

КИНЕМАТИЧЕСКИЕ И ДИНАМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НЕТКАНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ ПОЛОТЕН

Локтионов А.В., Мачихо Т.А.

Are developed kinematic and dynamic parameters of the equipment for manufacture non-woven of textile materials.

В последние годы на мировом рынке наблюдается значительное увеличение производства и расширение ассортимента технического текстиля, существенную долю которого составляют нетканые материалы. Принципиально новые технологии, широкие возможности вовлечения в производство различных сырьевых ресурсов, в том числе непригодных для переработки по классическим технологиям, комбинирование материалов и технологий позволяют создавать нетканые материалы с новыми свойствами и использовать их в областях, где ранее текстиль вообще не применялся.

Поэтому перед легкой промышленностью Республики Беларусь стоят следующие задачи: максимальное использование имеющегося на производстве оборудования, и при его модернизации, переход на собственное, имеющееся в республике сырье; замена дорогостоящего сырья регенерированными отходами с сохранением необходимого качества продукции; использование высокопроизводительных технологий, способных обеспечить эффективное использование производственных площадей, трудовых и материальных ресурсов. Применение отходов текстильной промышленности позволяет решить проблемы рационального использования сырья, создания практически безотходных технологий, расширения ассортимента текстильных изделий и области применения нетканых полотен, уменьшения экономических потерь от накопления отходов, а также решение экологических проблем, связанных с их хранением и утилизацией. Для формирования нетканых материалов зарубежные разработчики технологий и производители оборудования для переработки отходов текстильной промышленности предлагают широкий спектр технологий и дорогостоящее оборудование. В Республике Беларусь имеются предприятия по переработке данных отходов и получению нетканых полотен. Однако их оборудование морально и физически устарело, что сказывается на качестве готовой продукции. Немаловажно также то, что на имеющемся оборудовании можно переработать далеко не все виды отходов.

Для разработки технологии получения нетканых текстильных материалов с использованием льняных отходов рассмотрены следующие задачи: разработать и исследовать технологический процесс получения регенерированных волокон из текстильных отходов; теоретически определить основные технологические параметры в зоне первичного разволокнения в зависимости от структуры перерабатываемого сырья и геометрических характеристик указанной зоны; получить математические модели и определить оптимальные технологические параметры процесса разволокнения на комбинированной концервальной машине; установить зависимость свойств регенерированных волокон от технологических параметров разволокнения; обосновать оптимальный технологический план получения нетканых текстильных материалов с использованием льняных отходов; установить возможность применения оборудования для переработки шерстяных отходов в предлагаемом технологическом процессе; разработать, с учетом выполненных теоретических исследований, рекомендации по дальнейшему совершенствованию оборудования [1, 2, 3].

Для очистки волокнистой массы из отходов производства использовано устройство, состоящее из двух барабанов (конденсор), в зоне контакта которых с волокнами создается разрежение, что приводит к тому, что волокнистая смесь притягивается к поверхностям сетчатых барабанов. При этом соринки проходят через сетчатые поверхности барабанов и патрубков-секторов и уносятся воздушным потоком в отстойник. Для оптимизации работы

конденсора необходимо определить условия прохождения соринки через воздушно-волоконистую среду на поверхности сетчатых барабанов. Проведенными теоретическими исследованиями установлены временные условия работы конденсора, при которых происходит отделение от волокнистого объема сора различной массы. Из дифференциального уравнения движения соринки установлено также время прохождения соринки сквозь волокнистый слой. Внутри волокнистого слоя в любой момент времени на соринку действует сила \vec{F} сопротивления волокнистого слоя. По величине она пропорциональна квадрату скорости движения соринки, то есть $\vec{F} = -KV^2$.

В то же время сила сопротивления F равна произведению массы m соринки на ее ускорение a, то есть $ma = -KV^2$.

(1)

Дифференциальное уравнение (1) можно представить в виде

$$\frac{d^2S}{dt^2} = -\frac{K}{m} \left(\frac{dS}{dt} \right)^2, \quad (2)$$

Общее решение дифференциального уравнения (2) после преобразований имеет вид

$$S = \frac{m}{K} \int \frac{d\left(\frac{K}{m}t - C_1\right)}{\frac{K}{m}t - C_1} = \frac{m}{K} \ln\left(\frac{K}{m}t - C_1\right) + C_2. \quad (3)$$

Для нахождения частного решения определим постоянные интегрирования C_1 и C_2 . В соответствии с технологическим процессом заданными начальными условиями при $t = 0$ являются $S = 0$ м, $V_0 = 15$ м/с.

С учетом C_1 и C_2 частное решение дифференциального уравнения движения (2) имеет

вид
$$S = \frac{m}{K} \ln\left(\frac{K}{m}t + \frac{1}{15}\right) + \frac{m}{K} \ln 15 = \frac{m}{K} \ln\left(15 \frac{K}{m}t + 1\right). \quad (4)$$

Технологически необходимое время прохождения сорных примесей через волокнистый слой и решетку конденсора определится из выражения

$$t = \frac{m}{15K} \left(e^{\frac{SK}{m}} - 1 \right). \quad (5)$$

Из уравнений (4) и (5) следует, что для нахождения времени очистки волокнистой массы необходимо определить величины коэффициента пропорциональности K и массу m частицы сорной примеси. Коэффициент пропорциональности K определим при условии, что сорная масса внутри конденсора имеет скорость $\frac{dS}{dt} = 6$ м/с. В случае разработки крутых

концов $S=120$ мм. Следовательно, коэффициент пропорциональности K в рассматриваемом случае является линейной функцией массы m. Тогда с учетом K уравнение (5) для определения времени, необходимого для технологического процесса очистки, определится

из выражения
$$t = \frac{m}{15K} \left(\frac{5}{2} - 1 \right) = \frac{m}{15 \cdot 7,635m} \cdot 1,5 = 0,013 \text{ с.}$$

При этом рекомендованное время 0,013 с прохождения сора через волокнистый слой и сетку конденсора соответствует технологическим возможностям оборудования используемого для переработки шерстяных волокон. Следовательно, имеющееся оборудование может быть применено для очистки льняного волокна [3].

Одним из наиболее важных этапов формирования нетканых полотен из текстильных технологических отходов является процесс кардочесания. Для решения задачи получения нетканых полотен с использованием отходов льняного волокна использован базовый кардочесальный аппарат Ч-11-Ш, установленный на фабрике нетканых материалов ОАО «Витебские ковры». В процессе работы исследованию подвергались основные технологические переходы: питания, предварительного кардочесания, основного кардочесания и формирования холста. При кардочесании происходит разделение комплексов волокон на отдельные волокна, удаление сорных примесей и пороков, смешивание волокон и выравнивание волокнистого потока. Кардочесание осуществляется рабочими органами обтянутыми гарнитурой, геометрические размеры которой сопоставимы с длиной и линейной плотностью разделяемых волокон [1]. Главной целью процесса кардочесания в производстве нетканых текстильных материалов является создание равномерного по толщине и структуре прочеса, что определяет эффективность последующего процесса – формирования настила волокнистой массы. Для получения качественного прочеса отходов, содержащих льняные волокна, необходимо исследовать переход волокон с приемного барабана на главный. В работе [5] представлены математическое описание процесса разволокнения по условиям удержания волокна зубьями приемного и главного барабана, расчет оптимальных скоростных режимов и геометрии зуба. Однако, процесс разволокнения рассмотрен в статике. В предлагаемой работе движение волокна рассмотрено в динамике при неизменных интенсивности и направлении воздушного потока \vec{W} .

Дифференциальное уравнение относительного движения точки М для процесса кардочесания представим в виде

$$m\vec{a} = \sum \vec{F} + \vec{\Phi}_e + \vec{\Phi}_k. \quad (6)$$

Здесь $\sum \vec{F} = \vec{W}$ -- сила давления воздушного потока; $\vec{\Phi}_e$ -- переносная сила инерции; $\vec{\Phi}_k$ -- сила инерции Кориолиса.

Массу m движущегося волокна рассматриваем как материальную точку М, текущие координаты которой определяются из выражений $x = \rho \sin \delta$, $y = \rho \cos \delta$, где ρ -- радиус-вектор точки М, δ – угол между радиус-вектором точки М и осью ОУ.

В проекциях на оси координат ХОУ уравнения (6) получим

$$\begin{aligned} m\ddot{x} &= W_x + \Phi_{ex} + \Phi_{kx}, \\ m\ddot{y} &= W_y + \Phi_{ey} + \Phi_{ky}. \end{aligned} \quad (7)$$

Давление воздушного потока \vec{W} находим из условия удержания волокна зубьями приемного барабана. Условия равновесия сил, действующих на зуб гарнитуры в проекциях на оси X_1 и Y_1 , имеют вид

$$\begin{cases} \sum F_{x_1} = -W + N \cos \eta - \mu N \sin \eta = 0, \\ \sum F_{y_1} = \Phi_e = -N \sin \eta - \mu N \cos \eta = 0. \end{cases} \quad (8)$$

$F_{tr} = \mu N$, где μ -- коэффициент трения волокнистой массы о переднюю поверхность зуба гарнитуры; N -- реакция передней поверхности зуба на волокнистую массу; η -- угол между вектором \vec{N} и осью O_1X_1 . Из уравнений (7) и (8) после преобразований получим

$$\begin{cases} x = C_1 + C_2 e^{-2\omega t} + C_3 e^{\lambda_3 t} + C_4 e^{\lambda_4 t} + \left(\frac{A}{4\omega} - \frac{Bctg\eta}{4\omega} \right) t, \\ y = -tg\eta C_1 - tg\eta C_2 e^{-2\omega t} + tg\eta C_3 e^{\lambda_3 t} + tg\eta C_4 e^{\lambda_4 t} + \left(\frac{B}{4\omega} - \frac{Atg\eta}{4\omega} \right) t - \\ \frac{A}{2\omega^2 \cos^2 \eta} - \frac{B}{2\omega^2 \cos \eta \sin \eta}. \end{cases} \quad (9)$$

Постоянные интегрирования C_1, C_2, C_3, C_4 имеют вид

$$C_1 = \frac{R \sin \eta}{2} - \frac{R}{4 \sin \eta} + \frac{B(\cos \eta \sin \eta - 2)}{8\omega^2 \sin^2 \eta} - \frac{A(\cos \eta \sin \eta + 2)}{8\omega^2 \cos \eta \sin \eta},$$

$$C_2 = \frac{R}{4 \sin \eta} - \frac{R \sin \eta}{2} + \frac{A}{8\omega^2} - \frac{Bctg\eta}{8\omega^2},$$

$$C_3 = \frac{A(\cos \eta + \sin \eta + 1)}{8\omega^2 (\cos \eta + \sin \eta) \cos \eta \sin \eta} + \frac{B(\cos \eta + \sin \eta + 1)}{8\omega^2 (\cos \eta + \sin \eta) \sin^2 \eta} + \frac{R}{4 \sin \eta (\cos \eta + \sin \eta)},$$

$$C_4 = \frac{A(\cos \eta + \sin \eta - 1)}{8\omega^2 (\cos \eta + \sin \eta) \cos \eta \sin \eta} + \frac{B(\cos \eta + \sin \eta - 1)}{8\omega^2 (\cos \eta + \sin \eta) \sin^2 \eta} - \frac{R}{4 \sin \eta (\cos \eta + \sin \eta)}.$$

В уравнении (9) $\lambda_3 = \omega(\cos \eta + \sin \eta - 1)$, $\lambda_4 = -\omega(\cos \eta + \sin \eta + 1)$.

Полученные расчетные формулы (6) – (9) представляют собой методику расчета движения волокнистой массы с учетом сил, возникающих при взаимодействии игл гарнитуры с волокнистыми отходами.

Анализ траектории движения материальной точки М (волокна) в параметрической форме, представленной уравнениями (9), рассмотрен для узла приемного барабана, обтянутого пильчатой гарнитурой, у которой: высота зуба – 40 мм; угол наклона передней грани $\beta - 60^\circ$; радиус вершин зуба гарнитуры $R - 103$ мм; $\eta = 28^\circ 50'$. При этом установлено, что траектория движения волокна прямолинейна и расположена в плоскости (+y; -x). При угловой скорости вращения главного барабана $\omega = 4,49 \text{ с}^{-1}$ координаты X и Y траектории движения волокна представлены в таблице.

Таблица

t, сек	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05
X, мм	38,6711	43,2547	46,1526	46,3902	52,9971
y, мм	22,5951	23,9846	25,2781	26,4555	27,5236

Анализируя полученное, можно сделать вывод, что волокно стремится оторваться от гарнитуры приемного барабана. При этом значительно снижается интенсивность взаимодействия гарнитуры с волокном и, как следствие, интенсивность разволокнения волокнистых отходов в зоне приемного барабана. Для стабилизации процесса разволокнения целесообразно создать дополнительный воздушный поток, который направлял бы разрабатываемые волокна в рабочую зону приемного барабана.

Для отходов льняных волокон процесс кардочесания протекает без технологических проблем. В смесях, содержащих не более 30% льняных отходов, не наблюдается значительное уменьшение длины волокна по сравнению с остальными компонентами смеси при прохождении их между кардными поверхностями. При вложении льняных отходов более 30% наблюдается незначительное укорочение волокон, которое, однако, не влияет на процесс формирования нетканых материалов и их физико-механические параметры [5, 6].

В результате проведенной работы [1-6] разработаны технологические режимы получения нетканых текстильных полотен с использованием льняных отходов; получены аналитические зависимости для определения оптимальной разводки в зоне первичного разволокнения; усовершенствованы принципы проектирования смесей, содержащих регенерированные волокна и технологические отходы; аналитически доказана возможность использования оборудования для переработки шерстяных отходов при работе с льняными отходами; модернизировано существующее оборудование в производственном процессе получения нетканых материалов. По результатам теоретических и экспериментальных исследований усовершенствован технологический процесс получения регенерированных волокон из вторичных ресурсов; предложена методика проектирования смесей для производства нетканых полотен; разработаны технологические режимы производства нетканых полотен с вложением льняных отходов; улучшены физико-механические показатели нетканых полотен; разработан ассортимент изделий, который внедрен на фабрике нетканых материалов ОАО «Витебские ковры».

Применение разработанной технологии позволит максимально использовать отходы предприятий Республики Беларусь: очес гребенной, короткое волокно и другие отходы льняного производства РУПП «Оршанский льнокомбинат», отходы производства пряжи из химических волокон ОАО «Полесье», шерсть восстановленная производства г. Борисов, отходы нитронного волокна производства ПО «Полимир» г. Новополоцк и отходы коврового производства ОАО «Витебские ковры». При этом вложение значительного количества льняных отходов позволяет экономить дорогое сырье и тем самым уменьшается себестоимость готовой продукции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Исследование процесса разволокнения льняных отходов на модернизированном щипальном оборудовании/ Локтионов А.В., Буткевич В.Г., Мачихо Т.А. //«НИРС-2003» VIII Республиканская научно-техническая конференция студентов и аспирантов. Минск. –2003.
2. Разработка и исследование технологического процесса получения нетканых материалов из отходов текстильного производства/ Мачихо Т.А. //Вестник УО «ВГТУ». –2003. №5. – С 25-29.
3. Исследование процесса очистки отходов льняных волокон/ Локтионов А.В., Буткевич В.Г., Мачихо Т.А. //Теоретическая и прикладная механика. Межведомственный сборник научно-методических статей. – 2004. №17.– С 25-26.
4. Исследование процесса смешивания волокнистых компонентов при формировании нетканых полотен/ Локтионов А.В., Буткевич В.Г., Мачихо Т.А. //Вестник УО «ВГУ им. П.М. Машерова». – 2004. №2. –С.120-123.
5. Динамика взаимодействия игл гарнитуры с волокнистыми отходами в процессе кардочесания/ Локтионов А.В., Буткевич В.Г., Мачихо Т.А. //Вестник Полоцкого государственного университета. Серия фундаментальные науки. –2004. №11. –С. 98-102.
6. . Способ получения нетканых полотен из льняных технологических отходов/ Буткевич В.Г., Мачихо Т.А., Пищикова А.В //Вестник Учреждения образования «Витебский государственный технологический университет». –2004. №6. –С. 32-36.