

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЯЖЕЛОСРЕДНОГО ОБОГАЩЕНИЯ**

**Осипова М.Р., Сербин Д. И, Горовой М.И.,**

**научный руководитель: доцент, канд. техн. наук Коннова Н. И.**

***Сибирский федеральный университет***

Одними из самых распространённых способов обогащения угля являются отсадка и пенная сепарация углей. Однако, в последнее время, все большую и большую популярность получает сепарация угля в минеральной суспензии. Процесс обогащения в тяжелых средах – разделение минералов по плотности в гравитационном или центробежном поле в среде, плотность которой является промежуточной между плотностями разделяемых минералов. В отличие от других гравитационных методов, обогащение в тяжелых средах позволяет разделить минералы с разницей в плотности до  $100 \text{ кг/м}^3$ , что существенно ниже чем, например, в отсадочных машинах. Обогащение в тяжелых средах позволяет на крупнокусковом материале выделить сразу до 30% отвальных хвостов или разделить руду на сорта с целью ее дальнейшего обогащения по разным технологическим цепочкам. Вследствие чего повышаются технологические показатели, производительность труда и экономическая рентабельность производства.

Но на сегодняшний день не существует достаточного числа лабораторного оборудования для обогащения в тяжелых суспензиях, которое максимально достоверно позволит смоделировать результаты последующего производственного процесса обогащения угля в тяжелых суспензиях.

Поэтому, встает вопрос об изучении возможности обогатимости углей в лабораторных условиях, построения кривых обогатимости и возможности моделирования результатов обогащения по полученным кривым обогатимости, таких как: плотность разделения, выход и зольность концентрата и выход промежуточного продукта и хвостов.

Целью данной работы являлось:

1. Изготовить лабораторную тяжелосреднюю установку.
2. Провести пилотные испытания на установке, определить оптимальные условия разделения.
3. Изучить возможность обогащения пробы угля на сепараторе.
4. Определить возможность дальнейшего моделирования результатов обогащения угля.

Нами был разработан и изготовлен лабораторный тяжелосредный сепаратор со статическими условиями разделения.

В ходе работы и пилотных испытаний аппарата были выявлены следующие недостатки сепаратора: невозможность регулирования интенсивности перемешивания суспензии и образование «мертвых зон» внутри ванны сепаратора. Для регулирования интенсивности перемешивания, которая отвечает за устойчивость рабочей суспензии, нами были предложены пропеллеры мешалки различного профиля и угла атаки. Профиль мешалки влияет на характер восходящего потока, а угол атаки пропеллера влияет на скорость восходящего потока. Нами были рассмотрены и опробованы различные профили круглые: 2-х, 3-х, 4-х и 5-ти секторные мешалки, а также квадратные - 4-х секторные и ромбовидные - 4-х секторные. Наиболее оптимальным получился вариант с круглым 4-х секторным профилем мешалками. Также был подобран оптимальный угол атаки  $45^{\circ}$ , который позволял получать наиболее устойчивую суспензию без чрезмерного турбулентного восходящего потока. Для решения удаления «мертвых зон» на дне ванны сепаратора, где не происходит перемешивание суспензии, были рассмотрены различного профиля распределители потоков. В итоге, был выбран распределитель потоков, который весь поток циркулирующей суспензии делил на 3 части: 1 самый большой, который шел в

центр ванны сепаратора, и 2 несколько меньших ламинарных потоков, которые с двух сторон стекали по стенкам ванны (рис.).

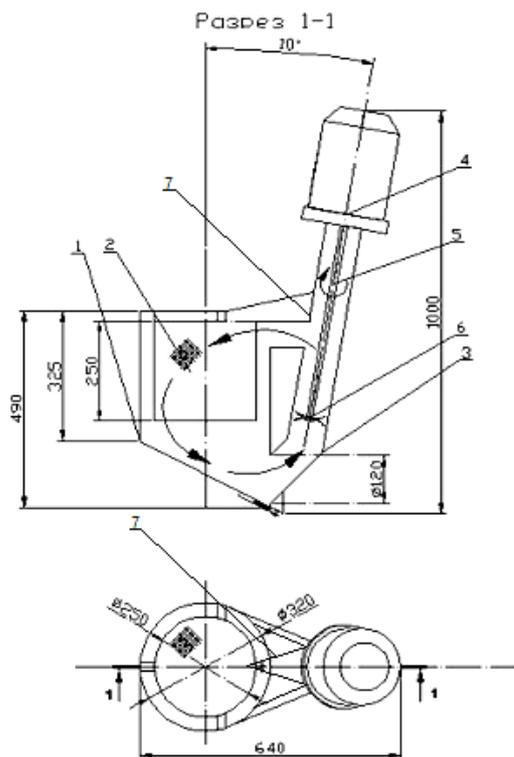


Рис. Установка для обогащения в тяжелых средах:

1 – цилиндрический чан; 2 – емкость для улавливания утонувшей фракции; 3 – труба для циркуляции суспензии; 4 – электродвигатель; 5 – вал; 6 – мешалка; 7 – распределитель потоков суспензии

В результате данных усовершенствований удалось достичь на ферросилициевом утяжелителе устойчивой суспензии плотностью  $3000 \text{ кг/м}^3$ . В результате чего расхождение плотности по объему ванны сепаратора составило не более  $25 \text{ кг/м}^3$ , что вдвое меньше, чем на известных тяжелосредных аппаратах.

Но для достижения максимальной устойчивости суспензии необходимо было следить за крупностью гранулированного ферросилиция, который в намагниченном состоянии способен флокулировать, тем самым уменьшая устойчивость суспензии. Для этих целей, как было указано ранее, изготовили размагничивающий аппарат.

Для дефлокуляции ферросилициевой суспензии с крупностью  $100\% - 100 \text{ мкм}$  необходимо создать поле в центре катушки  $40 \text{ кА/м}$ . С градиентом магнитного поля не менее  $10 \text{ кА/м}$ . По данным для успешного размагничивания необходимо не менее 3 катушек. После расчета катушек был собран размагничивающий аппарат, отвечающий всем нормам электробезопасности.

Известно, что практически разделить уголь на полезную и бесполезную части существующими методами пока невозможно. Поэтому необходимо знать, при каком содержании полезного компонента в продуктах обогащения, и при каких их выходах процесс разделения можно считать наиболее приемлемым для данного угля.

Исходную пробу угля разделили на классы крупности  $-25+20 \text{ мм}$ ,  $-20+15 \text{ мм}$  и  $-15+10 \text{ мм}$ . Далее от каждого класса крупности угля были отобраны пробы по  $5 \text{ кг}$ . Обогащение углей в тяжелых средах проводилось на лабораторном тяжелосредном сепараторе. В качестве утяжелителя использовали мелкогранулированный ферросилиций южно-африканской фирмы Samancor Ltd. Разделение угля проводилось в тяжелых суспензиях.

О возможности обогащения угля на обогатительной установке можно судить по кривым обогатимости и фракционному анализу.

Обогатимость любого рядового угля или его расслоенных классов характеризуется кривыми:  $\lambda$ ,  $\beta$ ,  $\theta$  и  $\delta$ .

Область построения состоит: из четырех осей на осях ординат откладываются суммарные выходы всплывшей фракции (слева) и утонувшей фракции (справа). На осях абсцисс откладываются зольности продуктов (снизу) и плотность разделения (сверху).

Кривая  $\theta$  является также производной кривой  $\lambda$  и характеризует зависимость суммарного выхода утонувших фракций от их зольности. Она строится по суммарным данным утонувших фракций. На оси ординат откладывается суммарная зольность утонувших фракций, а на оси абсцисс откладывается их зольность.

При построение кривых обогатимости важно помнить, что:

- конечная точка кривой  $\beta$  и начальная точка кривой  $\theta$  должны лежать на прямой, параллельной оси ординат и проходящей через точку на оси абсцисс, которая равна зольности исходного угля;

- начальные точки кривых  $\beta$  и  $\lambda$ , а также конечные точки кривых  $\lambda$  и  $\theta$  должны совпадать.

Используя кривые обогатимости, можно решать различные практические задачи: определять теоретические выходы и зольности продуктов обогащения; рассчитывать характеристики обогатимости по содержанию промежуточных фракций плотность, которых близка к граничной плотности; сравнивать обогатимости классов углей, руд различных рудников и месторождений. Но в последнее время все большее внимание уделяется моделированию процессов обогащения. Так на небольших лабораторных пробах можно определить: основные технологические показатели обогащаемого угля, наивыгоднейшую плотность разделения угля, эффективность его обогащения и составить прогнозный баланс продуктов. Все данные полученные на стадии лабораторного исследования можно сразу внедрять в промышленность, а поскольку при ухудшении качества угля, то моделирование обогащения угля становится наиболее перспективным в углеобогащении.

В ходе работы определили тип угля «Черногорского» месторождения, который по шкале Фоменко оказался равным IV, что говорит о трудной обогатимости данного угля и повышенным требованиям к контролю операций тяжелосреднего обогащения. Однако, были определены средневероятностное отклонение плотности разделения тяжелосреднего обогащения на лабораторной установке, которые оказались равными  $118 - 110 \text{ кг/м}^3$ , что свидетельствует о хороших результатах, так как для тяжелосредних установок отклонение равно  $100 - 150 \text{ кг/м}^3$ , и среди всех гравитационных аппаратов является самым маленьким. Также были определены коэффициенты погрешности процесса тяжелосреднего обогащения, которые находятся в пределах  $0,22 - 0,30$ , что также удовлетворяет требованиям для обогащения угля, так как для тяжелосредних аппаратов он обычно составляет  $0,3 - 0,35$ .

Следовательно, на данном тяжелосреднем аппарате можно успешно проводить исследования на обогатимость с получением достоверных данных, а также строить точные модели процессов тяжелосреднего обогащения.

В целом, работы осуществляются второй год. Трудится коллектив из нескольких человек. В том числе, один выпускник готовит диссертационную работу, двое студентов - выпускные квалификационные работы, двое - научно-исследовательские работы. Сотрудничаем с компаниями СУЭК, АЛРОСА, новосибирскими предприятиями. Объекты исследований - уголь, кимберлитовые руды.