

**ИССЛЕДОВАНИЕ СТОЛКНОВЕНИЯ ЧАСТИЦЫ, ДВИЖУЩЕЙСЯ В
ПОТОКЕ ГАЗА С ТВЕРДОЙ СТЕНКОЙ**

Н.А. Мамадраимова, А.В. Андриасян, О.В. Матвиенко

Научный руководитель: профессор, д.ф.-м.н. О.В. Матвиенко

Томский государственный архитектурно-строительный университет

Россия, г. Томск, пл. Соляная, 2, 634003

E-mail: mamadraimova96@mail.ru

**INVESTIGATION COLLISION OF THE PARTICLES, MOVING IN THE
STREAM OF GAS WITH THE FIRM WALL.**

N.A. Mamadraimova, A.V. Andriasyan, O.V. Matvienko

Scientific Supervisor: Prof., Dr. O.V. Matvienko

Tomsk State University of Architecture and Building, Department of theoretical mechanics,

Solyanaya sq, 2, Tomsk, 634003, Russia

E-mail: matvolegv@mail.ru

***Abstract.** The processes of extracting particulate matter include air, generally, the deposition of particles on dry or wetted surfaces and removing deposits from deposition surfaces. In the dust collector and the separation devices following methods of separating suspended solids from the weighing medium used: sedimentation in the gravitational field, sedimentation under the influence of inertial forces, as well as the deposition in a centrifugal field. Shock interaction of particles with the wall is a subject of research for a long time. Much of the research has been devoted to "dry" particles collision with the wall, that is a collision in a vacuum or an environment with little resistance. An important parameter characterizing the process of collision is elastic recovery ratio, defined as the ratio of the speed after impact to the velocity before impact.*

The calculation results show that the transfer of particles substantially in the horizontal direction depends on the particle diameter. Indeed, with an increase in particle size increases their inertia and the flow can not carry them over long distances. Furthermore, increase in size leads to an increase of deposition rate on the surface. Thus, smaller particles are transported over long distances than larger.

This trend is observed for the particle size of less than 100mikron (seen in the movement of air). Next, mode of interaction with the wall varies greatly. Beat ceases to be completely inelastic. Particles incident on the wall is obtained momentum directed away from the wall and carried into the stream. Then, under the influence of gravitational forces they rise speed is slowed down, and the particles begin to move back towards the wall.

The number of collisions increases with particle size. Thus, in the hammer mode of interaction the length to which the particles are transported, with their diameter increases.

Введение. В пылеочистительной технике большое распространение получили циклоны различных конструкций, однако принцип их работы одинаков и основан на использовании центробежной силы [1–6]. При центробежном разделении дисперсной смеси придается вращательное движение внутри циклонного аппарата, при этом твердые частицы отбрасываются центробежной силой на периферию

аппарата к его стенке. При этом ударное взаимодействие частицы со стенкой во многом определяет ее дальнейшее движение и влияет на качество сепарации.

Метод исследования. Для моделирования движения одиночной частицы воспользуемся следующими предположениями:

- движение частицы происходит в сдвиговом потоке с линейным законом изменения скорости

$$U_x = \gamma z$$

- частицы дисперсной фазы предполагаются, сферическими, твердыми и недеформируемыми;

Уравнение движения центра масс частицы можно записать в виде:

$$\rho V(1+C_{vm})\vec{F}_D + \vec{F}_F + \vec{F}_S + \vec{F}_M + \vec{F}_B + (1+C_{vm})\rho_B \sqrt{\frac{Dv_B}{Dt}} + (\rho - \rho_B) \vec{F}_G$$

$$\frac{d\vec{\omega}_p}{dt} = \frac{60\mu_B}{d_p^2} (\text{rot } \vec{v}_B - \vec{\omega}_p)$$

$$\begin{cases} \frac{dx_p}{dt} = U_x, \\ \frac{dy_p}{dt} = U_y, \\ \frac{dz_p}{dt} = U_z, \end{cases}$$

Начальные условия имеют вид:

$$t = 0: x = 0, z = h, U_x = 0, U_z = 0,$$

Рассмотрим особенности соударения частицы со стенкой. В теории удара принято выделять две фазы ударного взаимодействия. В течении первой фазы удара (фазы сжатия) происходит деформация и торможение частицы. Во время этой фазы кинетическая энергия частицы переходит в потенциальную энергию сил упругости и частично расходуется на нагревание тела. Во время второй фазы удара (фазы восстановления) деформации частицы исчезают, частица восстанавливает свою форму. Потенциальная энергия переходит в кинетическую, и частица отскакивает от поверхности.

Изменение трансляционной и вращательной скорости движения частицы вследствие удара может быть определено методами теоретической механики с использованием основных теорем динамики материальной точки. При этом надо иметь в виду, возможно три сценария удара частицы о поверхность:

1. скольжение частицы прекращается в течение фазы сжатия;
2. скольжение частицы прекращается в течение фазы восстановления;
3. частица скользит по поверхности стенки в течение всего процесса удара.

Тип удара определяется величиной коэффициента статического трения, коэффициента восстановления, а также скоростью частицы в момент соударения.

Первый тип удара имеет место при выполнении следующих условий

$$\sqrt{\left(v_{ex} + \frac{1}{2}d_p\omega_{ey}\right)^2 + \left(v_{ey} + \frac{1}{2}d_p\omega_{ex}\right)^2} < \frac{7}{2}f(1+e)v_{ez}$$

В этом случае, компоненты скорости движения центра масс частицы могут быть определены как:

$$v_{rx} = \frac{5}{7}\left(v_{ex} + \frac{1}{2}d_p\omega_{ey}\right) \quad v_{ry} = \frac{5}{7}\left(v_{ey} + \frac{1}{2}d_p\omega_{ex}\right)$$

$$v_{rz} = -ev_{ez}$$

Компоненты вектора угловой скорости вращения частицы после удара найдутся как:

$$\omega_{rx} = 2 \frac{v_{ry}}{d_p}, \omega_{ry} = 2 \frac{v_{rx}}{d_p}, \omega_{rz} = \omega_{ez}. \quad (5)$$

Если условие (5) не выполняется, реализуется второй или третий тип удара. При этом скорости частицы после соударения найдутся как:

$$\begin{aligned} v_{rx} &= v_{ex} + \varepsilon_x f(1+e)v_{ez}, & v_{ry} &= v_{ey} + \varepsilon_z f(1+e)v_{ez}, \\ v_{rz} &= -ev_{ez} \\ \omega_{rx} &= \omega_{ex} - 5\varepsilon_y f(1+e) \frac{v_{ez}}{d_p}, & \omega_{ry} &= \omega_{ey} - 5\varepsilon_x f(1+e) \frac{v_{ez}}{d_p} \\ \omega_{ez} &= \omega_{ez} \end{aligned}$$

Направляющие косинусы ε_x и ε_y определяются следующим образом:

$$\begin{aligned} \varepsilon_x &= \frac{\left(v_{ex} + \frac{1}{2}d_p\omega_{ey}\right)}{\sqrt{\left(v_{ex} + \frac{1}{2}d_p\omega_{ey}\right)^2 + \left(v_{ey} + \frac{1}{2}d_p\omega_{ex}\right)^2}} \\ \varepsilon_y &= \frac{\left(v_{ey} - \frac{1}{2}d_p\omega_{ex}\right)}{\sqrt{\left(v_{ex} + \frac{1}{2}d_p\omega_{ey}\right)^2 + \left(v_{ey} - \frac{1}{2}d_p\omega_{ex}\right)^2}} \end{aligned}$$

Коэффициент восстановления рассчитывается согласно зависимости

$$\frac{e}{e_{max}} = f(Stk) = (1 - \exp(-0,043 \cdot Stk))^{3,29}, \text{ где } e_{max} - \text{коэффициент восстановления в вакууме,}$$

$$Stk = \rho_p v_n d_{p/\mu} \text{ } Stk - \text{число Стокса.}$$

Результат. Перенос частиц в горизонтальном направлении существенно зависит от диаметра частиц. Действительно, с увеличением размеров частиц увеличивается их инерционность, и поток не может переносить их на большие расстояния. Кроме того, увеличение размеров, приводит к увеличению скорости их осаждения на поверхность. Таким образом, более мелкие частицы переносятся на большие расстояния, чем более крупные.

Отметим, что число соударений увеличивается с ростом размеров частиц. Таким образом, в режиме ударного взаимодействия длина участка, на который переносятся частицы, возрастает с их диаметром.

1. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

2. Дик И.Г., Матвиенко О.В., Неессе Т. Моделирование гидродинамики и сепарации в гидроциклоне // Теоретические основы химической технологии, 2000, Том 34, № 5, с. 478 – 488.
3. Матвиенко О.В. Анализ моделей турбулентности и исследование структуры течения в гидроциклоне // Инженерно-Физический журнал, 2004. Т. 77, № 2, с. 58-64.
4. Матвиенко О.В., Дик И.Г. Численное исследование сепарационных характеристик гидроциклона при различных режимах загрузки твердой фазы //Теоретические основы химической технологии, 2006, Т. 40, № 2, с. 216 –221.
5. Матвиенко О.В., Агафонцева М.В. Численное исследование процесса дегазации в гидроциклонах. //Вестник Томского государственного университета. Математика и механика. 2012. № 4(20), С. 107-118.
6. Матвиенко О.В., Евтюшкин Е.В. Теоретическое исследование процесса очистки загрязненной нефтью почвы в гидроциклонных аппаратах //Инженерно-Физический журнал, 2007. Т. 80, № 3, с. 72-80.