



ИЗУЧЕНИЕ АЭРОДИНАМИКИ ПРЯМОТОЧНОГО ВОЛОКНООЧИСТИТЕЛЯ

О.Т.Олимов

Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности

E-mail: odilolimov75@mail.ru

Аннотация. Мақолада тўғри оқимли тола тозалагичларнинг аэродинамик режимида ташқи ва ички омиллар таъсири ҳамда аррали цилиндр арралари орасидаги ҳавонинг ҳаракатини ўрганиш натижалари келтирилган.

Калит сўзлар: тола тозалагич, цилиндр, арра, тола, ҳаво, қистирма.

Аннотация. В статье приведены результаты анализа движения воздуха между пилами пильного цилиндра и влияния внешних и внутренних факторов на аэродинамический режим прямоточных волоконоочистителей.

Ключевые слово: волоконоочиститель, цилиндр, пила, волокно, воздух, прокладка.

Abstract. The article presents the results of the analysis of the air movement between the saws of the saw cylinder and the influence of external and internal factors on the aerodynamic mode of ramjet fiber cleaners.

Keywords: fiber cleaner, cylinder, saw, fiber, air, gasket.

Пильный цилиндр в волоконоочистителе прямоточного типа является основным и единственным вращающимся рабочим органом.

Поэтому аэродинамическая характеристика машины во многом зависит от рабочих параметров как самого пильного цилиндра, так и тех элементов, которые непосредственно сопряжены в работе с ним.

На аэродинамический режим волоконоочистителя влияют как внешние, так и внутренние факторы.

Внешние аэродинамические факторы обычно задаются. Основными из них является объем подводимого к волоконоочистителю воздуха (Q м³/с) и статическое давление в отводящей горловине волоконоочистителя (Нс. мм. вод. ст.).

Внутренние аэродинамические факторы определяются роторным эффектом вращающегося пильного цилиндра, т.е. его способностью при своем вращении увлекать воздушные массы, прилегающие к боковым поверхностям пильных дисков.



Рассмотрим, как движется воздух в кольцевом объеме между пыльными дисками при вращении пыльного цилиндра волокноочистителя в воздушной среде не ограниченной стенками, с угловой скоростью ω вокруг своей оси.

У свободно вращающегося пыльного цилиндра на боковых поверхностях пыльных дисков возникает поле центробежных сил.

Поэтому частицы воздуха, непосредственно прилегающие к диску, за счет трения об их поверхность, увлекаются в круговое движение и отбрасываются центробежной силой по криволинейной траектории за край дисков (рис. 1).

Вместе с пристанным слоем, за счет сил вязкости, вовлекаются в движение и частицы воздуха, составляющие пограничный слой, и также выбрасываются наружу.

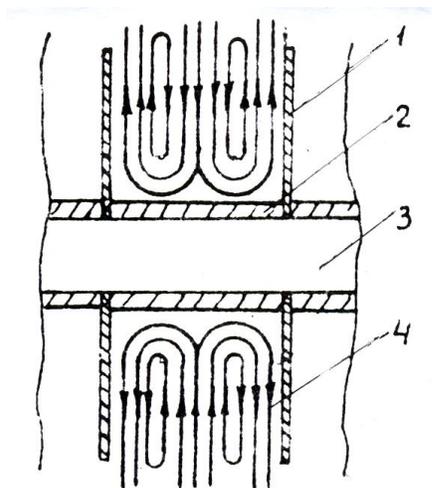


Рис.1. Схема движения воздуха между пыльными дисками при вращении пыльного цилиндра в неограниченном пространстве.

1- пыльный диск; 2- междупыльная прокладка; 3- пыльный вал;
4- воздушные потоки между пыльными дисками.

Благодаря трению, движение пограничного слоя передается в смежные слои воздуха и они тоже устремляются к периферии, приводя в движение соседние слои. Таким образом, скорость воздуха в пограничном слое имеет не только окружную составляющую, но и радиальную.

Взамен отброшенной массы воздуха через среднюю полосу междупыльного объема, т.е. между каждой парой пограничных слоев, внутрь



засасывается новый объем наружного воздуха и, также увлекается дисками и выбрасывается наружу.

Следовательно, на обеих сторонах пыльных дисков частицы воздуха движутся от центра к периферии, а в средней полосе между ними от периферии к центру, и, таким образом, создается циркуляция воздуха во вращающейся среде. В промежутке между струйками, движущимися в противоположных направлениях, может образоваться пассивный слой завихренного воздуха, медленно перетекающий к диску.

Скорость вращения слоев воздуха и движения их к выходу из междупильного пространства, а также интенсивность поля центробежных сил, с удалением от пыльных дисков, убывает.

Самая внутренняя часть пограничного слоя, за счет молекулярного сцепления, прилипает к поверхности дисков и движется с такой же угловой скоростью ω , как и сами диски.

Режим движения воздуха в междупильном объеме зависит от скорости вращения пыльных дисков, степени шероховатости их поверхностей и величины просвета между ними. С повышением окружной скорости и шероховатости пил усиливается приток и отток воздуха из этого объема, а при увеличении расстояния между пилами свыше некоторого предела этот процесс слабеет.

Таким образом, вращающиеся в неограниченном пространстве пыльные диски своими боковыми поверхностями непрерывно подсасывают и выбрасывают некоторый объем воздуха.

В случае вращения пыльного цилиндра в концентричной камере, отброшенная масса воздуха к ее стенке, вновь станет притекать обратно к центру дисков в разреженную область через среднюю полосу между ними (рис.2). При этом значительная часть энергии, сообщенная дисками циркулирующему объему воздуха, израсходуется на его подогрев и трение о стенки камеры и, в виде тепла, рассеется в окружающую среду.

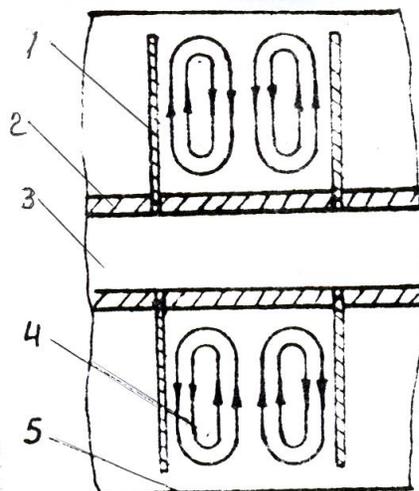


Рис.2. Схема движения воздуха между пыльными дисками при вращении пыльного цилиндра

1-пыльный цилиндр; 2- междупыльная прокладка; 3- пыльный вал;
4- воздушные потоки между пыльными дисками; 5- стенка камеры, концентричной с пыльным цилиндром.

Воздушный поток в междупыльном пространстве носит турбулентный характер, так как, во-первых, скорость воздуха достаточно высокая, а во вторых, за счет наклона дисков происходит перемешивание воздушных слоев в осевом направлении.

Это подтверждается расчетом числа Рейнольдса для данного случая:

$$R_e = \frac{\omega \cdot r^2}{\gamma} \quad (1)$$

где: R_e -число Рейнольдса, ω - угловая скорость пыльного цилиндра, рад/сек. r - радиус пыльного цилиндра, м. γ - кинематическая вязкость воздуха, см²/сек.

Угловая скорость будет равна:

$$\omega = \frac{\pi n}{30} = \frac{3,14 \cdot 1420}{30} = 149 \text{ рад/сек.}$$

где: $n=1420$ об/мин - частота вращения пыльного цилиндра.

Радиус пыльного цилиндра равен 0,155 м.

Кинематическая вязкость воздуха, примерно, равна 0,175 см²/сек.

Тогда,
$$R_e = \frac{149 \cdot 0,155^2}{0,0000175} = 2,04 \cdot 10^5$$



Критическое значение числа Рейнольдса, при котором ламинарный переходит в турбулентный находится значительно ниже ($Re < 10^5$).

Таким образом, воздушный поток в междупильном пространстве носит турбулентный характер, и вследствие этого, образование пограничного слоя (рост его толщины) должно подчиняться закону, выраженному Л. Прандлем для турбулентного потока следующим образом:

$$X = \left(\frac{\delta}{0,37 \sqrt{\frac{\gamma}{\nu}}} \right)^{\frac{5}{4}} \quad (2)$$

где: X - расстояние от точки встречи воздушного потока с движущейся силой, δ - толщина пограничного слоя, мм. γ - кинематическая вязкость воздуха, мм²/сек. ν - окружная скорость пилы, мм/сек.

Для того, чтобы воздушные массы, находящиеся в междупильном пространстве, вращались со скоростью пильных дисков, толщина пограничного слоя на каждой боковой поверхности пильного диска должна быть равной величине междупильного пространства, т.е. толщине междупильной прокладки (6 мм).

Междупильное пространство по своей глубине ограничивается снаружи радиусом пильных дисков ($R=155$ мм), а внутри радиусом прокладок ($r=95$ мм).

Среднее значение радиуса междупильного пространства определится из выражения:

$$R_{cp} = r + \frac{R-r}{2} = \frac{R+r}{2} = \frac{155+95}{2} = 125 \text{ мм}.$$

Тогда,

$$U = \omega \cdot R_{cp} = 149 \cdot 125 = 18625 \text{ мм/сек}.$$

Путь частицы, проходящей по кругу радиуса R_{cp} будет равен $X = R_{cp} \cdot \theta$, где θ - центральный угол пройденной дуги (в радианах).

Подставляя значения $X = R_{cp} \cdot \theta$ и $U = \omega \cdot R_{cp}$ в уравнение (2), получим:

$$\theta = 5,834 \sqrt[4]{\frac{\omega \cdot \delta^5}{\gamma \cdot (R+r)^3}} \quad (3)$$

Приведенное уравнение даст возможность определить при заданных параметрах пильного цилиндра (R , r , ω) необходимый угол его поворота для



образования пограничного слоя на боковых поверхностях пил определенной толщины (δ).

Принимая толщину между пильной прокладкой ($\delta = 6$ мм), и, подставляя в уравнение (3) известные значения всех показателей ($R=155$ мм, $r=95$ мм, $\omega=149$, $\gamma=17,5$ мм²/сек), найдем:

$$\theta = 5,834 \sqrt{\frac{\omega \cdot \delta^5}{\gamma \cdot (R+r)^3}} = 5,834 \sqrt{\frac{149 \cdot 6^5}{17,5(155+95)^3}} = 1,49 \text{ рад.}$$

Переведем радианы в углы $\alpha = \frac{\theta}{\pi} 180^\circ = \frac{1,49}{3,14} \cdot 180^\circ = 85^\circ$.

Таким образом, пильному цилиндру достаточно из неподвижного состояния повернуться, примерно, на 85° с угловой скоростью $\omega = 149$ м/сек, чтобы вся воздушная масса, находящаяся в между пильном пространстве, разогналась до скорости пильного цилиндра и стала вращаться вместе ним.

Произведенные расчеты показали, что в прямоточном волоконоочистителе воздушные массы, находящиеся в междупильном пространстве, движутся со скоростью пил.

Определим какое количество воздуха способен унести с собой пильный цилиндр.

Поперечное сечение междупильного пространства пильного цилиндра равно:

$$\tau = \Delta \cdot h \cdot m$$

где: Δ - толщина прокладок, мм. h - выступ пил над прокладками, мм.
 m - количество пил на валу, шт.

Толщина прокладки – 6 мм, количество пил на валу стандовой установки волоконоочистителя 72 шт.

Выступ пил над прокладками можно определить из следующего выражения:

$$h = R - r = 155 - 95 = 60 \text{ мм.}$$

Тогда, $\tau = 6 \cdot 60 \cdot 72 = 25920 \text{ мм}^2 = 0,02592 \text{ м}^2$.

Средняя скорость потока, будет равна:

$$g_{cp} = \omega \cdot R_{cp} = 149 \cdot 125 = 18625 \text{ мм/сек} = 18,7 \text{ м/сек}.$$

Максимально возможный расход воздуха через междупильное расстояние (Q_{max}) определим из выражения:

$$Q_{max} = \tau \cdot g_{cp} = 0,02592 \cdot 18,7 = 0,50 \text{ м}^3 / \text{сек}.$$



От экспериментальной секции 30-пильного джина к волокноочистителю подается воздух расход, которого составляет $0,34 \text{ м}^3/\text{сек}$ (Q_1).

Пильный цилиндр волокноочистителя в своем между пильном пространстве транспортирует $0,50 \text{ м}^3/\text{сек}$ воздуха.

Из угарной камеры через колосниковую решетку подсасывается $0,50-0,34=0,16 \text{ м}^3/\text{сек}$ воздуха.

Общее количество воздуха, проходящего через волокноочиститель складывается из воздуха, циркулирующего в между пильном пространстве, и воздуха, подсасываемого из угарной камеры через просветы между колосниками.

Таким образом, пильный цилиндр волокноочистителя является рабочим органом, осуществляющим не только очистку волокна, но и транспортировку волокновоздушной смеси в выходную горловину, а создаваемая им аэродинамическая ситуация во многом определяет эффективность работы волокноочистителя.

Список литературы:

1. Agzamov M. et al. Search for ways to increase yield and improve product quality in the process of saw ginning //IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – IOP Publishing, 2021. – Т. 939. – №. 1. – С. 012073.

2. Agzamov M. M., Olimov O. T., Urakov N. A. Research results of innovative cotton fiber cleaning technology //Textile Journal of Uzbekistan. – 2019. – Т. 7. – №. 1. – С. 12-16.

3. Олимов О. Т., Махаммадиев З. О. Экспериментальные исследования по определению оптимального угла наклона передней грани зуба пилы пильного цилиндра прямоточного волокноочистителя //Современные материалы, техника и технология. – 2017. – С. 271-274.

4. Олимов О. Т., Агзамов М. М. Инновационные технологии для выработки высококачественного хлопкового волокна //Молодой ученый. – 2014. – №. 19. – С. 231-234.

5. Олимов О. Т., Махаммадиев З. О. Инновационный комплекс для многоступенчатой очистки хлопкового волокна //Современные инновации в науке и технике. – 2014. – С. 263-264.

6. Agzamov M. et al. Search for ways to increase yield and improve product quality in the process of saw ginning //IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – IOP Publishing, 2021. – Т. 939. – №. 1. – С. 012073.



7. Хакимов Ш. Ш., Махаммадиев З. О., Ходжаева М. Ю. Исследование долговечности уличных канавок рабочего барабана валичного джина //Universum: технические науки. – 2022. – №. 3-4 (96). – С. 18-22.

8. Махаммадиев З. О., Хакимов Ш. Ш. Влияние соотношения скоростного режима рабочего и отбойного барабанов валичного джина на процесс джинирования //Юность и знания-гарантия успеха-2021. – 2021. – С. 376-379.

9. Makhammadiyev Z., Khakimov S. The Productivity of The Roller Gin and Ways to Improve It //Texas Journal of Multidisciplinary Studies. – 2021. – Т. 3. – С. 126-129.

10. Makhammadiyev Z., Khakimov S. Increase the service life of the roller gin working bodies //Deutsche internationale Zeitschrift für zeitgenössische Wissenschaft ··· № 33 2022 VOL. – С. 44.