Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. LX, вып. 1, 1970 г.

ПРИМЕНЕНИЕ И РАСЧЕТ ОТСТОЙНИКОВ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ ДОНУГИ

Н. В. Казимиренко

Одним из сложных процессов на гидрошахтах и углеобогатительных фабриках является осветление воды. Объемы повторного использования воды в технологическом процессе на гидрошахтах исчисляются тысячами кубических метров в час и зависят от принятой технологии выемки, транспорта, подъема и обогащения угля.

При углесосном и эрлифтном гидроподъеме на существующих гидрошахтах Донбасса с проектной мощностью 900—1200 *тыс. т* в год (гидрорудник «Пионер», гидрошахта «Красноармейская» № 2 треста «Гидроуголь») количество осветленной повторно используемой воды составляет 3000—4000 $м^3/ч$.

При гидроподъеме с камерными питателями, загружаемыми пульпой (гидрошахта «Красноармейская» № 1 проектной мощностью 1200 *тыс. т* в год), количество циркуляционной воды значительно больше и при той же проектной мощности составляет более 7000 $м^3/ч$ [1].

Наличие в основных технологических процессах двухфазной среды (твердого и воды) требует в конечном счете разделения этих фаз: твердое (уголь и порода) является конечным продуктом технологии, вода же используется повторно.

Высокое содержание твердого в оборотной воде гидрошахт и углеобогатительных фабрик отрицательно сказывается на работе всего предприятия: увеличивается износ гидрооборудования (насосов, гидромониторов, арматуры и др.), снижается производительность насосов и, как следствие, увеличивается расход электроэнергии. Изменение свойств оборотной воды от

увеличения содержания твердого отрицательно влияет на эффективность обогащения, сгущения, обезвоживания и осветления.

В угольной промышленности для осветления воды применяются пирамидальные, горизонтальные и главным образом радиальные отстойники.

Для интенсификации осветления и увеличения удельной нагрузки на 1 $м^2$ площади отстойника в последние годы широко применяется гидролизованный полиакриламид [2], что позволяет получить чистый слив (менее 1 $г/л$) при удельной нагрузке до 1 $м^3/ч$ (таблица).

Содержание твердого в сливе радиальных отстойников

Удельная нагрузка, $м^3/ч$, на 1 $м^2$ площади	Содержание твердого в питании отстойника, $г/л$	
	50	100
С применением полиакриламида		
0,75	—	5,0
1,5	1,10	7,0
2,50	2,90	8,0
3,50	6,75	10,0
4,50	12,00	25,0
Без применения полиакриламида		
0,75	11,0	26,8
1,50	18,0	39,5
2,50	27,0	46,0
3,50	34,5	58,0
4,50	37,5	62,0

Однако даже при добавках полиакриламида из-за небольших удельных нагрузок емкость применяемых отстойников составляет несколько тысяч кубических метров, что приводит к большим объемам воды, используемой в технологии. Кроме того, из-за больших удельных капитальных затрат проектные организации как правило принимают завышенные удельные нагрузки на 1 $м^3/ч$ производительности отстойника, из-за чего на гидрошахтах и углеобогатительных фабриках, в том числе на новостройках (гидрошахта «Красноармейская» № 2), не обеспечивается необходимое качество воды оборотного водоснабжения.

Большие емкости применяемых отстойников и большой объем циркуляционной воды приводят к дополнительному образованию тонких илов с частицами размером менее 45—60 *мк*, которые наиболее трудно поддаются осаждению и повышают содержание солей и вязкость воды. Поэтому необходимо максимально сократить время контакта воды со шламом. Это достигается применением отстойников небольшой емкости, но с большой удельной нагрузкой на 1 $м^2$ площади осветления, которые позволяют максимально сократить объем емкостей и количество циркуляционной воды, находящейся в процессе.

В ДонУГИ по предложению автора статьи и инж. Н. Г. Рубана разработан и прошел лабораторные, стендовые и промышленные испытания отстойник непрерывного действия ОНД. Применение отстойников этого типа позволит решить ряд основных вопросов, связанных с осветлением воды на гидрошахтах и углеобогатительных фабриках.

При промышленных испытаниях на гидрокомбинате «Пионер» при рабочей площади двух отстойников 20 $м^2$ получены следующие результаты:

Производительность по осветленной воде	900 $м^3/ч$
Содержание твердого в осветленной воде	0,2—0,3 $г/л$
Эффективность осаждения взвеси	более 99%
Расход гидролизованного полиакриламида	0,4—1,0 $г/м^3$

В отстойнике ОНД с уклоном i (рис. 1) за счет установки в камере осветления наклонных плоскостей, а также регулируемых щелей в боковых плоскостях по всей длине отстойника достигнута высокая удельная нагрузка. От существующих отстойников его отличает непрерывная гидравлическая разгрузка сгущенного продукта, который транспортируется к месту разгрузки с помощью основного потока между дном отстойника и нижними кромками наклонных плоскостей.

Принцип действия отстойника заключается в следующем. Поток воды, подлежащей осветлению, через задвижку *1* подается в приемную камеру *2*, из которой поступает в нижнюю часть камеры осветления *3*, где по длине отстойника от основного потока непрерывно отделяется вода. Из нижней части вода поступает вверх. При этом она проходит между наклонными плоскостями *4*, установленными поперек потока под углом наклона, большем чем угол естественного откоса твердого

осадка; наклонные плоскости образуют ряд ячеек, между которыми вода движется со скоростью, рассчитанной из условия выпадения взвеси в пределах наклонной длины ячейки при ламинарном потоке. Осветленная вода через щели *5*, расположенные по всей длине верхней части боковых стенок отстойника, поступает в сливной желоб *6*, откуда направляется для использования.

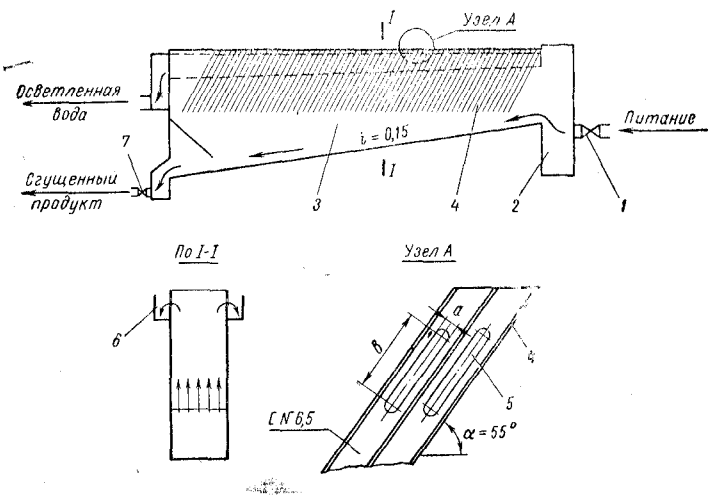


Рис. 1. Опытный отстойник непрерывного действия

При работе отстойника зеркало воды находится выше уровня щелей, что обеспечивает необходимый подпор воды перед щелью. Для изменения расхода и получения одинаково осветленной воды в каждой ячейке сливные отверстия выполнены так, что можно изменять их сечение за счет крепления специальных полос.

Твердый осадок по наклонным плоскостям сползает вниз и в конце отстойника удаляется насосом через задвижку *7*.

Отстойник по осветлению воды и разгрузке сгущенного осадка работает непрерывно.

На основании промышленных испытаний приводится следующая техническая характеристика опытного образца отстойника ОНД, предназначенного для очистки оборотной воды гидрошахт и обогатительных фабрик [3]:

Содержание твердого	до 75 *г/л*
Крупность	0—0,5 *мм*
Рабочая площадь	10 $м^2$
Удельная производительность с 1 $м^2$ площади отстойника	40—50 $м^3/ч$
Общая производительность	до 500 $м^3/ч$
Степень осветления воды при расходе гидролизованного полиакриламида 0,4—1,0 $г/м^3$	менее 1 *г/л*
Эффективность осаждения взвеси	до 99,5 %
Плотность сгущенного продукта	200—250 *г/л*
Расстояние между наклонными плоскостями	6,5 *мм*
Вес	21,0 *т*
Цена опытного образца	8,1 тыс. руб

На основании анализа проектно-сметной документации и результатов исследований отстойников произведен сравнительный расчет капитальных затрат на строительство отстойников производительностью 1000 $м^3/ч$:

Отстойник	Радиальный	ОНД
Производительность		
общая, $м^3/ч$	1000	1000
удельная, $м^3/ч \cdot м^2$	1	45
Рабочая площадь, $м^2$	1000	22
Содержание твердого в питании, *г/л*	75	75
Содержание твердого в осветленной воде при применении полиакриламида, *г/л*	менее 1	менее 1
Капитальные затраты, *тыс. руб.*	248	26,8

Если рассматривать теоретическую сторону работы отстойников, следует отметить, что для осаждения мелких частиц в потоке большое значение имеет его структура, которая зависит от скорости потока и габаритных размеров отстойника.

В современных конструкциях отстойников, применяемых в угольной промышленности, даже при небольших скоростях поток всегда турбулентный. С увеличением турбулентности потока ухудшаются условия осаждения взвеси, при этом мелкие частицы практически не оседают.

Критерием структуры потока является критическое число Рейнольдса

$$\mathrm{Re} = \frac{VR}{\nu}, \qquad (1)$$

где R — гидравлический радиус, *м*; V — скорость потока, *м/сек*; γ — кинематический коэффициент вязкости воды, $м^2/сек$.

Если рассмотреть приведенную зависимость числа Рейнольдса от остальных параметров, то γ является величиной постоянной для конкретных условий и не зависит от конструкции отстойника. Параметры V и R, характеризующие структуру потока, зависят от конструкции отстойника. В современных конструкциях улучшение структуры потока, а следовательно и осаждения взвеси, изменением конструктивных размеров практически не достигается, так как общегабаритные размеры отстойника на произведение VR влияют мало.

Структура потока и осаждение взвеси в этом случае улучшаются за счет уменьшения скорости потока, что при той же производительности увеличивает габаритные размеры отстойника, а следовательно, и капитальные затраты.

В рассматриваемом типе отстойника структура потока улучшается при значительно большей скорости потока за счет уменьшения гидравлического радиуса, т. е. основных конструктивных параметров. В зависимости от конкретных условий основными расчетными параметрами такого типа отстойника являются скорость потока между наклонными плоскостями, расстояние между ними, ширина и рабочая площадь отстойника, длина наклонной плоскости и сечение боковых отверстий для слива осветленной воды.

Скорость воды между наклонными плоскостями ячейки, при которой сохраняется ламинарная структура потока, определяется из уравнения (1) при критическом числе Рейнольдса $Re_{кр}=580$ [4]

$$V \leqslant \frac{Re_{кр}\nu}{R}, \; м/сек, \qquad (2)$$

где $R=\frac{F_0}{p}=\frac{Bh}{2(B+h)}$, *м*; F_0 — площадь сечения ячейки, *м*; p — смоченный периметр, *м*; B — ширина отстойника (из конструктивных соображений может равняться стандартной ширине листовой стали, 0,8—1,2 *м*), *м*; h — расстояние между наклонными плоскостями, $h=0{,}02$—$0{,}1$ *м*.

Производительность наклонной ячейки определяется зависимостью

$$q=F_0V, \; м/сек. \qquad (3)$$

Число наклонных ячеек

$$n = \frac{Q}{3600\,q}, \tag{4}$$

где Q — необходимая производительность отстойника, $м^3/ч$.

Рабочая площадь отстойника по зеркалу воды

$$F = \frac{Bh}{\sin\alpha}\,n,\ м^2, \tag{5}$$

где α — угол наклона плоскостей (выбирается больше угла естественного откоса материала в воде), $\alpha = 50—60°$.

В каждой ячейке для слива осветленной воды в боковых стенках принимается два отверстия в виде щели (рис. 1, узел A). Общее число отверстий равно $2n$.

Расход воды через одно отверстие

$$q_0 = \frac{Q}{7200n},\ м^3/сек. \tag{6}$$

При истечении воды через отверстие в тонкой стенке

$$q_0 = \mu f \sqrt{2gH},\ м^3/сек, \tag{7}$$

где $\mu = 0{,}6—0{,}65$ — коэффициент расхода; f — площадь сечения отверстия, $м^2$; H — высота подпора воды над отверстием, $м$.

Из приведенной зависимости определяется площадь сечения отверстия f и при $b/a = 15—20$ определяются его размеры.

Общая длина наклонной плоскости

$$L = L_1 + L_2 + L_3,\ м, \tag{8}$$

где L_1 — длина переходной зоны от турбулентного потока к ламинарному, $м$; L_2 — длина ламинарного потока, $м$; L_3 — длина наклонной плоскости над отверстиями слива осветленной воды, $м$.

В связи с изменением направления потока в начале ячейки образуется переходная зона от турбулентной к ламинарной структуре потока, в которой мелкие частицы из-за завихрений практически не оседают. Длина переходной зоны определяется из зависимости [5]

$$L_1 = (0{,}05—0{,}09)\,h\,\mathrm{Re},\ м. \tag{9}$$

Длина ламинарного потока, на которой частицы осаждаются на наклонную плоскость, зависит от угла наклона плоско-

стей, расстояния между наклонными плоскостями, скорости потока, гидравлической крупности частиц, которые требуется осадить, или процентной скорости осаждения взвеси. Зависимость между этими величинами (рис. 2) определяется из уравнения

$$L_2 = \frac{V - W\sin\alpha}{W\cos\alpha} h, \ м, \qquad (10)$$

где W — гидравлическая крупность частиц или скорость осаждения взвеси, *м/сек.*

Длина наклонной плоскости L_3 над отверстиями слива осветленной воды выбирается с учетом исключения перетока воды из одной ячейки в другую, а также обеспечения пропускной способности сливных отверстий. На основании проведенных исследований длина плоскости над отверстиями слива воды может приниматься равной 0,3 *м.*

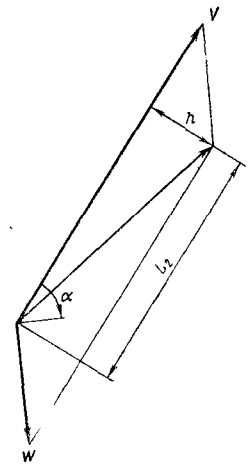


Рис. 2. Схема перемещения частицы в наклонной ячейке при ламинарном потоке

При известных параметрах отстойника можно определить обратную зависимость — производительность отстойника при ламинарной структуре потока ($Re \leqslant Re_{кр}$)

$$Q = 3600\,FW\left(\frac{L_2}{h}\cos\alpha + \sin\alpha\right)\sin\alpha, \ м^3/ч$$

или

$$Q = 7200\,(B + h)\left(\frac{L_2}{h}\cos\alpha + \sin\alpha\right)\frac{W}{V}\,Re\gamma n, \ м^3/ч.$$

Выводы

1. Перспективной конструкцией отстойников для осветления воды на гидрошахтах и углеобогатительных фабриках являются отстойники непрерывного действия, в которых обеспечивается ламинарная структура потока при высокой удельной нагрузке.

2. Промышленные испытания отстойника непрерывного действия показали его высокую техническую эффективность, заключающуюся в простоте конструкции и надежности работы при небольших габаритах.

3. Применение гидролизованного полиакриламида позволяет получить в этих отстойниках высокую степень осветле-

ния воды (менее 1 *г/л*) при удельных нагрузках в 40—60 раз больше, чем в радиальных, при осаждении взвеси более 99%.

4. Снижение капитальных затрат при применении отстойников непрерывного действия вместо радиальных составляет более 200 *тыс. руб* на 1000 $м^3/ч$ производительности отстойников за счет уменьшения рабочего объема и площади осветления.

5. Приведенный метод расчета отражает физические процессы и позволяет определить основные параметры отстойника.

ЛИТЕРАТУРА

1. Казимиренко Н. В. Общая методика расчета камерных питателей. Отчет. Фонды ДонУГИ, т. III, Донецк, 1964.
2. Рекомендации по водно-шламовому хозяйству углеобогатительных фабрик. УкрНИИуглеобогащение, Луганск, 1967.
3. Акт и протокол промышленных испытаний опытного образца отстойника ОНД. Фонды ДонУГИ, Донецк, 1968.
4. Киселев П. Г. Справочник по гидравлическим расчетам. Госэнергоиздат, 1961.
5. Тарг С. М. Основные задачи теории ламинарных сечений. Гос. изд. техн. лит-ры, 1951.