

settles accounts. The area of existence of the vibroshock mode is further determined. Taking in to consideration impact time gives the possibility to specify some parameters on 15 %.

УДК 622.776

*И.В. АХМЕТШИНА*, инж., ГВУЗ «НГУ», Днепропетровск,  
*И.К. МЛАДЕЦКИЙ*, д-р техн. наук, проф.,  
ГВУЗ «НГУ», Днепропетровск

## **ПРИНЦИП ЭКОНОМИЧНОГО ФОРМИРОВАНИЯ СЕПАРАЦИОННОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗДЕЛИТЕЛЬНОГО БЛОКА**

На основании закона построения технологических схем найдена зависимость сепарационной характеристики схемы от порядка следования сепараторов с различными разделительными свойствами.

**Введение.** Наиболее емкой системной характеристикой разделительного аппарата является сепарационная характеристика, которая отражает вероятности перехода узких фракций подготовленного полезного ископаемого в обогащенный продукт. Это при условии, если разделение бинарное. В случае же многомерного разделения аппарат имеет столько сепарационных характеристик, сколько продуктов на нем получают. Однако, наиболее устойчивое разделение – бинарное, поэтому будем рассматривать и аппараты, и технологические блоки, осуществляющие упомянутый способ разделения.

**Постановка задачи.** При создании конструкции сепаратора заранее, как правило, не могут определить его технологические свойства, поэтому сепарационную характеристику получают экспериментально. На этом основании полагаем, что аппарат полностью характеризуется сепарационной характеристикой. При чем обычно аппарат не в состоянии обеспечить требуемые технологические показатели. Для достижения же таких показателей применяют различные типы соединений аппаратов. В результате получают технологический разделительный блок. Сепарационная характеристика такого блока, как правило, является «лучшей» по сравнению с отдельным аппаратом.

© И.В. Ахметшина, И.К. Младецкий, 2012

«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).

Сепараторы, как правило, достаточно дорогостоящие аппараты. И чем «лучше» сепарационная характеристика, тем дороже сепаратор. Поэтому технологический блок разделения получается достаточно дорогим технологическим решением. Рассмотрим один из способов экономичного формирования технологического блока.

**Математическая модель.** В работах [1, 2] 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). Эти числа поставлены между перечистными аппаратами схемы.

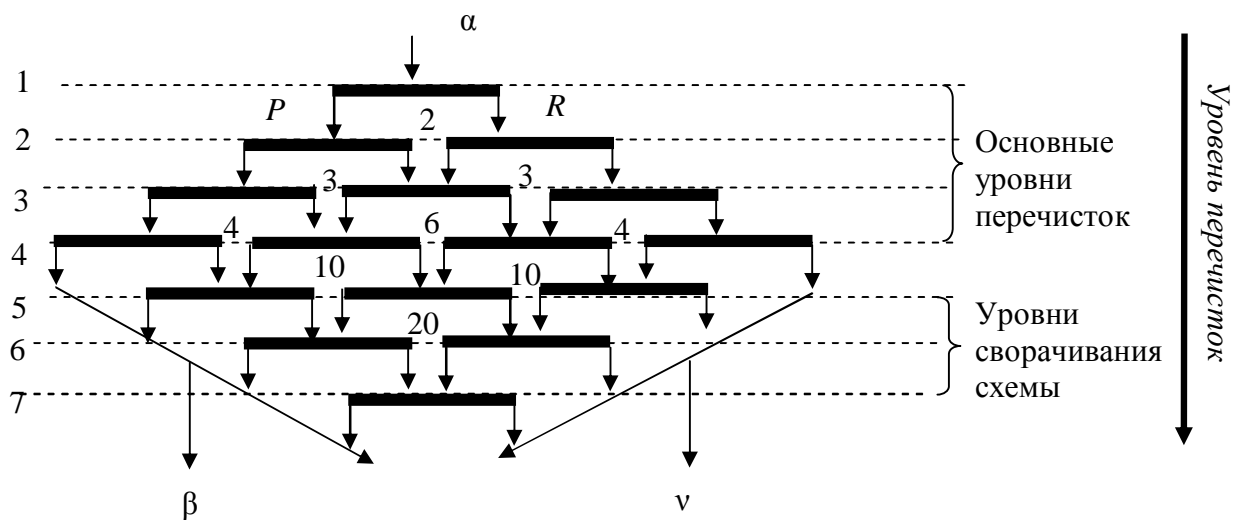


Рис. 1 – Симметричная схема разделения, построенная по принципу треугольника Паскаля с 4-мя основными уровнями перечисток

Данная схема является симметричной как относительно среднего уровня перечисток, так и относительно вертикальной оси. Поэтому назовем ее симметричной схемой разделения. Здесь  $a$ ,  $b$  и  $n$  – это содержание ценного минерала в исходном, обогащенном и обедненном продуктах.

Такая схема позволяет «улучшить» сепарационную характеристику, т.е. повысить крутизну в точке перегиба, снизить вероятность извлечения бедных сростков, практически до нуля, повысить вероятность извлечения богатых

сростков. Такое «улучшение» повышает селективность разделения.

Обозначим вероятность извлечения частицы с заданными свойствами в обогащенный продукт в одном акте 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:

$$P_{cx2} = P^2 + 2 \cdot P^2 R; \quad (1)$$

- для 3-х основных перечисток:

$$P_{cx3} = P^3 + 3 \cdot P^3 R + 6 \cdot P^3 R^2; \quad (2)$$

- для 4-х основных перечисток:

$$P_{cx4} = P^4 + 4 \cdot P^4 R + 10 \cdot P^4 R^2 + 20 \cdot P^4 R^3. \quad (3)$$

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:

$$P_{cx2} = P_1 P_2 + P_1 R_2 P_3 + R_1 P_2 P_3; \quad (4)$$

- для 3-х основных перечисток:

$$P_{cx3} = P_1 P_2 P_3 + P_4 (P_1 P_2 R_3 + P_1 R_2 P_3 + R_1 P_2 P_3) + R_4 P_5 (P_1 P_2 R_3 + P_1 R_2 P_3 + R_1 P_2 P_3) + P_4 P_5 (P_1 R_2 R_3 + R_1 P_2 R_3 + R_1 R_2 P_3). \quad (5)$$

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. 2 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.

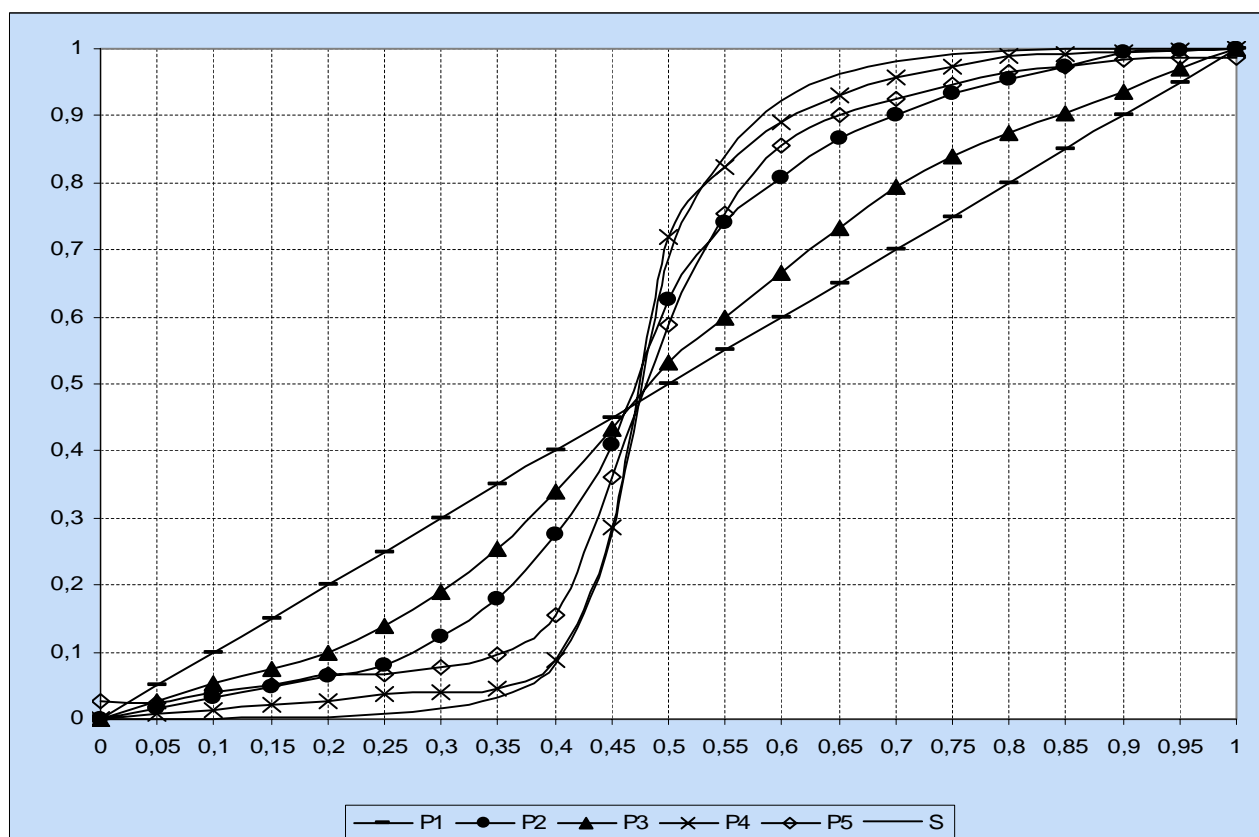


Рис. 2 – Сепарационные характеристики отдельных разделительных аппаратов и результирующая сепарационная характеристика схемы с 3-мя основными перечистками

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.

Здесь следует обратить внимание на то, что поскольку нами используется принцип «сворачивания» схемы, то 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, по-

сколькx в процессе разделения происходит стадияльное выделение и выведение из процесса обогащенного и обедненного продуктов. Уменьшение производительности от уровня к уровню зависит от раскрытия ценного минерала и от  $a$ .

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

$$P_{cx} = P_1P_2P_3 + P_4(P_1P_2R_3 + P_1R_2P_3 + R_1P_2P_3) + R_4P_5(P_1P_2R_3 + P_1R_2P_3 + R_1P_2P_3) + P_4P_5(P_1R_2R_3 + R_1P_2R_3 + R_1R_2P_3). \quad (6)$$

Заменим  $R$  на  $(1 - P)$ . Тогда имеем:

$$P_{cx} = [P_1 P_2 P_3 + P_1 P_2 P_4 (1 - P_3) + P_1 P_3 P_4 (1 - P_2) + P_2 P_3 P_4 (1 - P_1)] + [P_1 P_2 P_5 (1 - P_3) (1 - P_4) + P_1 P_3 P_5 (1 - P_2) (1 - P_4) + P_2 P_3 P_5 (1 - P_1) (1 - P_4)] + [P_1 P_4 P_5 (1 - P_2) (1 - P_3) + P_2 P_4 P_5 (1 - P_1) (1 - P_3) + P_3 P_4 P_5 (1 - P_1) (1 - P_2)]. \quad (7)$$

Раскроем скобки и проведем соответствующие преобразования:

$$P_{cx} = [P_1P_2P_3 + P_1P_2P_4 - P_1P_2P_3P_4 + P_1P_3P_4 - P_1P_2P_3P_4 + P_2P_3P_4 - P_1P_2P_3P_4] + [P_1P_2P_5(1 - P_3 - P_4 + P_3P_4) + P_1P_3P_5(1 - P_2 - P_4 + P_2P_4) + P_2P_3P_5(1 - P_1 - P_4 + P_1P_4)] + [P_1P_4P_5(1 - P_1 - P_2 + P_1P_2) + P_2P_4P_5(1 - P_1 - P_3 + P_1P_3) + P_3P_4P_5(1 - P_1 - P_2 + P_1P_2)]. \quad (8)$$

В результате:

$$P_{cx} = (P_1P_2P_3 + P_1P_2P_4 + P_1P_3P_4 + P_2P_3P_4 + P_1P_2P_5 + P_1P_3P_5 + P_2P_3P_5 + P_1P_4P_5 + P_2P_4P_5 + P_3P_4P_5) + 6P_1P_2P_3P_4P_5 - 3(P_1P_2P_3P_4 + P_1P_2P_3P_5 + P_1P_2P_4P_5 + P_1P_3P_4P_5 + P_2P_3P_4P_5). \quad (9)$$

### Выводы.

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, результи-

рующее 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.

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. Младецкий И.К. Формирование сепарационных характеристик разделительных блоков / [И.К. Младецкий, И.В. Ахметшина, Ю.С. Мостика и др.] // Збагачення корисних копалин. – 2007. – № 29-30. – С. 20 – 25. 2. Младецкий И.К. Принцип построения гибких характеристик сепарационных разделительных блоков / [И.К. Младецкий, И.В. Ахметшина, Ю.С. Мостика и др.] // Вісник НТУ «ХПІ». – 2007. – № 26. – С. 119 – 123.

*Поступила в редколлегию 20.08.12*

УДК 622.776

**Принцип экономичного формирования сепарационной характеристики технологического разделительного блока / И.В. АХМЕТШИНА, И.К. МЛАДЕЦКИЙ** // Вісник НТУ «ХПІ». – 2012. – № 48 (954). – (Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія). – С. 9 – 14. – Бібліогр.: 2 назв.

На основі закону побудови технологічних схем знайдена залежність сепараційної характеристики схеми від порядку слідування сепараторів з різними сепараційними характеристиками.

Scheme separating characteristic dependence on arrangement of separations with different characteristics based on technological schemes building rules is founded.