

В.А. Козлов, В.И. Новак

**ПРИМЕНЕНИЕ КОЛОННОЙ ФЛОТАЦИИ
В УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Приведены данные применения пенной флотации угля в пневматических флотомашинах колонного типа. Рассмотрены наиболее практикуемые схемы колонной флотации угля.

Ключевые слова: флотация угля, флотоколонна, аэратор, пенный продукт, хвосты флотации, дешламация.

В углеобогатительной отрасли угольные шламы, из-за высоких затрат на их обогащение и обезвоживание, и, в большей части, низких показателей флотируемости и высокой конечной влажности уже обезвоженного концентрата, воспринимается как серьезная экономическая проблема. Тем не менее, вместе с ростом стоимости угля растет и экономический потенциал процессов обогащения угольной мелочи. Одним из наиболее привлекательных методов обогащения угольных шламов в США и Австралии является колонная флотация. При правильной конструкции и эксплуатации, флотационная колонна обеспечивает относительно высокое извлечение горючей части при низкой зольности концентрата.

В течение десяти последних лет компания Eriez Manufacturing является ведущим поставщиком оборудования для колонной флотации в угольной промышленности Соединенных Штатов и Австралии. В России и Украине поставщиком технологии и оборудования колонной флотации является Коралайна Инжиниринг — СЕТСО.

Компания Eriez, которая более известна, как производитель магнитных сепараторов, вступила в стратегический альянс с компанией Canadian Process Technologies (СРТ), имеющей 20 летний опыт в проектировании колонной флотации. Результатом этого партнерства стало создание флотоколонн CoalPro. Были проведены исследования по поиску оптимального размера колонн и выбору систем аэрации, а также определены преимущества различных схем флотации.

Более того, в 2003 г. была приобретена лицензия на использование технологии Microcel, в основу которой положена генерация микро пузырьков воздуха в циркуляционном канале хвостов флотации. Результатом этих усилий стала продажа 37 колонн в Северной Америке, 22 колонн в Австралии, 6 колонн в России и 8 колонн в Украине. В таблице приведен перечень промышленных флотационных колонн поставленных компаниями Eriez и SETCO. Колонны имеют диаметр от 3 до 4,9 м и высоту от 7,3 до 16 м. Как размеры каждой колонны, так и требуемая система аэрации зависят от многих факторов и подбираются индивидуально для каждого применения.

В соответствии с экономической целесообразностью, в последнее время наметилась тенденция к установке колонн очень большого диаметра (>4,25 м). Помимо того, что большинство установленных на фабриках колонн используются на крупности питания 0x150 микрон, а в некоторых случаях на более зернистом питании 0x0,5 мм, предпочтительно применять колонны на предварительно дешламированном материале 40x150 микрон.

Традиционная флотация угля в странах СНГ проводится с использованием обычных механических камерных машин. Их камеры имеют низкий профиль и устанавливаются в последовательные блоки по 6—8 камер. Питание подается с одной стороны блока в первую камеру и проходит последовательно через каждую последующую камеру. Они хорошо проверены и широко используются в угольной промышленности.

Наиболее известные камерные механические флотомшины в России это флотомшины марок МФУ-12, Вемко и с 2008 года шести камерные флотомшины объемом камер 14 м³ 16 куб. м производства компании «Коралайна Инжиниринг» (SETCO). Компания SETCO установила три механических флотомшины на новой фабрике «Коксовая-Бочатская» и три на ЦОФ «Печорская» в процессе реконструкции в 2009 году.

Главным препятствием при использовании камерных машин для обогащения угля является попадание тонких глинистых частиц в концентрат. Так, при флотации в камерах с механическим перемешиванием исходного питания, содержащего относительно высокий процент глины, из-за уноса глинистых частиц в концентрат бывает трудно добиться приемлемого качества концентрата. Происходит озоление концентрата (пенного продукта).

104 **Примеры промышленного использования флотационных колонн CoalPro**

КомпанияЗаказчик	Обогатительная фабрика	Размеры колонн (кол-во) Диам. x Высота (м)	Крупность пи- тания, мм	Система воз- духо-подачи
Alpha Natural Resources	White Tail	(5) 4.2x9.1	0.150 x 0	Slamjet
American Energy	Century	(2) 4.2x7.3	0.150 x 0.045	Slamjet
Anglo Coal	Moura-Dawson	(6) 4.9x16.0	0.300 x 0	Microcel
Arch Coal	Cardinal River	(3) 4.5x7.3	0.150 x 0.045	Slamjet
Arch Coal	Pardee	(1) 4.2x7.3	0.150 x 0.045	Slamjet
Arch Coal	Lone Mtn.	(1) 4.2x7.3	0.150 x 0.045	Slamjet
ArcLight	Coal Clean	(3) 4.5x8.5	0.150 x 0	Slamjet
ArcLight	Weatherby	(1) 4.2x8.5	0.150 x 0.045	Slamjet
ArcLight	Jupiter	(2) 3.6x8.5	0.150 x 0.045	Slamjet
ArcLight	Mach Mining	(4) 4.5x8.5	0.150 x 0.045	Slamjet
BMA	Comet	(6) 4.9x9.1	0.300 x 0	Microcel
BMA	Millenium	(4) 4.9x10.7	0.300 x 0	Microcel
BMA	Gregory	(5) 4.9x10.7	0.500 x 0	Microcel
Massey Energy	Power Mtn.	(2) 4.0x7.3	0.150 x 0.045	Slamjet
Massey Energy	Liberty	(3) 4.2x7.3	0.150 x 0.045	Slamjet
TECO	Clintwood-Elkhorn 3	(2) 3.0x7.6	0.150 x 0.045	Slamjet
TECO	Clintwood-Elkhorn 2	(1) 4.5x8.5	0.150 x 0.045	Slamjet
Sigmon Coal Company	Sigmon	(2) 4.2x8.5	0.150 x 0	Slamjet
Luscar	Coal Valley	(2) 4.2x9.1	0.150 x 0.045	Slamjet
United Coal	Sapphire	(1) 4.5x8.5	0.150 x 0.045	Slamjet
Xtrata	Collinsville	(1) 4.9x13.0	0.300 x 0	Microcel
Северсталь (Россия)	Северная (Кемеровская обл.)	(6) 4.9x8.0	0.04x0.150	Slamjet
Донсталь (Украина)	Свято-Варваринская (Красноармейская-Западная)	(8) 4.9x8.0	0.04x0.150	Slamjet

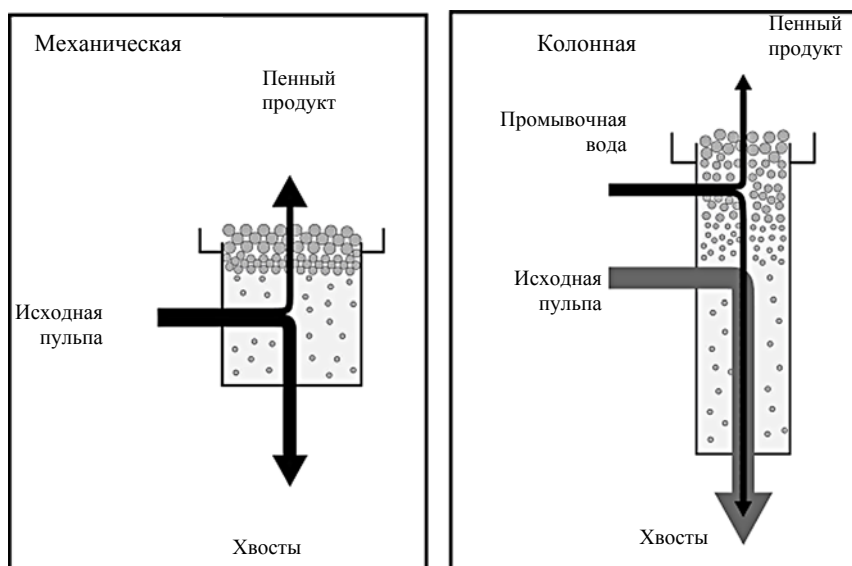


Рис. 1. Сравнительные схемы движения потоков пульпы в механической и колонной флотомашине

Жидкая фаза, которая окружает пену и позволяет пузырьку двигаться, несет в себе породные частицы, которые не могут прикрепиться к пузырьку воздуха. Тонкие частицы крупностью менее 40 микрон имеют тенденцию попадать в пенный концентрат в прямой пропорции от количества содержащейся в пене воды. В этом случае оператор флотомашин стоит перед трудным выбором — или поднять выход, или добиться необходимого качества концентрата с уменьшением выхода концентрата.

В отличие от механических камерных флотомашин, исходная пульпа поступает в колонну и распределяется по ее сечению более равномерно (рис. 1). Пульпа движется в противотоке восходящему потоку пузырьков, генерируемых устройством подачи воздуха внизу колонны. Частицы сталкиваются с пузырьками, соединяются с ними и выносятся вверх пузырьками в концентратный желоб.

Не захваченные пузырьками частицы оседают на дно и попадают в хвосты. Другим преимуществом флотационных колонн является возможность подачи в верхней части колонны

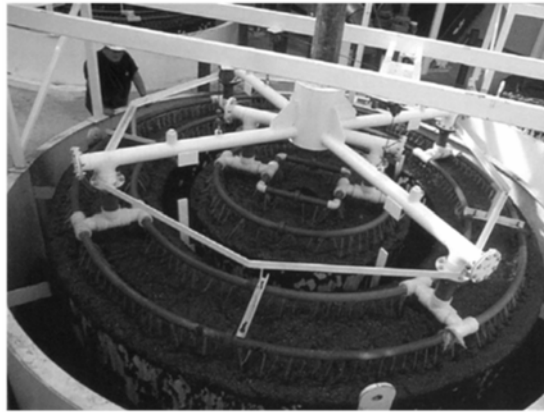


Рис. 2. Промышленная флотационная колонна CoalPro с регулируемой системой промывки пены

промывочной воды. По существу, чистая вода разбрызгивается поверх пенного продукта перед его разгрузкой в желоб концентрата. Промывочная вода, фильтруясь вниз сквозь пенный слой, смывает унесенные тонкие породные и глинистые частички. Результатом этого является уменьшение зольности концентрата.

Таким образом, колонна при высоком извлечении горючей массы, дает возможность эффективного снижения засорения пенного продукта. На рис. 2. показан вид сверху промышленной флотационной колонны.

Как видно на рис. 3, по объему частица, которая имеет удельную плотность $1,65 \text{ г/см}^3$, состоит примерно на 25 % из породы. Эта частица, безусловно, может быть отнесена к «ценным» и направлена в концентрат. В противоположность ей, частица, состоящая почти на 100 % из породы, будет иметь плотность $2,65 \text{ г/см}^3$. Однако, в механических флотомашинах, значительное количество таких породных частиц, из-за явления уноса, попадает с пеной в концентратный желоб. Соответственно, чтобы поддерживать качество товарного продукта на должном уровне, другие технологические процессы фабрики должны работать на пониженной плотности разделения. Колонная же флотация, снижающая унос, позволяет фабрике работать при больших плотностях разделения в крупной и мелкой схемах обогащения, следствием чего является возрастание общего выхода концентрата по фабрике. Основываясь на сравнении плотностей этих частиц, можно сказать, что, притом же качестве общей по фабрике товарной продукции, каждая тонна попавшей в концентрат глины равноценна потере 3-х т материала промежуточной плотностью $1,65 \text{ г/см}^3$.

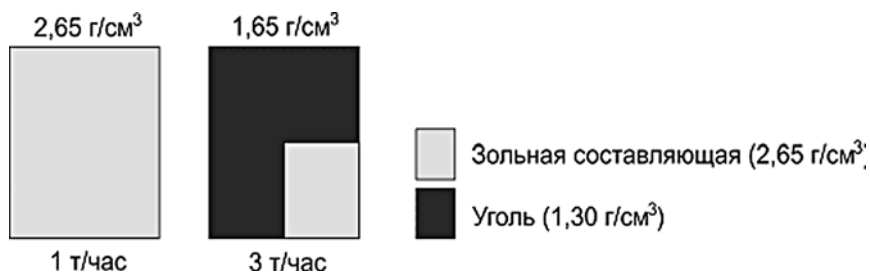


Рис. 3. Сравнение различных угольных частиц

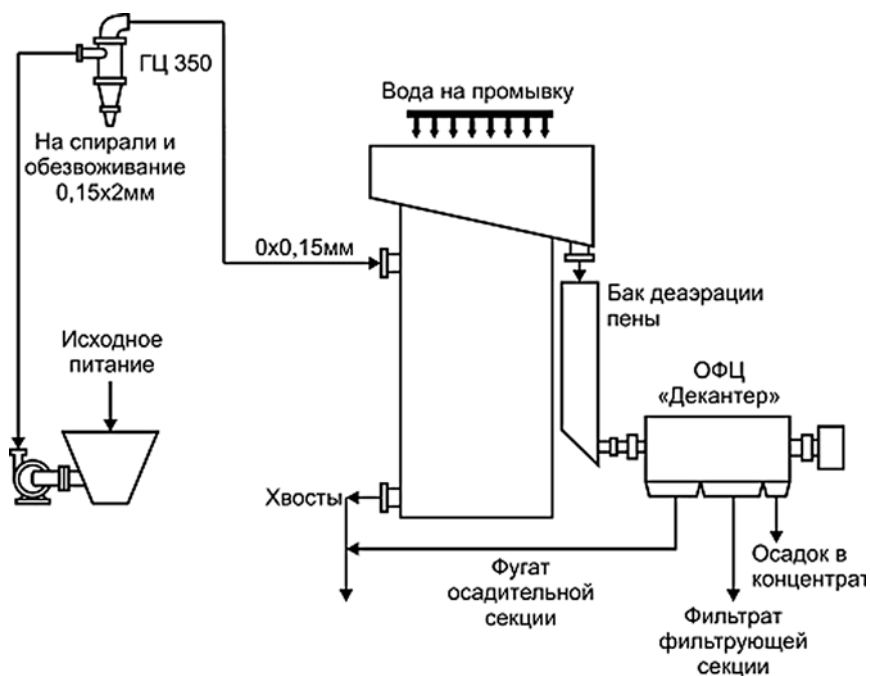


Рис. 4. Традиционная схема флотации «до нуля»

Обычно, для флотации угольного шлама используются две схемы:

- традиционная схема «до нуля» с крупностью питания 0x0,15 мм;
- схема «с дешламацией» с крупностью питания 0,04x0,15 мм.

При обогащении «до нуля» (рис. 4), класс минус 1 мм направляется в классификационный циклон большого диаметра.

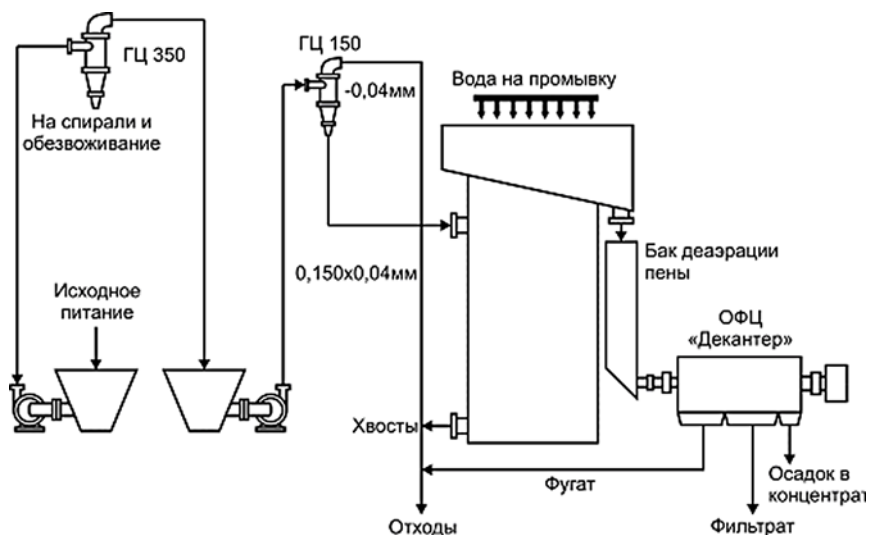


Рис. 5. Схема «с дешламацией» (дополнительной классификацией в гидроциклонах)

Как правило, эти циклоны настраиваются на граничную крупность разделения 0,15 мм. В некоторых случаях эта крупность может быть 0,3— 0,5 мм. Безотносительно крупности разделения слив гидроциклонов направляется непосредственно на флотацию.

Другая схема, «с дешламацией», приобретает в последнее время все большую популярность, особенно на углях для энергетики. В этой схеме (рис. 5), второй блок 150 мм гидроциклонов, отсекая из питания флотации частицы крупностью менее 0,04 мм, удаляет большую часть ультратонких глинистых частиц. Такой подход может быть оправдан, когда исходное питание содержит мало горючей массы в ультратонких классах. Каждая схема имеет свои преимущества и недостатки.

Традиционная схема обеспечивает максимальный выход концентрата, однако пена в этом случае является исключительно стабильной и хуже поддается дальнейшей обработке.

В дополнение к этому, должна использоваться схема обезвоживания, которая может охватывать все 100 % продукта (т.е. требуется вакуум-фильтр) чтобы обеспечить максимальный выход концентрата. Но на существующих дисковых вакуум-

фильтрах и даже на гипербарфильтрах невозможно достигнуть влажности материала, получаемой на осадительно-фильтрующими центрифугах.

Также следует принять во внимание, что в традиционных схемах, из-за большего объема исходного питания, наблюдается больший расход флотореагентов. Так как большая часть воды после осветления в сгустителе снова возвращается в схему, остатки пенообразователя могут накапливаться в ней и приводить к сбоям в других процессах на фабрике.

С другой стороны, схема «с дешламацией» из-за ее простоты и легкости работы продолжает приобретать популярность. Удаление ультратонких фракций приводит в итоге к большей производительности и, по сравнению с обычной схемой, обычно снижает требуемое количество и размеры колонн. Кроме того, пенный концентрат получается более зернистым, что с использованием соответствующего обезвоживающего оборудования, обеспечивает более низкую влажность товарного продукта. С другой стороны есть прямые потери угля микронной крупности в сливе классификационных гидроциклонов, но отсутствие микронки в питании флотации значительно снижает расход флотореагентов.

Главным преимуществом колонной флотации по сравнению с механической камерной, является возможность получить более низкосольный пенный продукт.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Peter J. Bethell. Froth Flotation — To Deslime or not to Deslime.// CPSA Journal –Volume 3, №1. 2004. USA.

2. Kohmuench J.N., Mankosa M.J. An Update on the Role of Column Flotation in the Coal Industry.// CPSA Journal –Volume 5, №1. 2006. USA. **ГЛАС**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Новак Вадим Игоревич — кандидат технических наук, директор, novak@cetco.ru,
Козлов Вадим Анатольевич — кандидат технических наук, доцент, главный технолог, vak@cetco.ru,
Угольный департамент Коралайна Инжиниринг — CETCO.

