

Е.И. НАЗИМКО, д-р. техн. наук, **А.С. ГОЛИКОВ**, аспирант
(Украина, Донецк, Донецкий национальный технический университет)

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ СКОРОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ШЛАМА В ВОДНО-ШЛАМОВОЙ СИСТЕМЕ ЦОФ «ЧУМАКОВСКАЯ»

Проведенными ранее исследованиями [1-3] установлено, что процесс накопления тонкого и зернистого шлама в водно-шламовых системах (ВШС) обогатительных фабрик характеризуется величиной равновесной концентрации твердого и продолжительностью нестационарного режима работы системы. Последний параметр определяется промежутком времени, по истечении которого достигается равновесная концентрация шлама в системе. Эти две основные характеристики накопления шлама в системе являются определяющими при оценке эффективности ее работы. Известно, что эффективность работы ВШС влияет на показатели всей технологии в целом. Таким образом, исследование процессов накопления шлама в системе является актуальной научной и практической задачей.

Изучение этих процессов затруднено из-за сложности их аналитического описания. Как метод исследования можно использовать численное моделирование с применением компьютерной техники [4, 6].

Проведенные ранее исследования [5] показали, что водно-шламовая система ЦОФ «Чумаковская» (рис. 1) имеет три основных узла, в потоках которых происходит высокое накопление количеств тонкого и зернистого шлама: отделение гравитационного обогащения, конусный сгуститель, отделение флотации. Эти узлы, как правило, характеризуются наличием множества возвратных потоков, вследствие чего содержание твердого в питании значительно выше, чем в других узлах и аппаратах.

Результаты компьютерного моделирования с учетом транспортного запаздывания потоков по методике, изложенной в работе [7], показали, что из всех узлов и аппаратов системы именно гравитационное отделение характеризуется максимальным содержанием тонкого и зернистого шлама и периодом стабилизации их концентрации. Здесь наблюдаются наиболее контрастные изменения концентрации шламов по истечении времени работы системы. Таким образом, исследование изменения скорости накопления шлама в этом узле водно-шламовой системы представляет наибольший интерес. Целью данной работы является исследование скорости изменения накопления шламов в потоках системы осветления оборотных вод.

Распределение шлама по всем узлам и аппаратам (с момента поступления с рядовым углем и до момента выхода из системы) происходит согласно коэффициентом извлечения тонкого и зернистого шлама с транспортными задержками, которые соответствуют инерционности применяемых аппаратов (узлов системы) и ее потоков [8].

Процесс накопления шлама характеризуется скоростью изменения его

содержания в узле системы. Скорость накопления $U_{нак}$ при этом определяется как отношение изменения содержания шлама к изменению времени работы системы, т.е. как первая производная функции накопления $C = f(t)$ по времени. На рис. 2 приведена графическая зависимость количества зернистого шлама в гравитационном отделении C от изменения времени t .

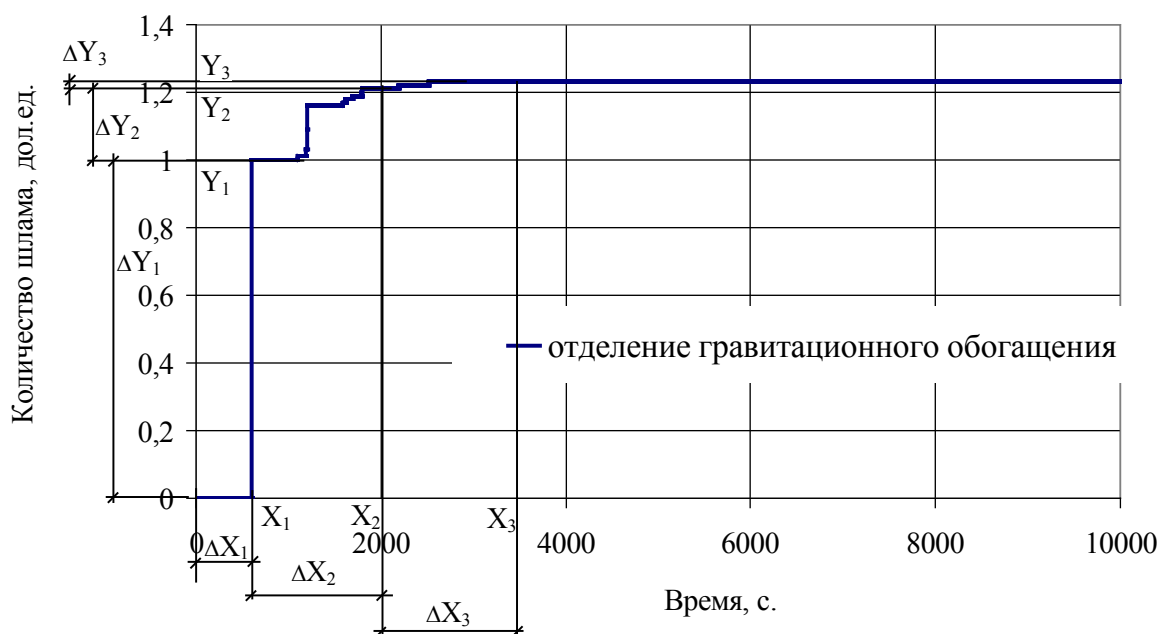
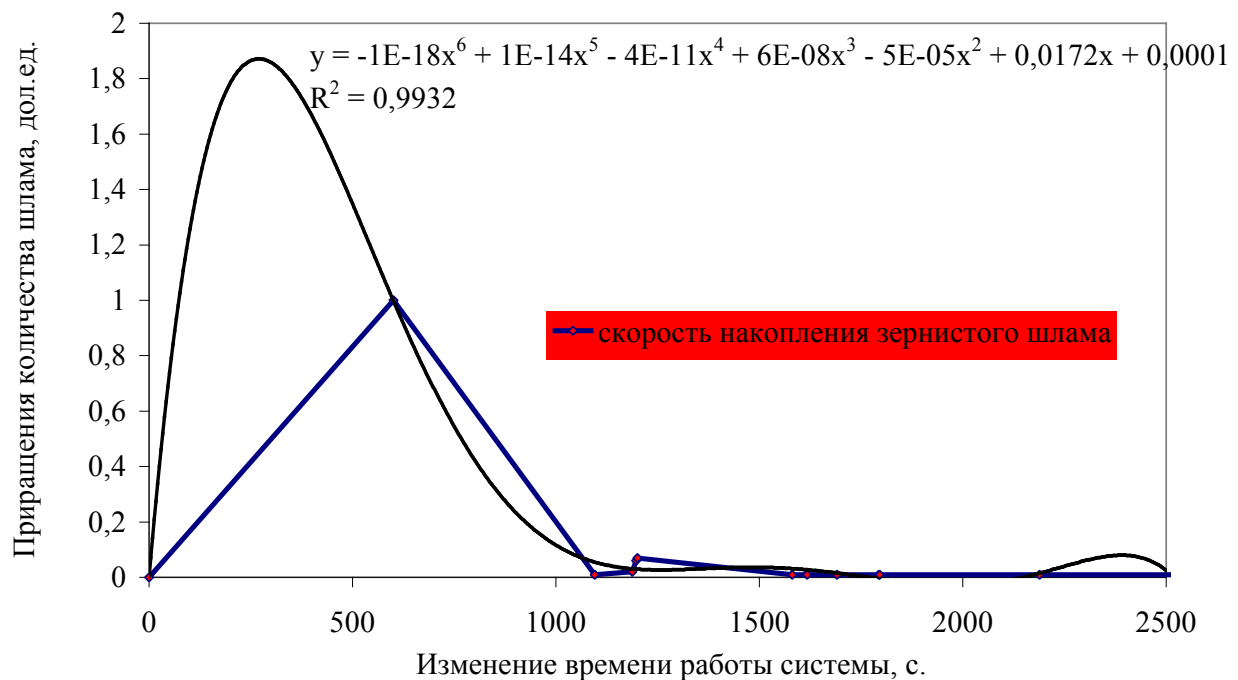


Рис. 1. Накопление зернистого шлама в отделении гравитационного обогащения

Результаты компьютерного моделирования работы водно-шламовой системы дают информацию о количестве тонкого и зернистого шлама в любом аппарате в любой момент времени. Зависимость накопления зернистого шлама от времени характеризуется незначительным количеством скачков изменения его содержания. Однако для процесса накопления тонкого шлама количество таких изменений очень высоко. Поэтому для того, чтобы выявить каждое приращение содержания тонкого и зернистого шлама, изменение времени работы системы было принято минимальным и постоянно составляло 1с. При таком приращении аргумента (времени) каждое приращение функции (количество шлама) будет вполне ощутимым.

Из всего массива данных результатов моделирования для разницы времени $\Delta t = 1с$ были выбраны все приращения содержания тонкого и зернистого шлама с момента начала работы системы и до момента выхода на стационарный режим работы. Графически изменения скорости накопления тонкого и зернистого шлама в оборотной воде представлены на рис. 3 и 4.



Анализируя точечную диаграмму изменения скорости накопления зернистого шлама, можно заметить, что максимальное изменение скорости характерно для начала работы системы. Такое изменение вызвано поступлением в отделение гравитационного обогащения исходного количества зернистого шлама, составляющего 1 дол. ед. Дальнейшие изменения скорости накопления невелики по абсолютному значению, так как вызваны небольшими изменениями концентрации твердого в питании.

Для данной графической зависимости (рис. 3) следующее колебание скорости накопления составило 0.01 доли ед. Оно вызвано возвратом в гравитационное отделение порции зернистого шлама. Ее количество соответствует произведению коэффициентов распределения тех аппаратов, которые входят в состав возвратной цепочки. Следующее весомое колебание скорости накопления шлама 0.06 дол. ед. соответствует моменту возврата другой возвратной цепочки. Наибольшие колебания скорости, как правило, происходят в те моменты, когда каждая из возвратных цепочек в первый раз доставляет в отделение соответствующее количество шлама.

Уменьшение величины колебаний скорости накопления связано с постепенной стабилизацией содержания твердого в оборотной воде. Процесс стабилизации содержания твердого ограничивается продолжительностью нестационарного режима работы системы, которая в свою очередь определяется инерционностью узлов, аппаратов и интенсивностью вывода шлама через конечные продукты.

Таким образом, чем меньше система содержит высокоинерционных сгустительно-осветлительных устройств и чем быстрее количество выводимого шлама с конечными продуктами достигнет 1 д. ед., тем меньше будут колебания

скорости накопления шлама и продолжительность их затухания.

Зависимость содержания шлама в оборотной воде от времени работы системы характеризуется участками неизменной концентрации твердого в определенные промежутки времени. Следовательно, существуют приращения времени работы системы Δt , характеризующиеся нулевой скоростью накопления шлама в данный момент, т. е. от начального до каждого последующего изменения скорости должны наблюдаться участки нулевой скорости накопления, так как содержание шлама на этих участках не изменяется. Количество точек изменения скорости на точечной диаграмме (рис. 3) соответствует количеству приращений функции накопления зернистого шлама (рис.2). Однако, на рис. 3 и 4 точки изменения скоростей накопления шлама соединены прямыми линиями и график приобретает вид точечной диаграммы. Это необходимо для получения усредненной характеристики изменения скорости накопления и для проведения небольшой математической обработки с целью установления математических моделей изменения исследуемого показателя.

В результате математической обработки полученных значений установлена зависимость изменения скорости накопления зернистого шлама, которая описывается полиномом шестого порядка (см. рис. 3). Величина достоверности аппроксимации R^2 при этом составила 0.9932. Это говорит о том, что полученная математическая зависимость с довольно высокой точностью отражает характер изменения скорости накопления. Анализируя графическую зависимость полученной модели, необходимо отметить, что она характеризует изменение скорости накопления как колебательный процесс с ярко выраженными колебаниями в начале работы системы и затухающими с истечением времени ее работы.

Точечная диаграмма изменения скорости накопления тонкого шлама (рис. 4.) по своей структуре практически идентична диаграмме для зернистого шлама.

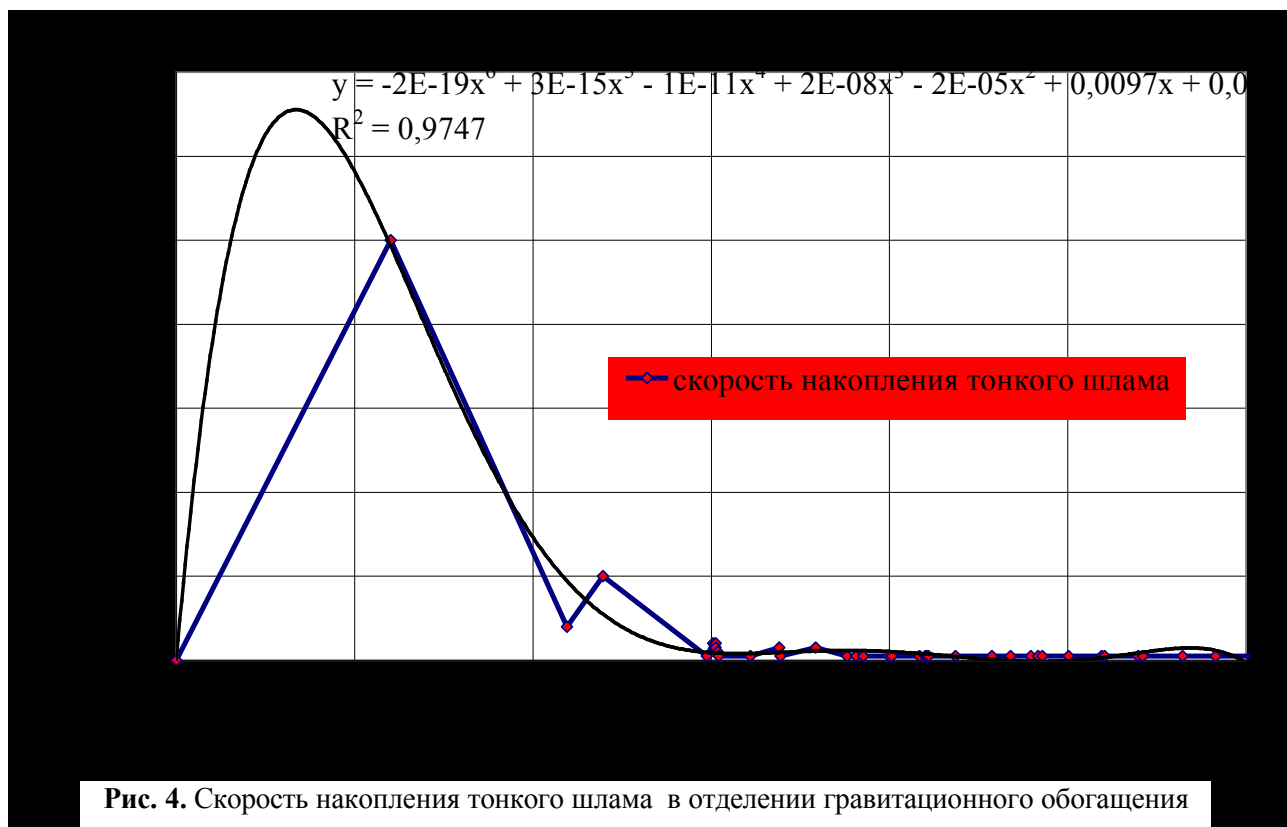


Рис. 4. Скорость накопления тонкого шлама в отделении гравитационного обогащения

Максимальные приращения содержания тонкого шлама так же наблюдаются в начале работы системы. Наибольшее по абсолютному значению приращение количества тонкого шлама 1 дол. ед. (как и в случае для зернистого шлама) вызвано его поступлением в отделение гравитационного обогащения с рядовым углем. Следующее заметное изменение скорости составило 0.08 дол. ед. и вызвано возвратом в гравитационное отделение циркулирующей нагрузки с суммарной инерционной характеристикой, которая соответствует времени возникновения данного приращения количества шлама. Необходимо отметить, что величина приращения определяется разностью количества шлама до и после возврата циркулирующей нагрузки. Следовательно, циркулирующий поток, который согласно произведению коэффициентов распределения тонкого шлама доставил в гравитационное отделение количество тонкого шлама на 0.08 дол. ед. больше существующего, вызвал данное приращение количества шлама.

Далее обнаруживается еще одно заметное колебание изменения скорости накопления. Его величина составила 0.2 доли ед. Происходит оно так же в момент возврата в отделение гравитационного обогащения очередной циркулирующей нагрузки, которая доставила на 0.2 дол. ед. больше суммарного содержания тонкого шлама в отделении в данный момент. Последующие приращения количества тонкого шлама можно считать незначительными по абсолютной величине. С выходом водно-шламовой системы на стационарный режим работы величина приращений становится равной нулю, так как содержание тонкого шлама в оборотной воде стабилизируется, при этом скорость накопления шлама не изменяется.

Для диаграммы изменения скорости накопления тонкого шлама характерно наличие множества приращений его количества, более пятидесяти, что намного

превышает данный параметр для зернистого шлама. Это происходит по тому, что тонкого шлама намного больше циркулирует в системе, так как он мало выводится с конечными продуктами. Поэтому циркулирующими нагрузками возвращается больше тонкого, чем зернистого шлама.

Необходимо подчеркнуть, что момент времени возврата тонкого и зернистого шлама в гравитационное отделение один и тот же. Следовательно, и число приращений содержания и для тонкого, и для зернистого шлама должно быть одинаковым. Однако в силу того, что зернистого шлама возвращается незначительное количество, система практически не реагирует на изменение его содержания в данный момент (сравн. рис. 3 и 4). Время, по истечении которого скорость накопления тонкого шлама стабилизируется и выходит на нулевой уровень, превышает таковое для зернистого шлама.

Инерционные характеристики применяемых аппаратов одинаково влияют на транспортные задержки тонкого и зернистого шлама, поэтому продолжительность стабилизации скорости накопления больше зависит от количества шлама, циркулирующего в системе. Именно поэтому количество приращений содержания тонкого шлама всегда будет превосходить количество приращений содержания зернистого.

Математическая обработка полученной диаграммы позволила установить характер изменения скорости накопления тонкого шлама, описываемый полиномом шестого порядка (см. рис. 4). Величина достоверности аппроксимации R^2 составила 0.9747, что так же достаточно точно отражает характер изменения скорости накопления тонкого шлама. Графическая зависимость полученной модели, как и для зернистого шлама, представляет собой колебательный процесс с постепенно затухающими колебаниями.

Проведенные исследования позволяют заключить, что скорость изменения содержания шлама является одной из основных характеристик процесса накопления шлама и может определяться как первая производная функции накопления $C = f(t)$ по времени. Изменение скорости накопления зависит от величины равновесной концентрации и продолжительности нестационарного режима работы водно-шламовой системы. Число приращений содержания шлама зависит от количества циркулирующего шлама в системе. Чем больше шлама циркулирует в системе, тем сильнее система реагирует на изменение его содержания и тем больше наблюдается скоростных изменений количества шлама в питании узлов и аппаратов.

Продолжительность стабилизации скоростных колебаний для тонкого и зернистого шлама мало зависит от инерционных свойств аппаратов, а в первую очередь определяется количеством шлама, возвращаемого в начало технологического процесса.

Дальнейшие исследования могут быть направлены на изучение влияния различных параметров и построения водно-шламовой схемы на изменение скорости накопления тонкого и зернистого шлама в системе и время достижения равновесной концентрации шламов и выхода на стационарный режим работы.

Список литературы

1. **Назимко Е. И., Гарковенко Е. Е.** Совершенствование работы систем осветления оборотных вод. – Днепропетровск, 2000. – 228 с.
2. **Гарковенко Е.Е., Назимко Е.И., Папушин Ю.Л., Самойлов А.И.** Особенности флотации и обезвоживания тонких углесодержащих материалов. Донецк. Норд-Пресс– 2002. – 266 с.
3. **Е.И. Назимко** Состояние и перспективы развития водно-шламовых схем углеобогачительных фабрик // Збагачення корисних копалин: Науч.-техн. сб. №7(48). – Днепропетровск, 2000. – С. 63-66.
4. **Е.И. Назимко** Автоматизированный анализ работы систем осветления оборотной воды углеобогачительных фабрик // “Обогащение полезных ископаемых”.- Киев, Техніка, 1989.- № 39, С. 126-131.
5. **Е.И. Назимко, А.К. Набоков и др.** Совершенствование водно-шламовой схемы ЦОФ «Чумаковская»// «Уголь Украины», 1993. - №2. – С. 41-42.
6. **Е.И. Назимко, В.А. Агуреев и др.** Управление технологической структурой водно-шламовой схемы углеобогачительной фабрики // «Уголь Украины», 1994. - №6. – С.49-51.
7. **Е.И. Назимко** Методика исследования поведения замкнутых технологических систем с учетом транспортного запаздывания потоков // Обогащение полезных ископаемых. Вып. 19(60). Днепропетровск. – 2004. – С. 77-84.
8. **Е.И. Назимко, К.А. Лифенко, И.Н. Друц, А.С. Голиков** Исследование работы водно-шламовых систем углеобогачительных фабрик в нестационарном режиме // Вісник КТУ. Вип. 6, Кривий Ріг. – 2005. - С. 158-161.

*Поступила в редколлегию 18.04.2007 г.
Рекомендована к публикации д.т.н. А.Д. Полуляхом*