

УДК 622.7

А.Д. Полулях, А.И. Подопригора
К ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОТСАДКИ

Запропоновано енергетичну модель процесу відсадки, яка дозволяє розглядати розшарування постелі як зміну її порозності та доводити перевагу класифікованої відсадки.

В энергетической модели отсадки наиболее ярко выражена роль порозности отсадочной постели в расслоении ее на слои различной плотности.

Рассматривая и развивая данное направление, Ван Коппен писал, что из большого числа опубликованных работ по теории процесса отсадки работы Ф.В. Майера, впервые сформулировавшего энергетическую модель, являются теоретически наиболее важными и значительными [1].

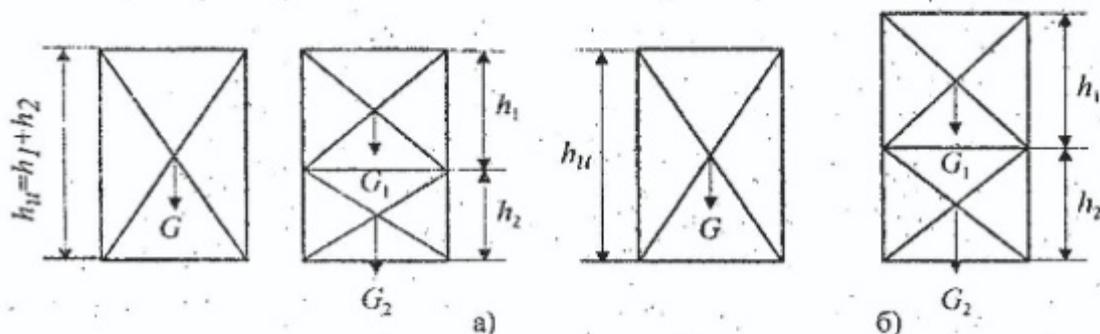
Сущность модели отсадки Майера заключается в том, что нерасслоенная отсадочная постель представляется механически неустойчивой системой, обладающей определенным запасом потенциальной энергии. При подводе к данной системе внешней энергии, в частности, потока жидкости, она расслаивается на слои. В этом случае вся система стремится к устойчивому состоянию при ее минимальной потенциальной энергии.

Как следует из рис. 1,а, изменение потенциальной энергии системы для условий бинарной смеси ΔE равно

$$\Delta E = \frac{E_1 - E_2}{E_1} = \frac{G_2 h_1 - G_1 h_2}{G_u h_u}$$

где G_1, G_2, G_u - вес компонентов смеси; h_1, h_2, h_u - высота слоев расслоенной и нерасслоенной смеси.

При этом высота расслоенной и нерасслоенной постели принимается одинаковой, то есть $h_1 + h_2 = h_u$.



а) по Майеру; б) по данным автора
 Рис. 1 - Схема расслоения постели:

Практические выводы, сделанные Майером из этой теории, сводятся к рекомендации цикла отсадки, который в наибольшей степени способствовал бы реализации потенциальной энергии нерасслоенной смеси. Потенциальная модель Майера не дает оснований для выбора оптимальных значений амплитуды и числа пульсаций и скорости восходящего потока [2].

Однако, по нашему мнению, при разработке потенциальной модели Майера допущена грубая ошибка, состоящая в том, что согласно его гипотезе потенциальная энергия расслоенной постели меньше, чем нерасслоенной.

Данное ошибочное мнение возникло вследствие того, что при этом упущено из рассмотрения изменение внутренней структуры отсадочной постели.

Согласно модели Майера высота постели до и после расслоения остается неизменной, а разность потенциальной энергии всегда величина положительная, то есть $\Delta E > 0$.

На самом деле материал, поступающий на отсадку (даже в виде машинного класса) представляет собой смесь зерен различной крупности и в нерасслоенном виде стремится к наиболее плотной для данного гранулометрического состава упаковке зерен и имеет наименьшую потенциальную энергию.

При расслоении постели на два слоя (тяжелый и легкий) зерна в этих слоях располагаются по высоте от крупного к тонкому в виде так называемой "пирамиды крупности" (рис. 1,б).

Такое расположение зерен в каждом слое обеспечивает максимально возможную порозность слоя и максимальную его потенциальную энергию. При этом гранулометрический параметр каждого элементарного слоя постели в идеальном случае приближается к единице, так как каждый элементарный слой представлен однородными по крупности зёрнами.

При этом изменение потенциальной энергии постели составит

$$\Delta E = \frac{E_1 - E_2}{E_1} = \frac{m_u - m_p}{1 - m_p} = \frac{H(1 - P_u^{0,14})}{P_u^{0,14}(1 - H)}$$

где m_u, m_p - порозность исходной и расслоенной постели; P_u - гранулометрический параметр исходной постели.

Так как P_u всегда больше единицы, то $\Delta E < 0$. Следовательно, энергия расслоенной постели больше нерасслоенной.

Вследствие увеличения порозности постели после ее расслоения высота расслоенной постели всегда больше высоты постели нерасслоенной. Они могут быть равны только в случае однородности по крупности зерен материала, поступающего на отсадку.

Например, обогащенная смесь представлена материалом, приведенным в таблице 1.

Таблица 1 - Ситовый и фракционный состав смеси

Класс, мм	Порода	Уголь	Смесь
6...13	15,0	34,0	49,0
3...6	5,0	14,5	19,5
1...3	10,0	21,5	31,5
Итого:	30,0	70,0	100,0

Гранулометрический параметр смеси равен

$$P_u = \frac{(49,0 \cdot 9,5 + 19,5 \cdot 45)68,5}{2} = 4,04$$

и порозность

$$m_u = \frac{H}{P_u^{0,14}} = \frac{0,46}{4,04^{0,14}} = 0,379,$$

где H - порозность монофракции.

После расслоения постель представлена слоями (рис. 1,б), порозность каждого из которых равна порозности монофракции - 0,46.

Принимая объем твердой смеси равным 1 м^3 , найдем общий объем смеси как

$$V_c = \frac{V_c}{1 - m_u} = \frac{1}{1 - 0,379} = 1,61^3$$

и высоту постели смеси в исходном состоянии как

$$h_u = V_c / F = 1,61 / F, \text{ м}$$

где F - площадь сечения столба постели, м^2 .

Высота породного слоя составит

$$h_2 = \frac{0,3V_c}{F(1 - m_2)} = \frac{0,3 \cdot 1}{F(1 - 0,46)} = 0,55 / F, \text{ м.}$$

Высота угольного слоя соответственно

$$h_1 = \frac{0,7V_c}{F(1 - m_1)} = \frac{0,7 \cdot 1}{F(1 - 0,46)} = 1,3 / F, \text{ м.}$$

Отсюда

$$h_1 + h_2 = \frac{1}{F} 1,85 > h_u = \frac{1}{F} 1,61, \text{ м,}$$

а увеличение потенциальной энергии расслоенной постели составляет:

$$\Delta E = E_2 - E_1 = \frac{9,8}{F} \left[G_1 \left(h_2 + \frac{h_1}{2} \right) + G_2 \frac{h_2}{2} - (G_1 + G_2) \frac{h_u}{2} \right] = \frac{392}{F}, \text{ Дж,}$$

где $G_1 = 0,7 \delta_y = 0,7 \cdot 1300 = 910$ кгс; $V_1 = 1 \text{ м}^3$; $G_2 = 0,3 \cdot \delta_n = 0,3 \cdot 2000 = 600$ кгс.

Таким образом, подводимая внешняя энергия затрачивается на то, чтобы увеличить потенциальную энергию постели отсадочной машины, а не уменьшить ее, как это предлагается в модели Майера.

Переход частиц различной плотности и крупности из беспорядочного состояния в упорядоченное, характерное для расслоенной постели и происходящее с затратой подводимой энергии, можно характеризовать изменением порозности постели от исходного состояния до формирования элементарных слоев с гранулометрическим параметром, равным единице.

Экспериментальные и теоретические исследования показывают, что скорость образования готовых продуктов в процессе расслоения и, следовательно, скорость формирования элементарных слоев постели подчиняется кривым полулогарифмического вида [2].

Поэтому кинетику расслоения можно выразить как увеличение гранулометрического параметра постели по длине отсадочной машины, то есть

$$P = 1 + (P_u - 1)e^{-kt},$$

где P, P_u - соответственно текущий и исходный гранпараметр исходной постели; k - коэффициент пропорциональности, характеризующий удельную скорость разделения, 1/с; t - время разделения, с.

Расслоенная отсадочная постель находится в неустойчивом состоянии, особенно область на границе разделения легкого и тяжелого слоев. Неустойчивость данной области объясняется тем, что, с одной стороны, она содержит самые крупные зерна легкого продукта, имеющие большую порозность, и, с другой стороны, самые тонкие зерна тяжелого продукта, способные войти в промежутки между крупными легкими зернами.

Отсадочная постель в силу второго закона термодинамики стремится уменьшить свою потенциальную энергию, которая реализуется путем формирования промежуточного слоя пониженной порозности за счет смешивания крупных легких и тонких тяжелых зерен в этом слое.

В таблице 2 приведены данные послойного опробования расслоенной постели [3].

Приведенные данные полностью подтверждают вышеописанные явления перемешивания в промежуточном слое. Так, на границе разделительной плотности между элементарными слоями 3 и 6 наблюдается самая низкая порозность и наибольшее взаимное засорение фракций.

Таблица 2 - Данные послойного опробования постели

Номер элементарного слоя	Высота слоя постели над отсадочным решетом, мм	Порозность слоя	Плотность твердого в слое, кг/м ³
1	25	0,538	2453
2	75	0,488	2280
3	125	0,388	2069
4	175	0,375	1855
5	225	0,355	1712
6	275	0,525	1669
7	325	0,485	1400
8	375	0,430	1255
9	425	0,399	1216

Данные рис. 2 показывают, что плотность твердого в области промежуточного слоя (заштрихована) изменяется от 1450 до 1700 кг/м³, что говорит о перемешивании здесь легких крупных и тяжелых мелких частиц. Это подтверждается и данными из таблицы 3, где приведена зольность классов крупности промежуточного продукта.

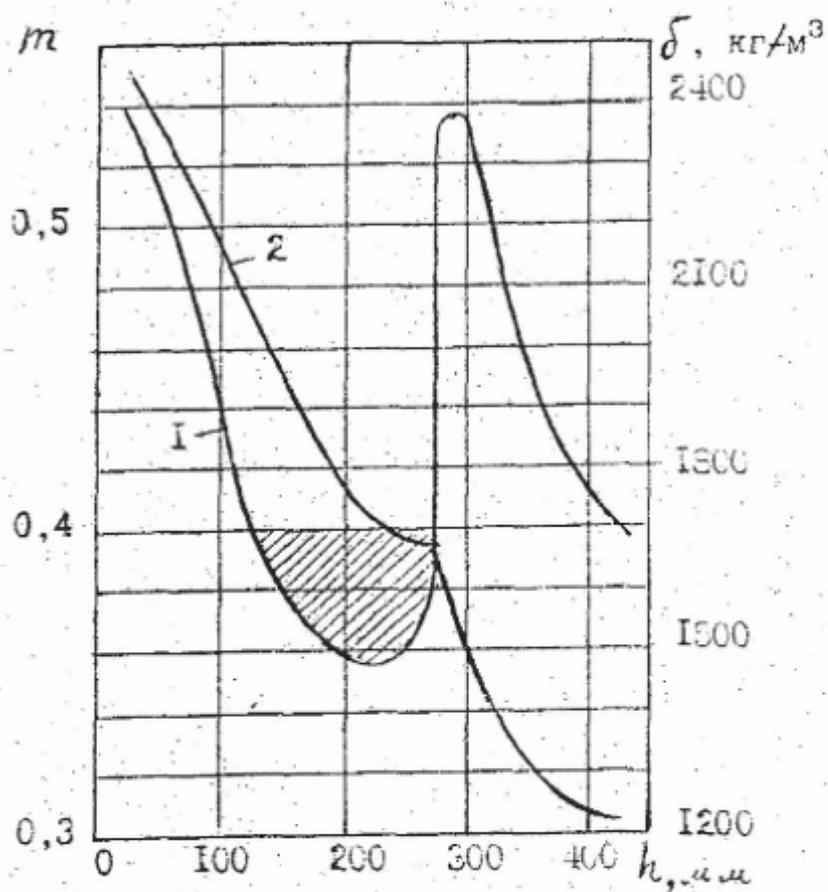
Таким образом, энергетическая гипотеза отсадки, поставленная с головы на ноги, становится не гипотезой, а достоверным элементом общей теории отсадки, хорошо объясняющим массовый процесс разделения.

Таблица 3 - Ситовой состав промежуточного продукта отсадочной машины мелкого угля

Класс, мм	Выход, %	Зольность, %
6...12	20,4	27,0
3...6	23,4	25,7
1...3	38,4	40,5
0...1	17,8	59,0
Итого:	100,0	37,6

Так, из положения этой теории следует, что чем более неклассифицированный материал подвергается отсадке, то есть чем ниже порозность исходной постели, тем более высокую энергию нужно затратить для эффективного расслоения по слоям различной плотности. Так как расслоенная постель энергетически неустойчива, то чем неклассифицированней исходный материал, тем больше перемешивание будет наблюдаться между слоями и тем большее взаимозасорение следует ожидать при отсадке такого материала. Это положение объясняет невозможность эффективного обогащения неклассифицированного материала.

Как следствие энергетической теории отсадки: перемещение в промежуточном слое зерен разной крупности и плотности вызывает необходимость рециркуляции промпродукта при выделении продуктов - концентрата и породы. Рециркуляция промпродукта необходима даже в том случае, если этот промпро-



1 - порозность постели m ;
 2 - плотность твердого δ ;

Рис. 2 Изменения параметров постели по высоте слоя над решетом

дукт представляет собой не сросстки, а механическую смесь частиц концентрата и породы.

Представление о том, что энергетическая теория отводит второстепенную роль циклу и гидродинамике отсадки, неверное. Из предыдущего видно, что для предотвращения "паразитного" явления перемешивания зерен разной плотности в смежном слое необходима разработка такого цикла и гидродинамических условий, чтобы свести его на нет. Другими словами, постель необходимо поддерживать в наивысшем энергетическом состоянии по всей длине отсадочной машины до места разгрузки продуктов разделения.

Взаимозасорение слоев разной плотности расслоенной постели исключается при обогащении однородного по крупности материала.

Таким образом, из вышеизложенного следует, что предложенная энергетическая модель процесса отсадки позволяет рассмотреть процесс расслоения постели как изменение ее порозности под действием подводимой к ней энергии и доказывает преимущество классифицированной отсадки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. С.В.И. Ван Коппен. Об основных процессах отсадки. В кн. Пятый международный конгресс по обогащению углей.-М.: Недра, 1970.-С.254-286.
2. Самылин Н.А., Золотко А.А., Починок В.В. Отсадка.-М.: Недра, 1976.-320с.
3. Самылин Н.А., Золотко А.А., Починок В.В. Наладка и регулировка отсадочных машин на углеобогажительных фабриках.-М.: Недра, 1977.-134с

УДК 622.271.3

С. З. Полищук, В. Д. Шурыгин, В. В. Голуб

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ОБОСНОВАНИЮ РАЦИОНАЛЬНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ КАРЬЕРОВ

Розглядаються методичні підходи оцінки раціональних конструктивних параметрів бортов кар'єрів в різних гірничо - геологічних умовах. Враховуються особливості технологічних процесів (від добути до збагачення корисних копалин) при постановці оптимізаційних задач стійкості та формуванні обмежень на параметри оптимізації, зв'язаних із засобом транспортування гірничих порід в кар'єрах.

При достигнутых масштабах и сложившихся горно-геологических условиях разработки изменение конструктивных параметров бортов карьеров и рудников даже в незначительных пределах оказывает существенное влияние на эффективность горных работ и экологические последствия.

Например, для карьеров глубиной порядка 300 м увеличение углов наклона бортов на 2...3° приводит к уменьшению объема вскрышных работ на 10...11 млн. м³ на каждый километр фронта горных работ.

Одним из основных факторов повышения эффективности конструктивных решений по параметрам карьерных откосов является достоверность геомеханических расчетов. Так, уточнение коэффициента запаса устойчивости бортов