

**А.С. ГОЛИКОВ,**

**Е.И. НАЗИМКО,** д-р техн. наук

(Украина, Донецк, Донецкий национальный технический университет)

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ НЕСТАЦИОНАРНОГО РЕЖИМА РАБОТЫ ВОДНО-ШЛАМОВЫХ СИСТЕМ ПРИ ПАРАЛЛЕЛЬНОМ СОЕДИНЕНИИ РАЗДЕЛИТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

*Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.* Современные тенденции развития водно-шламовых систем (ВШС) определяют переход к мало операционным технологиям с использованием аппаратов, перерабатывающих незначительные объемы шламовых вод и характеризующихся низкими инерционными свойствами. Однако, в ВШС невозможно обойтись без аккумуляющих емкостей для подрешетных вод и демпфирования колебаний концентрации шлама в последующих аппаратах. Для таких технологических задач непригодны быстродействующие низко инерционные аппараты типа гидроциклонов. С другой стороны, ВШС, включающая множество инерционных аппаратов будет характеризоваться значительной продолжительностью нестационарного режима работы, когда в оборотной воде происходит насыщение шламовыми частицами. При этом все аппараты характеризуются неустойчивой и нестабильной работой из-за накопления шлама в питании, что снижает эффективность работы ВШС в целом. Таким образом, необходимо обеспечить регенерацию больших объемов шламовых вод с высокой эффективностью при незначительной продолжительности процесса стабилизации содержания шлама в оборотной воде.

*Анализ исследований и публикаций.* Разработке методов повышения эффективности работы ВШС посвящено множество публикаций [2-4]. Особый интерес представляют исследования, направленные на изучение продолжительности накопления шлама в оборотной воде. В работах по этому направлению рассматривается влияние различных технологических факторов на величину и время достижения равновесной концентрации шлама. Разработаны научные основы и принципы построения замкнутых технологических циклов с учетом инерционных свойств узлов и потоков. Для повышения эффективности работы ВШС сформулирован ряд технологических рекомендаций: сокращение объема шламовых вод, поступающих из гравитационного обогащения (ГО), вывод шлама из системы короткими технологическими маршрутами, применение низко инерционных аппаратов, пропускающих через себя незначительный объем шламовых вод и др.

*Постановка задачи.* Целью данной работы является исследование продолжительности накопления шлама в оборотной воде при параллельном соединении нескольких низко инерционных аппаратов. Это позволит определить компромисс между технологической необходимостью сгущения больших объемов

## **Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство**

шламових вод і часом їх обробки в апаратах.

*Изложение материала и результаты.* Параллельное соединение разделительных аппаратов применяется для увеличения производительности технологического процесса. В этом случае на вход аппаратов подаются потоки в равных количествах с одинаковыми характеристиками. Выходные потоки обогащенного и обедненного продукта смешиваются в один [1]. Схема параллельного соединения  $N$  аппаратов изображена на рис. 1.

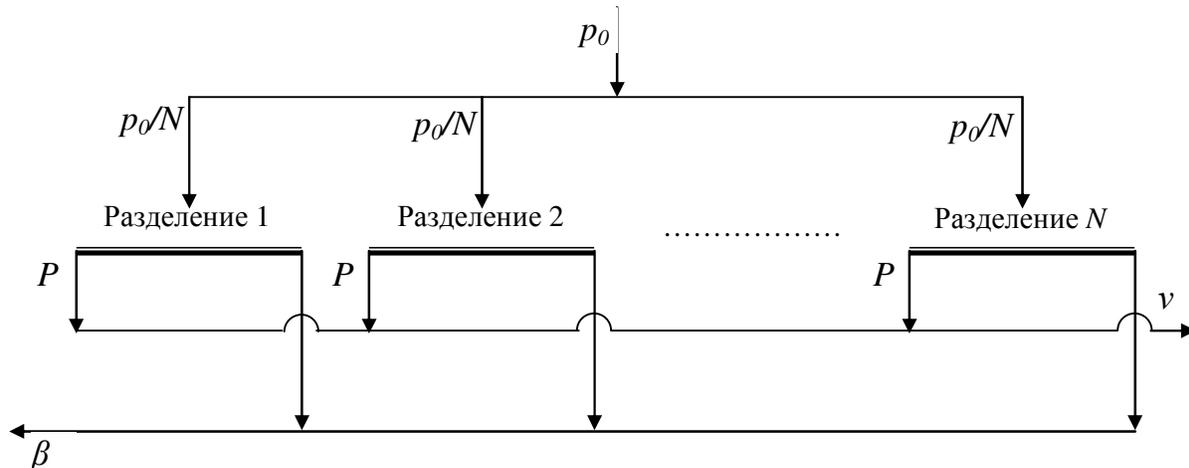


Рис. 1. Схема параллельного соединения разделительных аппаратов

Исследованиями установлено, что сепарационная характеристика параллельно соединенных разделительных аппаратов равна сепарационной характеристике отдельного аппарата [2].

Одним из основных показателей эффективной работы ВШС является быстрый выход на стационарный режим работы. Процесс достижения равновесной концентрации занимает определенное время, которое определяется количеством узлов и сложностью компоновки, скоростью выведения шлама из системы, инерционными характеристиками узлов и потоков. Шлам от узла входа до узлов вывода проходит через ряд маршрутов, состоящих из последовательно расположенных разделительных аппаратов. В каждом аппарате шламовый поток разделяется в соответствии с коэффициентами распределения. Операция разделения происходит с некоторым запаздыванием, которое зависит от объема аппарата, принципа действия и т.п. [3, 4].

Таким образом, маршруты, содержащие высоко инерционные аппараты, будут значительно снижать скорость вывода шлама, что приведет к увеличению продолжительности стабилизации его содержания в оборотной воде. Необходимо стремиться к снижению инерционных свойств системы, избегая применения таких аппаратов, и по возможности заменять их на низко инерционные меньшего объема, но в большем количестве. В данной работе рассматривается замена высоко инерционного узла (радиальный сгуститель РС-30) на три параллельно соединенных сгустителя меньшего типоразмера (РС-10) с меньшим временем обработки порции шлама. В этом случае сепарационные характери-



## Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство

ных сгустителя с инерционностью по 30с количество маршрутов вывода шлама увеличилось в три раза. Питание сгустителя было разделено на три равных потока 3, 4, 5 и 16, 17, 18, а продукты разделения – потоки 6, 7, 8 и 9, 10, 11, как и на схеме с одним сгустителем, направлены в оборот и в отделение флотации соответственно.

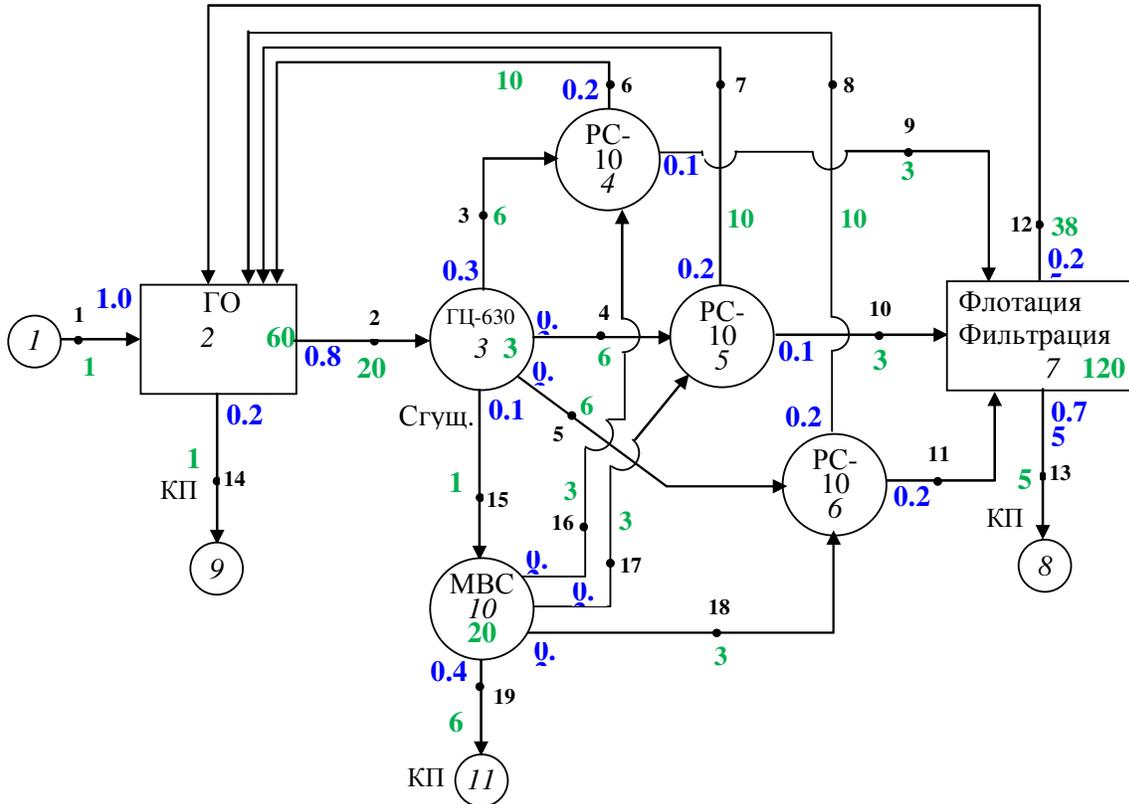


Рис. 3. ВШС с использованием низко инерционных узлов, соединенных параллельно, для сгущения шламовых вод перед флотацией

Таким образом, любой из маршрутов характеризуется меньшей суммарной инерционностью:

1. ГО→ГЦ-630→РС-10→Флотация→КП (245с).
2. ГО→ГЦ-630→МВС→РС-30→Флотация→КП (265с).

Это означает, что при равном суммарном количестве транспортируемого шлама вторая схема (рис. 3) будет обеспечивать более быстрый вывод шлама через узел 6, а значит быстрее выйдет на стационарный режим работы.

Результаты теоретического анализа подтверждены результатами имитационного компьютерного моделирования, представленными на рис. 4-6. На рис. 4 и 5 показано накопление тонкого шлама в оборотной воде и в питании флотации при различных вариантах ВШС.

Анализ полученных результатов показал, что при параллельном соединении аппаратов соблюдается материальный баланс по количеству выводимого и циркулирующего шлама, так как диаграммы накопления смыкаются при выходе на стационарный режим работы.

## Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство

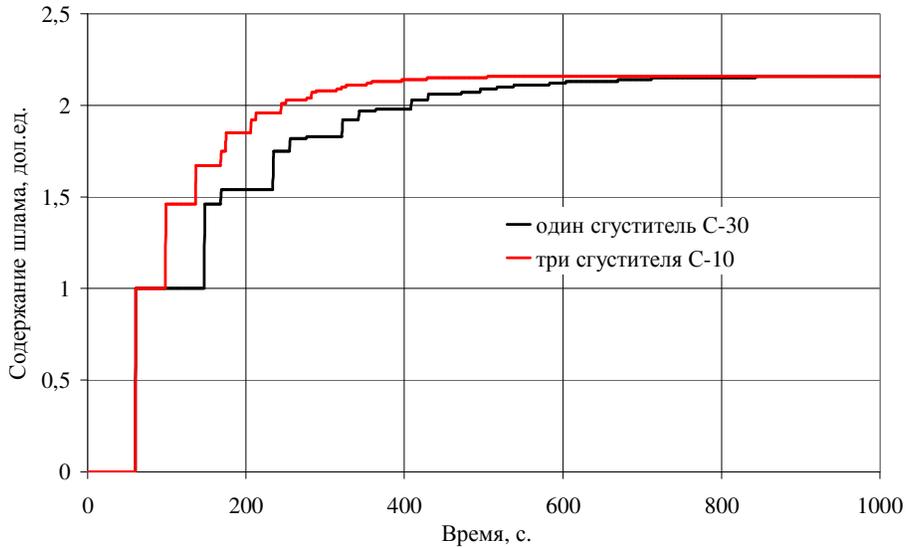


Рис. 4. Накопление тонкого шлама в оборотной воде

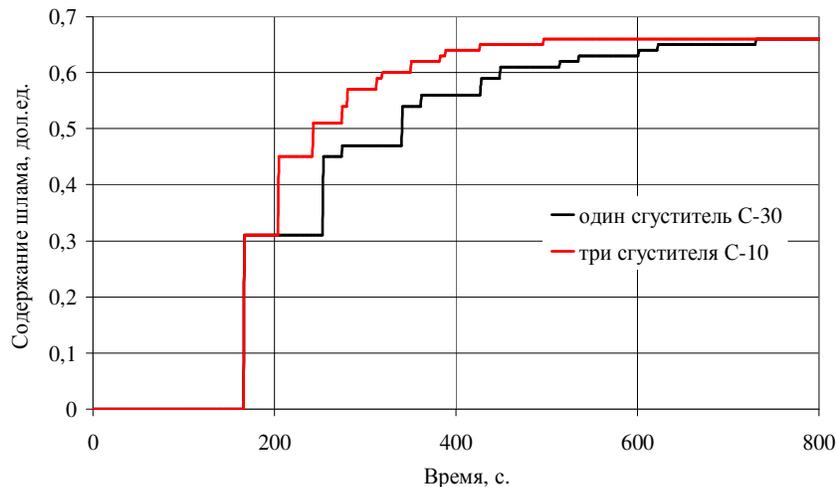


Рис. 5. Накопление тонкого шлама в питании флотации

Равновесная концентрация шлама для рассматриваемых случаев составила 2,16 дол. ед. Однако, при параллельном соединении процесс накопления начинается и заканчивается раньше за счет сокращения инерционных свойств маршрутов вывода шлама. Для варианта с тремя сгустителями система выходит на стационарный режим работы уже на 500с работы (рис. 4), а для варианта с одним сгустителем – на 850.

Кинетика накопления шлама определяется интенсивностью его вывода из системы. Быстрый выход на стационарный режим работы – следствие интенсивного вывода шлама и сокращение его дальнейшего накопления. Для оценки эффективности работы ВШС рассчитана скорость вывода шлама через узел вывода №6 как количество выводимого шлама  $\Delta C$  в единицу времени  $\Delta T$ :

$$U_{\text{вив}} = \Delta C / \Delta T. \quad (1)$$

Результаты расчета скорости вывода шлама представлены на рис. 6. Поскольку диаграммы накопления шлама в питании флотации имеют ступенчатую форму, изменение скорости вывода шлама характеризуются вертикальными скачками, которые соответствуют очередному скачку концентрации шлама в узле вывода. Далее при неизменной концентрации шлама (горизонтальный участок на диаграмме накопления) скорость вывода плавно уменьшается за счет увеличения продолжительности работы схемы.

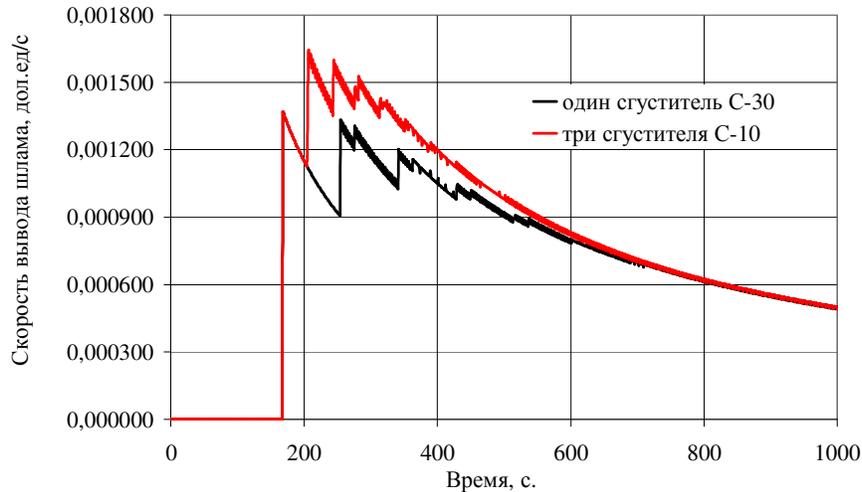


Рис. 6. Изменение скорости вывода шлама флотацией при различных вариантах построения схемы

Как и предполагалось, скорость вывода шлама для варианта с параллельным соединением низко инерционных аппаратов выше, чем при использовании одного высоко инерционного аппарата. Особенно разница в скоростях заметна на первых циклах работы, где она составила около 20%. Далее приращения количества выводимого шлама уменьшаются (время сближения диаграмм накопления, рис. 5) и скорости вывода также выравниваются. После 700 секунды работы ВШС значение скоростей вывода становятся одинаковыми.

### *Выводы*

Параллельное соединение разделительных аппаратов можно применять не только для увеличения производительности операции, но и для сокращения инерционных свойств системы, что обеспечивает быстрый выход на стационарный режим работы всех аппаратов схемы. При этом обеспечивается возможность регенерации больших объемов шламовых вод, т.к. альтернативные разделительные аппараты идентичны по принципу действия и их суммарный объем равен объему заменяемого аппарата. При одинаковых сепарационных характеристиках соблюдается количественное равенство в содержании и выводе шлама из системы. Скорость вывода шлама при параллельном соединении растет за счет сокращения инерционности технологических маршрутов.

## **Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство**

### **Список литературы**

1. Младецкий И.К. Синтез технологий обогащения полезных ископаемых. – Д.: НГУ, 2006. – 86 с.
2. Пилов П.И. Научные основы сепарации и водопотребления при обогащении руд: Дис ... д-ра техн. наук: 05.15.08. – Д.: ДГИ, 1993. – 320 с.
3. Назимко Е.И., Гарковенко Е.Е. Совершенствование работы систем осветления оборотных вод. – Д.: НГУ, 2000. – 272 с.
4. Благов И.С. Обратное водоснабжение углеобогащительных фабрик. – М.: Недра, 1980. – 284 с.
5. Назимко Е.И., Голиков А.С. Исследование изменения скорости накопления шлама в водно-шламовой системе ЦОФ "Чумаковская" // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2007. – Вып. 29(70)-30(71). – С. 184-190.

© Голиков А.С., Назимко Е.И., 2012

*Надійшла до редколегії 18.02.2012 р.  
Рекомендовано до публікації д.т.н. І.К. Младецьким*