжижении исходного продукта R_k . Именно в этом коренное отличие данной формулы от формулы Мишлера, полученной четырьмя годами ранее.

Однако представляется некорректным допущение о равен-

стве скоростей осаждения и осветления, поскольку это означает работу сгустительного устройства в режиме грубой классификации, что противоречит принятому допущению о «стерильной» чистоте слива. Так как расчет ведется по сливу, то кинетический показатель – только скорость осветления. Для оценки значения последней обратимся к данным работы [3].

В. С. Бутовецкий проводил опыты по осветлению угольной суспензии на стендовой установке, составной частью которой был прозрачный макет радиального сгустителя диаметром 1 м, и наблюдал, как осветленная суспензия, истекая из приемного стакана, опускалась, двигалась в радиальном направлении вдоль днища сгустителя до его боковых стенок, где поднималась вертикально до сливного желоба, в то время как поток сгущенного продукта опускался строго вертикально к разгрузочной горловине. Средняя скорость потока сгущенного продукта 0,322 м/с, а осветленной жидкости на горизонтальном и вертикальном участках соответственно 0,026 и 0,02 м/с, при этом соотношение между скоростью осаждения и осветления изменялось в пределах от 2,69 до 5,18. В этом и заключается физический смысл коэффициента технологического запаса.

Таким образом, коэффициент технологического запаса в данном случае $\varphi = 2,69 \dots 5,18$. Примат отдается большему значению: чем больше этот коэффициент, тем чище слив. Практически такое уточнение означает адекватное уменьшение скорости осаждения в формуле (1), которая в данном случае приобретает вид

$$S_o = \frac{(R_1 - R_2)Q}{k(v_{oc}/\varphi)\rho}, \quad (2)$$

где v_{oc} – скорость осаждения твердых частиц при оптимальном разбавлении исходной суспензии, м/ч.

Например, на осветление поступает 50 т/ч угольного шлама в виде разбавленной суспензии при содержании твердого 45 г/л. Объем исходной суспензии 1111 м³/ч. На основании лабораторных исследований ее представительной реальной пробы в мерных цилиндрах установлена скорость осаждения 22 м/ч, удельный расход анионоактивного флокулянта 15 г/т, содержание твердого в сливном и сгущенном продуктах соответственно

3 и 450 г/л. Плотность исходной суспензии 1,04 т/м³. Тогда необходимая расчетная площадь осветления

$$S_o = \frac{(R_1 - R_2)Q}{k(v_{oc}/\varphi)\rho} = \frac{(21,63 - 1,63) \cdot 50}{0,75 \cdot (22/5) \cdot 1,04} = 291,54 \text{ м}^2. \quad (3)$$

Чтобы обеспечить рассматриваемую площадь осветления, потребуется радиальный высокоскоростной сгуститель диаметром 20 м. Если бы расчет выполняли согласно формуле (1), то площадь сгущения составила 58,28 м². Для реализации такой скорости осаждения необходим сгуститель диаметром 9 м. Противоречие можно объяснить, исходя из принципа однофункциональности [4], согласно которому в сгустителе одновременно протекают два процесса: осветление и сгущение суспензии. Для осаждения указанного количества угольного шлама достаточно иметь сгуститель диаметром 9 м, но для достижения чистоты слива на уровне 3 г/л надо скорректировать этот диаметр в сторону увеличения.

Выводы. Расчет площади сгущения осуществляется на основе уравнения Х. Коу – Г. Клевенджера при наличии данных по осаждению шлама в градуированных цилиндрах.

Полученную в процессе лабораторных исследований скорость осаждения необходимо скорректировать в сторону уменьшения на значение коэффициента технологического запаса.

Предлагаемая методика может быть полезна при расчете площади осветления сгустителей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Coe H. S., G. H. Clevenger. Methods for determining the capacities of slime-settling tanks / H. S. Coe, G. H. Clevenger // Transactions American Institute of Mining Engineers. – USA. – 1916. – Vol. 55. – P. 356 – 384.
2. Wills B. A. Will's Mineral Technology: An Introduction to the Practical Aspects of Ore Treatment and Mineral Recovery / B. A. Wills, T. J. Napier-Munn. – Elsevier Ltd., 2006. – P. 386 – 388.
3. Бутовецкий В. С. Исследование и оценка схем осветления шламовых вод углеобогащительных фабрик: дисс. ... канд. техн. наук: 05.15.08 / Вильям Самуилович Бутовецкий. – Луганск, 1969. – С. 69 – 73.
4. Кирнарский А. С. Принцип однофункциональности разделительных процессов при обогащении угля // Уголь Украины. – 2009. – № 8. – С. 26 – 30.