

УДК 622.763

Е.И. Назимко, д-р техн. наук, проф.,

К.А. Лифенко, И.Н. Друц, инж,

А.С. Голиков, асп.

Донецкий национальный технический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ВОДНО-ШЛАМОВЫХ СИСТЕМ УГЛЕОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК В НЕСТАЦИОНАРНОМ РЕЖИМЕ

На современном этапе развития промышленности важную роль играет экономное использование природных ресурсов и их охрана от загрязнения вследствие деятельности промышленных предприятий. Почти третья часть общих объемов воды, используемой предприятиями угольной отрасли, приходится на углеобогащательные фабрики, где техническая вода используется как среда, в которой выполняются технологические процессы. Расход воды на одну тонну обогащаемого угля составляет 3-4 м³.

На обогатительных фабриках для уменьшения потерь воды предусматривается ее многократное использование при замкнутом водообороте. Это позволяет уменьшить потребность в свежей технической воде из природных источников до 0.2 м³ на тонну рядового угля. Но при использовании оборота вода загрязняется шламом, насыщается солями, флокулянтами, реагентами и изменяет свои реологические свойства. Поэтому для повторного использования вода очищается от шлама – механических примесей - аппаратами водно-шламовой системы. Система оборотного водоснабжения должна обеспечивать оптимально допустимое содержание твердого в воде.

Водно-шламовое хозяйство углеобогащательных фабрик представляет собой сложный комплекс, включающий классификацию частиц по крупности, осветление шламовых вод для их повторного использования, сгущение и обезвоживание шламов, обезвоживание и складирование продуктов обогащения [2]. В таких системах действует множество аппаратов разного назначения, соединенных транспортными магистралями и подающими установками. При этом показатели работы одного аппарата зависят от показателей работы остальных.

В связи с этим особую актуальность приобретает исследование поведения замкнутых технологических циклов, к которым относятся и водно-шламовые системы углеобогащательных предприятий, в различных условиях.

В момент запуска системы и до выхода ее на стабильный режим большинство гидротранспортных установок функционируют в нестационарном режиме, что оказывает существенное влияние на изменение сепарационных характеристик таких аппаратов как сгустители и гидроциклоны в сторону увеличения граничного зерна разделения и среднего вероятного отклонения [3, 4]. Это в свою очередь приводит к перераспределению тонкого и зернистого шлама по продуктам системы. При циркуляции этих продуктов возрастает количество тонкого шлама в системе и как следствие повышается плотность и

вязкость воды, что отрицательно сказывается на показателях работы не только гравитационного оборудования, но и таких операций как осаждение, флотация, фильтрование.

Целью данной работы является исследование процессов, происходящих в замкнутых технологических системах в нестационарном режиме функционирования, а также с учетом транспортного запаздывания потоков.

Для упрощения и формализации рассмотрения система осветления оборотных вод может быть представлена как граф, т.е. схема из точек (вершин), соединенных линиями. Вершины графа соответствуют отдельным узлам (аппаратам) системы (рис. 1).

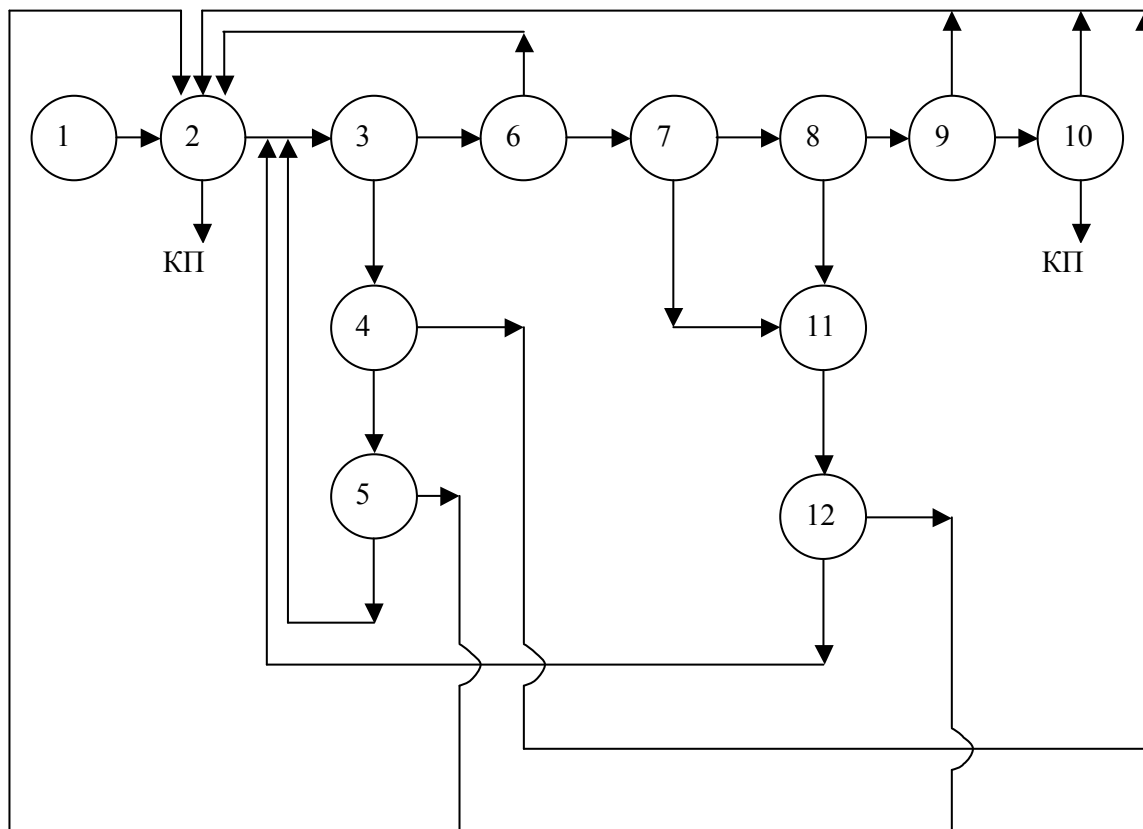


Рис. 1. Итерационная расчетная схема: 1 – поступление рядового угля; 2 – гравитационное обогащение; 3 – сгущение и классификация шлама; 4, 6, 7, 9, 11 – узлы деления потока; 5 – обезвоживание на ГК-1.5; 8 – сгущение в ГЦ-1000; 10 – флотация, фильтрование концентрата и флокуляция отходов флотации; 12 – обезвоживание на ГК-3; КП – конечные продукты

Для анализа работы системы осветления оборотных вод, представленной на рис. 1, использовалась инженерная методика расчета, изложенная в работе [2], а также метод имитационного моделирования [5]. Для работы компьютерной программы необходимы два рабочих файла: файл, содержащий в закодированном виде информацию о построении системы (ее топологии), и файл, дающий представление о количестве шлама в соответствующих потоках и продуктах, а также о транспортном запаздывании поступления потоков по трубопроводам и в соответствующих аппаратах системы.

В табл. 1 приведены данные о транспортных запаздываниях потоков, полученные на базе обследования топологии водно-шламовой системы одной

из фабрик Донецкого региона. Время, за которое шламовая вода проходит по трубопроводу рассчитывалось по формуле:

$$T = 3600 L S n / W, \quad (1)$$

где L – длина трубопровода, м; S – площадь поперечного сечения потока пульпы (площадь поперечного сечения трубопровода), м²; W – удельное количество пульпы, которое проходит по трубопроводу, м³/ч; n - количество трубопроводов.

Таблица 1

Некоторые расчетные значения времени, за которое пульпа проходит по участкам транспортных магистралей системы

№	Количество, n	Тип транспортной магистрали	Размеры сечения, м	Длина, L, м	Площадь сечения, S, м ²	Количество пульпы, W, м ³ /ч	Время, T, с
1	2	Желоб	0.5×0.5	3	0.25	1848.4	2.92
2	2	Трубопровод	0.3	5	0.071	2168.0	1
3	2	Трубопровод	0.3	18	0.071	1445.0	3
4	2	Трубопровод	0.3	15	0.071	1191.7	3
5	2	Трубопровод	0.2	10	0.031	1191.7	4
6	2	Трубопровод	0.2	10	0.031	472.8	1
7	2	Трубопровод	0.2	5	0.031	472.8	1
8	4	Трубопровод	0.25	2	0.049	472.8	1
9	4	Желоб	1.5×0.5	6	-	-	10.0
10	1	Желоб	½·Ø 0.4	20	0.063	144.0	31.42
11	2	Трубопровод	Ø 0.273	10	0.059	144.0	29.27
12	2	Трубопровод	Ø 0.325	8	0.083	131.6	26.31
13	2	Желоб	1.5×0.5	10	-	-	15.0
14	2	Трубопровод	Ø 0.219	2	0.038	957.4	0.57
15	1	Трубопровод	Ø 0.4	15	0.126	957.4	7.09
16	2	Трубопровод	Ø 0.4	10	0.126	347.2	26.06
17	3	Трубопровод	Ø 0.273	12	0.059	610.2	12.43
18	1	Желоб	0.3×0.3	2	0.09	610.2	1.06
19	6	Трубопровод	Ø 0.150	15	0.018	212.4	26.96
20	2	Трубопровод	Ø 0.4	35	0.126	2000.0	15.83
21	4	Трубопровод	Ø 0.4	8	0.126	610.2	23.72
22	2	Трубопровод	Ø 0.15	10	0.018	500.0	2.54
23	8	Трубопровод	Ø 0.15	4	0.018	74.9	27.18
24	6	Трубопровод	Ø 0.273	3	0.059	882.7	4.3
25	2	Трубопровод	Ø 0.273	7	0.059	366.5	8.05

Время, в течение которого шлам находится в аппарате или зумпфе, принято по данным практики [1], которые представлены в табл.2.

Время нахождения порций шлама в различных аппаратах
водно-шламовой схемы

Аппарат	Объем (тип), м ³	Время, с
Гидроциклон	ГЦ-630, ГЦ-1000	3
Грохот	ГИСЛ	60
Радиальный сгуститель	П-24	900
АКП		180
Зумпф	2	4
Зумпф	5, 10	10
Зумпф	15	40
Зумпф	30	70
Зумпф	50	120

Результаты имитационного моделирования работы системы и распределения зернистого и тонкого шлама в различных потоках в течение 5000 с показали, что определяющим для данной системы является накопление зернистого шлама (класс более 0.5 мм), т.к. его количество в оборотной воде увеличивается по сравнению с началом работы в 1.6 раза. Таким образом, коэффициент циркуляции зернистого шлама составляет 1.6. Зависимости накопления зернистого шлама в различных узлах представлены на рис. 2 и 3.

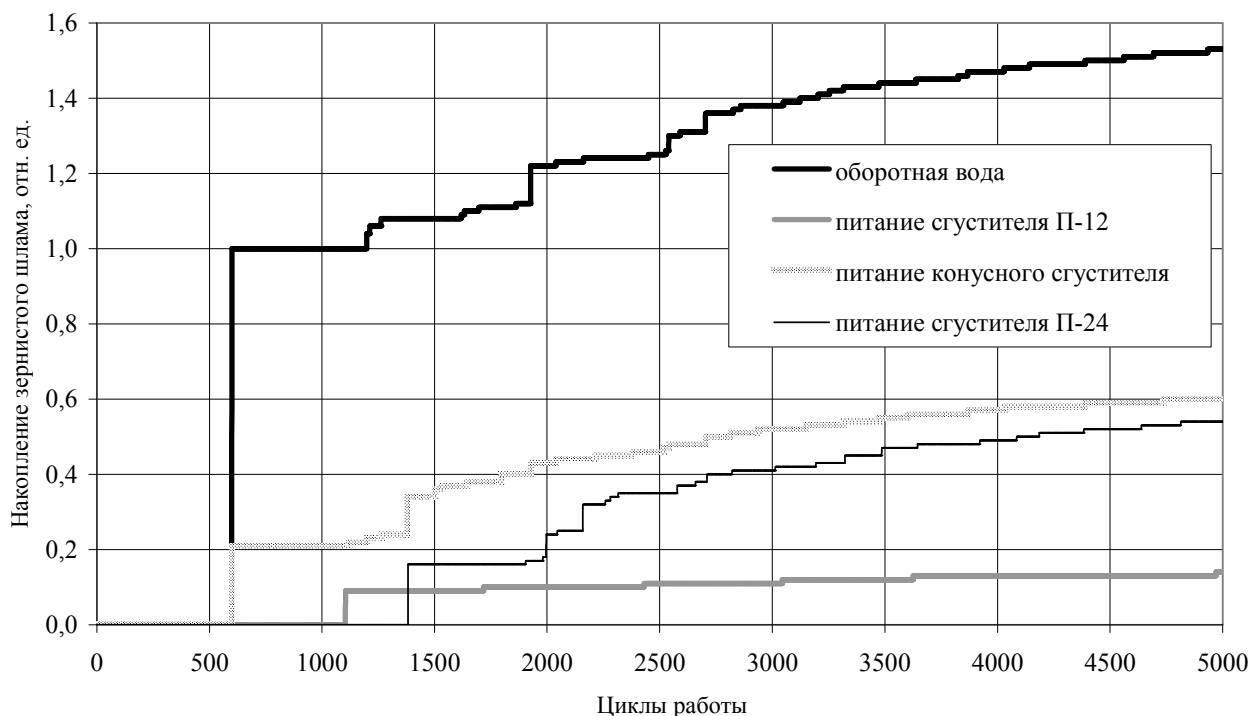


Рис.2. Накопление зернистого шлама в некоторых потоках

Анализ результатов выполненного моделирования свидетельствует о том, что после примерно 600 циклов работы системы происходит резкий скачок количества как тонкого так и зернистого шлама в оборотной воде. Цифра в 600 циклов работы связана с наложением транспортных запаздываний таких

высокоинерционных узлов как сгуститель П-24, ряд зумпфов с высокой емкостью. После этого значения количество шлам в оборотной воде увеличивается более плавно и достигает величины порядка 1.53 отн. единиц.

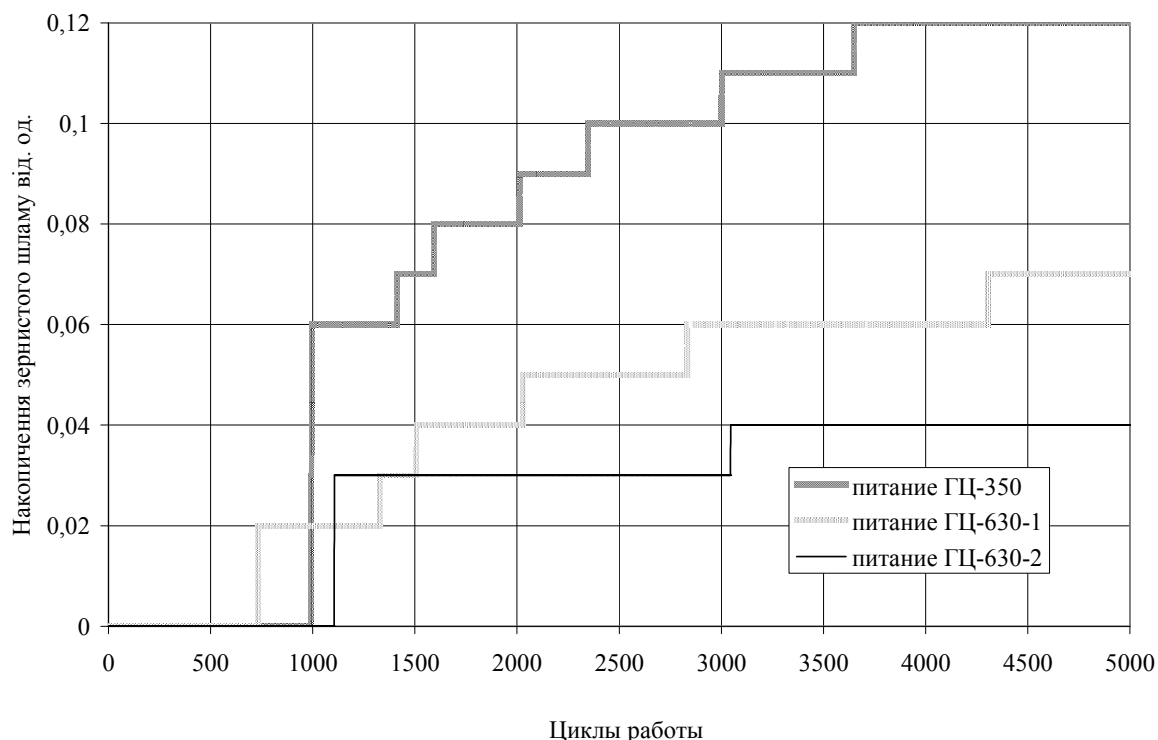


Рис. 3. Накопление зернистого шлама в питании гидроциклонов

Такое накопление вызвано технологическими особенностями данной системы и ее топологией. Зернистый шлам недостаточно интенсивно выводится из системы, хотя частицы с такой крупностью улавливаются более эффективно, чем тонкие. Для уменьшения циркуляции зернистого шлама в системе необходимо максимально снизить возврат этого продукта в гравитационное отделение. Такие меры будут способствовать не только снижению накопления шлам в оборотной воде, но и повышению эффективности работы обогатительной фабрики в целом.

В питании таких малоинерционных аппаратов, как гидроциклоны, абсолютные значения накопления зернистого шлама невелики и не превышают 0.12 отн. ед. Однако, процесс стабилизации количества шлама здесь происходит менее равномерно (см. рис. 3). Такие скачкообразные изменения количества шлама отрицательно сказываются на точности классификации в аппаратах.

Достижение равновесной концентрации зернистого шлама происходит на протяжении значительного отрезка времени, что негативно сказывается на показателях работы водно-шламовой системы в целом.

Количество тонкого шлама в оборотной воде и в питании конусного сгустителя составляет 0.897 и 0.9 отн. ед., соответственно.

Анализ показал, что в фугатах центрифуг содержится значительного количество зернистого шлама, которое приближается к значению 0.86 отн. ед.

Это свидетельствует о том, что в отделении обезвоживания высоки потери шлама с фугатом. Последнее может быть вызвано износом корзин центрифуг.

Новый метод численного моделирования сложных процессов накопления шламов в водно-шламовой схеме углеобогащительной фабрики позволяет рассчитать время от начала работы системы, когда аппараты начинают работать с полной нагрузкой в оптимальном установившемся режиме. Путем рациональной топологии системы и сочетания высоко- и малоинерционных аппаратов можно добиться снижения периода стабилизации работы системы. Поиск таких прогнозных решений может быть предметом дальнейших исследований по данному направлению.

Список литературы

1. Обратное водоснабжение углеобогащительных фабрик / **И.С. Благов** и др. - М.: Недра, 1980. – 216 с.
2. Проектирование углеобогащительных фабрик / **И.И. Зозуля, Е.И. Назимко, Г.В. Самойлик** и др. - К.: УМК ВО, 1992. - 284 с.
3. **Пилов П.И.** Анализ сепарационных эффектов в полидисперсных суспензиях // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 1997. - №4. - С. 79 - 82.
4. **Звягильский Е.Л., Блюсс Б.А., Назимко Е.И., Семенов Е.В.** Совершенствование режимов работы гидротранспортных установок технологий углеобогащения. Донецк. - Норд Компьютер. – 2002. – 248с.
5. **Назимко Е.И.** Методика исследования поведения замкнутых технологических систем с учетом транспортного запаздывания потоков // Обогащение полезных ископаемых. – Днепропетровск. – 2004. – вып. 19 (60). – С. 77-83.

Рукопись поступила в редакцию 02.12.04.