

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССА ПНЕВМОТЕКСТУРИРОВАНИЯ

С.С. МЕДВЕЦКИЙ, В.И. ОЛЫШАНСКИЙ, А.Г. КОГАН

(Витебский государственный технологический университет)

Для получения пневмотекстированных нитей (ПТН) высокого качества необходимо установить взаимосвязь между конструктивными параметрами камеры пневмотекстирования (ПТК) и параметрами обрабатываемой нити, а также проанализировать характер взаимодействия образуемых воздушных потоков.

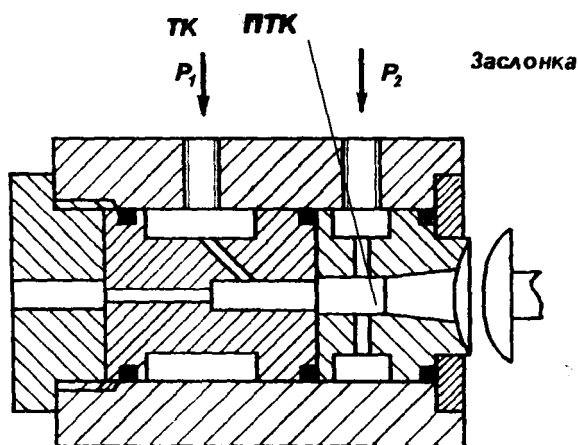


Рис. 1

Исследовали аэродинамическое устройство [1], состоящее из двух камер: транспортирующей (ТК) и ПТК (рис.1).

В ПТК элементарные нити подвергались воздействию радиально направленных перпендикулярных воздушных струй, перепугиваясь между собой и создавая стабильную петельную структуру нити.

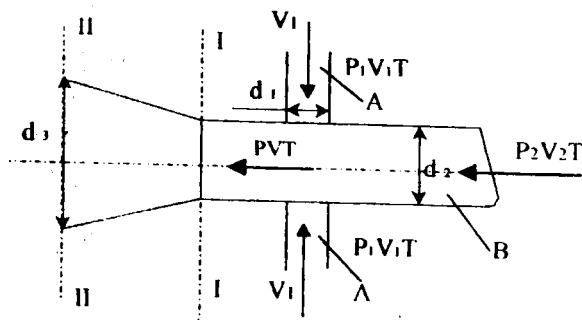


Рис.2

Расчетная схема ПТК представлена на рис.2.

Определим максимальную скорость движения воздуха в каналах А и В из уравнения массовых расходов воздуха.

Для каналов А:

$$v_{\max 1} = \frac{4Q_1RT}{P_1\pi d_1^2}, \quad (1)$$

для канала В:

$$v_{\max 2} = \frac{4Q_2RT}{P_2\pi(d_2^2 - d_n^2)}, \quad (2)$$

где R - газовая постоянная; T - температура воздуха; d_n - диаметр нити; Q_1, Q_2 - максимальный расход воздуха в каналах А и В; d_1, d_2 - диаметры каналов А и В; P_1, P_2 - давление воздуха в каналах А и В; V_1, V_2 - скорость воздуха в каналах А и В.

Закон, характеризующий профиль распределения скоростей в каналах А и В, представим в виде [2]:

$$v = v_{\max} \left(\frac{2Y}{d} \right)^{0.9\sqrt{\lambda}}, \quad (3)$$

где λ - коэффициент трения, d - диаметр канала;

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{K_3}{d} + \frac{68}{Re} \right)^{0.25}; \quad (4)$$

$K_3=0,014$ - для каналов из стали; Re - критерий Рейнольдса.

Задаваясь рядом значений $0 \leq Y \leq d/2$, построим профиль распределения скоростей воздуха в каналах А и В.

Для определения скорости и давления сжатого воздуха в ПТК (сечение 1-1), рассмотрим систему уравнений (5), где первое уравнение - неразрывности (сохранения массовых расходов), а второе - уравнение Бернулли для сжимаемых жидкостей.

Для первого уравнения системы допускаем, что потоки, подаваемые через радиальные каналы, симметрично распределяются по ходу движения нити и обратно ее движению и что обратный поток частично компенсируется потоком воздуха, подаваемого в ПТК. В левой части уравнения - параметры суммарного воздушного пото-

ка, подаваемого в камеру через каналы диаметра d_1 и d_2 , а в правой части - параметры установившегося потока в сечении 1-1. Для второго уравнения системы в левой части - параметры установившегося потока в сечении 1-1, а в правой части - параметры установившегося потока в сечении II-II с учетом потерь:

$$\begin{cases} P_1 V_1 \omega_1 + P_2 V_2 \omega_2 = P V \omega_2, \\ P \frac{d_2^2 - d_H^2}{d_3^2 - d_H^2} = \left[P - 0.5 \left(1 - \frac{d_3^2 - d_H^2}{d_2^2 - d_H^2} \right)^2 \frac{V^2}{2Q} \right], \end{cases} \quad (5)$$

где $\omega_1 = \frac{\pi d_1^2}{4}$; $\omega_2 = \frac{\pi(d_2^2 - d_H^2)}{4}$ - площадь сечения камер А и В; P - давление воздуха в камере; V - скорость воздуха; Q - плотность воздуха.

Решая систему, рассчитаем параметры сжатого воздуха для установившегося воздушного потока в любом сечении ПТК.

Величину радиуса камеры текстурирования R_K найдем, учитывая угол обтекания нити воздухом γ [3] и закон сохранения массы нити при взаимодействии с потоками сжатого воздуха с параметрами P и V (рис.3).

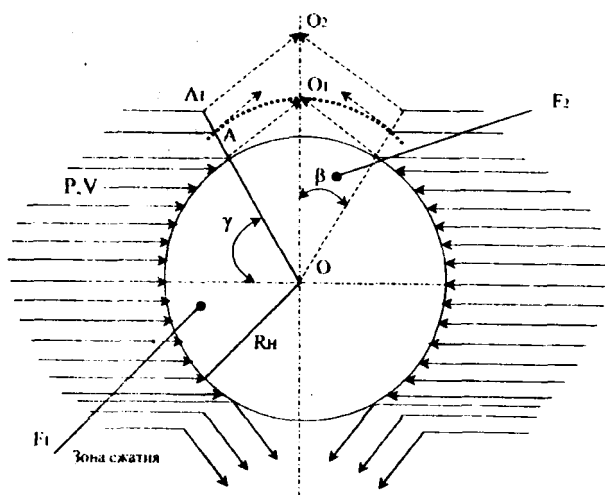


Рис. 3

Площадь сечения нити, сжимаемого воздушным потоком:

$$F_1 = \frac{\pi R_H^2 2\gamma}{360}, \quad (6)$$

где R_H - радиус обрабатываемой нити. Недеформируемая площадь

$$F_2 = \frac{\pi R_H^2 2\beta}{360}. \quad (7)$$

При перемещении сжатого сечения в область недеформируемого должно сохраняться соотношение

$$F_1 + F_2 = F, \quad (8)$$

где

$$F = \frac{\pi X^2 2\beta}{360}. \quad (9)$$

Здесь $X=OO_1$ - средний радиус сечения текстурированной нити:

$$X = \sqrt{\frac{R_H^2 (2\gamma + 2\beta)}{2\beta}}. \quad (10)$$

Учитывая законы обтекания деформированного цилиндра, определим величину радиуса камеры текстурирования $R_K=OO_2$ (рис.3).

После геометрических преобразований получим

$$OO_2 = R_K = \frac{OA_1}{\cos \beta} = \frac{\sqrt{\frac{R_H^2 (2\gamma + 2\beta)}{2\beta}}}{\cos^2 \beta}. \quad (11)$$

Рассчитаем величину диаметра радиальных каналов ПТК. Для полного воздействия на участок нити диаметр канала d должен быть равен

$$\mu d = d_{\text{нити}}, \quad (12)$$

где μ - коэффициент сжатия.

Определим μ по формуле С.А. Чаплыгина [4]:

$$\mu = \frac{\pi}{\pi + 2 - 5S_1 + 2S_1^2}. \quad (13)$$

Для практических расчетов (пренебрегая величиной S)

$$\mu = \frac{\pi}{\pi + 2} = 0,61. \quad (14)$$

Тогда диаметр d радиального канала

$$d = \frac{d_{\text{нити}}}{\mu}. \quad (15)$$

В результате проведенных экспериментов по оптимизации геометрических параметров ПТК выявлено, что погрешность между теоретическими расчетами и экспе-

риментальными данными не превышает 3%. Это подтверждает правильность выбора теоретических предпосылок взаимодействия нити со струей сжатого воздуха.

ВЫВОДЫ

1. Разработана методика расчета параметров сжатого воздуха в любом сечении камеры текстурирования.

2. Получены математические зависимости, связывающие геометрические параметры ПТК с диаметром обрабатываемой нити.

ЛИТЕРАТУРА

1. Смелков Д. В. Получение пневмотекстурированных нитей нагонным способом: Дис. ... канд. техн. наук. - Витебск, 1997. С. 46...48.
2. Альшиткуль А.Д., Киселев П.Г. Гидравлика и аэродинамика. - М.: Стройиздат, 1975.
3. Гуревич М.И. Теория струй идеальной жидкости 2ч. - М.: Гос.издание физики и математики, 1961.
4. Чаплыгин С.А. О силах, действующих на цилиндр, обтекаемый потоком с образованием поверхностей разрыва. // Сб. ЦАГИ. - 1935, №3, вып.240.

Рекомендована кафедрой прядения натуральных и химических волокон. Поступила 20.04.00.