

УДК 622.722:519.876.5

В.А. Логинов (ассист.), Б.В. Гавриленко (канд. техн. наук, доц.)
Донецкий Национальный Технический Университет, г. Донецк
кафедра горной электротехники и автоматики
E-mail: vadymlloginov@donntu.edu.ua

АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПНЕВМОВИБРАЦИОННОЙ СЕПАРАЦИЕЙ

Проанализировано особенности технологического процесса пневмовибрационной сепарации. Обоснована необходимость создания системы управления пневмовибрационным сепаратором.

Ключевые слова: *пневмовибрационный сепаратор, стабилизация, разрыхленность.*

Общая постановка проблемы

На сегодняшний день активное развитие получила технология пневмовибрационного обогащения полезных ископаемых, которая получает с относительно небольшими экономическими затратами получать выходной продукт высокого качества.

Значительным преимуществом данной технологии является отсутствие необходимости в воде для обогащения. При этом обогатительные установки, созданные на основе пневмовибрационной технологии, занимают относительно небольшую площадь и работают по простой технологической схеме. Данная технология характеризуется низкими капитальными затратами и себестоимостью продуктов обогащения.

Недостатками пневмовибрационного обогащения являются зависимость результатов от влажности исходного угля и относительно более низкая технологическая эффективность.

Достоинства пневмовибрационного обогащения позволяют использовать построенные на основе данной технологии промышленные установки для извлечения угольной массы с породных отвалов. При этом полученный продукт может быть эффективно использован в промышленности.

Однако существующий на сегодняшний день уровень автоматизации обогатительной установки пневмовибрационной сепарации не позволяет использовать указанную технологию с максимальной эффективностью. При этом сложность процессов происходящих при пневмовибрационном обогащении препятствует созданию адекватной математической модели, которая позволила бы определить законы управления сепаратором и применить их на практике для повышения эффективности работы установки.

Таким образом, первоочередной задачей является анализ параметров, влияющих на работу пневмовибрационного сепаратора с дальнейшим выбором способа математического описания процессов происходящих при обогащении данным методом.

Постановка задачи исследования

На работу пневмовибрационного сепаратора влияет большое количество факторов. Данные факторы можно разделить на факторы, вызванные изменением параметров питания (что может быть связано со сменой источника исходного угля либо изменением параметров окружающей среды), а также факторы, поддающиеся целенаправленному изменению. Целью данной работы является определение влияющих факторов и определение наиболее значимых из них, которые могут быть обозначены как управляющие.

Решение задачи и результаты исследования

Разделение материала на ПВС производится на наклонной качающейся деке 1 (рис.2). Рабочая поверхность деки перфорирована для прохождения сквозь нее восходящего

воздушного потока, создаваемого технологическим вентилятором 3. Воздух от вентилятора поступает в воздуховод 4, затем проходит через заслонки 13 и пульсаторы 12. Применение пульсаторов позволяет повысить влияние воздушного потока на постель обогащаемого материала, снизив тем самым требуемый расход воздуха.

Дека 1 совершает обратно-поступательные движения (качания). При качаниях направление движения деки периодически изменяется, из-за чего постель по инерции подбрасывается вверх. В результате подбрасываний и одновременного воздействия потока воздуха и сил трения материал постели разрыхляется и обретает «текучесть».

Обогащаемый продукт транспортируется конвейером 14 и поступает в бункер 6, откуда при помощи питателя 7 загружается на деку. На деке под воздействием восходящего воздушного потока, а также механических встряхиваний, обеспечиваемых вибратором 11, происходит формирование постели обогащаемого материала.

Пыль, возникающая в процессе работы ПВС, захватывается зонтом 8 и очищается в пылеуловителе 9, после чего очищенный воздух выбрасывается в атмосферу вентилятором 10 системы очистки воздуха.

Регулирование питания $Q_{\text{пит}}$ производится приводным механизмом питателя 15. Изменение поперечного и продольного углов наклона деки ПВС производится подъемными устройствами 16 и 17 соответственно.

В процессе работы ПВС созданная на деке постель материала приобретает ожуженное состояние, в результате чего более легкие угольные частицы поднимаются вверх, образуя верхний угольный слой постели. Более тяжелые породные частицы формируют нижний породный слой, а между угольным и породным слоями располагается промпродуктовый слой промежуточной плотности.

Дека устанавливается под углом к горизонтальной плоскости с наклоном в поперечном и продольном направлении. На деке сепаратора расположены рифли 1 (под углом $7 - 11^\circ$ к его продольной оси), изготовленные из стальных либо пластиковых полос различной высоты (рис.1). Рифли имеют наибольшую высоту в поле I, в котором расположена зона разгрузки концентрата 5. Высота направляющих постепенно уменьшается, в зоне разгрузки отходов 6 она минимальна.

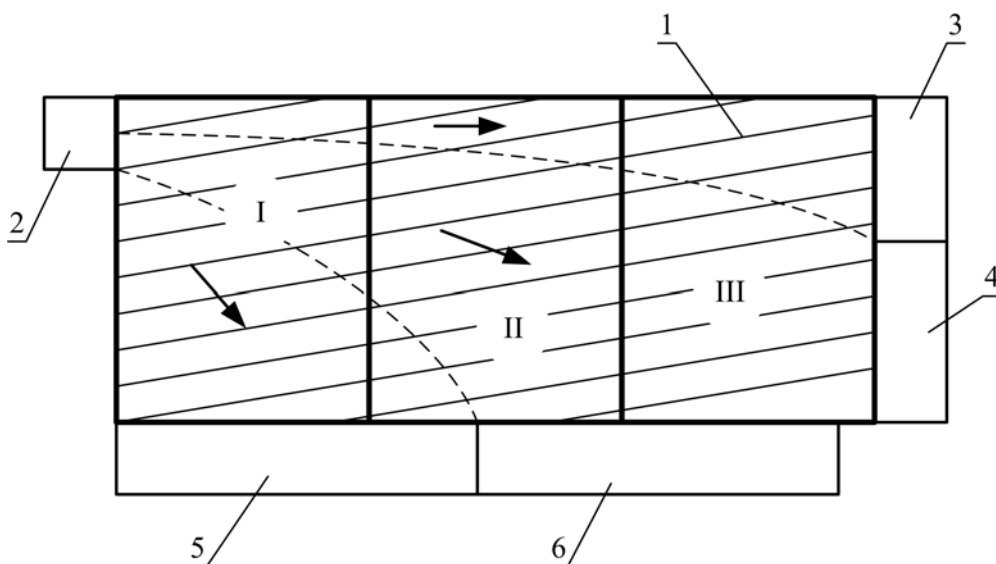


Рисунок 1 — Вид сверху на деку ПВС

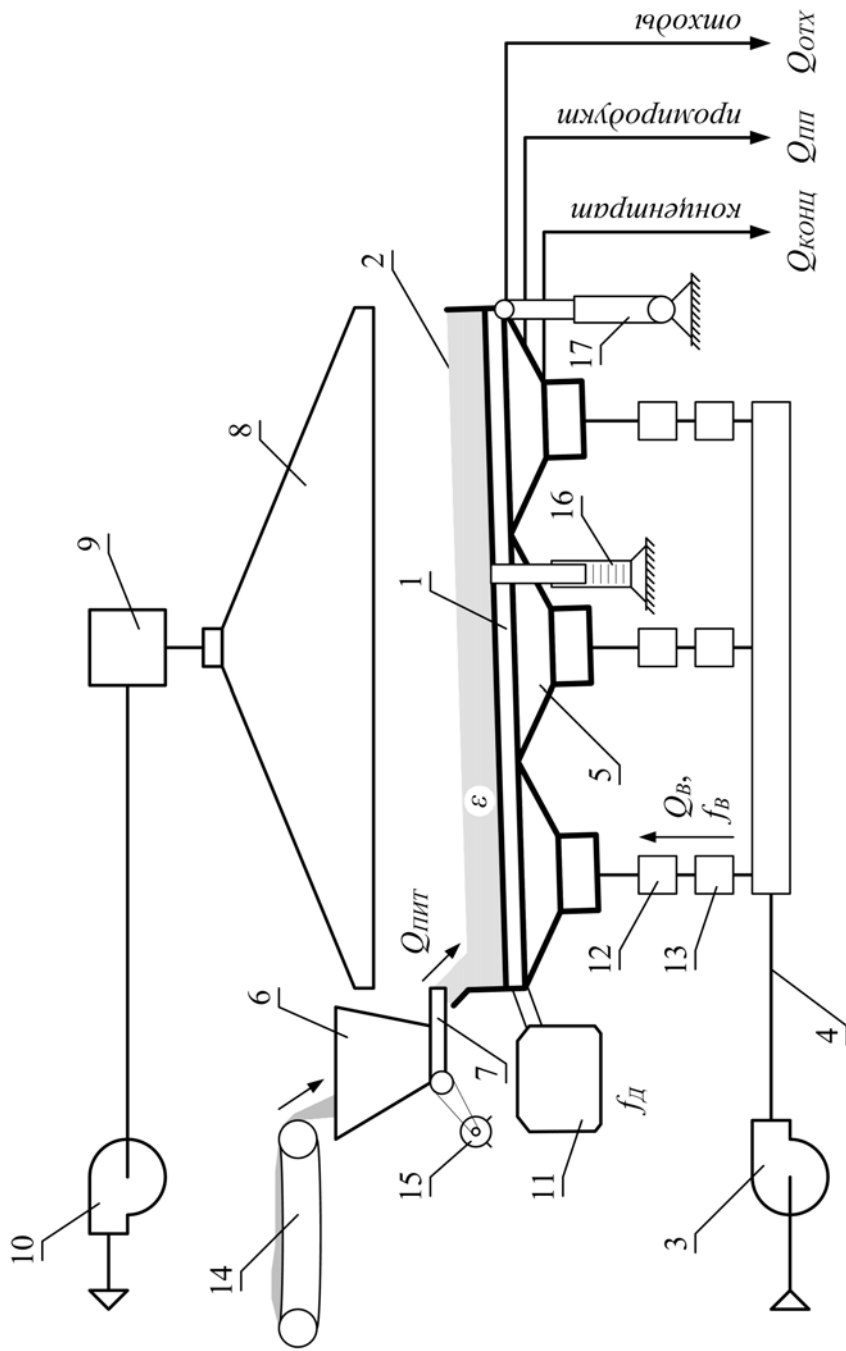


Рисунок 2 – Технологическая схема установки пневмовибрационного сепаратора

- 1 – дека, 2 – постель обогащаемого материала, 3 – технологический вентилятор, 4 – трубопровод, 5 – диффузор, 6 – бункер, 7 – питатель, 8 – пылеулавливающий зонг, 9 – система очистки воздуха, 10 – вентилятор системы очистки воздуха, 11 – вибратор деки, 12 – пульсатор, 13 – шибер, 14 – конвейер, 15 – привод питателя, 16 – подъемный механизм (поперечный угол наклона деки), 17 – подъемный механизм (продольный угол наклона деки)

Материал из загрузочного устройства 2 поступает на деку сепаратора, где распределяется, создавая постель материала.

Подачу воздуха регулируют таким образом, чтобы под его действием более легкие угольные частицы «всплывали» на поверхность, а более тяжелые породные частицы оседали на дно постели. Через некоторое время после загрузки материал на деке сепаратора разделяется на три слоя. В верхнем слое сосредотачиваются легкие частицы, в нижнем — тяжелые породные, а в среднем — промежуточные по плотности промпродуктовые частицы.

Высоту рифлей подбирают с таким расчетом, чтобы в начале деки пространство между ними полностью заполнялось породными и промпродуктовыми частицами, а слой угольных частиц располагался выше рифлей.

Из-за того, что обратного-поступательные качания совершаются не вертикально, а под углом к поверхности деки, а также благодаря силам трения, постель постепенно перемещается к разгрузочному концу деки. Для повышения эффективности процесса в качестве рабочей поверхности применяют сита, изготовленные из материала, обеспечивающего высокий коэффициент трения с углем (например, резиновые).

Благодаря наклону деки в поперечном направлении и поступательному движению слой легких угольных частиц, который располагается выше рифлей, постепенно «сползает» вниз под углом к оси сепаратора и разгружается вдоль борта сепаратора в зоне разгрузки концентрата (рис.1, поз.5). Нижние слои постели, которые находятся между рифлей, продвигаются вдоль них. Из-за того, что высота рифлей постепенно уменьшается, частицы, которые продвигаются между ними, в полях II и III получают возможность передвигаться в поперечном направлении деки и разгружаются вслед за угольным концентратом вдоль борта. Породные частицы, которые находятся внизу постели, удерживаются рифлями дольше и разгружаются в торцевой части деки сепаратора (в зоне разгрузки отходов 3).

Кроме концентрата и отходов с деки разгружается также промпродукт, который состоит из частиц промежуточной плотности и смеси легких угольных и тяжелых породных частиц. Промпродукт разгружается в зонах 4 и 6. Наличие промпродукта обусловлено тем, что на деке сепаратора материал неточно разделяется на слои различной плотности и в результате не создается четких границ между зонами выделения концентрата и отходов. Для уменьшения засорения концентрата тяжелыми высокозольными частицами и снижения потерь угля с отходами между зонами разгрузки концентрата и отходов с помощью разделительных ножей выделяют зону разгрузки промпродукта.

Рассмотрим влияние входных параметров сепаратора на его работу.

От крупности обогащаемого угля зависит расход и напор подаваемого воздуха, толщина слоя угольной постели и интенсивность подбрасывания угольной постели на деке сепаратора. Чем крупнее обогащаемый уголь, тем больше должна быть толщина угольной постели, тем интенсивнее должно происходить подбрасывание для создания «текучести» постели и тем больший расход и напор воздуха должны быть обеспечены для поднятия более тяжелых крупных угольных зерен в верхние слои постели, не допустив потери их с породой. Причем мелкие классы угля обогащаются с меньшей эффективностью, чем более крупные.

Ситовый состав угля сказывается на процессе сепарации следующим образом. При небольшом содержании угольной мелочи в исходном угле постель на деке сепаратора ложится неплотным слоем и воздух свободно проходит через постель в промежутки между отдельными частицами, не разрыхляя в достаточной мере угольную постель. Для нормализации процесса толщина угольной постели должна быть увеличена. Соответственно должен быть увеличен расход и напор подаваемого воздуха. В противном случае постель может оказаться недостаточно разрыхленной, крупные породные зерна из верхних слоев не смогут опуститься в нижний породный слой и неизбежно попадут в угольный концентрат. В результате концентрат получится высокозольным.

При достаточном содержании угольной мелочи в крупных классах угольная постель на деке сепаратора отличается большей подвижностью, что обеспечивает более эффективное обогащение крупного угля. Однако при этом мелочь почти не обогащается и полностью выделяется с сепаратора в начале деки вместе с концентратом.

Влияние фракционного состава угля сказывается на выходе и качестве продуктов обогащения. Если обогащаемый уголь представляет смесь только угольных и породных зерен, то в результате при значительной разнице удельных весов этих зерен при обогащении можно получить довольно четкое разделение угля и породы. Потери угля в породе будут незначительными, выход концентрата максимальным.

Если наряду с породными и угольными зернами в угле содержится значительное количество промежуточных зерен, то резкой разницы удельных весов разделяемых зерен не будет и достичь четкого разделения угля на продукты, состоящие только из угольных, только из породных и только из промежуточных зерен очень трудно. Влияние равномерности ситового и фракционного состава обогащаемого угля на качество продуктов обогащения является весьма существенным и состоит в следующем.

Колебание ситового состава угля неизбежно вызовет изменение в загрузке сепараторов углем, что является недопустимым. Так же недопустимы колебания и во фракционном составе обогащаемого угля.

Если в угле повышается содержание породы против обычного, то соответственно увеличится толщина породного слоя на деке сепаратора и высота нарифлений может оказаться недостаточной. В результате верхние слои породной постели и промежуточный слой не будут задерживаться нарифлениями, частично будут разгружаться в поперечном направлении и попадут в концентрат. Наоборот, если содержание породы в поступающем на сепаратор угле уменьшится, то высота нарифлений может оказаться излишней и в каналах между нарифлениями будет удерживаться не только порода и промежуточные зерна, но частично и уголь, который будет увлекаться с породой в торцовую часть сепаратора и разгружаться там вместе с породой. В результате возрастут потери угля и выход концентрата снизится.

Влияние влажности на пневматическую сепарацию сказывается в следующем. При увеличении содержания в угле внешней влаги на поверхности угольных зерен образуется водная пленка, и частички угля и породы, особенно при обогащении мелких классов, приобретают способность слипаться друг с другом. При этом снижается подвижность отдельных зерен в угольной постели и затрудняется опускание в нижние слои постели тяжелых — породных зерен и выдувание в верхние слои более легких — угольных. Мелкие частички могут слипаться друг с другом настолько прочно, что разъединить их в процессе пневматической сепарации невозможно. В итоге засорение продуктов обогащения при повышении влажности исходного угля возрастает, а качество продуктов ухудшается.

Вышеупомянутые факторы являются возмущающими воздействиями, влияющими на работу ПВС.

Рассмотрим управляющие воздействия и их влияние процесс обогащения на ПВС.

Производительность питателя. На качество процесса обогащения негативно влияют перерывы в подаче питания. Угольная постель должна быть равномерной, иначе процесс нарушается и возникает необходимость восстанавливать постель на деке ПВС. Загрузка сепараторов обогащаемым углем должна быть равномерной и соответствовать оптимальной производительности сепаратора. При чрезмерном увеличении нагрузки возрастает толщина угольной постели на деке сепаратора, количество воздуха окажется недостаточным и условия обогащения угля ухудшатся. При снижении загрузки сепаратора углем толщина постели на деке сепаратора, наоборот, уменьшится, что также вызовет нарушение условий разделения угольных, промежуточных и породных зерен между собой. Таким образом, для

устойчивого режима обогащения угля необходимо обеспечить равномерную загрузку) сепараторов обогащаемым углем.

Расход воздуха и его пульсации. Главный параметр, который определяет качество продуктов обогащения. Правильное регулирование расхода воздуха обеспечивает минимальное засорение концентрата породой и наименьшие потери угля в отходах. Пульсации воздушного потока позволяют уменьшить расход воздуха без снижения эффективности разделения.

Частота и амплитуда качаний короба. Влияет на разрыхление постели материала ПВС и скорость его передвижения по рабочей поверхности сепаратора.

Углы наклона деки. Поперечный и продольный углы наклона деки ПВС влияют на скорость передвижения материала по ней.

Положение ножей в приемных воронках. Как правило влияет на выход и качество продуктов обогащения. Изменяя положение ножей можно увеличить либо уменьшить зоны разгрузки для концентрата, промпродукта или отходов.

В работе [2] приведен результат проведенных лабораторных экспериментов по исследованию влияния разрыхленности на показатели разделения отходов многокомпонентного лома кабельно-проводниковой продукции воздушной сепарацией. Для исследований были взяты семи частиц алюминия и резины. Автор приводит полученную зависимость, связывающую эффективность разделения со степенью разрыхленности постели сепаратора.

$$\varepsilon = \frac{1}{1 + e^{-10m+5}} \quad (1)$$

Графически зависимость (1) представлена на рис.3. В [2] приводится анализ данной зависимости, на основании которого производится вывод о начале рационального диапазона изменения разрыхленности с интервала 0.4..0.5.

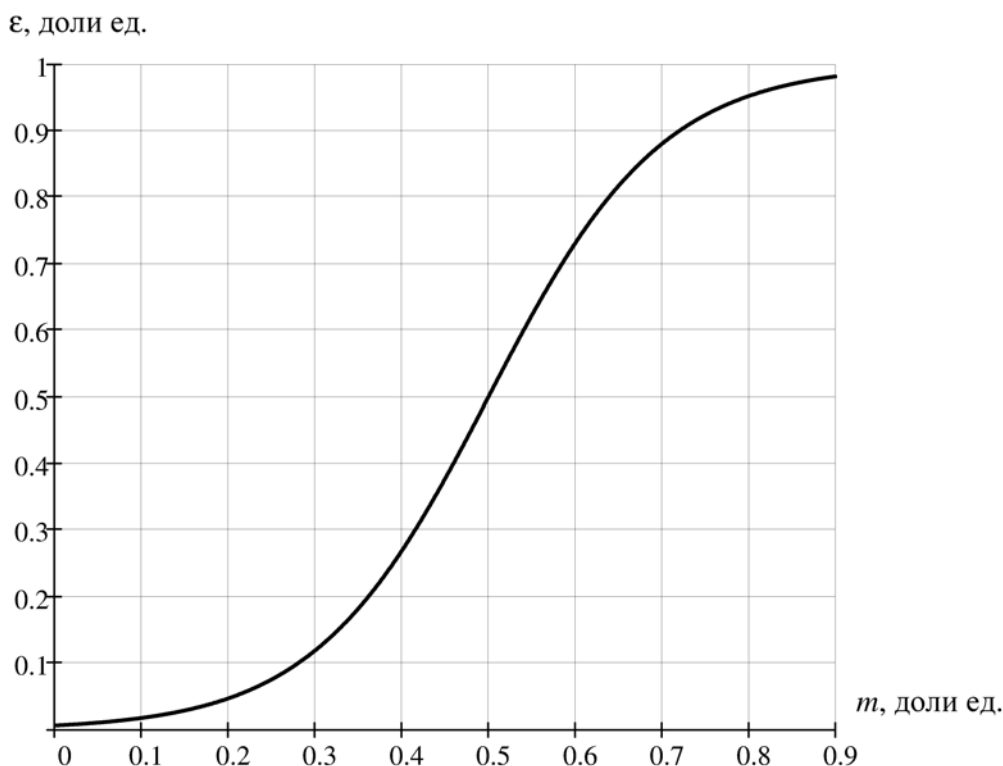


Рисунок 3 — Зависимость эффективности разделения от показателя разрыхленности при воздушном обогащении

Таким образом, управляемым параметром является разрыхленность слоя материала ε . Поддерживая данный параметр на требуемом уровне, можно обеспечить достаточную эффективность разделения материала на деке сепаратора с наименьшими потерями угля в отходах.

К управляющим параметрам относятся:

- Расход воздуха Q_B , м³/с;
- Частота качаний короба f_K , Гц.

В настоящее время не предусмотрено датчиков и базы механизации для измерения разрыхленности постели материала, а также изменения управляющих параметров в автоматическом режиме. Разработка необходимых устройств и механизмов позволит в дальнейшем осуществлять стабилизацию разрыхленности постели материала сепаратора, при наличии соответствующей модели, определяющей законы управления для данной обогатительной машины.

Выводы

Таким образом, проанализированы факторы, влияющие на эффективность работы пневмовибрационного сепаратора, на основании чего определены управляющие параметры и управляемый параметр. На основании выполненного анализа можно сделать вывод, что система управления сепаратором должна быть построена как система стабилизации разрыхленности, управляющими параметрами которой являются расход воздуха, оживающего постель материала и частота качаний деки сепаратора.

Список использованной литературы

1. Бесов Б.Д. Аппаратчик пневматического обогащения углей: справочное пособие для рабочих / Б.Д. Бесов. – М.: Недра, 1988. – 77 с.
2. Корчевский А.Н. Пневмовибрационная сепарация лома кабельно-проводниковой продукции: дис. кандидата тех.наук: 05.15.08 / Александр Николаевич Корчевский. – Днепропетровск., 2010. — 167 с.

Надійшла до редакції:
29.02. 2012р.

Рецензент:
д-р техн.наук, проф. Назімко О.І.

V.A. Loginov, B.V. Gavrilenko. Pneumatic-Vibration Separation Control Parameters Analysis. Features of pneumatic-vibration separation have been analyzed. Necessity of automatic control system for pneumatic-vibration separator have been proved.

Keywords: pneumatic-vibration separator, stabilization, loosening.

В.О. Логінов, Б.В. Гавриленко. Аналіз параметрів регулювання пневмовібраційною сепарацією. Проаналізовано особливості технологічного процесу пневмовібраційної сепарації. Обґрунтовано необхідність створення системи керування пневмовібраційним сепаратором.

Ключові слова: пневмовібраційний сепаратор, стабілізація, розпушеність.

© Логинов В.А., Гавриленко Б.В., 2012