

РАЗРАБОТКА НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ РАЗРЫХЛЯЮЩИХ ОРГАНОВ РАЗВОЛОКНЯЮЩИХ МАШИН С УЧЕТОМ АЭРОДИНАМИКИ

С.М. КАБАНОВ, К.В. СУМАРОКОВ, А.Г. ГОРЬКОВА, А.А. МИНОФЬЕВА

(Ивановская государственная текстильная академия)

Острая проблема дефицита текстильного сырья поставила перед промышленностью задачу широкого использования отходов и низкосортного хлопка. Ее удачное решение в основном зависит от:

- 1) степени разволокнения отходов;
- 2) технологической пригодности разволокняемых отходов и их вида;
- 3) экономического эффекта использования разволокненного продукта;
- 4) величины производительности разволокняющих машин.

Производительность и качество полученного полуфабриката на разволокняющей машине зависит от таких конструктивных параметров исполнения игольчатого

трепала и пильчатой гарнитуры, при работе которых наблюдаются наименьшие повреждаемость волокон и неровнота сформированного слоя.

Вентилятор ЦАГИ типа ЦПЧ-47 с двумя лопатками и РК №4 (диаметр рабочего колеса 400 мм) при частоте вращения 1000 мин^{-1} имеет подачу $0,25 \text{ м}^3/\text{с}$ ($900 \text{ м}^3/\text{ч}$) и развивает давление $\approx 240 \text{ Па}$.

У трехбильного игольчатого трепала диаметр окружности, описываемый кончиком игл била, составляет 406 мм, а частота его вращения 1090 мин^{-1} . Следовательно, трехбильное трепало можно представить как рабочее колесо с тремя лопатками.

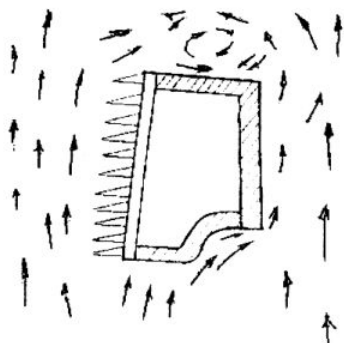


Рис. 1

Мгновенное поле скоростей, возникающее вблизи твердой границы несимметричного обтекаемого тела (рис.1), которое рассматривалось в [1], не было учтено.

В зоне работы трехбильного игольчатого трепала должны наблюдаться интенсивные воздушные потоки с выбросом пыли и сора в рабочую зону, что и было теоретически и экспериментально доказано [2].

Реальная картина характера течения вблизи твердой границы показана на рис.2.

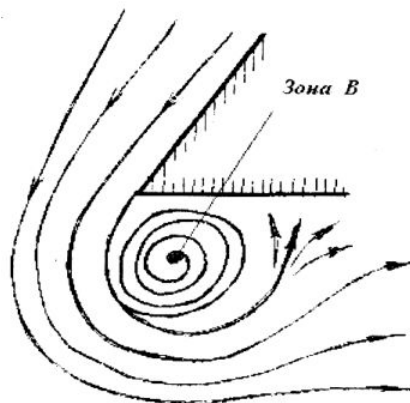


Рис. 2

Давление воздушного потока около несимметричного, плохо обтекаемого препятствия (тела), имеет нерегулярный турбулентный характер. Или же при некоторых значениях числа Редиольдса картина движения на некотором расстоянии от препятствия имеет ряд вихрей с противоположным направлением вращения.

Справедливо такое предоставление течения, когда при отрыве части потока от острых концов (кромки) тела происходит возникновение вихревого слоя, который не

достигает полного развития, а сворачивается в ряд индивидуальных вихрей, удерживающихся в тени кромки (конца тела) какое-то время – тем продолжительнее, чем острее ($<70^\circ$) угол кромки тела, то есть угол встречи набегающего потока.

Далее вихри расплываются, однако в результате предыдущего времени в тени острой кромки препятствия (тела) на его кромке остаются волокна, если они находились в набегающем воздушном потоке.

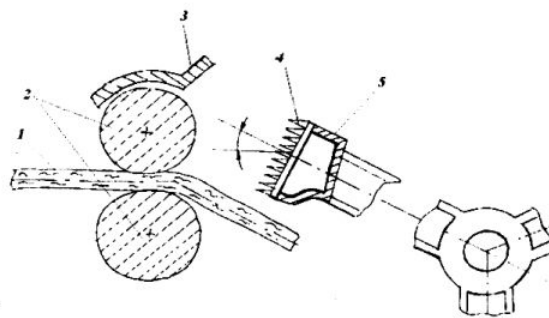


Рис. 3

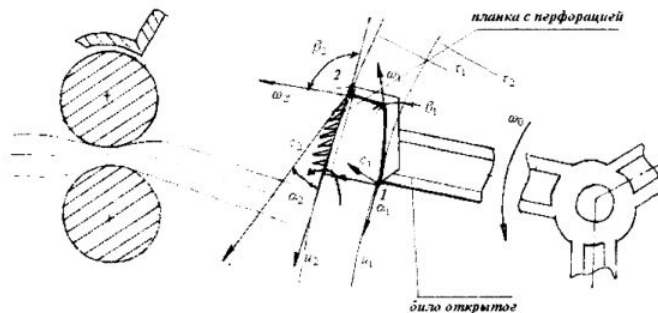


Рис. 4

На рис. 3 показано упрощенное двухмерное обтекание контура игольчатого трепала (1 – полуфабрикат; 2 – питающие цилиндры; 3 – кожух; 4 – иглы; 5 – било глухое), а на рис. 4 – предлагаемое нами открытое игольчатое трепало с перфорированной планкой, на которой крепятся иглы. Через перфорацию планки выходит воздушный поток, очищающий острые

кромки (концы) игл била от волокна до следующего удара.

На рис. 4 изображен путь воздушного потока с характерными расчетными точками: 1 – вход в полый канал била; 2 – выход из полого канала била. Здесь же в точках 1 и 2 показаны окружные скорости (u_1, u_2); относительные скорости (ω_1, ω_2); абсолютные скорости (c_1, c_2).

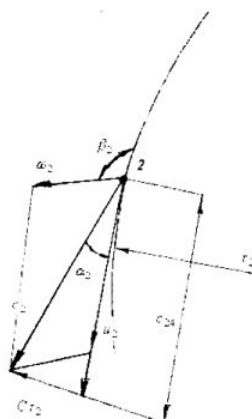


Рис. 5

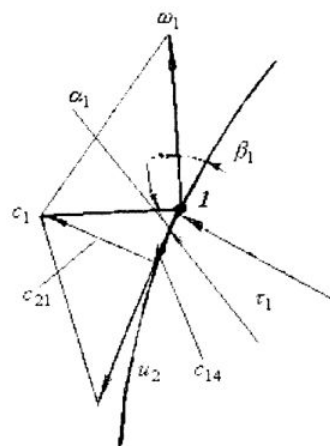


Рис. 6

На рис. 5 и 6 представлены параллелограммы и треугольники скоростей на входе (рис.6) и выходе (рис. 5) в полый канал открытого била.

Вектор окружной скорости, направленный по касательной в данной точке рабочего колеса, вращающегося с угловой скоростью (ω_0):

$$u = \omega_0 r. \quad (1)$$

Направления относительных скоростей (ω_1, ω_2) определяются углами входа (β_1) и выхода (β_2). Из рис. 5 и 6 видно, что абсолютную скорость потока (c) можно разложить на радиальную составляющую, равную

$$C_r = C \sin \alpha, \quad (2)$$

и окружную составляющую

$$C_u = C \cos \alpha, \quad (3)$$

еще называемую скоростью закручивания.

Процесс преобразования энергии, подводимой к перемещаемому воздушному потоку, в давление показан в основном уравнении Эйлера, которое представляет собой разность моментов количества движения на выходе потока из рабочего колеса и входе в него.

Определяемое из уравнения Эйлера теоретическое давление, развиваемое рабочим трепалом:

$$P_T = \rho(u_2 c_{2u} - u_1 c_{1u}), \quad (4)$$

где ρ – плотность перемещаемого потока; c_{2u}, c_{1u} – проекции абсолютной скорости (c_2, c_1) на окружную; (u_2, u_1) – скорости закручивания потока.

Полное давление можно выразить в виде зависимости от абсолютной переносной (окружной) и относительной скоростей воздушного потока.

Если воспользоваться теоремой косинусов и рис. 5 и 6, то можно получить

$$\omega_1^2 = u_1^2 + c_1^2 - 2u_1 c_1 \cos \alpha_1, \quad (5)$$

$$\omega_2^2 = u_2^2 + c_2^2 - 2u_2 c_2 \cos \alpha_2. \quad (6)$$

Определив скорости закручивания потока

$$c_{1u} = c_1 \cos \alpha_1, \quad (7)$$

$$c_{2u} = c_2 \cos \alpha_2 \quad (8)$$

и подставив (7) и (8) в (4), получим

$$P_T = \frac{\rho}{2}(c_2^2 - c_1^2) + \frac{\rho}{2}(u_2^2 - u_1^2) - \frac{\rho}{2}(\omega_2^2 - \omega_1^2). \quad (9)$$

Из (9) следует, что давление, создаваемое трепалом, складывается из прироста кинетической энергии абсолютного движения, повышения статического давления от работы центробежных сил и преобразования энергии (кинетической) относительного движения в канале. Рассмотрим это подробнее, используя данные из [3].

Приращение полного давления (теоретически) будет равняться сумме приращения статического и динамического давлений:

$$P_T = (P_{ст2} - P_{ст1}) + \frac{\rho}{2}(c_2^2 - c_1^2). \quad (10)$$

Статическое давление на пути движения в канале будет увеличиваться за счет работы центробежной силы и возможного уменьшения относительной скорости в канале (диффузорного эффекта), то есть приращение составит

$$P_{ст2} - P_{ст1} = P_{стu} + P_{стл}. \quad (11)$$

Центробежная сила

$$S = mr\omega_0^2, \quad (12)$$

где m – масса; r – радиус; ω_0 – частота вращения.

Секундная работа этой силы на пути движения воздуха в канале (энергия) равняется:

$$A = \int_{\eta}^{r_2} m r \omega_0 2 dr. \quad (13)$$

Поскольку давление представляет собой энергию, отнесенную к единице объема, а масса в единице объема есть плотность $m/V = \rho$, то

$$P_{cT.u} = \int_{\eta}^{r_2} \rho r \omega_0 2 dr. \quad (14)$$

Откуда после интегрирования получим

$$P_T = \left[\frac{\rho}{2} (u_2^2 - u_1^2) + \frac{\rho}{2} (\omega_1^2 - \omega_2^2) \right] + \frac{\rho}{2} (c_2^2 - c_1^2) = \frac{\rho}{2} (c_2^2 - c_1^2 + u_2^2 - u_1^2 + \omega_2^2 - \omega_1^2). \quad (17)$$

Если заменить значения (ω_1^2) и (ω_2^2)

$$P_{cT.u} = \frac{\rho}{2} (\omega_0^2 r_2^2 - \omega_0^2 r_1^2) = \frac{\rho}{2} (u_2^2 - u_1^2). \quad (15)$$

Приращение статического давления за счет изменения относительной скорости при расширении потока в канале (диффузорного эффекта)

$$P_{cT.d} = \frac{\rho}{2} (\omega_1^2 - \omega_2^2). \quad (16)$$

Приращение полного давления получили после суммирования и соответствующего преобразования составляющих:

уравнениями (5) и (6), то получим

$$P_T = \frac{\rho}{2} [c_2^2 - c_1^2 + u_2^2 - u_1^2 + (c_1^2 + u_1^2 - 2c_1 u_1 \cos \alpha_1) - (c_2^2 + u_2^2 - 2c_2 u_2 \cos \alpha_2)] = \rho (u_2 c_2 \cos \alpha_2 - u_1 c_1 \cos \alpha_1). \quad (18)$$

Ранее с помощью формул (7) и (8) мы определили скорость закручивания потока. Подставив эти значения в (18), будем иметь

$$P_T = \rho u_2 c_{24} - \rho u_1 c_{14} = \rho (u_2 c_{24} - u_1 c_{14}),$$

то есть получим формулу (4), описывающую процесс преобразования энергии, подводимой к перемещаемому воздушно-му потоку, который можно использовать для разрушения вихря в зоне "В" (рис.2) и

очистки игл била при углах наклона ($\leq 70^\circ$) после проведения модернизации трепала. Желательно, чтобы направление (вектор) абсолютной скорости выхода из канала (c_2) совпадал с углом наклона иглы трепала.

На основании теоретических и экспериментальных исследований предложена новая конструкция колка расщипывающей машины, где угол его наклона $\leq (\pi - \beta_2)$, то есть 60° (рис. 7).

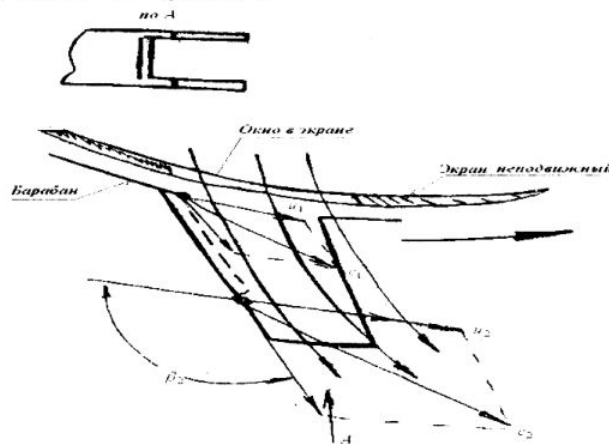


Рис. 7.

Наиболее правильным методом подбора расчесывающего органа является экспериментальное определение суммарных фрикционных моментов взаимодействия волокон с гарнитурами, совмещенное с анализом степени разъединения комплексов волокон на отдельные волокна, их укорочения, очистки от сорных примесей и пороков, определением уровня обрывности в прядении свойств вырабатываемой пряжи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сапрыкин Д.Н. Создание технологии и оборудования по регенерации текстильных отходов и разработка способов их использования: Дис. ... докт. техн. наук. – Иваново, 1997.
2. Курач С.И., Кабанов С.М. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2002, №6. С.113...116.
3. Черкасский В.М., Романова Т.М., Кауль Р.А. Насосы, компрессоры, вентиляторы. – М.: Энергия, 1968.

Рекомендована кафедрой прядения. Поступила 25.11.03.
