

И. А. Левданский, аспирант (БГТУ)  
А. М. Волк, кандидат технических наук,  
доцент (БГТУ)

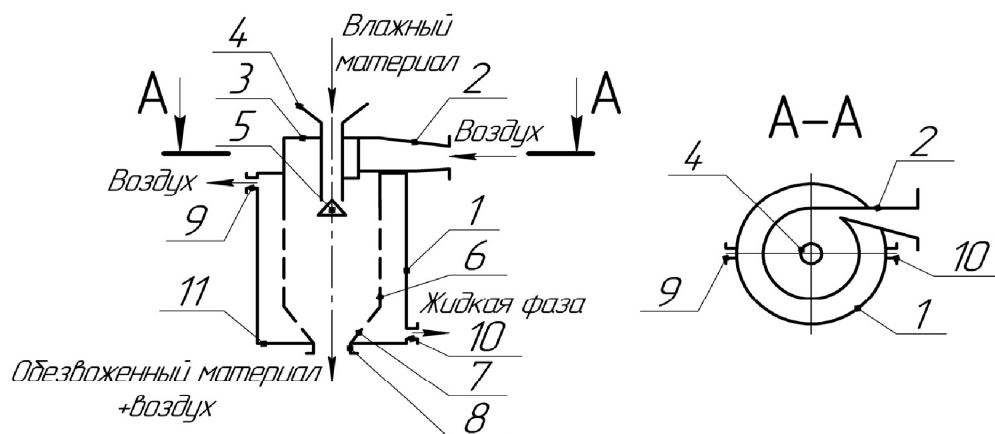
### **ГАЗОЦЕНТРОБЕЖНОЕ ОБЕЗВОЖИВАНИЕ ЗЕРНИСТОГО МАТЕРИАЛА**

Сушка является широко распространённым процессом в химической, пищевой и других родственных отраслях промышленности. Во многих случаях она является конечной стадией производства различных веществ. Так как этот процесс является весьма энергоёмким, то влагу из материала в начале процесса стремятся удалить другими, более дешёвыми способами, например в сгустителях, фильтрах, центрифугах, и только потом оставшуюся влагу удаляют сушкой. Однако и в этом случае требуется большое количество тепла, которое будет расходоваться на испарение влаги, а также на ненужный нагрев всего материала.

Физико-механически связанную влагу, которая свободно удерживается на поверхности твердых частиц влажного материала за счет адгезии, некоторые исследователи предлагают удалять с поверхности частиц, за счет срыва газовым потоком [1,2]. Чтобы осуществить срыв капель влаги с поверхности частиц газовым потоком, необходимо создать достаточно высокую разность скоростей между газом и частицами, что практически осуществить весьма сложно.

Учитывая вышеизложенное, нами исследовалась возможность удаления влаги с поверхности крупнодисперсных частиц (кристаллы солей) более простыми способами. Для этого была предложена идея аэродинамического воздействия на частицы вихревым воздушным потоком с целью придания частицам вращательного движения с высокой угловой скоростью. В этом случае поверхностная влага будет срываться с поверхности частиц. Проблему отделения сорвавшихся с поверхности частицы капель от газового потока предлагается решать с использованием газоцентрибежных разделителей суспензий.

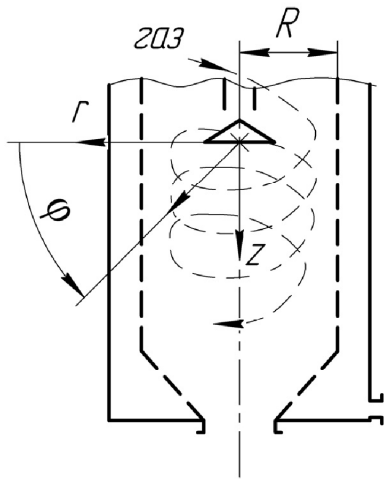
Для того что бы частица, попавшая в газовый поток, приобрела вращательное движение, необходимо, что бы она получила импульс в виде пары сил. Такой импульс, чаще всего может возникнуть из-за несимметричного воздействия на частицу газового потока или касательного удара. Кроме того, вращение может быть обусловлено несовпадением центра тяжести частицы с центром приложения силы и аэродинамического сопротивления, что существенно для частиц неправильной формы. Приведенные факторы, заставляющие частицы вращаться, при движении в газовом потоке, могут действовать в любой комбинации и заставлять вращаться частицы в любом направлении.



- 1 – корпус; 2 – тангенциальная улитка; 3 – крышки; 4 – патрубок;  
 5 – конический отбойник; 6 – перфорированный рабочий элемент;  
 7 – коническая часть рабочего элемента; 8 – разгрузочный патрубок;  
 9 – патрубок удаления воздуха; 10 – патрубок удаления влаги; 11 – днище

**Рис. 1 – Газоцентрибежный влагоотделитель**

Для осуществления нового способа газоцентрибежного вихревого обезвоживания был разработан влагоотделитель который представлен на рис.1. В разработанном аппарате удаление поверхностной влаги с поверхности частиц осуществляется следующим образом. Воздух через улитку подается тангенциально в перфорированный рабочий элемент 6 и приобретает вихревое движение. Влажный материал подаваемый через патрубок 4, ударяется о конический отбойник 5 и разлетаясь в стороны попадает в вихревой газовый поток. Здесь материал диспергирует на отдельные частицы, которые вовлекаются газовым потоком в вихревое движение. За счет центробежных сил, возникающих при вихревом движении, частицы будут отбрасываться к стенке. При движении к стенке на частицу будет воздействовать высокоградиентный газовый поток. Большое различие скоростей газа по обе стороны частицы заставляет её вращаться. Достигнув стенки частицы имеют довольно высокую скорость и ударяются о неё под углом, за счет чего получают дополнительный импульс для вращения. Скорость вращения может достигнуть несколько десятков тысяч оборотов в минуту. При таких скоростях влага находящаяся на поверхности частиц и макропорах преодолевая силы поверхностного натяжения будет срываться с поверхности частиц в виде мельчайших капель и уноситься газовым потоком. При движении в вихревом газовом потоке частицы постоянно соударяются между собой. Соударение влажных частиц между собой, а также удары о стенку способствуют срыву влаги с поверхности. Обдув частиц высокоскоростным потоком, особенно при ударном торможении, также способствует удалению влаги с поверхности частиц.



**Рисунок 2 – Схема  
движение газа  
в перфорированном  
элементе**

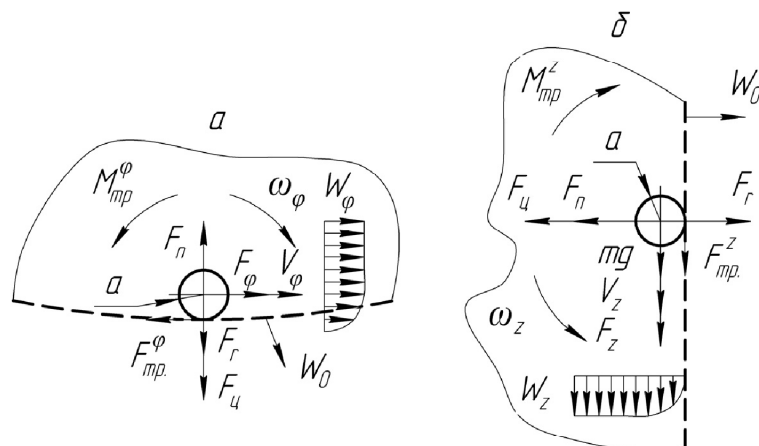
Следует отметить, что частицы достигнув стенки, не перемещаются по ней, а движется вдоль стенки скачками [4]. и таким образом пока они опускаются в низ совершают множество ударов о стенку. Достигнув нижней части конуса 6 обезвоженные частицы через патрубок 7 выводятся из аппарата. При вихревом движении газового потока у стенки создается зона повышенного давления. Поэтому воздух вместе с каплями жидкости достигнув перфорированного корпуса проходят через отверстия, и далее в осадительной камере влага отделяется от газового потока и через патрубок 10 выводятся из аппарата, а воздух поднимается вверх и выходит через патрубок 9.

Рассмотрим движение твердых частиц в закрученном потоке газа. Принимаем, что частицы имеют сферическую форму радиуса  $a$ , плотность  $\rho_a$ , и массу  $m$ , объем  $V$  момент инерции  $I$ . Скорость частицы обозначим через  $v$ , а скорость газового потока через  $w$ . Гидродинамика установившегося движения закрученного газового потока внутри цилиндра радиуса  $R$  описывается уравнениями Навье-Стокса и неразрывности в цилиндрической системе координат  $r, \phi, z$ . Схема движения газа и расположение системы координат представлены на рисунке 2. Для осесимметричных закрученных потоков внутри цилиндра радиальная составляющая скорости  $w_r$  незначительна, и, как правило, в расчетах не учитывается, а профиль осевой составляющей скорости считаем постоянным по длине цилиндра

Напишем в цилиндрической системе координат уравнения движения твердой частицы под воздействием закрученного газового потока [3].

$$\left\{ \begin{array}{l} m \left( \frac{dv_r}{dt} - \frac{v_\phi^2}{r} \right) = F_r - F_n, \\ m \left( \frac{dv_\phi}{dt} + 2 \frac{v_\phi v_r}{r} \right) = F_\phi - F_{TP}^\phi, \\ m \frac{dv_z}{dt} = mg + F_z + F_{TP}^z - F_A, \\ I \frac{\partial \omega_\phi}{\partial t} = M_{TP}^\phi, \quad I \frac{\partial \omega_z}{\partial t} = M_{TP}^z. \end{array} \right.$$

Входящие в систему уравнений силы, изображены на рис. 3 и описаны в работе [4].



$a$  – касательные составляющие;  
 $b$  – нормальные и осевые составляющие действующих сил  
**Рисунок 3 – Схема действующих сил на частицу**

Расчет движения частиц по указанной математической модели позволяет рассчитать их траектории, характер движения и оценить эффективность процесса обезвоживания.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Филиппов В.А. Технология сушки и термоаэроклассификация углей. – М.: Недра, 1987 г., 287с.
2. Кваша В.Б., Чижов В.В., Айнштейн В.Г. Срыв влаги с поверхности частиц в инжекторном слое // Инженерно-физический журнал. – 1976, – т. XXX, № 3.
3. Кутепов А. М., Латкин А. С. Вихревые процессы для модификации дисперсных систем. – М.: Наука, 1992. – 250 с.
4. Волк, А. М., Терешко Е. В. Анализ сил, действующих на твердую частицу в сплошном потоке// Труды БГТУ. – 2015. – № 6: Физ.-мат. науки и информатика. – С. 10–14.