

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПНЕВМОТЕКСТУРИРОВАННЫХ ХИМИЧЕСКИХ НИТЕЙ НАГОННЫМ СПОСОБОМ

Коган А.Г., Смелков Д.В.

Для получения пневмотекстурированных химических нитей нагонным способом применяют множество аэродинамических устройств (АУ) различных конструкций. В данной работе предлагается математическое описание основных конструктивных параметров АУ, показанного на рис.1. Устройство состоит из двух втулок. Первая содержит ступенчатую транспортирующую камеру (ТК) и наклонный канал для подачи сжатого воздуха. Вторая содержит цилиндрическо-коническую пневмотекстурирующую камеру (ПТК) и два расположенных перпендикулярно к оси ПТК радиальных канала для подачи сжатого воздуха.

Для определения диаметра (мм) входного отверстия или узкой части ТК можно применить известную формулу проф. Л.С.Смирнова [1]:

$$D_{\text{вх}} = 0,355 / \sqrt{10 \cdot (p_{n1} + p_{n2} + \dots + p_{nm}) / (T_{n1} + T_{n2} + \dots + T_{nm})} + 0,1 \quad (1)$$

где p_{n1}, \dots, p_{nm} - плотность нитей, входящих в комбинированную нить, г/см^3 ; T_{n1}, \dots, T_{nm} - линейная плотность нитей, составляющих комбинированную нить, текс.

Используя законы, описывающие процессы, характерные для струйных аппаратов (форсунки являются разновидностью струйных аппаратов), найдем зависимость диаметра цилиндрической части осевого канала ПТК АУ от газодинамических и конструктивных параметров форсунки.

Процессы, характерные для всех без исключения струйных аппаратов, описываются тремя законами [2]:

сохранения энергии;

сохранения массы

$$Q_{\text{вс}} = Q_{\text{вр}} + Q_{\text{ви}}, \quad (2)$$

где $Q_{\text{вр}}, Q_{\text{ви}}$ и $Q_{\text{вс}}$ - массовые расходы рабочего, инжектируемого и смешанного потоков, кг/с ;

сохранения импульса, который для камеры смешения цилиндрической формы выражается так:

$$I_{\text{р}} + I_{\text{и}} = I_{\text{с}} \quad (3)$$

где $I_{\text{р}}, I_{\text{и}}$ - импульс рабочего и инжектируемого потоков во входном сечении камеры, Н ; $I_{\text{с}}$ - импульс смешанного потока в выходном сечении камеры смешения, Н .

Можно сказать, что сумма импульсов входящих потоков равна сумме импульсов выходящих потоков. Импульс потока в любом сечении выражается формулой:

$$I = Q_{\text{в}} w + P S, \quad (4)$$

где $Q_{\text{в}}$ - массовый расход, кг/с , w - скорость потока, м/с , P - давление воздуха, Па , S - сечение, м^2 .

Рассмотрим сначала ТК (рис.2,а). По закону сохранения импульса можно записать $I_1 = I_1'' + I_1'$. Но, так как нам необходимо создать эффект всасывания воздуха в ТК, то с некоторым допущением принимаем $I_1'' = 0$, и тогда:

$$I1=I1'=Qv1v1+P1S1, \quad (5)$$

где $Qv1$ - массовый расход воздуха в ТК, кг/с; $v1$ - скорость воздуха в наклонном канале, м/с; $P1$ - давление воздуха в наклонном канале, Па; $S1$ - площадь сечения наклонного канала, м².

Для ПТК (рис.2,6) закон сохранения импульса запишется следующим образом:

$$2I2=I3+I4. \quad (6)$$

Принимая во внимание то, что поток воздуха в идеальном случае выходит из АУ в атмосферу только в направлении движения нитей, можно предположить, что $I4 < I1' = I1$, или в критическом случае $I4 = I1$. Тогда $2I2 = I3 + I1$. Выражаем отсюда $I3$: $I3 = 2I2 - I1$. После подстановки соответствующих выражений для импульсов $I1, I2$ и $I3$ получим:

$$Qv3v3 + P3S3 = 2(Qv2v2 + P2S2) - (Qv1v1 + P1S1), \quad (7)$$

где $v3$ - средняя скорость потока воздуха в осевом канале ПТК, м/с; $v2$ - скорости потока воздуха в радиальных каналах ПТК, м/с; $P2$ и $P3$ - давления воздуха соответственно в радиальных и осевом каналах, Па; $S2$ и $S3$ - площади сечений соответственно радиальных и осевого каналов, м²; $Qv2$ - массовый расход воздуха в радиальных каналах, кг/с; $Qv3$ - массовый расход воздуха в осевом канале (или в камере смещения), кг/с. Согласно закону сохранения массы

$$Qv3 = Qv2 + Qv1 \quad (8)$$

В ПТК форсунки переход радиального канала в осевой канал можно считать внезапным расширением поперечного сечения воздуховода. Потери давления при внезапном расширении воздуховода равны скоростному давлению потерянной скорости [3]:

$$\Delta P = (\gamma/2)(v2 - v3)^2, \quad (9)$$

где γ - плотность воздуха в радиальных каналах, кг/м³.

Тогда давление в осевом канале:

$$P3 = P2 - \Delta P = P2 - (\gamma/2)(v2 - v3)^2 \quad (10)$$

Подставляя в формулу (7) уравнения (8) и (10) и выражая из полученного выражения площадь сечения $S3$, получим зависимость $S3$ от скорости $v3$:

$$S3 = (2(Qv2v2 + P2S2) - (Qv1v1 + P1S1) - (Qv2 + Qv1)v3) / (P2 - (\gamma/2)(v2 - v3)^2)$$

Диаметр осевого канала ПТК равен $D = \sqrt{4 \cdot S3 / \pi}$. Учитывая то, что значения $Qv1, Qv2, v1, v2, P1, P2, S1, S2$ и γ определяются экспериментально, для нескольких наборов этих параметров можно определить функции $D = f(v3)$ и построить графики этих функций. По графикам этих функций находят оптимальные сочетания диаметра осевого канала и средней скорости потока воздуха в нем.

При окончательном выборе диаметра осевого канала ПТК необходимо учитывать геометрические характеристики текстурируемых нитей (размеры получаемых петель, площади поперечных сечений элементарных волокон и др.).

ВЫВОДЫ

Найдена зависимость $D = f(v3)$ диаметра цилиндрической части пневмотекстурирующей камеры аэродинамического устройства от средней скорости воздушного потока в ней.

Предложена формула для расчета диаметра входного отверстия транспортирующей камеры аэродинамического устройства.

Литература:

1. Усенко В.А. и др. Производство текстурированных нитей и высокообъемной пряжи.- М.: Легкая индустрия, 1980.-256с.
2. Соколов Е.Я., Зингер П.М.. Струйные аппараты.- М.: Энергоатомиздат, 1989.
3. Талиев В.Н. Аэродинамика вентиляции: Учебное пособие для вузов.- М.: Стройиздат, 1979.-295с.

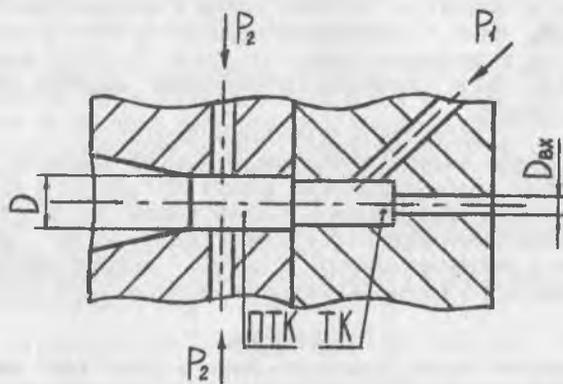


Рис 1.

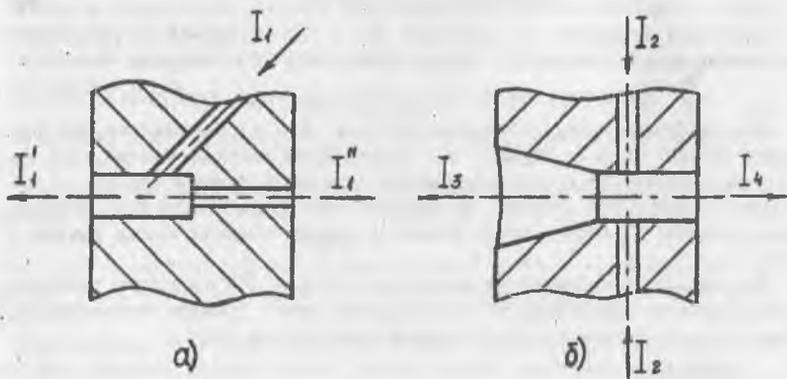


Рис 2.