

УДК 622.742

А.И. Егурнов, А.В. Никутов

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ БАРАБАННЫХ КЛАССИФИЦИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Розглянута математична модель грохочення і запропонована методика розрахунку і оптимізації барабанных класифікуючих пристроїв.

Анализ технологических схем обогатительных фабрик, а так же технологических процессов, показывает возможность более широкого использования устройств барабанного типа.

Применение барабанных классифицирующих устройств для тонкого грохочения ограничено в настоящий момент вследствие недостаточной изученности процессов транспортирования и грохочения, а так же отсутствия методики подбора оптимальных режимных и конструктивных параметров.

Существующие методики с достаточной достоверностью описывают процесс перемещения материала внутри барабана, однако, для определения технологических показателей большинство методик предполагает наличие эмпирических коэффициентов, что существенно усложняет, а, зачастую делает невозможным расчет барабанных грохотов для конкретных технологических условий. Опыт создания и эксплуатации бугар и барабанных грохотов с эластичными просеивающими показал необходимость глубокого исследования теоретических основ процесса грохочения.

В данной статье авторами предпринята попытка обобщить имеющийся опыт и предложить один из вариантов решения этой проблемы.

Предлагаемая ниже методика предполагает поэтапное выполнение расчетов.

На первом этапе, по заданной производительности по исходному питанию, размеру ячейки, типу ячейки и живому сечению сита определяется требуемая площадь сита, извлечение в подрешетный продукт и эффективность грохочения. На втором этапе по расчетным параметрам определяются оптимальные конструктивные и режимные параметры барабанного классифицирующего устройства.

### **Первый этап.**

Как известно, эффективность грохочения зависит от следующих факторов:

- скорость перемещения материала по просеивающей поверхности –  $V$ ;
- высота слоя материала –  $h$ ;
- время грохочения –  $t$ ;
- содержание подрешетного продукта в исходном питании  $\beta$ ;
- живое сечение сита –  $\varphi$ ;
- тип ячейки.

Предложенная Вайсбергом Л.А. и Рубисовым Д.Г. «массово-балансовая» модель процесса грохочения не учитывает изменение ширины транспортируемого при грохочении материала. На практике, разработка грохота с переменной шириной просеивающей поверхностью и барабанных классифицирующих устройств с транспортирующей спиралью и сложной формой просеивающей поверхности, сталкивается с необходимостью учитывать динамику изменения толщины

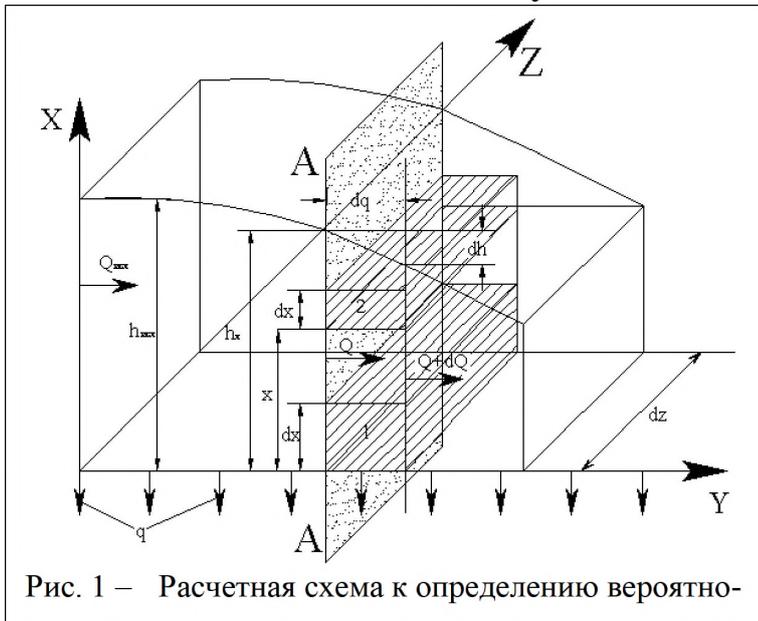


Рис. 1 – Расчетная схема к определению вероятности

слоя материала во всех плоскостях.

Рассмотрим слой материала, движущийся по ситам вдоль оси  $Y$  (рисунок 1)

Вероятность обнаружения частиц, размером  $D$  в объеме 1 составляет  $P_{Dy}(0)dx$ , а в объеме 2  $P_{Dy}(X)dx$ . Масса частиц размером  $D$  в объеме 1 определяется равенством:

$$dm_D = f_y(D)dhcdydzP_{Dy}(0)dx, \quad (1)$$

где  $f_y(D)$  – плотность распределения частиц по крупности  $D$  в сечении  $A$ ,  $h$  – толщина слоя материала,  $c$  – насыпная плотность материала.

Предполагая, что в отверстия проходят частицы, находящиеся непосредственно над ситом и находящиеся в объеме 1 определяем массовый поток подрешетного продукта на участке от начала сита до сечения  $A$  для частиц размером  $D$ :

$$dq_D = \int_0^y \frac{u \varphi \left(1 - \frac{D}{d}\right)^\psi dz}{dx} \cdot dm, \quad (2)$$

где  $\psi = 1$  для щелевидных отверстий,  $\psi = 2$  для квадратных отверстий;  $\varphi \left(1 - \frac{D}{d}\right)^\psi$  – формула Годена определяющая вероятность прохождения частиц класса  $D$  через отверстия;  $u$  – скорость просеивания;  $d$  – размер ячейки сита.

Скорость просеивания материала принимается по рекомендациям Л.А. Вайсберга [1] для неподвижных грохотов  $u = 0,357$  см/с. Последнее равенство позволяет определить извлечение в подрешетный продукт класса  $D$

$$\varepsilon_D = \frac{dq_D}{f(D)Q_{\text{исх}}dD}. \quad (3)$$

Выход материала в подрешетный продукт определяется по формуле:

$$\gamma = \int_0^d f(D)\varepsilon_D dD. \quad (4)$$

Зная  $\beta$  определяем эффективность грохочения  $E$  и извлечение в подрешетный продукт  $\varepsilon$ :

$$E = \gamma \frac{\beta_{\text{II}} - \beta}{\beta(1 - \beta)}; \quad (5)$$

$$\varepsilon = \gamma \frac{\beta_{\text{II}}}{\beta}. \quad (6)$$

Задаваясь необходимыми значениями извлечения  $\varepsilon$  и эффективности грохочения  $E$ , определяем конструктивные параметры просеивающей поверхности.

### Второй этап.

При вращении горизонтального или наклонного вниз барабана, частично заполненного сыпучим материалом, в его поперечном сечении движение материала можно охарактеризовать следующими режимами перемещения:

- неустановившийся режим, при котором материал располагается сегментом  $AB$  (рис. 2,а) и периодически переходит в положение  $A1B1$ , т.е. сег-

мент  $AB$ , вращаясь вместе с барабаном, периодически поднимается на некоторую высоту (сегмент  $A1B1$ ), а затем перемещается вниз, проскальзывая относительно поверхности барабана;

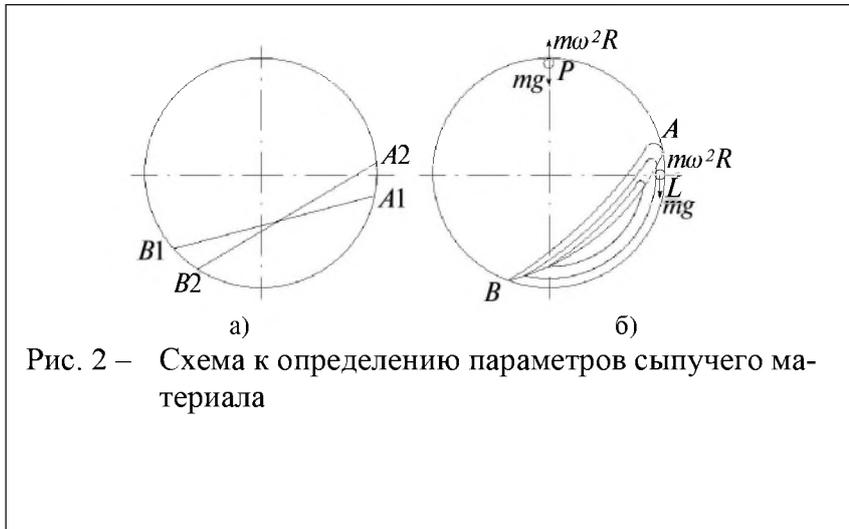


Рис. 2 – Схема к определению параметров сыпучего материала

- установившийся режим, при котором материал образует замкнутый циркуляционный контур (рис. 2,б). При установившемся режиме движения материал может перемещаться либо по открытой поверхности искривленного сегмента

(каскадный режим), либо находиться в полете (смешанный режим);

- закритический режим, при котором весь материал под действием центробежных сил вращается вместе с барабаном.

Для определения численного значения закритического режима рассмотрим условия равновесия отдельной частицы в поперечном сечении барабана в точках  $L$  и  $P$  (рис. 2,б):

для точки  $L$

$$mg - f_{TP}m\omega_{KP}^2R = 0 \Rightarrow \omega_{KP} = \sqrt{\frac{g}{f_{TP}R}}; \quad (10)$$

для точки  $P$

$$mg - m\omega_{KP}^2R = 0 \Rightarrow \omega_{KP} = \sqrt{\frac{g}{R}}, \quad (11)$$

где  $m$  – масса частицы;  $g$  – ускорение свободного падения;  $f_{TP}$  – коэффициент трения частицы о внутреннюю поверхность барабана;  $R$  – расстояния от оси вращения барабана до центра тяжести частицы, диаметром  $d$ , поскольку  $R$  намного больше  $d$ , то значение  $R$  принимается равным внутреннему радиусу барабана.

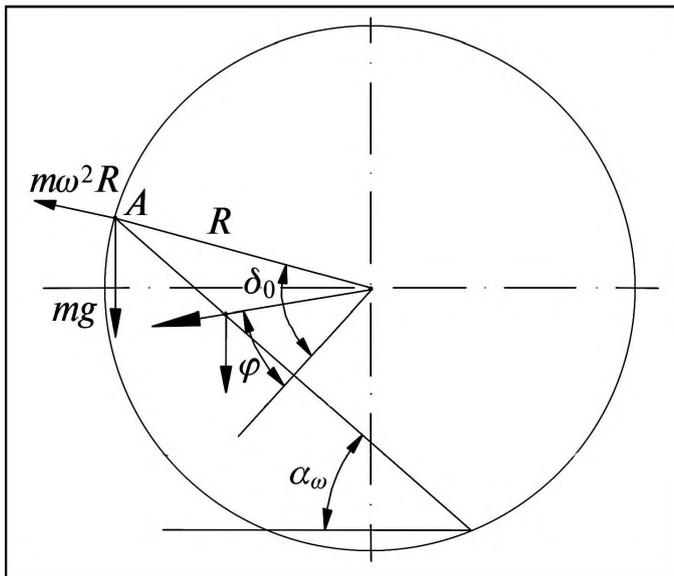
При вращении барабана на частицу, находящуюся на открытой поверхности сегмента материала, будут действовать гравитационные и центробежные силы (рис. 3). Составим уравнение равновесия частицы:

$$mg(\sin \alpha_\omega - f_n \cos \alpha_\omega) - m\omega^2R(\operatorname{tg} \varphi \cos \delta_0 + f_n \cos \delta_0) = 0. \quad (12)$$

Значение угла  $\alpha_\omega$ , при котором частица начинает двигаться, за-

висит от ее положения на открытой поверхности, т.е. от величины угла  $\varphi$ . Из уравнения (12) определяем угол  $\alpha_\omega$ , при котором начинается переход от покоя к движению:

$$\alpha_\omega = \arccos \left[ \frac{\frac{-f_n \omega^2 R (\sin \delta_0 + f_n \cos \delta_0)}{g} + \sqrt{f_n^2 + 1 - \frac{\omega^4 R^2 (\sin \delta_0 + f_n \cos \delta_0)}{g^2}}}{(f_n^2 + 1)} \right]. \quad (13)$$



В наиболее неблагоприятных условиях с точки зрения перехода от покоя к движению находится частица, находящаяся в точке  $A$ , при этом угол  $\delta_0 = \varphi$ .

Площадь просеивающей поверхности, необходимая для достижения заданной эффективности грохочения для барабанного грохота определяется по формуле:

$$S = \frac{\pi R (180 - 2(\alpha_\omega - \varphi))}{180} L. \quad (14)$$

Значение угла  $\varphi$  определяется по известной формуле Л.Б. Левенсона [2]:

$$\varphi = 90 - \arccos \left( \frac{RN^2}{900} \right). \quad (15)$$

Транспортирующая способность барабанного грохота определяется по формуле:

$$Q_{TP} = Q(1 + (\beta - \gamma)), \quad (16)$$

где  $Q$  – производительность барабанного грохота по транспортированию без учета грохочения материала.

$Q$  определяется по формулам [3]:

- барабанный грохот с транспортирующей спиралью

$$Q = 3,6qV, \quad (17)$$

где  $q$  – погонная масса материала, т/м;  $V$  – скорость движения материала вдоль оси транспортирования, м/с.

$$q = \frac{\rho}{6} 1,33 \left[ \sqrt{H(2R-H) - B \operatorname{tg} \alpha (R - 2H - B \operatorname{tg} \alpha)} \cdot (H - B \operatorname{tg} \alpha) + \right. \\ \left. + 4 \sqrt{2R \left[ H - \frac{B \operatorname{tg} \alpha}{2} - \left( H - \frac{B \operatorname{tg} \alpha}{2} \right)^2 \right]} \cdot \left( H - \frac{B \operatorname{tg} \alpha}{2} \right) + H \sqrt{2RH - H^2} \right]; \quad (18)$$

$$V = \frac{V_k \left( \frac{360 - 3 \arccos \left( \frac{RN^2}{900} \right)}{6N} - \frac{\left( \sqrt{gR \frac{RN^2}{900}} \sin \left( \arccos \frac{RN^2}{900} \right) + \sqrt{gR \frac{RN^2}{900}} \sin^2 \left( \arccos \frac{RN^2}{900} \right) + 2gY_0 \right) \sin \alpha}{g} \right)}{\frac{360 - 3 \arccos \left( \frac{RN^2}{900} \right)}{6N} - \left( \sqrt{gR \frac{RN^2}{900}} \sin \left( \arccos \frac{RN^2}{900} \right) + \sqrt{gR \frac{RN^2}{900}} \sin^2 \left( \arccos \frac{RN^2}{900} \right) + 2gY_0 \right)}, \quad (19)$$

где  $\rho$  – насыпная плотность материала, т/м<sup>3</sup>;  $\alpha$  – угол наклона грохота, град;  $R$  – радиус барабана, м;  $H$  – высота спирали, м;  $B$  – расстояние между спиралями, м;  $V_k = 2\pi R \cdot \operatorname{tg} \mu N$ ;  $\mu$  – угол подъема винтовой линии, град.

- барабанный грохот без транспортирующей спирали

$$Q = 0,6\gamma N \cdot \operatorname{tg} 2\alpha \sqrt{R^3 h^3}, \quad (20)$$

где  $\gamma$  – насыпная плотность материала, т/м<sup>3</sup>;  $N$  – частота вращения барабана, мин<sup>-1</sup>;  $h$  – высота слоя материала, м;  $\alpha$  – угол наклона грохота, град.

Одним из перспективных направлений по совершенствованию барабанных классифицирующих устройств является использование ЭВМ для управления технологическими процессами, которые реализуются в них.

Рассматривая барабанные классифицирующие устройства, как объект управления, можно выделить следующие задачи: стабилизация режимов работы и технологических параметров грохочения. Необходимо найти такую динамическую характеристику регулятора, при которой обеспечивалось бы минимальное отклонение стабилизируемой величины от ее заданного значения. В данном случае необходимо поддерживать минимальную площадь просеивания и транспортирующую способность грохота для поддержания заданной эффективности грохочения.

Данная методика позволит оптимизировать конструктивные и технологические параметры классифицирующих устройств не только на стадии их разработки, но и в процессе эксплуатации, используя устройства обратной связи при автоматизации процессов грохочения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Вайсберг Л.А., Рубисов Д.Г. Вибрационное грохочение сыпучих материалов: моделирование процесса и технологический расчет грохотов. -Санкт-Петербург: 1994. -47 с.
2. Левенсон Л.Б., Прейгерзон Г.И. Дробление и грохочение полезных ископаемых. -М.;Л.: ГОСТОПТЕХИЗДАТ, 1940. -130 с.
3. Никутов А.В. Параметры барабанных классифицирующих аппаратов и подходы к их проектированию // Збагачення корисних копалин. -2000. -№9(50). -С. 114–120.

УДК 678.4.06

В.С. Кириленко, С.Н. Накидайло,  
Е.М. Высочин

## ПРАКТИКА РЕМОНТА МЕСТНЫХ РАЗРУШЕНИЙ И БОРТОВ КОНВЕЙЕРНЫХ ЛЕНТ

Приведені результати багаторічного досвіду по ремонту тканинних та гумовотросових конвеєрних стрічок методом холодної вулканізації.

Конвейерные ленты являются наиболее дорогим и часто сменяемым узлом конвейера. В общих расходах на эксплуатацию конвейеров, включая проектирование, монтаж, эксплуатацию, расходы на ленту составляют 85-95 %, при этом они достигают 10-15 % в себестоимости продукции конвейеризированных производств.

Основными составляющими расходов являются стоимость ленты, ее долговечность, ремонт (навеска, замена, стыковка, перестыковка, перетяжка, ремонт повреждений). Наибольший разброс имеет показатель долговечности, который отличается в несколько раз даже на аналогичных производствах.

Во многом долговечность зависит от своевременного ремонта местных разрушений, поскольку предотвращается ускоренное развитие этого разрушения, часто приводящее к аварийным ситуациям. Восстановление конвейера после аварии всегда требует больших затрат, чем профилактическое предупреждение аварии, например, разрыв каркаса на борту ленты очень быстро увеличивается (уменьшается «живое» сечение каркаса, а главное – растет коэффициент концентрации напряжений) в размере и приводит к поперечному порыву ленты с уходом концов лент на наклонных конвейерах.

В практике используется два вида ремонтов лент: текущий и восстановительный. Текущий ремонт – это ремонт случайных разрушений лент, который производится непосредственно на конвейере и имеет целью восстановление тяговой или несущей функции ленты,