

- 3) промывка аммофосного шлама водой;
- 4) смещение промывного раствора с фильтратом и доаммонизация полученной смеси для получения обезфторенного аммофоса;
- 5) утилизация фтора из промытого водой аммофосного шлама путем термообработки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кармышов В. Ф. Химическая переработка фосфоритов.— М., 1983.— 304 с.
2. Хамидов В. А., Якубов Р. Я., Коростелева В. И., Гафуров К. Исследование возможности выделения фтористых солей на стадии аммонизации экстракционной фосфорной кислоты из фосфосристов Каратау // Фосфор. пром-сть.— 1974.— № 3 (15).— С. 28—35.
3. Методы анализа фосфатного сырья, фосфорных и комплексных удобрений, кормовых фосфатов.— М., 1975.— 218 с.
4. Гафуров К., Хамидов В. А., Мирходжаев М. М., Коростелева В. И. Способы обезфторивания твердой фазы аммофосной пульпы из ЭФК фосфоритов Каратау // Фосфор. пром-сть.— 1977.— Вып. 4.— С. 13—17.
5. Конюхова Е. Б., Мурашова С. К., Кармышов В. Ф. Исследование вязкости пульп аммофоса, полученных на основе фосфоритов Каратау // Тр. НИУИФ.— 1977.— Вып. 231.— С. 49—54.
6. Гаврилов Н. Б., Жданов Ю. Ф., Масленников Б. М. и др. Изменение фазового состава продуктов политермического упаривания аммофосной пульпы // Хим. пром-сть.— 1978.— № 4.— С. 281—282.

УДК 621.928.37

С. Л. Сулов, Г. М. Косой, А. И. Ершов

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ГИДРОЦИКЛОНА НА ГИДРОДИНАМИКУ ЦИКЛОННОГО ПОТОКА

В настоящей статье приводятся результаты исследования влияния конструкции подвода питания и длины цилиндрической части гидроциклона на структуру циклонного потока и основные технологические параметры.

В качестве экспериментальной модели использовался гидроциклон, изготовленный из органического стекла, диаметром 100 мм. Он имел сменные тангенциальный и спиральный подводы питания длиной $L_{\text{п}}=75$ мм и набор цилиндрических вставок, позволяющих менять общую длину гидроциклона $L/D=2,64 \div 5,64$ (L — длина гидроциклона, D — диаметр его цилиндрической части). Угол конусности α , диаметр сливного $d_{\text{сл}}$, пескovo-

го d_n отверстий и ширина и высота $b \times h$ питающего отверстия как для тангенциального подвода питания, так и для спирального, в период испытаний не изменялись: $\alpha = 20^\circ$; $d_{сп}/D = 0,4$; $d_{ц}/D = 0,206$; $b \times h = 12 \times 36$ мм.

Опыты проводились на установке, состоящей из зумифа объемом 10^{-4} м³, центробежного насоса ПР 12,5/12,5, нагнетательного трубопровода с установленными на нем запорной арматурой для регулирования подачи питания, индукционного расходомера ИР=51 и образцового манометра для контроля расхода и давления питания на входе в аппарат.

В опытах измерялись полное и статическое давления (p и $p_{ст}$ соответственно), направление циклонного потока, соответствующее направлению полной скорости v , диаметры воздушного столба и поверхности нулевых осевых скоростей. В процессе обработки полученных данных рассчитывались полная скорость и ее составляющие — тангенциальная v_ϕ и осевая v_z . Радиальной составляющей скорости пренебрегали, поскольку она на два порядка ниже тангенциальной составляющей.

Рабочей средой в опытах являлась вода, температура которой поддерживалась постоянной в пределах 291—293 К.

Измерения проводились с помощью цилиндрических зондов полного и статического давления диаметром 2 мм, предварительно оттарированных согласно методике, изложенной в работе [1]. Кроме того, для определения направления потока использовался нитевой метод [2], особенно удобный для определения направления потока и поверхности нулевых осевых скоростей. Перемещение зондов и державки с нитью производилось с помощью координатника, позволяющего фиксировать перемещения и углы поворота зондов.

На первом этапе исследовались гидродинамические характеристики гидроциклонов с различными конструктивными параметрами при постоянном расходе питания (рис. 1) (т. е. при постоянной скорости в питающем патрубке), который контролировался индукционным расходомером. На втором этапе исследований изучались гидродинамические характеристики гидроциклонов с тангенциальным подводом питания и $L/D = 2,64$, выпускаемых в настоящее время промышленностью, и со спиральным подводом питания и удлиненной цилиндрической частью $L/D = 5,64$ при одинаковом давлении пита-

ния на выходе (рис. 2). Измерения проводились в различных по высоте сечениях гидроциклона.

Анализ экспериментальных данных показывает, что характер изменения гидродинамических параметров вдоль радиуса и по высоте гидроциклона примерно оди-

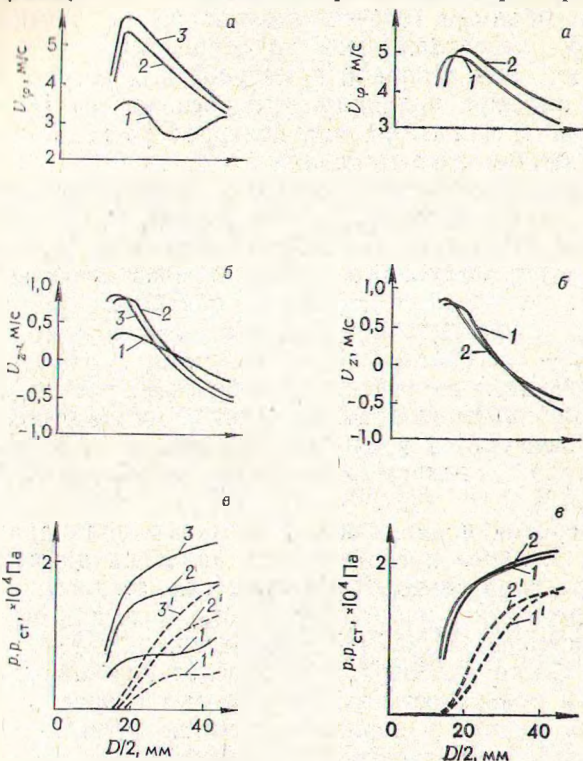


Рис. 1. Влияние конструкции подвода питания и длины цилиндрической части на распределение тангенциальной (а), осевой (б) скоростей, полного и статического давлений (в) в гидроциклоне:

1—спиральный подвод питания, $L/D=5,64$; 2—спиральный подвод питания, $L/D=2,04$; 3—тангенциальный подвод питания, $L/D=2,64$; $v=1, 2, 3-p$; $1', 2', 3'-p_{ст}$

Рис. 2. Изменение тангенциальной (а), осевой (б) скоростей, полного и статического давлений (в) в гидроциклонах с различными типами подвода питания и удлиненной цилиндрической частью:

1—спиральный подвод питания; 2—тангенциальный подвод питания; $v=1, 2-p$; $1', 2'-p_{ст}$

ников. Однако по абсолютной величине они существенно различаются.

Так, у гидроциклона с тангенциальным подводом питания абсолютное приращение тангенциальной скорости несколько выше, чем у гидроциклона со спиральным подводом питания. Это приводит к значительному увеличению полного и статического давлений (рис. 1, а), что, вероятно, и обуславливает гидравлическое сопротивление гидроциклона с тангенциальным подводом питания, на 27% большее по сравнению с сопротивлением гидроциклона со спиральным подводом питания. Причем осевые составляющие скорости, диаметры воздушного столба и поверхности нулевых осевых скоростей одинаковы, что закономерно, поскольку опыты проводились при постоянном расходе питания.

С увеличением длины цилиндрической части происходят более существенные изменения в гидродинамике и структуре циклонного потока. Наблюдается уменьшение не только тангенциальной составляющей скорости, но и осевой составляющей внутреннего потока. При этом уменьшается диаметр воздушного столба и увеличивается диаметр поверхности нулевых осевых скоростей, что в свою очередь приводит к некоторому увеличению осевой составляющей внешнего винтового потока. Последнее, вероятно, положительно сказывается на сепарационных качествах аппарата, так как твердые частицы быстрее удаляются внешним потоком из зоны сливного патрубка в зону сгущения в конической части и это уменьшает возможность их попадания в осветленный поток. Увеличение длины цилиндрической части и уменьшение осевой составляющей скорости внутреннего потока увеличивают время пребывания частиц, попавших во внутренний поток, в гидроциклоне, тем самым увеличивая вероятность удаления их во внешний поток и разгрузку через песковое отверстие. Это обеспечивает снижение крупности разделения и выхода твердой фазы в слив. Кроме того, при увеличении длины цилиндрической части в указанных пределах уменьшаются полное и статическое давления в аппарате и, как следствие, снижается сопротивление гидроциклона на 50%.

Анализ результатов исследования гидродинамических параметров гидроциклонов с тангенциальным подводом питания и со спиральным подводом питания и удлинен-

ной цилиндрической частью при одинаковом давлении питания на входе в аппарат показал, что тангенциальная и осевая составляющие скорости по абсолютной величине практически одинаковы. Однако у гидроциклона со спиральным подводом питания и удлиненной цилиндрической частью меньше диаметр воздушного столба и больше диаметр поверхности нулевых осевых скоростей, т. е. больше поперечная площадь внутреннего винтового потока. Этим, вероятно, и объясняется большая (в 1,5 раза) производительность аппарата.

Таким образом, гидроциклон со спиральным подводом питания и удлиненной цилиндрической частью обладает рядом преимуществ по сравнению с серийно выпускаемыми гидроциклонами с тангенциальным подводом питания. При одинаковых по абсолютным значениям тангенциальной и осевой составляющих скорости увеличиваются производительность аппарата, время разделения суспензии, удлиняется зона разделения. Кроме того, за счет удлинения зоны разделения и вследствие этого увеличения площади коаксиальных сечений аппарата снижается радиальная составляющая скорости, что также положительно сказывается на сепарационных качествах гидроциклона.

Технологические испытания подтвердили правильность данных выводов [3].

ЛИТЕРАТУРА

1. Пешехонов Н. Ф. Приборы для измерения давления, температуры и направления потоков в компрессорах.— М., 1962.— 184 с.
2. Шломин А. Н. Интенсификация процесса классификации зернистых угольных редкометалльных продуктов в гидроциклонах: Дис. ... канд. техн. наук.— Днепропетровск, 1983.— 208 с.
3. Косой Г. М., Сулов С. Л., Мелихова Э. П. Интенсификация процессов классификации и обесшламливания полидисперсных суспензий в вихревых гидроциклонах // Горн. журн.— 1982.— № 3.— С. 49—53.