

И.В. АХМЕТШИНА,

И.К. МЛАДЕЦКИЙ, д-р техн. наук,

Ю.С. МОСТЫКА, д-р техн. наук,

В.Ю. ШУТОВ

(Украина, Днепропетровск, Национальный горный университет)

ВЛИЯНИЕ КОНФИГУРАЦИИ СХЕМ СОЕДИНЕНИЯ РАЗДЕЛИТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ НА ВОЗМОЖНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ВИДОМ СЕПАРАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РАЗДЕЛИТЕЛЬНЫХ БЛОКОВ

Для наиболее эффективного решения технологических задач при разделении минеральных смесей механическими методами характеристики разделительных аппаратов должны быть согласованы с характеристиками разделяемого сырья. Для достижения такого согласования применяют различные типы соединений аппаратов. В результате получают технологический разделительный блок, который, как и как единичный аппарат, может быть описан его сепарационной характеристикой.

Сепарационная характеристика такого блока, как правило, является "лучшей" по сравнению с отдельным аппаратом. "Лучше" – это значит, что она имеет бóльшую крутизну в точке перегиба и смещена вдоль оси абсцисс настолько, чтобы обеспечить или бóльшее качество концентрата (вправо) или малые потери ценного минерала в хвостах (влево).

В работах [1-3] описан способ управления сепарационными характеристиками схем соединения разделительных аппаратов, основанный на последовательном разделении и смешении продуктов разделения с близкими показателями разделительного признака. Если в такой схеме подсчитать количество потоков, смешивающихся в каждой точке смешения, то получим числа, соответствующие треугольнику Паскаля (рис. 1).

Возможны два вида конфигурации схем, построенные по данному принципу – симметричные и асимметричные, причем асимметричные схемы могут иметь как левостороннюю, так и правостороннюю асимметрию (рис. 2).

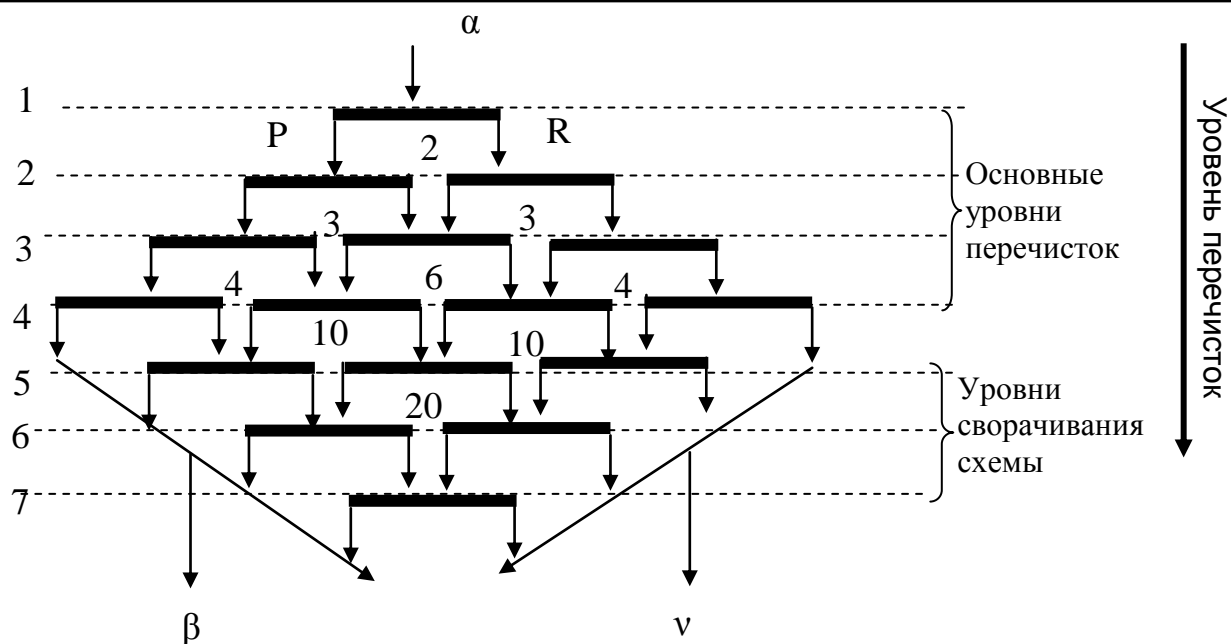


Рис. 1. Симметричная схема разделения, построенная по принципу треугольника Паскаля с 4-мя основными уровнями перекисток

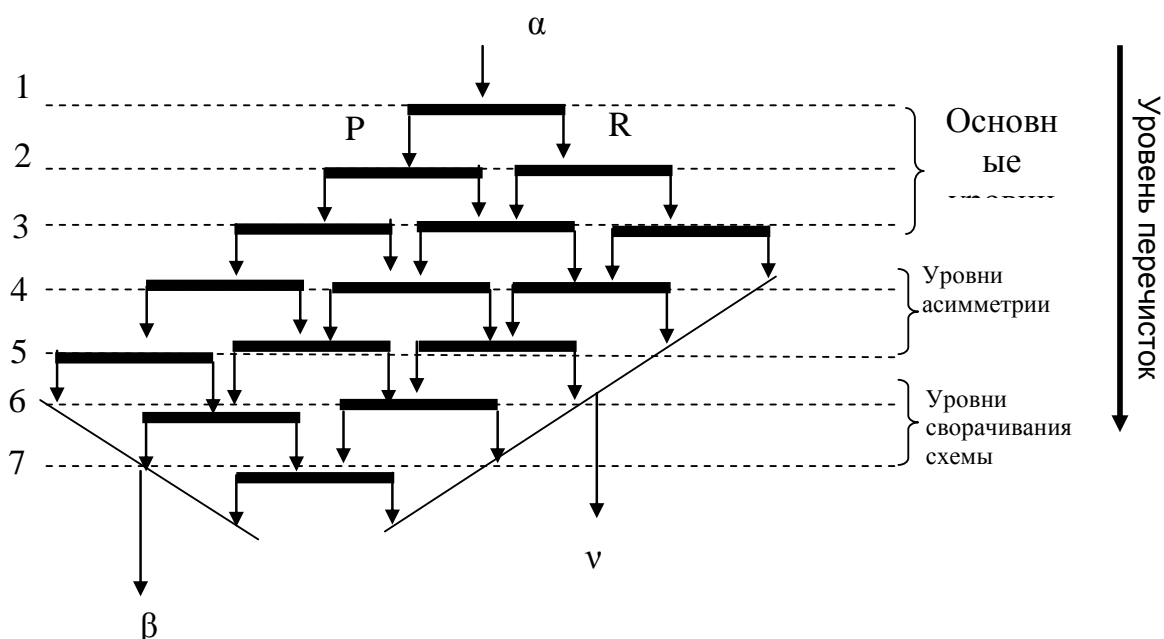


Рис. 2. Асимметричная схема разделения, построенная по принципу треугольника Паскаля с 4-мя основными уровнями перекисток (левосторонняя асимметрия)

Такие схемы позволяют "улучшить" сепарационную характеристику. Симметричная схема обеспечивает повышение крутизны в точке перегиба, снижает вероятность извлечения бедных сростков, практически до нуля, повышает вероятность извлечения богатых сростков. Такое "улучшение" повышает селективность разделения.

Асимметричные схемы позволяют смешать точку перегиба сепарационной

характеристики по оси абсцисс. Схема с левой асимметрией смещает точку перегиба вправо, чем обеспечивает повышение качество обогащенного продукта, а схема с правой асимметрией – влево, что позволяет снизить потери и повысить выход обогащенного продукта.

Для приведенных конфигураций схем соединения разделительных аппаратов сепарационные характеристики могут быть рассчитаны на основании известных сепарационных характеристик отдельных аппаратов.

Обозначим вероятность извлечения частицы с заданными свойствами в обогащенный продукт в одном приеме разделения P , а вероятность извлечения ее в обедненный – R .

Для симметричных схем соединения сепараторов с одинаковыми сепарационными характеристиками вероятности извлечения частицы в обогащенный продукт на выходе из схемы будут определяться выражениями:

- для 2-х основных перечисток: $P_{cx2} = P^2 + 2 * P^2 R$;
- для 3-х основных перечисток: $P_{cx3} = P^3 + 3 * P^3 R + 6 * P^3 R^2$;
- для 4-х основных перечисток: $P_{cx4} = P^4 + 4 * P^4 R + 10 * P^4 R^2 + 20 * P^4 R^3$.

В качестве примера расчета характеристик асимметричных схем приведем выражения для расчета сепарационных характеристик схем с левосторонней асимметрией с 3-мя ступенями асимметрии:

- для 2-х основных перечисток: $P_{cx2-3} = P^5 + 5P^5 R$
- для 3-х основных перечисток: $P_{cx3-3} = P^6 + 6P^6 R + 21P^6 R^2$

Рассмотрим теперь случай, когда на каждом уровне перечистки находятся сепараторы с одинаковой сепарационной характеристикой, но в каждом уровне сепараторы имеют свою P_i , отличную от других уровней, сепарационную характеристику. В этом случае выражения для вероятностей извлечения частицы в обогащенный продукт после прохождения всей схемы будут определяться из выражений:

- для 2-х основных перечисток: $P_{cx2} = P_1 P_2 + P_1 R_2 P_3 + R_1 P_2 P_3$;
- для 3-х основных перечисток: $P_{cx3} = P_1 P_2 P_3 + P_4 (P_1 P_2 R_3 + P_1 R_2 P_3 + R_1 P_2 P_3) + R_4 P_5 (P_1 P_2 R_3 + P_1 R_2 P_3 + R_1 P_2 P_3) + P_4 P_5 (P_1 R_2 R_3 + R_1 P_2 R_3 + R_1 R_2 P_3)$

Для 4-х основных перечисток получаем сумму произведений вероятностей: 1 слагаемое степени P^4 , 4 слагаемых степени $P^4 R$, 10 слагаемых степени $P^4 R^2$ и 20 слагаемых степени $P^4 R^3$.

На рис. 3 показаны сепарационные характеристики 5-ти применяемых аппаратов P_1 – характеристика 1-го уровня перечисток, характеристика P_2 – аппаратов 2-го уровня перечисток, характеристики P_3, P_4, P_5 – соответственно 3-го, 4-го и 5-го уровней перечисток. Характеристика S – для всего технологического блока, составленного по упомянутой симметричной схеме.

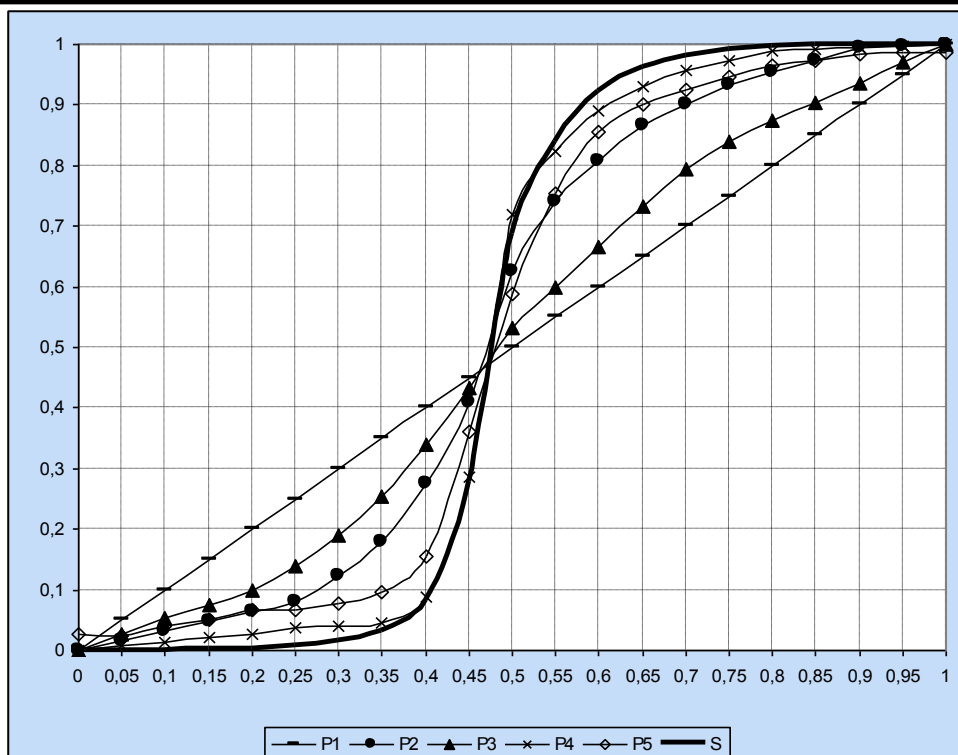


Рис. 3. Сепарационные характеристики отдельных разделительных аппаратов и результирующая сепарационная характеристика схемы с 3-мя основными перечистками

Как видно из этого рисунка результирующая сепарационная характеристика схемы с 3-мя основными перечистками (S) "лучше" любой из характеристик сепараторов входящих в данную схему – она характеризуется большей крутизной в линии перегиба, более низкими значениями вероятности извлечения в обогащенный продукт бедных сростков и более высокими – богатых. Таким образом, использование данной схемы соединения аппаратов позволяет получить более точное разделение материала, чем это возможно для любого отдельного сепаратора.

Покажем на примере формирование результирующей сепарационной характеристики схемы. Для этого рассмотрим симметричную схему с 3-мя основными уровнями перечисток:

$$P_{cx} = P_1 P_2 P_3 + P_4 (P_1 P_2 R_3 + P_1 R_2 P_3 + R_1 P_2 P_3) + R_4 P_5 (P_1 P_2 R_3 + P_1 R_2 P_3 + R_1 P_2 P_3) + P_4 P_5 (P_1 R_2 R_3 + R_1 P_2 R_3 + R_1 R_2 P_3).$$

Заменим R на $(1-P)$. Тогда имеем:

$$P_{cx} = [P_1 P_2 P_3 + P_1 P_2 P_4 (1 - P_3) + P_1 P_3 P_4 (1 - P_2) + P_2 P_3 P_4 (1 - P_1)] + [P_1 P_2 P_5 (1 - P_3) (1 - P_4) + P_1 P_3 P_5 (1 - P_2) (1 - P_4) + P_2 P_3 P_5 (1 - P_1) (1 - P_4)] + [P_1 P_4 P_5 (1 - P_2) (1 - P_3) + P_2 P_4 P_5 (1 - P_1) (1 - P_3) + P_3 P_4 P_5 (1 - P_1) (1 - P_2)].$$

Раскроем скобки и проведем соответствующие преобразования:

$$P_{cx} = [P_1P_2P_3 + P_1P_2P_4 - P_1P_2P_3P_4 + P_1P_3P_4 - P_1P_2P_3P_4 + P_2P_3P_4 - P_1P_2P_3P_4] + \\ + [P_1P_2P_5(1-P_3-P_4+P_3P_4) + P_1P_3P_5(1-P_2-P_4+P_2P_4) + P_2P_3P_5(1-P_1-P_4+P_1P_4)] + \\ + [P_1P_4P_5(1-P_1-P_2+P_1P_2) + P_2P_4P_5(1-P_1-P_3+P_1P_3) + P_3P_4P_5(1-P_1-P_2+P_1P_2)].$$

В результате:

$$P_{cx} = [P_1P_2P_3 + P_1P_2P_4 + P_1P_3P_4 + P_2P_3P_4 + P_1P_2P_5 + P_1P_3P_5 + P_2P_3P_5 + P_1P_4P_5 + P_2P_4P_5 + \\ + P_3P_4P_5] + 6P_1P_2P_3P_4P_5 - 3(P_1P_2P_3P_4 + P_1P_2P_3P_5 + P_1P_2P_4P_5 + P_1P_3P_4P_5 + P_2P_3P_4P_5).$$

Полученное выражение представляет собой сумму произведений вероятностей всех возможных комбинаций вероятностей используемых в схеме сепараторов (в данном случае, по 3 из 5-ти, по 4 из 5-ти и по 5 из 5-ти). Нами принята нумерация сепарационных характеристик сверху вниз и от худшего к лучшему сепаратору. Если мы изменим порядок следования сепараторов, например, от "лучшего" к "худшему" или же они будут идти в случайном порядке, результирующее выражения для сепарационной характеристики схемы останется неизменным. Таким образом, порядок следования сепараторов в схеме является несущественным и чем меньше дорогих сепараторов в схеме, тем она экономичнее без ухудшения ее технологических свойств.

Особенностью данной конфигурации схемы является использование принципа "сворачивания" схемы, при котором количество сепараторов в каждом уровне перечистки на этапе сворачивания убывает, и последний уровень состоит только из одного сепаратора. При этом производительность этого, последнего, сепаратора может быть ниже, чем производительность других сепараторов в схеме, по крайней мере, ниже, чем у сепаратора 1-го уровня, поскольку в процессе разделения происходит стадийное выделение и выведение из процесса обогащенного и обедненного продуктов. Уменьшение производительности от уровня к уровню зависит от раскрытия ценного минерала и от содержания ценного компонента.

Целесообразно делать линией с "наилучшей" характеристикой последнюю линию, состоящую из 1-го сепаратора с относительно небольшой производительностью, поскольку часть материала уже выведена из процесса на предыдущих этапах перечистки. Результирующая сепарационная характеристика схемы определяется 1-м наилучшим сепаратором, причем она имеет более высокую крутизну и более низкие вероятности извлечения бедных сростков и более высокие для богатых сростков, чем характеристики "наилучшего" сепаратора схемы.

Таким образом, для достижения одного и того же эффекта в схеме можно применять меньшее количество "лучших", то есть, как правило, более дорогих сепараторов, разместив их в линии, где число сепараторов наименьшее.

Список литературы

1. Пилов П.И. Научные основы сепарации и водопотребления в обогащении руд: Дис. ... д-ра техн. Наук. – Днепропетровск: НГАУ, 1993.

Загальні питання технології збагачення

2. Формирование сепарационных характеристик разделительных блоков / И.К. Младецкий, И.В. Ахметшина, Ю.С. Мостыка и др. // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2007. – № 29-30. – С. 20-25.

3. Принцип построения гибких характеристик сепарационных разделительных блоков / И.К. Младецкий, И.В. Ахметшина, Ю.С. Мостыка и др. // Вісник національного технічного університету "ХП": Сб. Науч. тр., Вип. Хімія, хімічні технології і екологія – 2007. – № 26. – С. 119-123.

© Ахметшина И.В., Младецкий И.К., Мостыка Ю.С., Шутов В.Ю., 2012

*Надійшла до редколегії 19.09.2012 р.
Рекомендовано до публікації д.т.н. П.І. Піловим*