

УДК 66.022:621.928

А. Э. Левданский, асп. ; И. М. Плехов, профессор;

Э. И. Левданский, профессор; Г. С. Бокун, доц. .

#### РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ДИСКОВОГО КЛАССИФИКАТОРА

A new construction of the disk's classifier for free-flowing materials is described in the article. The graphic dependences which allow to choose the size and the duty of the word of the disk is lead.

Классификация полидисперсных материалов широко практикуется в различных отраслях промышленности. Из известных способов классификации наиболее широкое применение находят грохочение на ситах, через отверстия которых проходят мелкие частицы и задерживаются крупные. Однако наличие в полидисперсном материале частиц, близких к размеру отверстий сит, ведет к их забивке и тем самым снижению качества разделения. Кроме того, наличие в ситовых грохотах вибрирующих, качающихся или совершающих другие сложные движения углов и деталей приводит к частым их поломкам.

Одна [1] из простых конструкций, которой не присущи вышеперечисленные недостатки, представлена на рис. 1. Данный классификатор состоит из вертикального вращающегося вала 1 с жестко насаженными на нем разбрасывающими дисками 2. Выше дисков к валу жестко крепятся приемные воронки 3, к которым с помощью распорных пластин 4 крепятся отбойные кольца 5. Отбойные кольца имеют диаметр несколько больше дисков и установлены выше верхней поверхности диска на расстоянии, равном граничному размеру разделяемых полидисперсных частиц. Незначительно ниже верхней поверхности дисков устанавливаются неподвижные кольца 6 и кожухи 7 и 8. С помощью колец 6 и кожухов 7 и 8 образуются камеры для сбора и отвода через патрубки 9, 10 разделенных по фракциям частиц материала.

При работе классификатора вал 1 с дисками 2 приводится во вращение. Так как воронки 3 с отбойным кольцом жестко крепятся к валу 1, то и они будут вращаться с такой же угловой скоростью. Через патрубок 11 в верхнюю воронку 3 подается полидисперсный материал на классификацию. Из воронки материал просыпается на диск 2 и начинает вращаться вместе с ним. За счет центробежной силы частицы начинают скользить по гладкой поверхности диска к краю, где срываются и по инерции двигаются к отбойному кольцу 5. Так как по вертикали между диском и отбойным кольцом устанавливается определенный зазор, то частицы меньше этого зазора

пролетают, не задевая отбойного кольца и, ударяясь о кожух 7, сползают вниз и через патрубки 9 удаляются из классификатора. Крупные частицы при вылете с диска ударяются об отбойное кольцо 5, падают вниз в камеру образованную неподвижным кольцом 6 и кожухом 8, откуда они скатываются в воронку 3 нижележащего диска. Затем процесс разделения повторяется, но вертикальный зазор между диском и отбойным кольцом здесь больше. Таким образом через патрубки 10 будут выдаться более крупные частицы. Самые крупные частицы, ударяясь об отбойное кольцо, будут падать вниз камеры и выводиться через патрубок 12. Очевидно, что количество классов, на которые разделится материал, зависит от количества дисков и колец, закрепленных на валу. Поднимая вверх или опуская вниз отбойное кольцо 5, можно регулировать размер отделяемых частиц.

Одним из основных условий в сокоэффективного разделения полидисперсных материалов в данной конструкции классификатора является скорость вращения вала, на котором закреплены разбрасывающие диски. С одной стороны, скорость вращения должна быть достаточно высокой, чтобы частицы не застревали на диске, легко скользили по нему и за время полета от диска до отбойного кольца опустились вниз незначительно. Но, с другой стороны, ударение частиц с большой скоростью об отбойное кольцо может привести к дополнительному измельчению материала.

Таким образом, число оборотов вала с дисками должно быть оптимальным, при котором частицы скользили бы по диску с максимально допустимой скоростью. Найти такую скорость с учетом всех факторов и является задачей, рассматриваемой нами в данной статье.

Решение этой задачи осуществлялось численным методом. Движение частицы представим как сложное движение материальной точки, состоящее из переносного движения диска с постоянной угловой скоростью и относительного движения частицы по поверхности разбрасывающего диска. Так как относительное движение частицы по поверхности диска также является сложным, то его также необходимо разбить на относительное и переносное, т.е. данная задача является двухуровневой. В данном случае все величины, относящиеся к внешнему уровню, обозначены индексом 2, а величины, относящиеся к относительному движению частицы по диску, индексом 1. Абсолютное ускорение частички можно записать следующим образом:

$$\bar{a} = \bar{a}_e^2 + \bar{a}_r^2 + \bar{a}_c^2, \quad (1)$$

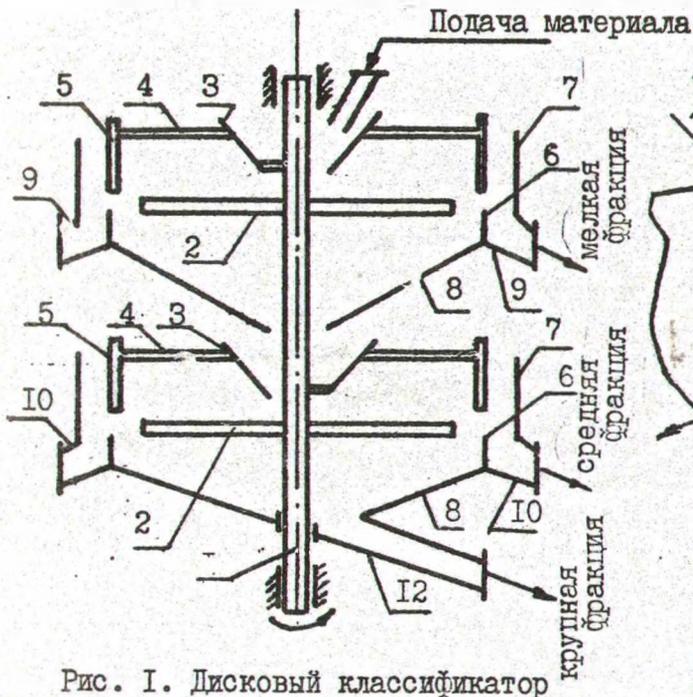


Рис. 1. Дисковый классификатор

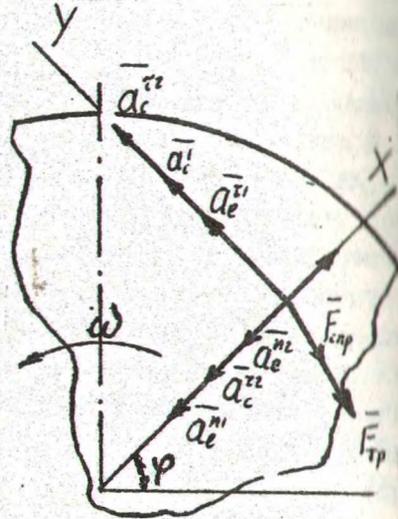


Рис. 2. Схема сил и ускорений, действу ющих на частицу.

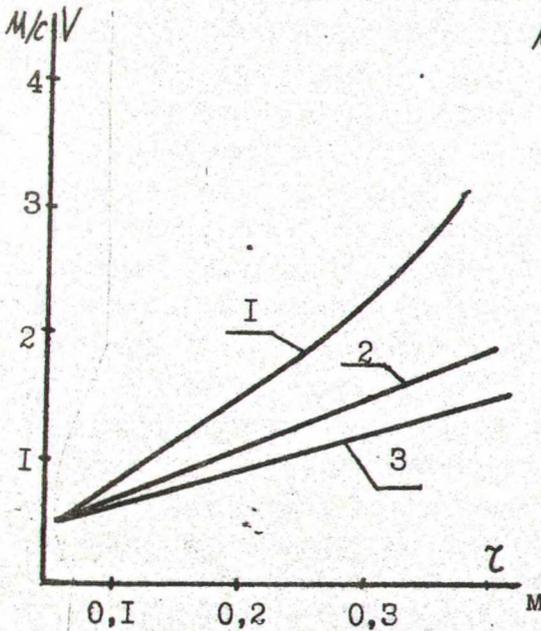


Рис. 3. Зависимости изменения абсолютной скорости частицы от радиуса разбрасывающего диска. 1-  $\delta=1$  мм; 2-  $\delta=2$  мм; 3-  $\delta=5$  мм

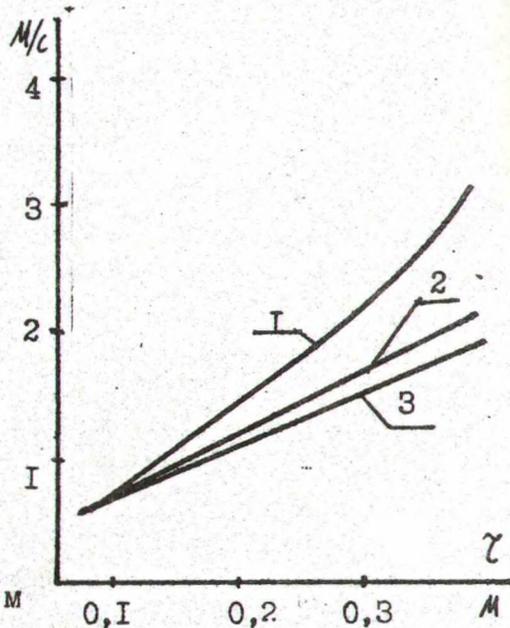


Рис. 4. Зависимости изменения абсолютной скорости частицы от радиуса разбрасывающего диска. 1-  $\omega=500$  мин<sup>-1</sup>; 2-  $\omega=200$  мин<sup>-1</sup>; 3-  $\omega=150$  мин<sup>-1</sup>

где  $a_e^z$  - переносное ускорение диска;  $a_z$  - относительное ускорение;  $a_c^z$  - кориолисово ускорение.

Так как в нашем случае двух уровневая задача, то относительное ускорение можно записать следующим образом:

$$\bar{a}_z = \bar{a}_e'' + \bar{a}_e^{z1} + \bar{a}_z' + \bar{a}_c', \quad (2)$$

где  $a_e''$  - нормальная составляющая переносного ускорения;  $a_e^{z1}$  - тангенциальная составляющая переносного ускорения;  $a_z'$  - относительное ускорение;  $a_c'$  - кориолисово ускорение.

Все слагаемые входящие в выражение (2), относятся к внутреннему уровню. Распишем все составляющие абсолютного ускорения:

$$a_c' = a_e^{nz} + a_e^{z2}; \quad a_e^{z2} = 0; \quad a_e^{nz} = \omega^2 \cdot z; \quad a_z' = 2\omega \sqrt{\left(\frac{dz}{dt}\right)^2 + \left(\frac{d\varphi}{dt} \cdot z\right)^2};$$

$$a_e'' = \left(\frac{d\varphi}{dt}\right)^2 z; \quad a_e^{z1} = \frac{d\varphi}{dt} z; \quad a_z' = \frac{dz}{dt}; \quad a_c' = 2 \frac{d\varphi}{dt} \cdot \frac{dz}{dt},$$

где  $z$  - радиус удаления частицы от оси вращения;  $\varphi$  - угол поворота частицы от начального ее положения относительно поверхности диска.

В данном случае на частицу действуют сила трения и силы сопротивления воздушной среды. Движение воздушной среды относительно вращающегося диска описано численными методами в работах [2, 3]. За основу было взято более точное решение, предложенное В. Кохреном [3]. Проанализировав это решение, можно сделать вывод, что радиальная составляющая несопоставимо мала с окружной составляющей скорости потока воздуха, и поэтому ее пренебрегаем. После аппроксимации получена функциональная зависимость окружной составляющей скорости потока воздуха.

$$u_B = 1,095 z \omega e^{-0,854 z \sqrt{\frac{\omega}{\nu}}}, \quad (3)$$

где  $z$  - расстояние до поверхности вращающегося диска характеризующее изменение профиля скорости по высоте;  $\nu$  - кинематическая вязкость воздуха.

Для определенности форму частицы принимаем кубической. Гидродинамические силы можно представить в виде

$$\bar{F}_{\text{снр}} = \bar{F}_A + \bar{F}_c, \quad (4)$$

где  $F_A$  - сила гидравлического (лобового) сопротивления воздуха;  $F_c$  - сила воздействия касательных напряжений потока воздуха на грани частицы.

Методика нахождения значений этих сил изложена в работе [4].

Запишем основное уравнение динамики относительного движения материальной точки для нашего случая :

$$m\bar{a}_r = \bar{F}_e + \bar{F}_c + \bar{F}_{Tp} + \bar{F}_n + \bar{F}_z, \quad (5)$$

где  $\bar{F}_e$  - переносные силы инерции;  $\bar{F}_c$  - кориолисовы силы инерции ;  $\bar{F}_{Tp}$  - сила трения .

Силы, входящие в выражение (5), были спроецированы на оси  $x$  и  $y$  (рис. 2). В результате получена система дифференциальных уравнений , описывающая движение частицы по поверхности диска . Данная система дифференциальных уравнений решена численно методом Рунге-Куты.

Проанализировав большое число решений для частиц песка , установили , что при подаче их на поверхность диска  $r$  диаметре 20 - 30 мм необходимая минимальная скорость вращения диска для придания частицам движения по его поверхности должна составлять порядка 150 мин<sup>-1</sup>. Размер разделяемых частиц на необходимую минимальную скорость вращения диска практически влияния не оказывает. На рисунках 3 и 4 приведены графические зависимости изменения абсолютной скорости частицы в зависимости от радиуса разбрасывающего диска. Из рисунка 3 видно , что воздействием воздушной среды на частиц песка размером более 2 мм можно пренебречь. Различное поведение одной и той же частицы диаметром 1 мм при разных скоростях вращения диска ( рис. 4 ) объясняется ламинарным или турбулентным режимом воздействия воздушной среды. Зависимости рис. 3, 4, полученные для конкретного материала, позволяют легко определить угловую скорость вращения и радиус разбрасывающего диска.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Заявка на пат. N 92004793 (РФ); Устройство для разделения зернистых смесей. А. Э. Левданский, И. М. Плехов, Э. И. Левданский от 4. 11. 92..
2. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. -М., Наука, 1974.
3. Cochran W. G., The flow due to a rotating disk. Proc. Cambr. Phil. Soc. 30, 1934. -P. 365-375.
4. Левданский Э. И., Волк А. М., Труханович В. Б., Левданский А. Э. Исследование поведения частиц при проточном фильтровании суспензий. -М. Деп. в ЦИТИХимнефтемаш, -N 2008-хн. 1989.