

О.В. Витушко, канд. техн. наук

(Украина, г. Донецк, ООО «Шахтстроймонтаж»),

Н.А. Никифорова, канд. техн. наук

(Украина, г. Днепропетровск, Национальная металлургическая академия)

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ТВЕРДОЙ ФАЗЫ ПРИ ГИДРОТРАНСПОРТЕ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

На предприятиях горно-обогатительной отрасли транспорт является одним из основных звеньев технологического процесса [1 – 3]. По различным оценкам на него приходится 40 – 70 % себестоимости переработки минерального сырья [3]. Наиболее эффективным видом транспорта различных твердых материалов является гидротранспорт, широкое применение и освоение которого является особенно актуальным в связи с повышением требований к охране окружающей среды, так как позволяет отводить промышленные воды в централизованные пункты очистки, а также резко сократить размеры занимаемых земель [1]. При модернизации гидротранспортных комплексов основное внимание уделяется снижению энергоемкости процесса гидротранспортирования и сокращению объемов потребляемой воды [4]. Перспективным методом снижения энергоемкости процесса гидротранспорта является применение гидродинамически активных веществ (ГДАВ) – карбоцепных водорастворимых полимеров, снижающих гидравлическое сопротивление при турбулентном течении [4 – 7]. Этот метод давно и успешно используется для трубопроводных систем, транспортирующих однородные жидкости [7 – 9]. Однако исследования, посвященные использованию его для потоков пульпы [7, 10], носят в основном качественный характер и не учитывают возможность флокуляции частиц транспортируемых материалов, приводящей к изменению гранулометрического состава материала и его гидравлической крупности. Наличие в потоке флокул существенно влияет на режимы гидротранспортирования, которые в этом случае должны выбираться с учетом влияния присутствия ГДАВ в гидросмеси на гранулометрический состав транспортируемого материала и параметры гидротранспорта. Кроме того, в этих исследованиях не ставится задача определения исходной концентрации полимера с учетом его расхода на образование флокул.

Целью статьи является разработка метода расчета гидравлической крупности твердой фазы гидросмеси при использовании ГДАВ с учетом флокулирующего действия полимеров на частицы транспортируемого материала.

На основе методики расчета параметров гидротранспорта полидисперсных частиц крупностью до 2 мм [11] получена формула для определения гидравлического уклона, в которой учтена выявленная авторами зависимость дополнительного гидравлического уклона, обусловленного присутствием частиц мелких классов крупности, от коэффициента гидравлического сопротивления, а влияние наличия в пульпе флокул с учетом особенностей их формирования и обтекания

несущей жидкостью описывается отдельным слагаемым

$$i = \frac{IV^2}{2gD} \left(1 + \frac{Ar(1-S_1)}{(1+ArS_1)} S_1 \right) + \sqrt{\frac{D}{d_{cp}}} \frac{Ar(1-S_1)}{(1+ArS_1)} S_2 \frac{w_2}{V} \frac{0.041}{\sqrt{I}} \Delta, \quad (1)$$

$$\Delta = 1 + \sqrt{\frac{d_{cp}}{d_{\Phi}}} \frac{(Ar_{\Phi} - ArS_1)}{Ar(1-S_1)} \frac{S_{\Phi}}{S_2} w_{\Phi}, \quad S = S_1 + S_2 + S_{\Phi},$$

где i – гидравлический уклон при течении пульпы, м вод. ст./м; S_1, S_2, S_{Φ} – объемные концентрации соответственно частиц крупностью менее 0.2 мм, частиц крупностью от 0.2 до 2 мм и флоккул; Ar – параметр Архимеда; w_2 – гидравлическая крупность мелких частиц м/с; w_{Φ} – гидравлическая крупность флоккул, м/с.

При флокуляции полимеры адсорбируются одновременно на нескольких твердых частицах, связывая их мостиковыми связями, что приводит к укрупнению частиц и увеличению скорости их осаждения. Степень флокуляции можно оценить по относительной гидравлической крупности частиц материала

$$W = \frac{w'}{w}, \quad (2)$$

где W – относительная гидравлическая крупность частиц материала; w' – скорость осаждения из гидросмеси твердых частиц в присутствии флокулянта, м/с; w – скорость осаждения из гидросмеси твердых частиц в отсутствие флокулянта, м/с.

Эксперименты, проведенные в Институте гидромеханики НАН Украины [6, 7], свидетельствуют о том, что для осаждения частиц концентратов и отходов обогащения железной руды Южного и Северного ГОКов Кривбасса (ЮГОК и СевГОК), а также руд редкоземельных металлов наиболее эффективным флокулянт является технический полиакриламид (ПАА), который одновременно является и гидродинамически активным веществом [4]. При этом для промышленного применения ПАА немаловажным фактором является отсутствие у него токсических свойств [6, 7]. Для расчета величины W в присутствии ПАА авторами работ [6, 7] предложена следующая формула:

$$W = 1 + Ap, \quad (3)$$

где A – коэффициент снижения гидравлической крупности; p – концентрация ПАА, выраженная в граммах 100%-ного продукта на 1 т твердого материала, г/т.

Тогда эффективность флокуляции частиц в зависимости от концентрации флокулянта будет выражаться формулой

$$q = W - 1 = Ap, \quad (4)$$

где q – эффективность флокуляции частиц.

Для уточнения и обобщения зависимости (3) был проведен анализ результатов экспериментов [6, 7], выполненных с концентратом железной руды (плотность 4600 кг/м^3 , средний диаметр частиц $0,080 \text{ мм}$), отходами СевГОКа (плотность 2910 кг/м^3 , средний диаметр частиц $0,092 \text{ мм}$) и отходами ЮГОКа (плотность 2900 кг/м^3 , средний диаметр частиц $0,121 \text{ мм}$).

Обработка результатов экспериментальных исследований и анализ полученных зависимостей (см. рис. 1, 2) позволяют при концентрациях ПАА более 10 г/т вместо зависимостей (3) и (4) рекомендовать уточненные формулы

$$W = 1 + Ap^n; \quad q = Ap^n, \quad (5)$$

где n – параметр аппроксимации.

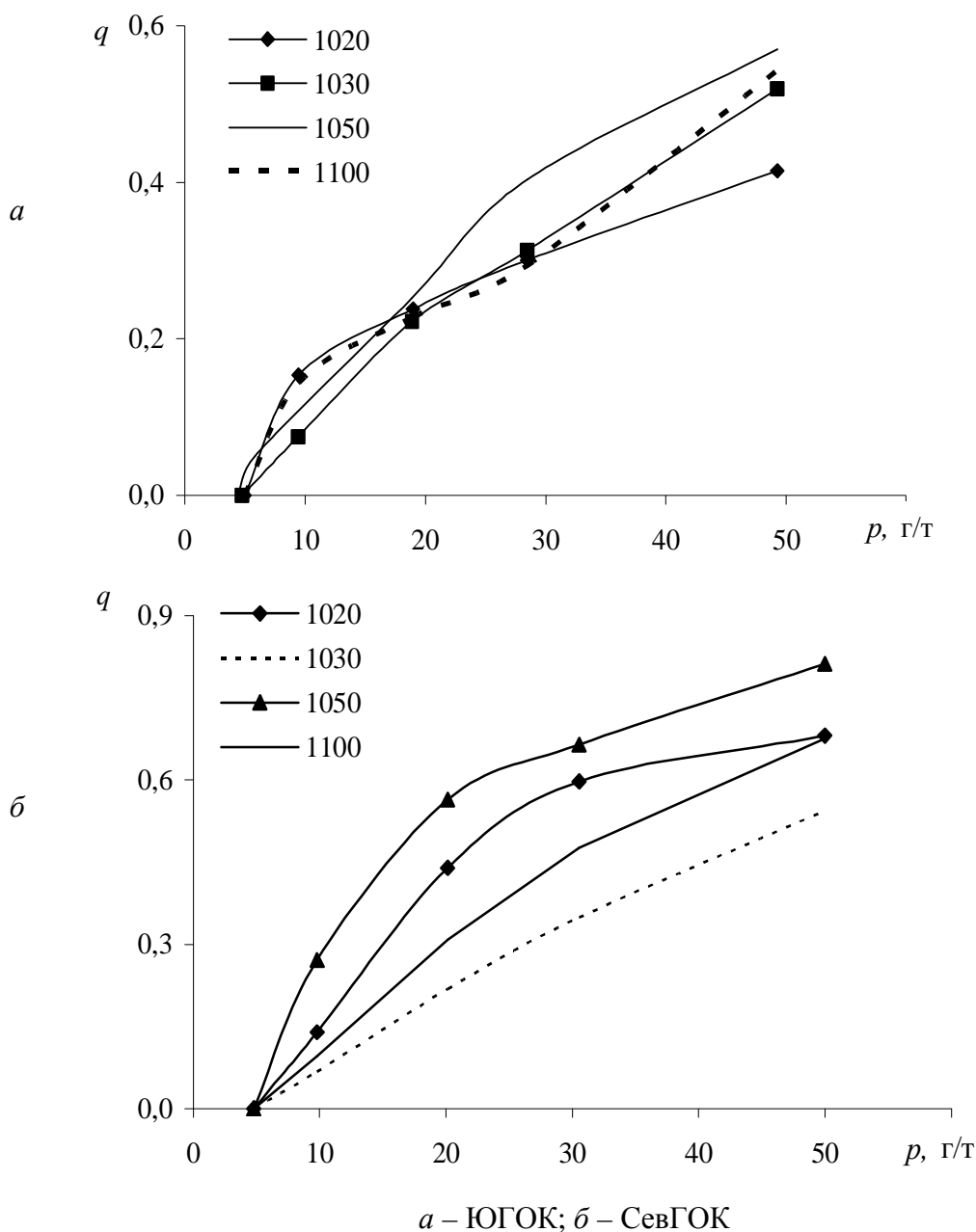


Рис. 1. Зависимость эффективности флокуляции частиц отходов ГОКов от концентрации ПАА при различных плотностях гидросмеси по данным [6]

Параметры A и n зависят от концентрации гидросмеси, причем эти зависимости имеют нелинейный характер (рис. 3 – 6).

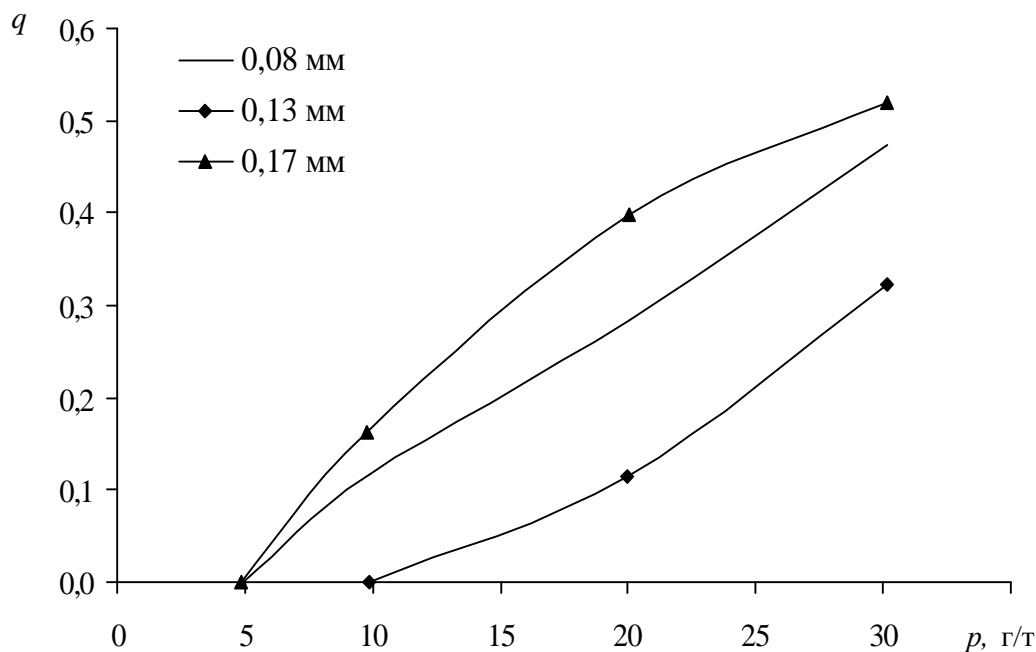


Рис. 2. Зависимость эффективности флокуляции частиц твердой фазы от концентрации ПАА при различных средних диаметрах частиц по данным [6, 7]

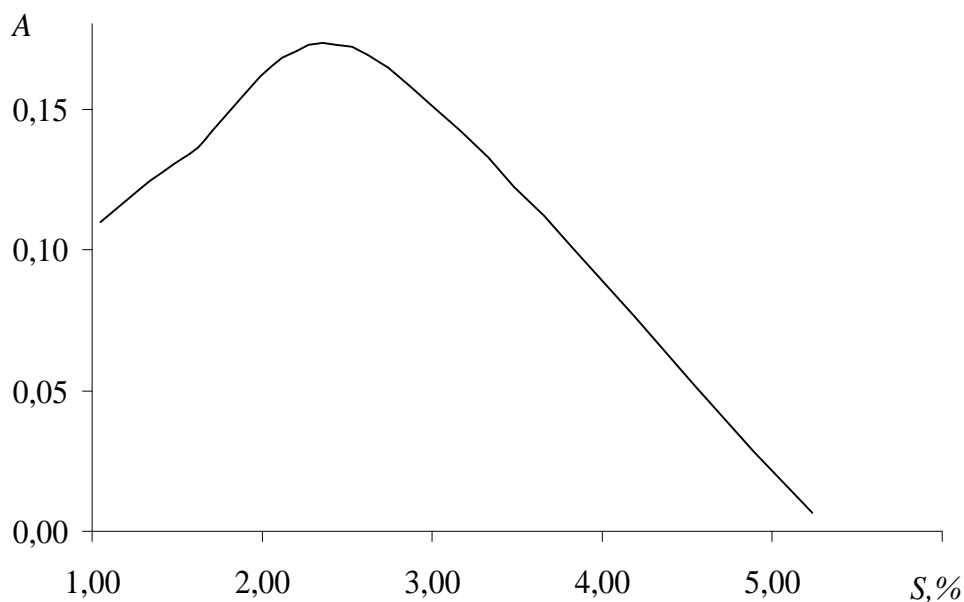


Рис. 3. Зависимость параметра A при флокуляции частиц отходов обогащения ЮГОКа от концентрации гидросмеси

Таким образом, с учетом формул (2) – (5) можно определить концентрацию ПАА, обеспечивающую требуемую гидравлическую крупность частиц в соответствии с (2),

$$p' = n \sqrt{\frac{w' - w}{wA}}, \quad (6)$$

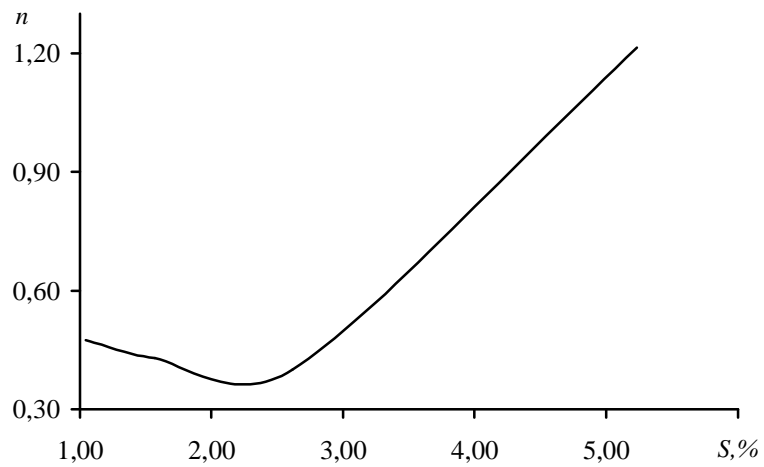


Рис. 4. Зависимость параметра аппроксимации эффективности флокуляции частиц отходов обогащения ЮГОКа от концентрации гидросмеси

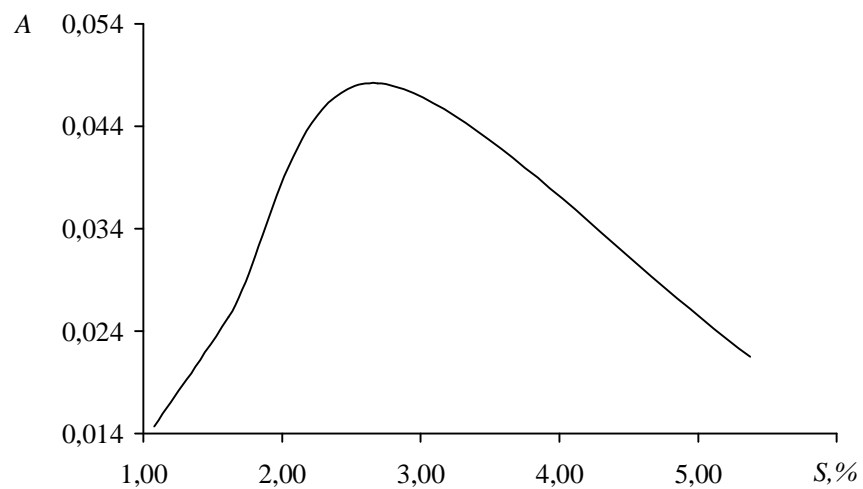


Рис. 5. Зависимость параметра A при флокуляции частиц отходов обогащения СевГОКа от концентрации гидросмеси

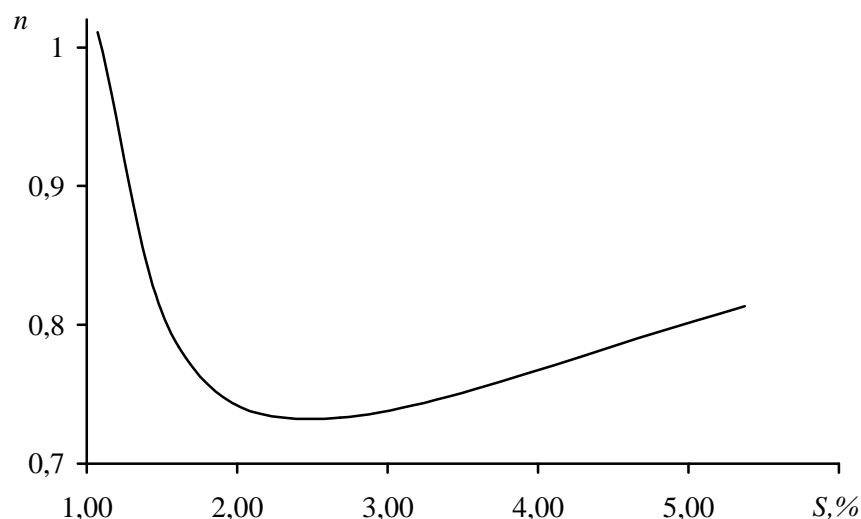


Рис. 6. Зависимость параметра аппроксимации эффективности флокуляции частиц отходов обогащения СевГОКа от концентрации гидросмеси

где p' – концентрация ПАА, обеспечивающая требуемую гидравлическую крупность частиц.

Если известна скорость осаждения частиц при полной флокуляции тонких и мелких частиц w' , то, зная концентрацию p' , можно определить концентрацию ПАА, обеспечивающую не только требуемую гидравлическую крупность частиц, но и снижение гидравлического сопротивления.

Таким образом, применение разработанного метода расчета параметров твердой фазы гидросмеси при использовании гидродинамически активных веществ дает возможность учитывать флокулирующее действие полимеров на частицы транспортируемого материала при расчете параметров процесса гидротранспортирования и осуществлять выбор менее энергоемких режимов работы гидротранспортных установок.

Список литературы

1. Гуменик И.Л. Проблемы разработки россыпных месторождений – Д.: Січ, 2001. – 224 с.
2. Джваршеишвили А.Г. Системы трубного транспорта горно-обогатительных предприятий. – М.: Недра, 1986. – 384 с.
3. Баранов Ю.Д. Обоснование параметров и режимов работы систем гидротранспорта горных предприятий – Д.: Новая идеология, 2006. – 416 с.
4. Ступин А.В. Применение гидродинамически активных добавок полимеров и поверхностно-активных веществ в энергосберегающих технологиях // Прикладна гідромеханіка. – 2001. – Т. 3 (75), № 1. – С. 74 – 81.
5. Шурыгин В.Д., Семененко Е.В., Никифорова Н.А. Анализ способов повышения эффективности работы гидротранспортного комплекса // Металлург. и горноруд. пром-сть, 2005. – № 6. – С. 70-74.
6. Карасик В.М., Асауленко И.А., Витошкин Ю.К. Интенсификация гидротранспорта продуктов и отходов обогащения горно-обогатительных комбинатов. – К.: Наук. думка, 1976. – 156 с.
7. Асауленко И.А. Теория и прикладные аспекты гидротранспортирования твердых материалов. – Киев: Наукова думка, 1981. – 364 с.
8. Покровская В.Н. Трубопроводный транспорт в горной промышленности. – М.: Недра, 1985. – 191 с.
9. Криль С.И. Напорные взвесенесущие потоки. – К.: Наук. думка, 1990. – 160 с.

10. Курганов А.М., Федоров Н.Ф. Справочник по гидравлическим расчетам систем водоснабжения и канализации. – Л.: Стройиздат, 1973. – 408 с.
11. Смолдырев А.Е. Гидро- и пневмотранспорт в металлургии. – М.: Металлургия, 1985. – 383 с.