

Рисунок 3 — Трёхмерные модели призматического фасонного резца и детали заданного профиля

На основе полученной трехмерной модели в автоматизированном режиме можно получить рабочий чертеж проектируемого инструмента.

Аналогичная методика реализуется и для круглого фасонного резца.

Профилирование фасонных резцов с использованием возможностей Autodesk Inventor существенно облегчает и ускоряет процесс проектирования призматических и круглых фасонных резцов, повышает качество проектирования и делает процесс создания визуально наглядным и понятным.

Проект имеет практическую направленность. Результаты проекта могут быть использованы на машиностроительных предприятиях и в учебном процессе, при изучении соответствующих разделов специальных дисциплин. Представленные материалы является составной частью комплексной работы, связанной с автоматизацией проектирования режущих инструментов.

УДК 677.024

## АЭРОДИНАМИКА ДВИЖЕНИЯ ЧАСТИЦ В ЗАКРЫТОМ ПРОСТРАНСТВЕ

*Студ. Быстриков П.А., асп. Парманчук В.В., к.т.н, проф. Ольшанский В.И.*

*Витебский государственный технологический университет*

Процесс аэродинамического напыления мелкодисперсных частиц заключается в том, что весь материал, подающийся из бункера, независимо от размеров частиц должен уноситься потоком воздуха в зону напыления и далее на подложку.

Если рассмотреть движение частиц в бункере в осевом потоке, то при такой подаче воздуха возникает сложность с его равномерным распределением, образуются зоны с пониженной скоростью газа, в которых материал не уносится вверх, а проваливается вниз, что нарушает режим напыления, поэтому в предложенной модели напыления распределение потока воздуха происходит под углом, т.е. тангенциальный подвод несущей среды [3].

Найдем геометрическую форму изогнутой оси потока воздушной струи с мелкодисперсными частицами, образуемого подачей воздуха под углом. Воспользуемся прямоугольной системой координат с горизонтальной осью  $x$  и вертикальной  $z$ . Началом координат является центр приточного отверстия [1].

При истечении нагретого воздуха струя с мелкодисперсными частицами изгибается вверх и отклоняется от луча на отрезок  $z_n$ .

Уравнение изогнутой оси воздушного потока:

$$z = x \operatorname{tg} \beta + z_n \quad (1)$$

Для оценки величины отрезка  $z_n$  зададим в области центрального потока элементарный объем воздуха  $dV$ .

Масса выделенного объема воздуха:

$$dm = \rho_s dV \quad (2)$$

Подъемная (архимедова) сила, действующая на этот объем:

$$dP = g(\rho_\infty - \rho_s) dV \quad (3)$$

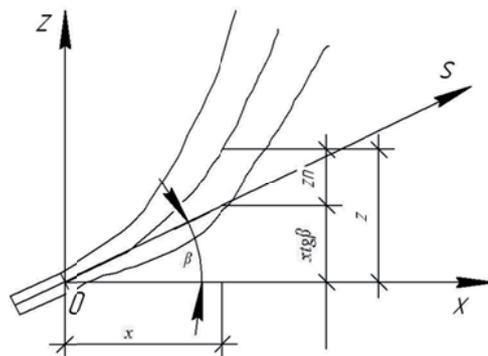


Рисунок 1 – Воздушный поток под углом к плоскости горизонта

Тогда вертикальное ускорение, вызванное действием силы, найдем по следующей формуле:

$$j = \frac{dP}{dV} = \frac{g(\rho_\infty - \rho_s)}{\rho_s} \quad (4)$$

Выразим ускорение через производную скорости по времени и определим скорость вертикального перемещения выделенного объема воздуха:

$$w_n = \frac{g}{T_\infty} \int_0^s \frac{\mathcal{G}_s}{u_s} ds \quad (5)$$

где  $\mathcal{G}_s$  – избыточная температура воздуха на оси струи на расстоянии  $s$  от начала истечения.

Для воздушного потока, образованного компактной струей, связь между скоростью и расстоянием выражается зависимостью

$$u_s = \frac{m u_0}{s} \sqrt{F_0} \quad (6)$$

где  $m$  – аэродинамической характеристики приточной струи;  
 $n$  – тепловая характеристика струи.

Выразим скорость через производную пути по времени и, решая дифференциальное уравнение, найдем формулу определения расстояния  $z_n$ . Замена координаты  $s$  на  $x / \cos \beta$  и подстановка значения  $z_n$  в исходное уравнение приводят к уравнению изогнутой оси компактного фонтана нагретого воздуха, истекающего под углом к горизонту:

$$z = x \operatorname{tg} \beta + \frac{n}{3m^2} \frac{g}{T_\infty} \frac{\mathcal{G}_0}{u_0^2 \sqrt{F_0}} \frac{x^3}{\cos^3 \beta} \quad (7)$$

Представим полученное уравнение в другой записи:

$$z = x \operatorname{tg} \beta \pm \frac{x^3}{3H^3 \cos^3 \alpha} \quad (8)$$

где  $H$  – геометрическая характеристика компактного воздушного потока;

Геометрическую характеристику  $H$  можно определить через секундное количество подаваемого воздуха и площади приточного отверстия:

$$H = \sqrt{\frac{m^2 T_\infty L_0^2}{n g F_0^{3/2} \mathcal{G}_0}} \quad (9)$$

Режим движения потока может быть ламинарным или турбулентным. Критерием, определяющим режим потока, служит показатель  $Re_{\delta\delta}$  - критическое число Рейнольдса. Для труб различных сечений число Рейнольдса определяют с учетом размеров сечений [1]:

$$Re = \frac{V d_y}{\nu} \quad (10)$$

где  $d_y$  – эквивалентный диаметр сечения, м.

Эквивалентный диаметр сечения:

$$d_y = 4r_a = \frac{4S}{P} = \frac{2ab}{a+b} \quad (11)$$

Критические скорости:

$$g_{\text{ср}} = \frac{Re \nu}{d_y} \quad (12)$$

Бункер состоит из следующих конструктивных элементов: рабочая камера, приемная камера, камера смешения и транспортирующая камера. Участок бункера, представленного на рисунке 3, между сечениями 1-2-3 рассмотрим как струйный инжектор с газовой рабочей средой и сыпучей инжектируемой средой. Участок между сечениями 3-5 является камерой транспортирования. Основные геометрические параметры камеры транспортирования приняты на основании предварительных экспериментов, расчетов и анализа литературных источников.

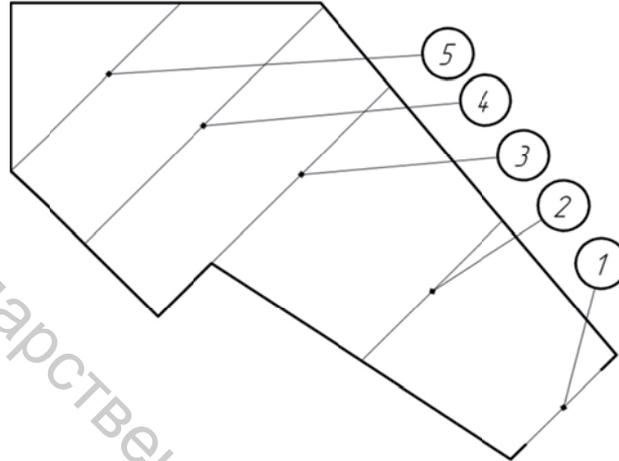


Рисунок 2 – Принципиальная схема аэродинамического устройства

Распределение скоростей мелкодисперсных частиц и направление потока можно увидеть при моделировании воздушного потока (рисунок 3).

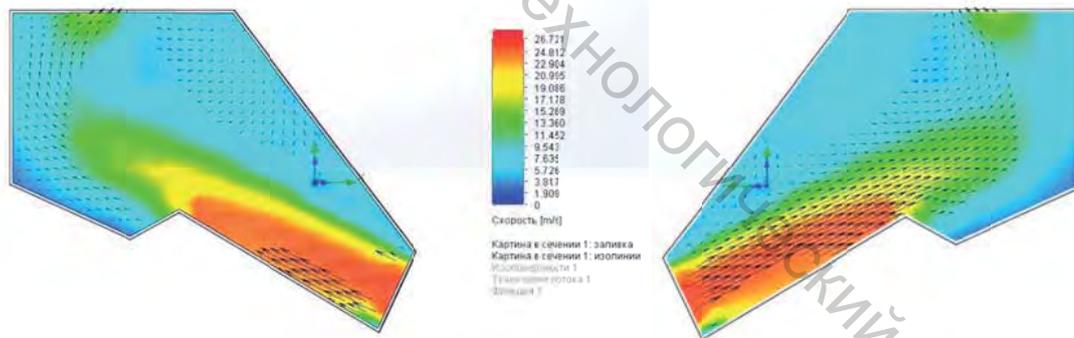


Рисунок 3 – Распределение воздушного потока в сечении

Определим эквивалентные диаметры каждого сечения и критические скорости:

$d_{\text{ср}1}=87,22 \text{ мм}; d_{\text{ср}2}=173,3 \text{ мм}; d_{\text{ср}3}=210,7 \text{ мм}; d_{\text{ср}4}=232,9 \text{ мм}; d_{\text{ср}5}=218 \text{ мм};$

$U_{\text{кр}1} = 26,7 \text{ м/с}; U_{\text{кр}2} = 20,995 \text{ м/с}; U_{\text{кр}3} = 17,178 \text{ м/с}; U_{\text{кр}4} = 11,452 \text{ м/с}; U_{\text{кр}5} = 3,817 \text{ м/с}.$

При установленных экспериментально значениях ( $m = 6,88; n = 6,2; F = 0,104 \text{ м}^2$ ) определим геометрическую характеристику  $H$  через секундное количество воздушного потока и площади приточного отверстия  $H = 0,386 \text{ м}.$

Список использованных источников

1. Шепелев И. А. Аэродинамика воздушных потоков в помещении. М., Стройиздат, 1978. 144 с.
2. Краснов Н.Ф. Аэродинамика / Краснов Н.Ф. М.Высшая школа 1976 – 384 с.
3. Парманчук В.В., Олышанский В.И. Математическое моделирование процесса аэродинамического напыления мелкодисперсных частиц // Материалы докладов IX Международной научно-технической конференции «Динамика систем, механизмов и машин», г. Омск, – 2014. – №3. – С. 200-204