

ИССЛЕДОВАНИЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОЗДУШНОГО ПОТОКА В ПИТАЮЩЕМ КАНАЛЕ МОДЕРНИЗИРОВАННОЙ ПНЕВМОМЕХАНИЧЕСКОЙ ПРЯДИЛЬНОЙ МАШИНЫ

Р.В. Киселев

На кафедре ПНХВ разработан технологический процесс получения комбинированных нитей на модернизированной пневмомеханической прядельной машине. Данная технология позволяет получать комбинированные нити различного сырьевого состава и назначения.

Одним из видов нитей, получаемых по данному способу, являются комбинированные хлопкополиэфирные нити. Эти нити наиболее целесообразно использовать в тканях, предназначенных для изготовления военной формы с повышенными прочностными характеристиками.

Для обеспечения работы модернизированной пневмомеханической прядельной машины необходимо, чтобы комплексная нить заправлялась при любых параметрах технологического процесса.

На рисунке 1 представлен разрез корпуса модернизированного прядельного устройства для получения комбинированных пневмомеханических нитей. В прядельной камере 10 формируется комбинированная пневмомеханическая нить 2, состоящая из комплексной полиэфирной нити 13 и обкручивающей ее выпрядаемой мычки 6.

Питающая трубка 8 для подачи комплексной нити 13, входит в прядельную камеру через полый канал 9, выполненный по оси ротора 11 (рисунок 1). В результате возникает воздушный поток, направленный по трубке из атмосферы в зону формирования пряжи. Этот поток позволяет осуществить подачу комплексной нити в зону формирования, т.е. необходим для заправки машины. Для формирования качественной нити на машине должны соблюдаться аэродинамические условия внутри прядельной камеры. Прядельная камера пневмомеханической машины ППМ-120 АМ является формирующее-крутильным органом типа «активный вентилятор», в которой необходимое разрежение создается самой прядельной камерой. Аэродинамическое состояние в такой камере характеризуется наличием и взаимодействием двух воздушных потоков. Первый поток, необходимый для транспортировки волокон, создается вращающимся с большой скоростью дискретизирующим барабанчиком. Второй поток образуется вращением в прядельной камере воздушно-волокнистой массы и носит спиралевидный характер с максимальными скоростями возле желоба камеры и минимальными в центре. [1].

Третий поток, попадающий в камеру через питающий канал в трубке для подачи комплексной нити, может нарушить стабильность аэродинамических условий в прядельной камере. Значительное нарушение баланса воздушных потоков приводит к ухудшению сложения дискретных потоков волокон и транспортному вытягиванию при переходе дискретного потока волокон из конфузора в камеру. Процесс сложения происходит менее эффективно, выравнивание волокнистой ленточки ухудшается. Кроме того, нарушение воздушных потоков изменяет вращательное движение пряжи, что снижает крутку и ведет к понижению прочности волокнистой структуры. Поэтому при разработке конструкции прядельного устройства необходимо минимизировать этот отрицательный фактор.

Воздушный поток, протекающий через питающий канал, характеризуется следующими величинами – расходом воздуха, скоростью, разностью давлений на входе и выходе. Данные величины напрямую зависят от диаметра питающей трубки. Необходимо определить характер и основные параметры

аэродинамического потока в питающей трубке, и их зависимость от конструктивных и технологических параметров. На основании этих сведений станет возможным определить минимальный диаметр питающего канала, позволяющий производить заправку прядильного устройства при минимальной скорости и расходе воздуха, проходящего через данный канал.

При заправке на подаваемую нить начинают действовать аэродинамическая сила, направленная по оси трубки в сторону движения воздушного потока, и сила трения нити о стенки канала, направленная в противоположную сторону. Очевидно, что при достижении потоком определенной скорости и суммарная аэродинамическая сила F_a начинает сдвигать нить, и равновесие покоя нарушится при условии $F_a > F_{тр}$.

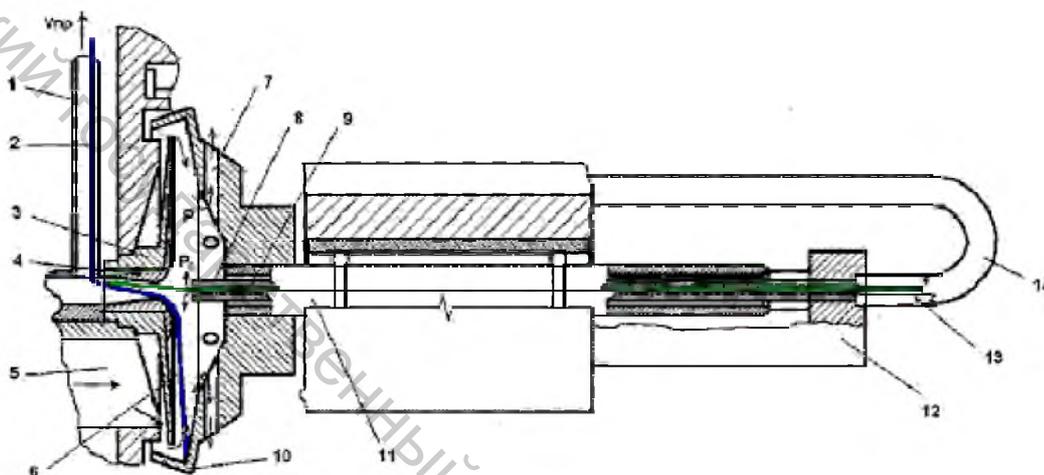


Рисунок 1 – Разрез корпуса модернизированного прядильного устройства пневмомеханической прядильной машины ППМ -120 –АМ: 1 – пряжевыводная трубка; 2 – комплексная нить; 3 – сепаратор; 4- воронка; 5 – транспортирующий канал; 6 – хлопковая мычка; 7 – вентиляторные каналы; 8 – питающая трубка; 9 – питающий канал; 10 – прядильная камера; 11 – вал ротора; 12 – опора; 13 – комплексная нить; 14 – питающая трубка

Сила трения пропорциональна длине нити, находящейся в питающей трубке, и определяется по формуле:

$$F_{mp} = kP = kTl / 10^5, \quad (1)$$

где $F_{тр}$ – сила трения, действующая на нить, Н;

k – коэффициент трения нити о стенки;

P – вес нити, Н;

l – длина участка нити, подаваемого в трубку при заправке, м;

T – линейная плотность нити, г/м³.

Поскольку комплексная нить не имеет ворсистости и имеет относительно равномерный диаметр, возможно с достаточно большой точностью определить аэродинамическую силу F_a , действующую на нее.

Согласно исследованиям профессора Павлова Г.Г., формула сопротивления пряжи в трубке воздействию аэродинамического потока имеет вид [1]:

$$F_a = C_f d_n l \rho v^2 / 2, \quad (2)$$

где F_a – аэродинамическая сила, действующая на нить;

C_f – коэффициент аэродинамического сопротивления, зависящий от структуры поверхности пряжи;

d, l – соответственно диаметр и длина участка пряжи в трубке, м;

ρ – плотность воздуха, г/м³;

u – скорость воздушного потока, м/с.

Согласно исследованиям профессора Павлова [2]

$$C_f d_n = AT10^{-3} / u^{0.51} \quad (3)$$

Коэффициент A зависит от вида и структуры нити, ее ворсистости, и определяется экспериментально.

Подставляя уравнение (3) в уравнение (2), получим:

$$F_a = \frac{AT\rho u^{1.49}}{2 \cdot 10^3} \quad (4)$$

Скорость $u_{тр}$, при которой аэродинамическая сила будет равна силе трения $F_a = F_{тр}$, будет являться скоростью, при которой нить начнет движение по трубке. Эта скорость называется скоростью трогания нити.

Следовательно, скорость трогания будет равна:

$$u_{тр} = \left(\frac{2F_{мп}}{AT\rho l} \right)^{0.67} = \left(\frac{2kTl10^3}{AT\rho l10^5} \right)^{0.67} = \left(\frac{2K}{A\rho 10^2} \right)^{0.67} \quad (5)$$

Как видно из формулы, скорость трогания не зависит от линейной плотности нити, а только от ее вида и структуры поверхности.

Однако, как указывается в работе профессора Павлова А.Г., практически применяют значительно более высокие транспортные скорости воздуха, поскольку в зоне критических скоростей работа системы ненадежна. Рекомендуется принимать транспортную скорость равной $u_{тр} = 4u_{тр}$. [2]

Коэффициент A определялся экспериментально. Для комплексных полиэфирных нитей, которые имеют очень гладкую поверхность, $A = 0.8 \cdot 10^{-3}$.

Таким образом, окончательно транспортная скорость, при которой будет происходить заправка машины, равна:

$$u_{мп} = 1.49 \sqrt[4]{\frac{224,5K}{\rho}} \quad (6)$$

Транспортная скорость для полиэфирной нити, рассчитанная по данной формуле, равна 16,6 м/с.

Разряжение в прядильной камере 10 (рис. 1) создается вращающимся прядильным ротором 1, который имеет 8 радиальных каналов, выполненных по окружности.

Разрежение по оси камеры, согласно профессору Павлову Г.Г., равно: [2]

$$\rho = \rho \Omega^2 (R_2^2 - R_1^2), \quad (7)$$

где ρ – плотность воздуха (1,2 кг/м³);

Ω – частота вращения камеры, мин⁻¹;

R_1, R_2 – расстояния от оси камеры до нижней и верхней границы каналов соответственно;

μ_c – поправочный коэффициент на неучтенные потери давления ($\mu_c = 0.86$).

Поскольку питающий канал сообщается с атмосферой, давление на выходе будет равно атмосферному. Давление на входе в прядильную камеру будет равно:

$$P_{ex} = P_{вых} - P_0 \quad (8)$$

Благодаря разнице давлений, по трубке будет перемещаться воздушный поток. В зависимости от числа Рейнольдса, данный поток может быть ламинарным или

турбулентным. Для цилиндрического канала число Рейнольдса определяется по известной из газодинамики формуле [3]:

$$R_e = ud / \gamma, \quad (9)$$

где d – диаметр питающего канала;

γ – динамическая вязкость воздуха ($\gamma = 14,5 \cdot 10^{-6}$ Па/с).

Если бы канал не имел потерь давления, при создаваемом прядильной камерой разрежении, по нему мог бы протекать воздушный поток с теоретической скоростью:

$$u_m = \sqrt{\frac{2P_0}{\rho}} \quad (10)$$

Действительная скорость будет меньше теоретической из-за потерь напора в сопротивлениях. Эти потери складываются из-за потерь по длине ΔP_l , местных сопротивлений на повороты питающей трубки $\Delta P_{пов}$, потерь в наружном входе в питающую трубку $\Delta P_{вх}$. Таким образом, суммарные потери будут равны:

$$\Delta P = \Delta P_l + \Delta P_{пов} + \Delta P_{вх} \quad (11)$$

Предположим, что поток в трубке ламинарный. Используя известную методику нахождения потерь в трубопроводах цилиндрического сечения [3], находим:

$$\Delta P_l = \lambda \frac{l}{d} \rho \frac{u^2}{2} + \zeta_{180^\circ} \rho \frac{u^2}{2} + \zeta_{90^\circ} \rho \frac{u^2}{2} + \rho u^2 / 2, \quad (12)$$

где λ – коэффициент гидравлического трения λ (при ламинарном течении $\lambda = 64/Re$);

ζ_α – коэффициент местного сопротивления при плавном повороте на угол α .

$$\zeta_\alpha = \frac{A_\alpha}{R_e} + \zeta_{кв}, \quad (13)$$

где A_α – коэффициент, при угле поворота $180^\circ A_\alpha = 350$, при $90^\circ A_\alpha = 130$;

$\zeta_{кв}$ – значение коэффициента местного сопротивления в квадратичной области, при угле поворота $180^\circ \zeta_{кв} = 0,4$, при $90^\circ \zeta_{кв} = 0,2$.

Таким образом, задача заключается в определении такой скорости u_0 движения воздуха в питающем канале, при которой разрежение p_0 в прядильной камере будет равно потерям давления Δp . Эта скорость и будет являться скоростью потока в питающей трубке. На рисунках 2 и 3 представлены зависимости скорости и значения числа Рейнольдса аэродинамического потока в питающем канале, полученные по приведенной методике, в зависимости от частоты вращения прядильных камер и диаметра питающей трубки. Штриховой линией показаны кривые, полученные экспериментально.

Как видно из рисунка 2, поток в трубке при диаметрах канала от 1 до 1,4 мм практически во всем диапазоне частот вращения роторов будет ламинарным. Равномерный ламинарный поток способствует беспрепятственной заправке машины. При дальнейшем увеличении диаметра канала число Рейнольдса так же будет увеличиваться, и поток станет турбулентным.

Минимальный диаметр канала, обеспечивающий протекание воздушного потока с заданной транспортной скоростью $u_{тр}$, можно определить из формул (10-19), учитывая, что $\Delta P = \Delta P_l + \Delta P_{пов} + \Delta P_{вх} = P_0$:

$$d_{мин} = \frac{3,69 A_{90^\circ} \gamma \sqrt{\left(3,69 A_{90^\circ} \lambda \right)^2 + 4 u_{мп} \left(3,69 A_{90^\circ} \gamma \right) \left(\frac{2 P_0}{u_{мп}^2} - 3 \zeta_{кв90^\circ} - 1 \right)}}{2 u_{мп} \left(\frac{2 P_0}{u_{мп}^2} - 3 \zeta_{кв90^\circ} - 1 \right)} \quad (14)$$

Рабочий диапазон частот вращения для данного вида нитей составляет 30000-40000 мин⁻¹, поэтому для обеспечения заправки машины в данном диапазоне диаметр питающего канала должен быть больше 1 мм. Таким образом, при данном диаметре, будет обеспечиваться надежная заправка машины при минимальном отрицательном влиянии дополнительного воздушного потока, попадающего в камеру через питающий канал.

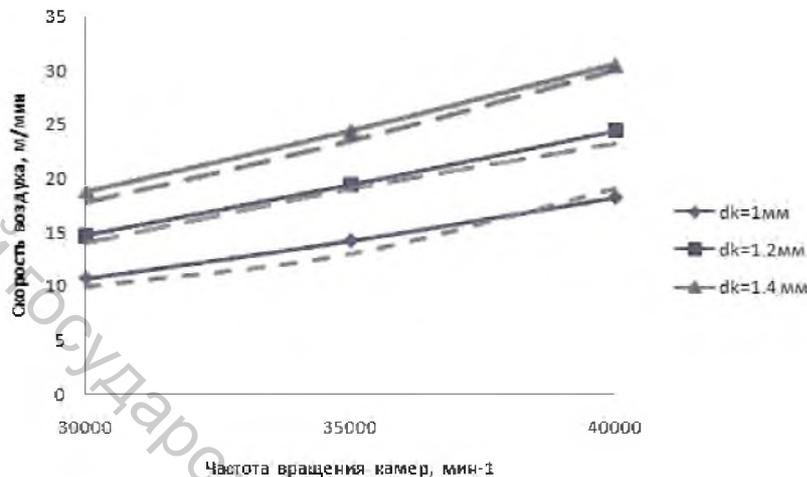


Рисунок 2 – Зависимость скорости воздушного потока в питающем канале от частоты вращения прядильных камер и диаметра канала

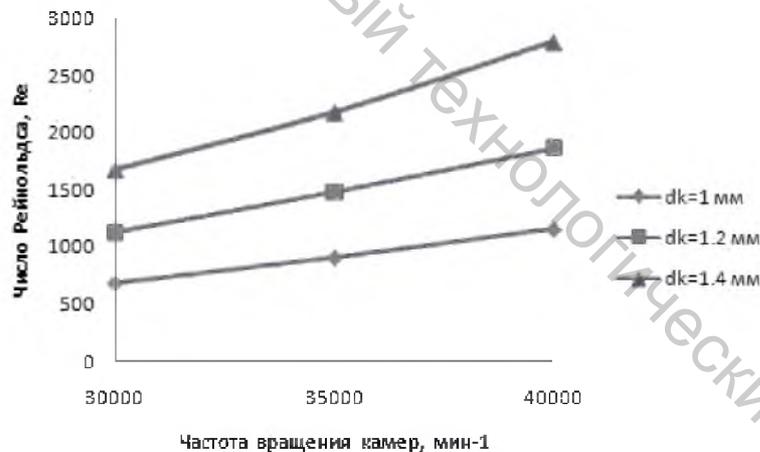


Рисунок 3 – Зависимость значения числа Рейнольдса воздушного потока в питающем канале от частоты вращения прядильных камер и диаметра канала

ВЫВОДЫ

Определен характер и параметры воздушного потока в питающем канале модернизированной пневмомеханической прядильной машины ППМ-120-АМ. Определен минимальный диаметр питающего канала для обеспечения стабильной работы машины.

Список использованных источников

1. Павлов, Г. Г. Аэродинамика текстильных процессов и оборудования текстильной промышленности / Г. Г. Павлов. – Москва : «Легкая индустрия», 1975.

2. Павлов, Г. Г. Аэродинамические процессы безверетенного способа прядения / Г. Г. Павлов . – Москва : «Легкая индустрия», 1981.
3. Альтшуль, А. Д. Гидравлика и аэродинамика / А. Д. Альтшуль, П. Г. Киселев . – Москва : 1965.

SUMMARY

The technology of manufacturing cotton/polyester core yarns at modernized open end spinning frame is developed. The character of air flow in feeding tube in dependence of technological parameters – rotational speed of spinning rotors and diameter of feeding tube - is defined. The minimal diameter of feeding tube, which allows stably working of modernized spinning frame, has been found.

УДК 687.02:687.053.173

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ ШВЕЙНЫХ НИТОК

С.Ю. Краснер, Б.С. Сункуев, А.В. Радкевич

Исследованию процессов резания материалов легкой промышленности посвящены работы [1-4]. В этих работах рассмотрено резание тканей, трикотажа, кожи, пряжи.

В настоящей работе представлены результаты исследований процесса резания швейных ниток, имеющего место в швейных машинах и полуавтоматах.

Рассмотрим процесс резания швейных ниток в механизмах цикловой обрезки, в которых процесс обрезки совмещен с циклом образования челночного стежка [5].

Особенностью процесса резания является то, что разрезаемая нитка с некоторым натяжением охватывает лезвие подвижного ножа (рис. 1).

Сечение лезвий подвижного и неподвижного ножей представлены на рис.1 в виде двух граней, сопрягаемых по радиусу r . Исследования показали, что радиус сопряжения составляет 0,02...0,03 мм.

Фаза резания нитки (рис. 1б) начинается с момента касания нитки лезвием неподвижного ножа (рис. 1а) и заканчивается разделением нитки на две ветви (рис. 1в).

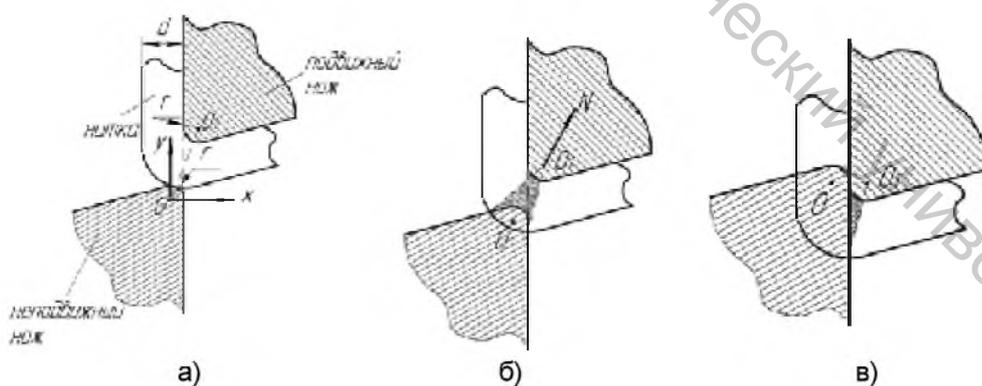


Рисунок 1

Определим силу N , действующую на подвижный нож со стороны нитки. Выберем неподвижную систему координат xoy с началом в центре O скругления граней лезвия неподвижного ножа (рис. 2). При рассмотрении данного процесса фактор скорости не будет учитываться [6].