

УДК 677.21.022.484.4:533.6

**ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК
АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО ПОТОКА
НА ПНЕВМОМЕХАНИЧЕСКОЙ ПРЯДИЛЬНОЙ МАШИНЕ
ППМ-120-А1М**

А.Ф. ПЛЕХАНОВ, М.М. БОНДАРЧУК, А.В. ТРОФИМОВ

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина)

В литературе часто встречаются противоречивые данные о влиянии аэродинамических характеристик воздушного потока на ход технологического процесса на пневмомеханических прядельных машинах [1...4].

Это направление является особенно

актуальным при пневмомеханическом способе прядения хлопкольняных смесей. Нами в исследованиях принята гипотеза, основанная на движении воздушного потока вдоль внутренней стенки цилиндрической поверхности пряжевыводной воронки, создаваемого разрежением вращающейся ка-

меры. В результате вязкости аэродинамического потока в нем возбуждаются касательные напряжения сдвига, препятствующие взаимному перемещению частиц (рис. 1).

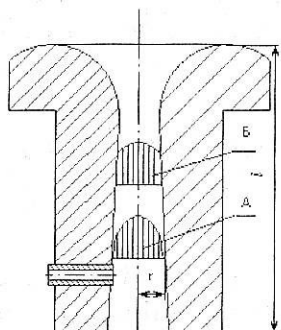


Рис. 1

В непосредственной близости у стенок пряжевыводной воронки вектор скорости воздушного потока приближается к нулевому значению вследствие адгезии или трения о шероховатую поверхность стенок (поз. А). Этот процесс вязкого трения может характеризоваться коэффициентом трения λ . Коэффициент трения λ является функцией числа Рейнольдса, шероховатости поверхности, формы сечения пряжевыводного канала и степени турбулентности аэродинамического потока.

Коэффициент трения λ пряжевыводной воронки пневмомеханической прядильной машины можно представить относительной величиной, выраженной шероховатостью поверхности Δ к ее радиусу r :

$$\lambda = f\left(\text{Re}, \frac{\Delta}{r}\right). \quad (1)$$

Предположим, что с уменьшением шероховатости поверхности пряжевыводной воронки отношение Δ/r уменьшается и, следовательно, снижается коэффициент трения λ . Эпюра скорости аэродинамического потока, проходящего через отверстие пряжевыводной воронки, будет при этом иметь вид Б (рис.1).

Определим коэффициент трения по универсальной формуле А.Д. Альтшуля [5]:

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{K_3}{2r} + \frac{68}{\text{Re}} \right)^{\frac{1}{4}}. \quad (2)$$

где K_3 – эквивалентная абсолютная шероховатость, определяемая по таблице, в зависимости от материала пряжевыводной воронки. Для нашего случая можно принять $K_3=0,014$ мм, $r=1$ мм.

Число Рейнольдса рассчитаем с помощью выражения:

$$\text{Re} = \frac{Du}{\nu}, \quad (3)$$

где D – гидравлический диаметр пряжевыводной воронки, м; u – скорость аэродинамического потока, м/с; ν – коэффициент кинематической вязкости аэродинамического потока, м²/с.

Гидравлический диаметр пряжевыводной воронки найдем по формуле:

$$D = \frac{4S}{\Pi}, \quad (4)$$

где S – площадь поперечного сечения пряжевыводной воронки, м²; Π – периметр поперечного сечения воздуховода, м.

Преобразовав (3) в соответствии с [2], получим

$$\text{Re} = \frac{2ru}{\nu}. \quad (5)$$

Скорость аэродинамического потока может изменяться в зависимости от конструктивных и технологических параметров пневмомеханического прядильного устройства в диапазоне от 3 до 300 м/с [2].

Коэффициент кинематической вязкости любого аэродинамического потока можно рассчитать по формуле

$$\nu = 33,5 \cdot 10^{-8} \left(\frac{T_k}{M_F \cdot 10^3} \right)^{\frac{3}{2}}, \quad (6)$$

где T_k – температура кипения вещества, составляющего аэродинамический

поток, K ; M_F – молекулярная масса вещества, составляющего аэродинамический поток, кг/моль.

Формула (6) справедлива только при температуре кипения вещества, составляющего аэродинамический поток.

Для получения формулы, справедливой для рабочего диапазона температур воздуха производственного помещения, нами проведены вычисления при следующих условиях: температура воздуха $t=20^\circ\text{C}$ ($293,15\text{ K}$); кинематическая вязкость аэродинамического потока $\nu=1,15\cdot 10^{-5}\text{ м}^2/\text{с}$; молекулярная масса воздуха $M_F=29\cdot 10^{-3}\text{ кг/моль}$.

Исходя из этих условий, формула (6) принимает вид:

$$\nu = 47 \cdot 10^{-8} \left(\frac{T}{M_F \cdot 10^3} \right)^{\frac{3}{2}}, \quad (7)$$

где T – температура воздуха, K ; M_F – молекулярная масса воздуха, кг/моль.

Нагрев технологического воздуха относительно рабочей зоны [2] при частоте вращения роторов пневмомеханических прядильных машин $n_k=50\dots 55\text{ тыс. мин}^{-1}$ может составлять $\Delta t=15\dots 20^\circ\text{C}$; при частоте вращения $60\dots 70\text{ тыс. мин}^{-1}$ $\Delta t=20\dots 24^\circ\text{C}$, а при 75000 мин^{-1} – до 26°C .

С целью определения влияния частоты вращения прядильной камеры и нагрева воздуха в ходе технологического процесса нами построена зависимость, представленная на рис. 2.

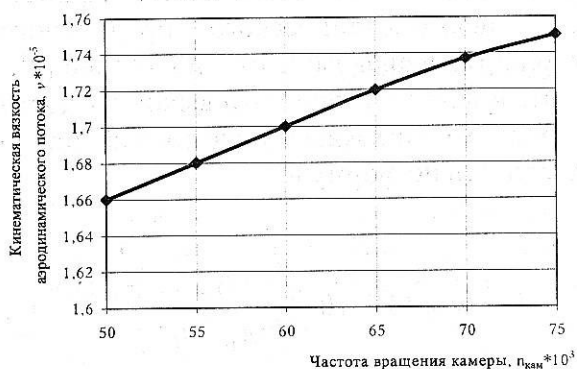


Рис. 2

Для расчета числа Рейнольдса аэродинамического потока (воздуха) в пряжевыводной воронке пневмомеханического прядильного устройства примем значение кинематической вязкости аэродинамического потока $\nu=1,7\cdot 10^{-5}\text{ м}^2/\text{с}$, скорость воздуха $u=50\text{ м/с}$. Тогда по формуле (5) получим

$$Re = \frac{2 \cdot 1 \cdot 10^{-3} \cdot 50}{1,7 \cdot 10^{-5}} = \frac{100}{1,7 \cdot 10^{-2}} = 5882.$$

Экспериментально установлено, что в гладких трубах устойчиво ламинарное движение при числе $Re < 2300$, при $Re > 2300$ – устойчиво турбулентное движение. Кроме того, даже небольшие возмущения аэродинамического потока (внесение в поток постороннего тела, колебание стенки воздуховода и др.) вызывают переход ламинарного движения в турбулентное.

Полученное нами число Рейнольдса для аэродинамического потока в пряжевыводной воронке $Re=5882$ свидетельствует о том, что движение воздуха через пряжевыводное отверстие носит турбулентный характер при любых условиях (даже при отсутствии в нем пряжи). Поэтому принятая нами гипотеза о ламинарности воздушного потока (рис. 1) не подтверждается.

ВЫВОДЫ

1. Получена формула для расчета кинематической вязкости аэродинамического потока в рабочем диапазоне температур воздуха производственного помещения хлопкопрядильных производств.

2. Установлено, что с повышением частоты вращения прядильной камеры машины ППМ-120-А1М кинематическая вязкость воздуха возрастает, что приводит к снижению числа Рейнольдса.

3. Проведенные теоретические исследования показали, что в процессе пневмомеханического прядения в пряжевыводных воронках прядильных устройств устанавливается устойчивое турбулентное движение аэродинамического потока воздуха.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Павлов Г.Г. Аэродинамические основы безверетенных способов прядения. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982.

2. Машина прядильная пневмомеханическая автоматизированная марки ППМ-120-А1М. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. П92.00.00.00.000 ГО. 1992.

3. Плеханов Ф.М., Житникова Е.Н., Плеханов А.Ф. Механизация и автоматизация процессов в

прядении и ткачестве. – М.: Легпромбытиздат, 1991.

4. Кавалерчик М.Я. Пневматический транспорт на текстильных предприятиях. – М.: Легкая индустрия, 1969.

5. Альтиуль А.Д., Киселев П.Г. Гидравлика и аэродинамика. – М.: Стройиздат, 1965.

Рекомендована кафедрой прядения хлопка. Поступила 23.01.03.