

Таким образом, в результате проведенных исследований получены зависимости для расчета гидродинамических величин, позволяющие рассчитывать производительность аппаратов проточного разделения многофазных систем и оптимизировать происходящие процессы при движении закрученного многофазного потока в элементах с перфорированными стенками.

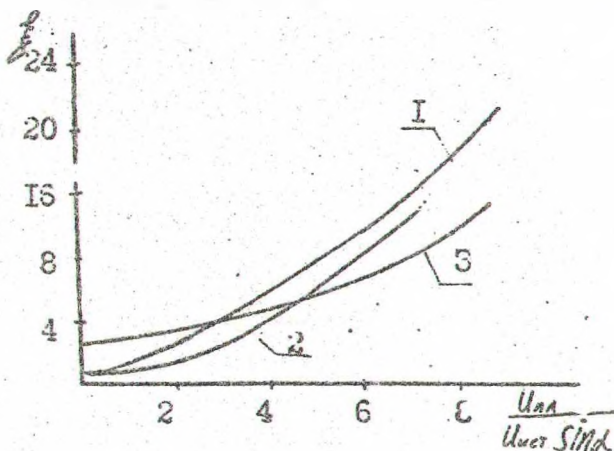


Рис.6. Зависимость коэффициента гидравлического сопротивления от отношения скоростей

- 1 - полученные результаты
- 2 - данные Рехина
- 3 - данные Ханженкова

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гельперин Н.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. - М.: Химия, 1981. - Т.1.
2. Уоллис Г. Одномерные двухфазные течения. - М.: Мир, 1969.
3. Рехин А.Д. Экспериментальное определение коэффициента истечения из канала через перфорированные стенки // Инж. - физ. журнал. 1982. - Т.43. N1. С.54-58.
4. Ханженков В.И. Сопротивление истечению через отверстия в стенке в присутствии проходящего потока // Промышленная аэродинамика. - М.: Оборонгиз, 1959. - Вып.15. - С.5-19.

УДК 66.022:621.928

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

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАКСИМАЛЬНОГО РАЗМЕРА ЧАСТИЦ, ПРОХОДЯЩИХ ЧЕРЕЗ ОТВЕРСТИЯ ПЕРФОРАЦИИ В ПРОЦЕССАХ ПРОТОЧНОГО РАЗДЕЛЕНИЯ

Definition of maximum size of particles passing through the holes of sieve tray in flowing processes of separation allows to chose optimal regimes.

Избежание заклинивания частиц в отверстиях и их скопления на перфорированной поверхности является основной целью при осуществлении проточных процессов разделения. Кроме того, зачастую на практике необходимо решать задачу по определению размеров отверстий перфорации рабочего элемента, через которые проходили бы частицы заданной крупности. Вполне реальна и обратная постановка задачи. Кроме того, возможна и такая задача, когда известен диаметр отверстий перфорации и известен граничный размер зерна разделяемой смеси - необходимо найти условия (скорость газа, степень его закрутки и т.д.), при которых будет обеспечиваться требуемое разделение. В литературе отсутствуют сведения по результатам таких исследований, и поэтому определение величины граничного зерна разделения в перфорированном элементе при воздействии на него закрученного газового потока представляет как научный, так и практический интерес.

Для решения поставленной задачи была подробно рассмотрена физическая картина происходящих явлений. Было выявлено, что критерием прохождения частицы через отверстие перфорации является направление результирующей скорости центра тяжести частицы в момент соприкосновения с противоположной стенкой отверстия. Если результирующая скорость центра тяжести направлена таким образом, что линия действия этой результирующей пройдет выше точки соприкосновения частицы с этой стенкой, то возникнет момент, вырывающий частицу из отверстия; если ниже данной точки, то частица пройдет через отверстие.

В результате анализа сил, действующих на частицу, находящуюся непосредственно у отверстия перфорированного элемента, и учета ее инерционности было получено квадратное уравнение для расчета необходимого диаметра отверстий перфорации, через которые будут проходить частицы с диаметром, равным или меньше  $\delta$ :

$$\frac{0.36\rho_r W_{ист} \left(d - \frac{\delta}{2}\right)^2}{2\delta\rho_4 V_{эл}^2} + \frac{V_r \left(d - \frac{\delta}{2}\right)}{V_{эл}} - \frac{\delta}{2} = 0, \quad (1)$$

где  $\rho_r$  - плотность несущей (газовой) среды, кг/м<sup>3</sup>;  $\rho_4$  - плотность частицы, кг/м<sup>3</sup>;  $w_{ист}$  - скорость истечения газовой среды через отверстия перфорации, м/с;  $d$  - диаметр отверстий перфорации, м;  $\delta$  - размер частицы, м;  $V_{эл}$  - скорость частицы вдоль поверхности

элемента, м/с;  $V_r$  - скорость частицы в радиальном направлении, м/с.

Основными факторами, влияющими на величину скорости частицы, входящую в данное уравнение, являются скорость газового потока и степень его закрутки, определяемая углом наклона лопастей, а также диаметр и плотность частицы. Скорость частицы у стенки перфорированного элемента в зависимости от всех вышеперечисленных параметров была рассчитана на ЭВМ с использованием системы дифференциальных уравнений, описывающих ее движение в данных условиях [1,2].

Скорость истечения воздуха через отверстия при наличии проточного течения газа вдоль перфорированного элемента отлична от статических условий. Большинство исследователей учитывают этот фактор через поправку для коэффициента сопротивления как функцию отношения скорости вдоль перфорированного элемента к скорости истечения [3,4]. Для дальнейших расчетов была выбрана следующая зависимость [5]:

$$\xi = 1 + \left( \frac{W}{W_{ис} \sin \alpha} \right)^{1,2} \quad (9)$$

Величина давления у стенки перфорированного элемента зависит как от скорости движения газового потока, так и от конструктивных параметров. Для определения величины перепада давления проводились эксперименты на опытном перфорированном элементе (см.рис.1).

При проведении экспериментов использовался перфорированный элемент с отверстиями размером 0,4 мм, степень живого сечения составляла 21%. Перепад давления на стенке перфорированного элемента 1 замерялся посредством дифманометра 3. В качестве сыпучего материала использовались частички песка с размером от 0,63 до 2 мм.

Посредством данного перфорированного элемента изучалось воздействие на перепад давления изменения среднерасходной скорости газового потока, нагрузки по сыпучему материалу, степени закрутки газового потока и изменение перепада давления по длине перфорированного элемента. В качестве основных параметров были выбраны среднерасходная скорость газового потока - 12 м/с, угол наклона лопастей завихрителя - 37 град; замеры перепада давления проводились на длине  $L/D=1$ .

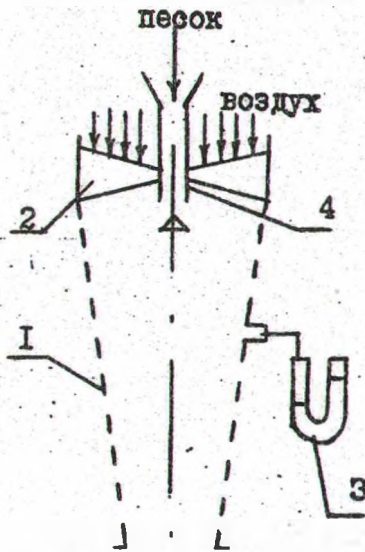


Рис.1. Экспериментальный перфорированный элемент: 1 - перфорированный элемент; 2 - многолопастной завихритель; 3 - дифманометр; 4 - патрубок загрузки сыпучего материала

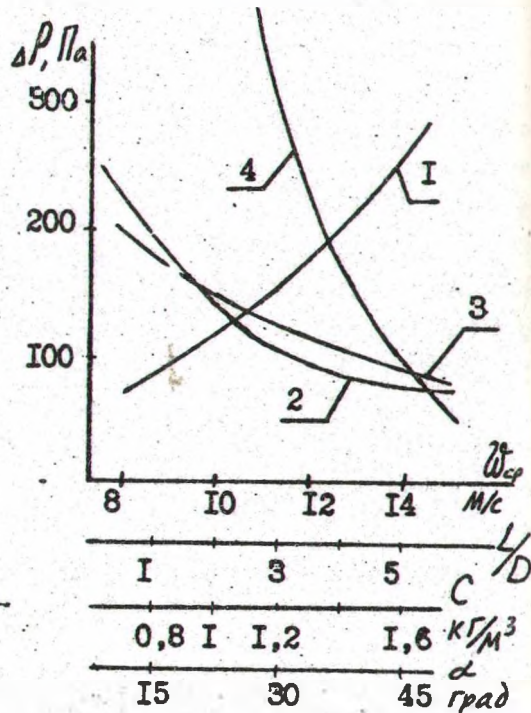
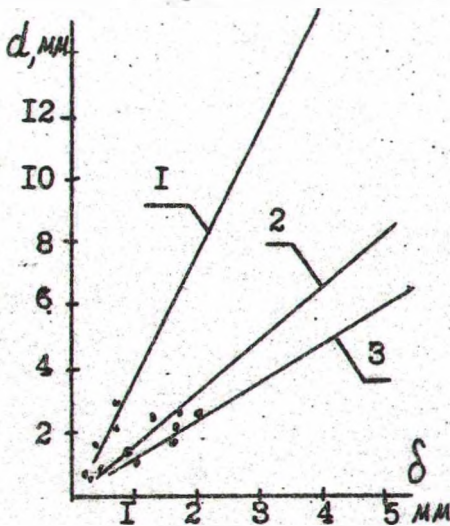
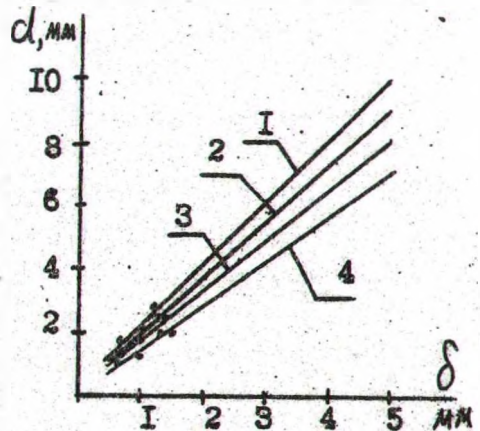


Рис.2. Зависимость давления газа на стенку перфорированного элемента от изменения гидродинамических и конструктивных параметров



1 -  $\alpha=45^\circ$ ; 2 -  $\alpha=37^\circ$ ; 3 -  $\alpha=30^\circ$   
Рис.3. Зависимость минимального диаметра отверстий перфорации от граничного размера частиц



1 -  $W_r = 8$  м/с; 2 -  $W_r = 10$  м/с;  
3 -  $W_r = 12$  м/с; 4 -  $W_r = 14$  м/с  
Рис.4. Зависимость минимального диаметра отверстий перфорации от граничного размера частиц

На рис.2 (кривая 1) приведена экспериментальная зависимость перепада давления у стенки перфорированного элемента от изменения среднерасходной скорости газового потока. Из полученной экспериментальной кривой отчетливо видно, что с ростом среднерасходной скорости газового потока перепад давления у стенки перфорированного элемента также возрастает.

Результаты экспериментальных исследований изменения перепада давления вдоль длины перфорированного элемента показаны на рис.2 (кривая 2). Из полученной графической зависимости отчетливо видно, что перепад давления у стенки перфорированного элемента непрерывно уменьшается вдоль всей его длины по ходу газового потока.

При проведении экспериментальных замеров перепада давления у стенки перфорированного элемента изменялась и нагрузка по сыпучему материалу. Из представленной графической зависимости (рис.2, кривая 3) видно, что с ростом нагрузки по сыпучему материалу величина перепада давления уменьшается.

При увеличении угла наклона лопастей завихрителя наблюдается уменьшение перепада давления у стенки перфорированного элемента. Результаты данных экспериментов приведены в графической форме на рис.2 (кривая 4).

После обработки результатов всех экспериментов по определению перепада давления газового потока на стенке перфорированного элемента была получена эмпирическая зависимость:

$$\Delta P = 80 \rho_r W^2 \left( \frac{L}{D} \right)^{0.5} e^{\frac{1}{0.95C}} e^{\frac{1}{5.38 \sin \alpha}} \quad (3)$$

Зная составляющие скорости частицы при ее подходе к стенке перфорированного элемента, а также скорость истечения газовой среды через эти отверстия, легко найти величину граничного зерна разделения. С этой целью необходимо воспользоваться полученным ранее выражением (1). Результаты таких расчетов приведены в графическом виде на рис.3 и 4. Как видно из данных графических зависимостей, на величину граничного зерна разделения существенное влияние оказывает лишь степень закрутки газового потока. Изменение среднерасходной скорости газового потока к существенным изменениям величины граничного зерна разделения не приводит.

Так как графические зависимости получены теоретическим путем, а величина граничного зерна разделения является одним из важнейших параметров, характеризующих проточные процессы разделе-

ния, была проведена экспериментальная проверка полученных результатов. При проведении экспериментов в качестве основных параметров, постоянство которых соблюдалось в каждом опыте, были выбраны следующие: среднерасходная скорость газовой среды - 12 м/с, угол наклона лопастей завихрителя - 37 град; в качестве разделяемого материала использовался песок. В экспериментальной установке поочередно устанавливались перфорированные элементы с диаметрами отверстий перфорации 1; 1,6; 2; 2,8 мм. В результате анализа дисперсного состава частиц, прошедших через отверстия перфорации, делалось заключение о величине граничного зерна разделения. Результаты экспериментов в виде точек показаны на соответствующих графиках. Как видно из графического материала, результаты теоретических и экспериментальных исследований дают удовлетворительную сходимость.

Анализ полученных результатов исследований позволяет подобрать оптимальные конструктивно-технологические параметры проведения процессов проточного разделения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Соу С.Л. Гидродинамика многофазных систем. М.: Мир, 1971.
2. Николаев Н.А. Исследование и расчет высокоэффективных аппаратов вихревого типа. - Дис... докт. техн. наук. 05.17.08 - Казань, 1974.
3. Рекин А.Д. Экспериментальное определение коэффициента истечения из канала через перфорированные стенки//Инж. - физ. журнал, 1982. - Т.43. N1. - С.54-58.
4. Ханженков В.И. Сопротивление истечению через отверстия в стенке в присутствии проходящего потока//Промышленная аэродинамика. - М.: Оборонгиз, 1959. - Вып.15. - С.5-19.
5. Левданский Э.И. Разработка газоцентрибежных аппаратов для разделения крупнодисперсных гетерогенных систем. - Дис... докт. техн. наук. - Львов, 1990.