Федеральное агентство по образованию

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

ТЕХНОЛОГИЯ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ОСНОВАН В ДЕКАБРЕ 1957 ГОДА, ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД

№ 4 (318)
2009

Издание Ивановской государственной текстильной академии
ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 4 (318) ТЕХНОЛОГИЯ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ 2009

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор *Г.И. ЧИСТОБОРОДОВ.*

Заместители главного редактора: *Н.М. АШНИН, Ф.Ф. БЕЗДУДНЫЙ, М.Н. ГЕРАСИМОВ, Б.Н. ГУСЕВ, К.И. КОБРАКОВ, Р.В.КОРАБЕЛЬНИКОВ, В.Л. МАХОВЕР, А.К. РАСТОРГУЕВ, Б.С. САЖИН, Б.Б. СТРОГАНОВ.*

Члены редколлегии: *В.С. БЕЛГОРОДСКИЙ, В.Н. БЛИНИЧЕВ, А.П. БОЛОТНЫЙ, В.В. ВЕСЕЛОВ, В.Ф. ГЛАЗУНОВ, В.А. ГУСЕВ, В.М. ЗАРУБИН, В.В. ЗРЮКИН, В.В. ИСАЕВ, Е.Н. КАЛИНИН, С.М. КИРЮХИН, А.М. КИСЕЛЕВ, А.Б. КОЗЛОВ, В.Н. КРОТОВ, Н.А .КУЛИДА, В.В. ЛЮБИМЦЕВ, Н.И.МАКСИМОВ, Р.М. МАЛАФЕЕВ, А.Н. МОГИЛЬНЫЙ, С.Д. НИКОЛАЕВ, Ю.В. ПАВЛОВ, Е.Л. ПАШИН, К.М. ПИРОГОВ, К.Э. РАЗУМЕЕВ, А.Г. РЕПИН, Л.П. РОВИНСКАЯ, В.Е. РОМАНОВ, П.Н. РУДОВСКИЙ, В.В. САФОНОВ, А.Г. СЕВОСТЬЯНОВ, П.А. СЕВОСТЬЯНОВ, М.И. СЕМИН, Н.А. СМИРНОВА, А.П. СОРКИН, Ф.Ю. ТЕЛЕГИН, В.И. ТЕРЕНТЬЕВ, Н.Н. ТРУЕВЦЕВ, Н.Л. УШАКОВА, В.Д. ФРОЛОВ, И.Г. ЦИТОВИЧ, Л.П. ШЕРШНЕВА, Ю.С. ШУСТОВ, В.П. ЩЕРБАКОВ, С.С. ЮХИН, Ф.Н. ЯСИНСКИЙ.*

Ответственный секретарь *С.Л. ХАЛЕЗОВ.*

Адрес редакции: 153000, г. Иваново, пр. Ф. Энгельса, 21.
Тел.: (4932) 35-78-87. Факс: (4932) 41-50-88.
E-mail: ttp@igta.ru
http://www.igta.ru

Издание зарегистрировано в Министерстве печати РФ. Регистрационный №796. Сдано в набор 03.08.2009. Подписано в печать 31.08.2009. Формат 60x84 1/8. Бум. кн.-журн. Печать офсетная. 14,88 усл.-печ. л.; 15,13 усл. кр.-отт. Заказ 1354.

Тираж 450 экз.

ОАО "Ивановская областная типография"
153008, г. Иваново, ул. Типографская, 6.
E-mail: 091-018@rambler.ru

© «Известия вузов. Технология текстильной промышленности», 2009

УДК 677:658.3

ИННОВАЦИИ КАК ИНСТРУМЕНТ РАЗВИТИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ПОТЕНЦИАЛА ПРЕДПРИЯТИЙ ТЕКСТИЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

А.В. ЗАЙЦЕВ, В.Б. КАРПОВА, В.В. БАРАНОВ, Т.М. ГУСОВ

**(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина,
ООО "Карро-Комплект" (г. Москва),
Академия народного хозяйства при Правительстве Российской Федерации)**

Особенностью современной экономики является переход предприятий на инновационный путь развития. Требования рынка по созданию новых продуктов и развитию новых технологий приводит к тому, что успешность и повышение конкурентоспособности современного предприятия стали определяться долей выпускаемой продукции, производство которой основано на знаниях. Источником конкурентного преимущества этих предприятий становятся не материальные ресурсы и дешевая рабочая сила, а знания и творческий потенциал персонала. Поэтому в инновационной экономике, являющейся экономикой знаний, особое значение приобретает формирование человеческих ресурсов, обладающих высоким интеллектуальным потенциалом. Такая конкурентная стратегия функционирования субъектов экономической деятельности, воплощенная в концепции развития легкой промышленности России до 2010 года, имеет прямое отношение к предприятиям текстильной отрасли [1…5].

Для достижения поставленных целей современное производство инновационного продукта требует от персонала предприятий текстильной отрасли высокого интеллектуального потенциала, который зависит от его креативных и познавательных способностей. В процессе инновационной деятельности предприятие осуществляет реализацию целенаправленной системы мероприятий по разработке, внедрению, освоению, распространению и коммерциализации новшеств. Для повышения конкурентоспособности текстильной продукции предприятия инновационной направленности должны уделять особое внимание модернизации производства, технологическому обновлению и внедрению новых технологий, реорганизации организационно-управленческой и финансово-экономической деятельности, реструктуризации систем управления бизнесом. В этом случае объектами инновации на предприятии являются средства производства, технологические процессы, производимый продукт и его качество, развитие организации, сотрудники, креативность персонала и интеллектуальный потенциал предприятия.

На заседании президиума Государственного совета "О модернизации текстильной отрасли и мерах по повышению

уровня жизни и социальной защищенности ее работников", проходившего с участием Президента Российской Федерации Д.А. Медведева 20 июня 2008 года в городе Иваново, было отмечено, что стратегическими приоритетами развития отрасли станут формирование промышленных кластеров, качественная модернизация, стимулирование инвестиций, "прорывные" инновации, включая нанотехнологии [5]. Эти выработанные приоритеты для текстильных предприятий наполнят внешнюю среду предпринимательской деятельности факторами устойчивого развития экономических субъектов отрасли. Такой подход к решению проблем текстильной отрасли позволит предприятиям проводить эффективную инновационную политику и обеспечит реализацию общегосударственной доктрины перехода экономики на инновационные факторы развития, которая должна предусматривать различные организационные и финансово-экономические формы государственной поддержки инновационной деятельности текстильных предприятий.

Сегодня, в период финансово-экономического кризиса, практически каждое текстильное предприятие столкнулось с проблемой выживания в условиях растущей конкуренции и высокой неопределенности. В этой ситуации руководство предприятия должно уделять постоянное внимание формированию ключевых компетенций персонала. Особое значение это приобретает для высокотехнологичного предприятия отрасли, успешная деятельность которого в решающей степени зависит от интеллектуального потенциала сотрудников. Это связано с тем, что высокотехнологичное предприятие, формируя ключевые факторы успеха своей деятельности, ориентируется на использование новых технологий, в основе которых лежат инновационные разработки, использует дорогостоящее оборудование с высоким уровнем гибкости и автоматизации производственных процессов. Также актуальной является задача технологического обновления отрасли современным оборудованием, поскольку износ основных фондов на июнь 2008 г. превышал 50 процентов. При этом коэффициент обновления оборудования в 2006 –2007 гг. не поднимался выше 3…4% против 15…17% в развитых промышленных странах [5]. Все это требует привлечения не только значительных финансовых ресурсов, но и персонала с высоким уровнем интеллектуального потенциала.

Исходя из опыта промышленно развитых стран стратегию развития текстильной отрасли целесообразно формировать на основе региональных приоритетов. Это означает, что должны быть выделены наиболее восприимчивые к инновациям регионы, где расположены предприятия отрасли, имеющие наиболее высокий инновационный потенциал, включая интеллектуальный потенциал персонала. Стремление повысить эффективность инновационной деятельности, развитие новых технологий и конкуренция между производителями продуктов, инновации будет вынуждать менеджмент предприятий повышать технический уровень производства и качество продукции, а также снижать уровень производственных затрат. Таким образом, повышая эффективность инновационной деятельности, предприятие для создания и обслуживания производства инноваций будет неуклонно повышать уровень интеллектуального потенциала своего персонала. Инновации как инструмент развивают интеллектуальный потенциал предприятия, а интеллектуальный потенциал персонала в свою очередь выступает как фактор формирования инноваций. Это приводит к тому, что экономический рост все больше будет определяться долей продукции и оборудования, которые основаны на прогрессивных знаниях и современных решениях. Производство и реализация всех видов продукции все в большей степени зависят не только от материальных и финансовых ресурсов, но и от экономически значимых интеллектуальных ресурсов.

Предприятия, реализующие политику инновационной направленности, ориентируют развитие интеллектуального потенциала персонала на собственные сформированные возможности, которые включают:

– способность воспринимать, инициировать и генерировать знания;

– упор на эксперимент и проведение исследований в управлении инновациями;

– создание систем управления бизнесом и адаптивности к условиям неопределенности быстро изменяющейся внешней среды;

– развитие индивидуальных и командных навыков работы, компетентности и креативности менеджеров;

– постоянное непрерывное обучение и профессиональная подготовка на протяжении всей трудовой деятельности персонала;

– применение альтернативных методик решения инновационных задач и моделей принятия управленческих воздействий.

Национальная концепция перехода экономики на инновационные факторы развития достигнет поставленных целей при условии, что предприятия различных отраслей будут обладать достаточным креативным потенциалом, который зависит, прежде всего, от качества их интеллектуального ресурса. Поэтому при переходе к экономике инноваций возрастает роль высшего учебного заведения в формировании интеллектуальных ресурсов общества в рамках реализации этой концепции.

Переход на инновационные факторы развития затрагивает все элементы экономической системы. Например, у образовательного учреждения возникает необходимость оперативного реагирования на изменяющиеся экономические и социальные потребности общества, повышения экономической эффективности и развития тесного сотрудничества с различными субъектами рынка, включая государственные и региональные органы управления, предпринимательские структуры и т.д. Результаты такого сотрудничества могут воплощаться в программах и учебных планах образовательных учреждений, конкурентных стратегиях субъектов предпринимательства, а также в стратегических программах и бизнес-планах развития регионов. Таким образом, создаются стратегические программы, которые становятся базисом формирования интеллектуальных ресурсов, обладающих высоким потенциалом.

Современный этап развития общества, переход на инновационные факторы развития, формирование экономики знаний диктуют новые задачи в области подготовки не только менеджеров и экономистов, но и представителей инженерных специальностей, особую потребность в которых испытывают текстильные предприятия при реализации стратегических приоритетов развития отрасли. Эти задачи заключаются в формировании у студентов креативного подхода к процессам формулирования, конструирования и реализации инженерных решений инновационных проектов, выбор наилучшей альтернативы. Будущий специалист должен обладать способностью к управлению и лидерству в инженерных разработках, определять и создавать организационные формы реализации проекта и т.д. Выпускники инженерных специальностей также должны владеть аналитическими методами оценки эффективности проектов и, самое важное, – обладать навыками проектного управления в условиях неопределенности [3].

Таким образом, инновации обеспечивают приобретение нового знания, которое способно в процессе инновационной деятельности предприятия трансформироваться, а новшество – преобразоваться в реальную инновационную продукцию. В процессе преобразования новшества в инновацию внешние знания и внешний опыт синтезируются с внутренними знаниями и опытом предприятия. В результате возникают новые знания и опыт, на основе которых формируются продуктовые и процессные инновации. Следовательно, процесс инновационной деятельности способствует совершенствованию интеллектуального ресурса и переходу его на новый качественный уровень, обеспечивая высокую конкурентоспособность предприятия инновационной направленности.

Литература

1. *Балашов Е.Б.* Пути реализации российской государственной инновационной политики. // Интеллектуальная собственность. Промышленная собственность. – 2006, № 9. С.10…17.

2. *Бережнов Г.В.* Инновационно-активная деятельность предприятия // Креативная экономика. – 2008, № 1. С.4…10.

3. *Зайцев А.В., Баранов В.В., Крафт Й.* Требования современной экономики к формированию интеллектуальных ресурсов предприятия // Креативная экономика. – 2009, № 4. С.15…22.

4. *Зинов В.Г., Лебедева Т.Я., Цыганов С.А.* Инновационное развитие компании: управление интеллектуальными ресурсами: учеб. пособие / Под ред. В.Г. Зинова. – М.: Изд-во "Дело" АНХ, 2009. – (Сер. "Образовательные инновации").

5. *Медведев Д.А.* Вступительное слово на заседании президиума Государственного совета "О модернизации текстильной отрасли и мерах по повышению уровня жизни и социальной защищенности ее работников". – 20 июня 2008 года, г. Иваново. Официальный сайт Президента России. – [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Режим доступа: http://kremlin.ru/appears/2008/06/20/1951_type63378.

Рекомендована кафедрой ткачества МГТУ им. А.Н. Косыгина. Поступила 05.06.09.

УДК 677.038.2:004.9

ВЫЯВЛЕНИЕ ИНФОРМАТИВНЫХ ПРИЗНАКОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗРЕЛОСТИ ХЛОПКОВОГО ВОЛОКНА*

А.Ю. МАТРОХИН, О.А. ШАЛОМИН, А.В. КРУГЛОВ, Б.Н. ГУСЕВ

(Ивановская государственная текстильная академия, ООО "ТексПро")

Зрелость хлопковых волокон характеризуется коэффициентом зрелости, который отражает содержание целлюлозы в волокне и является основным показателем, учитываемым при определении сорта согласно стандарту [1]. В практике работы лабораторий отечественных текстильных предприятий для определения фактического значения коэффициента зрелости широко применяются визуальные методы микроскопии [2], [3], среди которых официально признанным и стандартизованным методом является поляризационно-оптический метод [4]. Он сочетает лучшие черты существующих визуальных методов, но не решает главной проблемы, характерной для всех органолептических методов, а именно субъективности принимаемых решений. Главным субъективным фактором является неоднозначность цветовых признаков, используемых в стандарте для классификации волокон на группы зрелости.

Целью данного исследования является развитие методов количественной оценки зрелости волокон по пути уменьшения влияния оператора в ключевых измерительных операциях. Инструментальные и программные средства для реализации этой задачи существуют, однако обеспечить надежный алгоритм оценки показателей зрелости волокон возможно только за счет использования дополнительных информативных признаков.

Для решения данной научной проблемы воспользовались изображениями хлопковых волокон, полученными с помощью биологического поляризационного микроскопа марки B1-220A Motic, сопряженного с цифровой камерой-окуляром DCM 130. Изображение волокон в поляризационно-оптическом свете, создающем характерную интерференционную картину, представлено на рис. 1 (общее увеличение составило 100 крат).

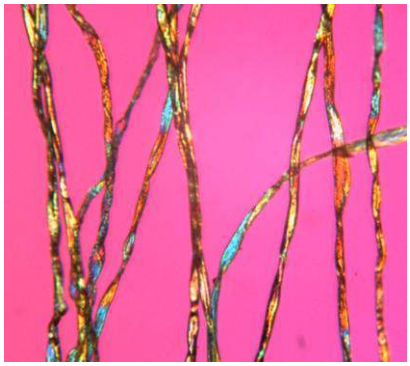


Рис. 1

* Работа выполнена при финансовой поддержке Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере (№ госконтракта 5812р/8106).

Прежде всего выделим значимые признаки определения группы зрелости, традиционно используемые в поляризационно-оптическом методе. Формальным признаком является цвет волокна, который определяется по самой низкой интерференционной окраске на широких участках волокон, и для четырех групп имеет следующие характеристики (табл. 1).

Таблица 1

Номер группы	Наименование группы	Характеристика цвета [4]
1	Самые зрелые Зрелые	Оранжевые и золотисто-желтые с розовато-фиолетовыми участками Зеленовато-желтые с зелеными и голубыми участками
2	Недозрелые	Синие и голубые, желтые и зеленые с голубыми и синими участками
3	Незрелые	Фиолетовые и синие с фиолетовыми участками
4	Совершенно незрелые	Фиолетовые с прозрачно-красными участками, прозрачно-красные

Наряду с этим установленным признаком оператору предоставляется возможность оценить форму, характер извитости волокон и степень заполнения стенок целлюлозой. Эти признаки необходимы для принятия взвешенного решения, так как определить принадлежность волокна к конкретной группе только на основе табл. 1 затруднительно.

Таким образом, основная задача исследования состоит в идентификации качественных признаков зрелости волокна и переводе их в количественную форму для последующего установления четких критериев определенной группы зрелости.

Анализируя зрительную информацию, содержащуюся в цифровом изображении волокон, можно выделить следующие существенные качественные признаки: цвет; неравномерность интенсивности света вдоль оси волокна (отражает извитость); неравномерность интенсивности света в направлении, перпендикулярном оси волокна (отражает морфологию поверхности).

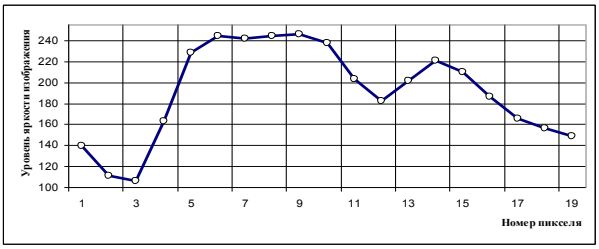
Наибольшую информацию несет в себе цвет изображений волокон, создаваемый за счет оптической анизотропии волокон. Рассматривая волокна в стандартной цветовой палитре sRGB, можно заметить, что интенсивность цветовых составляющих изображения (R, G и B – интенсивности красной, зеленой и синей составляющих соответственно) существенно отличается для волокон различных групп зрелости. Причем характерные различия проявляются как по отдельным составляющим, так и по их парным сочетаниям. Например, для самых зрелых волокон, имеющих желто-золотистый цвет, преобладают красная и зеленая составляющие, а для совершенно незрелых – только красная составляющая. Таким образом, предлагается использовать ряд параметров, характеризующих цвет волокон. Выражения для их расчета и ориентировочные значения приведены в табл. 2.

Таблица 2

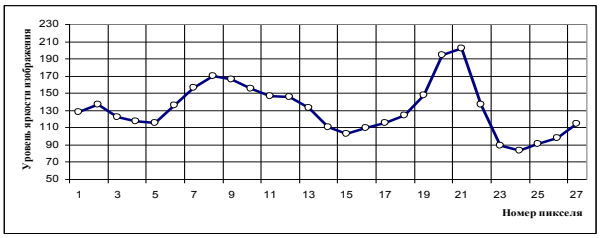
№ п/п	Обозначение параметра	Расчетная формула	Примерные значения для групп зрелости			
			1	2	3	4
1	I_R	$R/(R+G+B)$	0,453	0,183	0,430	0,531
2	I_G	$G/(R+G+B)$	0,380	0,374	0,187	0,188
3	I_B	$B/(R+G+B)$	0,167	0,443	0,382	0,281
4	I_{RG}	$(R+G)/(R+G+B)$	0,833	0,557	0,617	0,719
5	I_{RB}	$(R+B)/(R+G+B)$	0,620	0,626	0,813	0,812
6	I_{GB}	$(G+B)/(R+G+B)$	0,547	0,818	0,570	0,469

Раскрывая сущность признака "морфология поверхности волокна", необходимо отметить, что изображения зрелых и незрелых волокон неоднородны по интенсивности. В частности, на продольном виде волокон хорошо виден канал, имеющий различную ширину, кроме того, у незрелых волокон наблюдается зернистость, которая исчезает у зрелых и самых зрелых волокон.

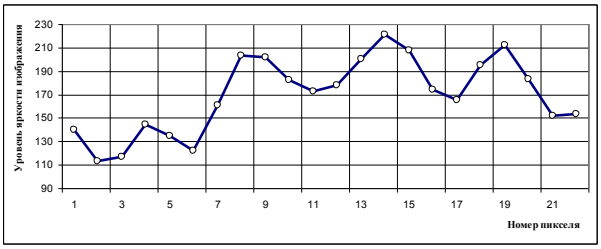
Для иллюстрации этого признака на рис. 2 (а – диаграмма для самых зрелых волокон; б – диаграмма для недозрелых волокон; в – диаграмма для незрелых волокон; г – диаграмма для совершенно незрелых волокон) показаны диаграммы уровней яркости, построенные по поперечным сечениям (строкам пикселей) волокон, соответствующих различным группам зрелости.



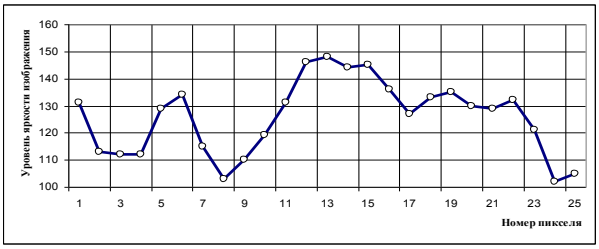
а)



б)



в)



г)

Рис. 2

Количественно этот признак можно выразить длиной волны колебаний яркости в сравнении с видимой шириной волокна:

$$I_M = S/\lambda, \qquad (1)$$

где S – видимая ширина волокна, мкм, пикс; λ – характерная длина волны (после волновых преобразований), мкм, пикс.

Извитость вдоль оси волокон может рассматриваться как второстепенный признак, поскольку выборочные данные свидетельствуют об отсутствии четкой закономерности между частотой витков и принадлежностью к одной из групп зрелости. Кроме того, изгибы и пересечения волокон друг с другом усложняют подсчет витков волокон. Для распознанного и выделенного волокна возможно построить диаграмму уровней яркости вдоль его оси (рис. 3).

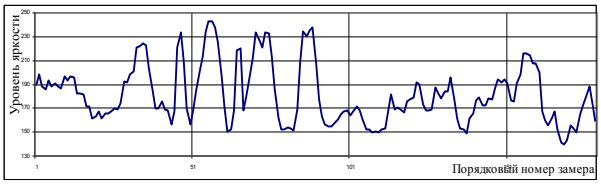


Рис. 3

Пики на диаграмме соответствуют участкам волокон, обращенным к объективу микроскопа своей широкой стороной, а впадины соответствуют участкам, обращенным к объективу в местах перегиба. Наличие и степень извитости волокна количественно можно оценить частотой колебаний на диаграмме и выразить через характерную длину волны. Развертывание данного критерия возможно с помощью преобразований волновых сигналов, в частности, аппарата Wavelet-анализа.

Практическое применение всех рассмотренных признаков требует уточнения

допустимых границ критериев и правил принятия решений (возможен выбор средних арифметических или экстремальных значений).

ВЫВОДЫ

1. Выявлены качественные и количественные признаки определения зрелости хлопковых волокон.

2. Предложены выражения для установления критериев определения группы зрелости хлопковых волокон.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 3279–76. Волокно хлопковое. Технические условия.

2. Методы определения свойств хлопка-волокна / Иванов С.С., Ладынина Л.П., Соловьев А.Н. и др. – М.: Легкая индустрия, 1972.

3. ISO 4912:1981. Textiles. Cotton fibres. Evaluation of maturity. Microscopic method.

4. ГОСТ 3274.2–72. Волокно хлопковое. Ускоренные методы определения сорта и линейной плотности.

Рекомендована кафедрой материаловедения и товароведения ИГТА. Поступила 04.02.09.

УДК 687.016

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЖЕСТКОСТИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ИХ РАСТЯЖЕНИИ

В.В. ЗАМЫШЛЯЕВА, Н.А. СМИРНОВА, В.В. ЛАПШИН

(Костромской государственный технологический университет)

Существующие в настоящее время методы определения показателей жесткости текстильных материалов при их растяжении различаются видом исследуемых материалов, формой и размерами проб, характером и параметрами испытаний, инструментальным обеспечением метода измерений (табл.1).

Показатели жесткости (как свойства) при растяжении определяются по диаграмме усилие – удлинение, получаемой при определении прочностных характеристик текстильных материалов. Испытания проводят на разрывных машинах различных конструкций, снабженных автоматизированным прибором для записи диаграммы. По диаграмме усилие – удлинение можно рассчитать условную жесткость $D_у$ и модуль жесткости (модуль упругости или модуль 1-го рода) E:

$$D_ó = \frac{100Ð_ó}{\varepsilon_ó}, \qquad (1)$$

где $P_у$ – условное усилие; $\varepsilon_ó$ – условная деформация.

$$D_ó = EF, \qquad (2)$$

где E – модуль жесткости; F – площадь поперечного сечения образца.

$$Å = \frac{100\sigma}{\varepsilon}, \qquad (3)$$

где σ – напряжение, развиваемое в материале; ε – относительная деформация материала для участка прямой пропорциональной зависимости на диаграмме напряжение – деформация (рис. 1).

Модуль жесткости можно также характеризовать углом наклона α_1 и α_2 прямолинейного участка на диаграмме напряжение – деформация:

$$Å_ó = tg\alpha. \qquad (4)$$

Таблица 1

Объект исследования и используемый метод	Измеряемые показатели	Приборы и приспособления
Текстильные материалы [1]	Показатель жесткости (1) Модуль упругости (3)	Разрывные машины различных конструкций с устройством для записи диаграммы усилие – удлинение
Трикотажные полотна, искусственный трикотажный мех бытового и технического назначения, суровые товарные полотна из всех видов пряжи (нитей) [2]		
Полотна нетканые из волокон всех видов различного способа производства [3]		
Ткани технические [4]		
Нити текстильные [5]	Показатель жесткости (1) Модуль упругости (3)	Разрывные машины различных конструкций с устройством для записи диаграммы усилие – удлинение
Нити синтетические текстурированные [6]		
Кожа всех видов [7]	Показатель жесткости (2) Условный модуль упругости (3)	
Пряжа, волокна и нити различного волокнистого состава [8]	Коэффициент жесткости (5)	Установка с осциллографом
Пряжа, волокна и нити различного волокнистого состава [8]	Коэффициент жесткости (6)	Тензоциклограф с осциллографом
Волокна и нити различного волокнистого состава [9]	Динамический модуль 1-го рода (7)	Установка для интерференционного метода с осциллографом
Синтетические нити [10]	Динамическая жесткость (8) Динамический модуль упругости (9) Коэффициент жесткости (10)	Установка для динамических испытаний с осциллографом

Стандартные методы определения разрывных характеристик текстильных материалов [1…7] реализуют статический характер нагружения проб, при котором материал подвергается растяжению с малой скоростью деформирования, и ограничиваются однократным нагружением пробы до момента разрыва. Однако текстильные материалы и изделия из них при изготовлении и эксплуатации испытывают в основном кратковременные воздействия сравнительно малые по величине.

Для оценки показателей жесткости в условиях эксплуатации целесообразно применять испытания в динамическом режиме.

Примером динамических испытаний по определению показателей жесткости текстильных материалов при растяжении является изучение свободной вибрации массы, подвешенной на пробе, и гармонических колебаний пробы, вызванных принудительной многократной деформацией [8]. С помощью этих методов определяют коэффициенты жесткости текстильных материалов по параметрам колебаний пробы, которые регистрируются осциллографом.

Коэффициент жесткости при изучении свободной вибрации массы, подвешенной на образце, определяется по формуле:

$$\tilde{N} = \frac{4\pi^2 m}{T^2}, \qquad (5)$$

где m – масса груза; T – период колебаний груза (по кривой колебаний).

Коэффициент жесткости в методе принудительной многократной деформации определяется по формуле:

$$\tilde{N} = \frac{\Delta \grave{O}}{\Delta \ell}, \qquad (6)$$

где ΔT – величина деформирующей силы (по кривой колебаний); $\Delta \ell$ – величина деформации.

Недостатками этих методов являются большие размеры проб и трудоемкость обработки результатов.

К динамическим испытаниям также можно отнести метод интерференции [9], позволяющий рассчитать динамический модуль жесткости. Метод заключается в непрерывном возбуждении растянутой пробы, которое вызывает распространение продольных звуковых волн, регистрируемых осциллографом.

Динамический модуль 1-го рода вычисляется по формуле:

$$Å_{äèí} = ñ^2\rho, \qquad (7)$$

где с – скорость распространения звуковых волн (по кривой колебаний); ρ – плотность текстильного материала.

Основной трудностью метода интерференции является измерение скорости распространения звуковых волн в материале.

Метод, представленный в [10], позволяет определить показатели жесткости текстильных материалов при "мгновенном" приложении нагрузки. Проба, подвергаясь "мгновенному" приложению нагрузки, начинает деформироваться, совершая колебательные движения относительно своего положения равновесия, которые регистрируются осциллографом. Характеристики жесткости рассчитывают по параметрам колебательного процесса.

Динамическая жесткость определяется следующим образом:

$$D_{äèí} = \frac{\sigma_{max}}{\varepsilon_{max}}, \qquad (8)$$

где σ_{max} – пиковое напряжение; ε_{max} – пиковая деформация.

Динамический модуль упругости вычисляется по формуле:

$$Å_{äèí} = \frac{\ell\gamma \cdot 10^3}{T} m\omega^2, \qquad (9)$$

где ℓ, γ, T – длина, объемная и линейная плотность нити соответственно ; m – масса груза; ω – циклическая частота колебаний.

Коэффициент жесткости определяется по формуле:

$$k_æ = m\omega^2. \qquad (10)$$

Метод обеспечивает объективность результатов за счет использования магнитного способа освобождения пробы для совершения колебаний.

На основании анализа существующих методов определения качественных показателей жесткости текстильных материалов при растяжении в качестве основного классификационного признака целесообразно использовать характер деформирования пробы при проведении испытаний.

ВЫВОДЫ

Проведен анализ методов определения показателей жесткости при растяжении текстильных материалов и установлен для них основной классификационный признак в зависимости от характера деформирования: статический или динамический.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 3813–72. Материалы текстильные. Ткани и штучные изделия. Методы определения разрывных характеристик при растяжении. – М.: Изд-во стандартов, 1990.
2. ГОСТ 8847–85. Полотна трикотажные. Методы определения разрывных характеристик и растяжимости при нагрузках меньше разрывных. – М.: Изд-во стандартов, 1990.
3. ГОСТ 15902.3–79. Полотна нетканые. Методы определения прочности. – М.: Изд-во стандартов, 1990.
4. ГОСТ 29104.4–91. Ткани технические. Метод определения разрывной нагрузки и удлинения при разрыве. – М.: Изд-во стандартов, 2004.
5. ГОСТ 6611.2–73. Нити текстильные. Методы определения разрывной нагрузки и удлинения при разрыве. – М.: Изд-во стандартов, 1997.
6. ГОСТ 23364–2001. Нити синтетические текстурированные. Метод определения разрывной нагрузки и удлинения при разрыве. – М.: Изд-во стандартов, 2002.
7. ГОСТ 938.11–69. Кожа. Метод испытания на растяжение. – М.: Изд-во стандартов, 1990.
8. *Гордеев В.А.* Динамика механизмов отпуска и натяжения основы ткацких станков. – М.: Легкая индустрия, 1965.
9. *Мортон В.Е.*, Херл Д.В.С. Механические свойства текстильных волокон. – М.: Легкая индустрия, 1971.
10. *Алешин Р.Р., Разумовская Е.А., Тиранов В.Г.* Установка для динамических испытаний нитей // Химические волокна. – 2008, № 4. С. 9…11.

Рекомендована кафедрой технологии и материаловедения швейного производства. Поступила 01.06.09.

УДК 667.017

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА И НАДЕЖНОСТИ ТКАНЕЙ ДЛЯ СПЕЦОДЕЖДЫ

С.М. КИРЮХИН, Д.В. КУРОЕДОВА, О.Н. ДЕНИСОВА, С.Ф. ЛИТОВЧЕНКО

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина, Российский заочный институт текстильной и легкой промышленности)

Качество и надежность – это основные требования, которые предъявляет потребитель или заказчик к любой продукции, в том числе и к текстильным изделиям. Особенно это важно для тканей, используемых для изготовления специальной одежды [1].

Необходимость сравнительной оценки качества и надежности может быть обусловлена многими причинами. Например, при выборе лучшего варианта одноименной продукции, оценке новой технологии ее изготовления, установлении цены на изделия и т.п.

Качество – это совокупность свойств продукции (материала), обусловливающих ее пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее назначением [2]. Оценка качества проводится с использованием определяющих показателей дифференциальным и комплексным методами. В первом случае используются единичные показатели, во втором – комплексные [3].

Под надежностью обычно понимают способность материала (изделия) выполнять заданные функции, сохраняя свои показатели в заданных пределах в течение требуемой наработки. Последняя может выражаться в различных единицах, в том числе и в единицах измеряемых показателей качества текстильных материалов при их лабораторных испытаниях [3].

Считают [4], что надежность – это качество, развернутое во времени. С учетом этого и применительно к особенностям испытания тканей в лабораторных условиях можно считать, что надежность – изменение исследуемого показателя в различных режимах, или надежность – это изучаемый показатель качества, развернутый в заданном режиме испытания [5]. Если при испытании материал доводится до разрушения, то для каждого заданного режима можно оценить вероятность такого события. Следовательно, при лабораторных испытаниях механических свойств тканей оценка надежности будет сводиться к определению вероятностных характеристик достижения ими определенных состояний. Последнее позволяет оценивать качество исследуемых тканей в реальных условиях эксплуатации, когда нагрузки и другие воздействия на материал существенно отличаются от тех, при которых ткань доводится до разрушения в условиях лабораторных испытаний.

Целью данной работы является разработка методики сравнительной оценки качества и надежности тканей для спецодежды.

В качестве объектов исследования были выбраны хлопчатобумажная ткань и смесовые ткани полиэфир – хлопок, используемые при изготовлении специальной одежды для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий в различных отраслях промышленности. Считают, что оптимальным соотношением волокон в тканях являются 65% полиэфира и 35% хлопка. Однако с учетом специфики производства, где используется специальная одежда из этих тканей, волокнистый состав может меняться от 100% полиэфира (чистые производства), 75 или 100% хлопка (для металлургических производств), 50 или 60% хлопка (пищевая промышленность) и т.д. [6]. Поэтому были выбраны ткани с различным содержанием полиэфирных и хлопковых волокон. Общая характеристика этих тканей дана в табл. 1.

Таблица 1

Наименование показателя		№ образца			
		1	2	3	4
Сырьевой состав, %		100% хлопок	80% хлопок, 20% ПЭ	60% хлопок, 40% ПЭ	50% хлопок, 50% ПЭ
Ширина, см		132	152	108	148
Толщина, мм		0,70	0,49	0,40	0,34
Число нитей на 10 см	основа	360	420	400	400
	уток	180	260	220	220
Линейная плотность нитей, текс	основа	53,5	34,6	25,2	42,8
	уток	73,2	54	52,6	42,3
Поверхностная плотность, г/м^2		324	285	216	264

Для оценки качества и надежности исследуемых тканей были выбраны определяющие показатели: разрывная нагрузка, прочность при раздирании и стойкость к истиранию по плоскости. Экспертный опрос из 10 показателей качества тканей для спецодежды позволил оценить эти показатели как наиболее значимые. Результаты экспертного опроса приведены в табл. 2.

Таблица 2

Эксперты m	Ранги показателей										Σ	T_j
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}		
1	9	10	2,5	4,5	6	1	8	2,5	4,5	7	55	1
2	10	9	4	3	1,5	1,5	8	5	6	7	55	0,5
3	6	10	2	1	7	3	8	4	5	9	55	0
4	6,5	6,5	4	1,5	10	1,5	9	8	3	5	55	1
5	3,5	9	6	1,5	5	1,5	8	3,5	7	10	55	1
6	5	8	1,5	1,5	6	3	9	4	7	10	55	0,5
7	7	8	2,5	1	5	2,5	9	4	6	10	55	0,5
8	8	9	3	1,5	6	1,5	7	5	4	10	55	0,5
S_i	55	69,5	25,5	15,5	46,5	15,5	66	36	42,5	68	$\bar{S}=44$	5
$(S_i-\bar{S})$	11	25,5	-18,5	-28,5	2,5	-28,5	22	-8	-1,5	24	–	–
$(S_i-\bar{S})^2$	121	650,25	342,25	812,25	6,25	812,25	484	64	2,25	576	Σ=3870,5	
z_i	0,07	0,03	0,015	0,18	0,09	0,18	0,04	0,12	0,1	0,04	1	–
$z_i^{'}$	–	–	0,30	0,35	–	0,35	–	0,19	–	–	1	–

В табл. 2 показатели: X_1 – воздухопроницаемость; X_2 – гигроскопичность; X_3 – стойкость к истиранию по плоскости; X_4 – разрывная нагрузка; X_5 – устойчивость окраски; X_6 – прочность при раздирании; X_7 – жесткость; X_8 – стойкость к проколам и порезам; X_9 – усадка; X_{10} – осыпаемость.

Коэффициенты весомости значимых показателей качества были пересчитаны как $Z_i^{'}=\frac{Z_i}{\Sigma Z_i}$, где Z_i – коэффициент весомости i-го значимого показателя (последняя строка табл. 3).

Коэффициент согласованности оценок экспертов составил W≈0,74 при χ^2=53,3 и значимости более 0,99.

Испытания тканей по выбранным показателям качества проводились по стандартным методикам при увеличенном числе испытаний. Сводные характеристики полученных результатов приведены в табл. 3.

Таблица 3

Наименование показателя		№ образца			
		1	2	3	4
Разрывная нагрузка по основе по ГОСТу 3813 при n=10	$\overline{x_1}$, даН	80,6	61,9	139,1	119,8
	σ_{x_1}, даН	4,5	4,5	5,4	4,5
	c_{x_1}, %	5,6	7,3	3,9	3,8
Прочность при раздирании по ГОСТу 17922 при n=10	$\overline{x_1}$, даН	0,7	4,4	2,7	6,7
	σ_{x_1}, даН	0,1	0,4	0,1	0,3
	c_{x_1}, %	14,3	8,2	3,7	4,5
Стойкость к истиранию по плоскости по ГОСТу 18976 при n=10	$\overline{x_1}$, тыс. циклов	11,4	10,5	13,0	18,8
	σ_{x_1}, тыс. циклов	0,8	0,6	0,7	0,6
	c_{x_1}, %	7,0	1,9	5,4	3,3

При дифференциальной оценке качества по определяющим показателям подсчитывался относительный показатель $Ï_o = Ï_ô / Ï_á$, где $Ï_ô$ – фактическое значение показателя, а $Ï_á$ – базовое. В качестве $Ï_á$ было взято минимальное значение позитивного показателя из четырех вариантов исследуемых тканей. Полученные значения $Ï_î$ приведены в табл. 4.

Таблица 4

Наименование показателя	Относительные показатели качества $Ï_î$ для тканей			
	1	2	3	4
Разрывная нагрузка по основе	1,30	1,00	2,25	1,94
Прочность при раздирании	1,00	6,28	3,86	9,57
Стойкость к истиранию по плоскости, тыс. циклов	1,08	1,00	1,24	1,79

Можно видеть, что дифференциальные оценки качества исследуемых тканей по определяющим показателям меняются в достаточно широких пределах. Например, по разрывной нагрузке $П_{o2}$=1; $П_{o1}$=1,30; $П_{o4}$=1,94; $П_{o3}$=2,25; по прочности при раздирании имеем $П_{o1}$=1; $П_{o3}$=3,86; $П_{o2}$=6,28 и $П_{o4}$=9,57; по стойкости к истиранию по плоскости $П_{o2}$=1; $П_{o1}$=1,08; $П_{o3}$=1,24 и $П_{o4}$=1,79. Используя эти данные, можно провести сравнительную оценку качества тканей по отдельным показателям, но дать общую сравнительную оценку качества исследуемых тканей не представляется возможным. Поэтому были использованы комплексные показатели, подсчитанные как среднее арифметическое: $K_i = \sum_{i=1}^{n} Ï_{îi} Z_i$; среднее геометрическое: $G_i = \prod_{i=1}^{n} Ï_{oi}^{z}$ и среднее гармоническое: $H_i = \left(\sum_{i=1}^{n} \frac{Z_i}{Ï_{oi}} \right)^{-1}$, где $П_{oi}$ – относительное значение i-го показателя, а Z_i – весомость этого показателя. Подсчитанные таким образом комплексные оценки исследуемых тканей приведены в табл. 5.

Таблица 5

Комплексные оценки	№ образца			
	1	2	3	4
K	1,13	2,85	2,51	4,56
G	1,12	1,90	2,27	3,30
H	1,11	1,43	2,13	2,56

Можно видеть, что при комплексной оценке качество исследуемых тканей по определяющим показателям выглядит так. По среднему арифметическому образец 4 лучше первого образца в 4,03 раза, второго – в 1,60 раза, третьего – в 1,82 раза. По среднему геометрическому образец 4 лучше первого образца в 2,95 раза, второго – в 1,74 раза, третьего – в 1,45 раза. И по среднему гармоническому образец 4 лучше первого образца в 2,31 раза, второго – в 1,79 раза и третьего – в 1,20 раза. То есть во всех случаях лучшим является образец 4, а худшим при сравнительной оценке – образец 1.

Сводные характеристики результатов лабораторных исследований механических свойств тканей, когда проба доводится до разрушения, позволяют оценить поведение материала лишь при "критических" воздействиях, которые в реальных условиях переработки и эксплуатации материал практически никогда не испытывает. Характеристики надежности: вероятность отказа; вероятность безотказной работы и интенсивность отказа позволяют оценить поведение материала в различных режимах испытания [5]. За отказ при этом можно принять разрушение испытуемой пробы.

Расчет характеристик надежности требует знания закона распределения отказов – результатов лабораторных испытаний. Подробное рассмотрение и выбор теоретических законов распределения для интерпретации результатов исследования различных свойств текстильных материалов даны в работе [5].

Для исследуемых показателей изучаемых тканей в качестве априорной статистической модели был выбран нормальный закон распределения.

Оценка правильности выбора нормального закона в качестве статистической модели для интерпретации результатов определения разрывной нагрузки, прочности при раздирании и стойкости к истиранию исследуемых тканей для спецодежды проводилась методом "вероятностных бумаг" [5]. Этот метод основан на построении графика интегральной функции эмпирического распределения на специальной вероятностной бумаге соответствующего теоретического закона. Если экспериментальные точки группируются вблизи прямой линии, то можно считать, что эмпирическое распределение не противоречит статистической модели выбранного теоретического закона.

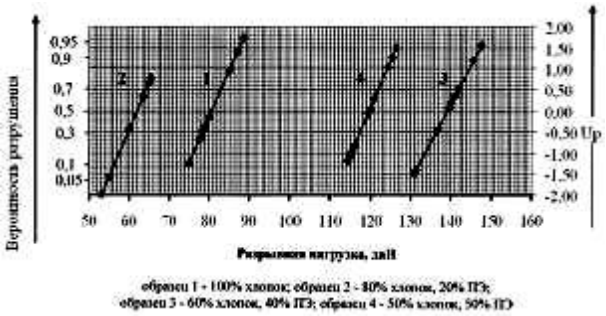


Рис. 1

На рис. 1 показано расположение точек накопленных частостей результатов определения разрывной нагрузки по основе исследуемых тканей на вероятностной бумаге нормального закона; на рис. 2 – прочности при раздирании и на рис. 3 – стойкости к истиранию по плоскости. Можно видеть, что экспериментальные точки хорошо группируются по прямой линии, то есть эмпирические распределения не противоречат модели выбранного нормального закона.

Для нормального закона вероятность отказа для заданной наработки x определяется по формуле

$$F(x) = F_o\left(\frac{x - \bar{x}}{\sigma_x}\right). \qquad (1)$$

Вероятность безотказной работы $P(x) = 1 - F(x)$, а интенсивность отказов

$$\lambda(x) = \frac{1}{\sigma_x} f_1\left(\frac{\bar{x} - x}{\sigma_x}\right), \qquad (2)$$

где $\bar{x}$ и σ_x – среднее и среднеквадратическое отклонение x; F_o – функция нормированного и центрированного нормального закона; f_1 – функция берется из специальных таблиц.

Сравнительная оценка надежности тканей, используемых при изготовлении специальной одежды для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий, по исследуемым показателям может проводиться несколькими способами.

Первый. Задаемся определенной наработкой и по приведенным выше формулам подсчитываем характеристики надежности. Например, в табл. 6 это сделано для показателя стойкости к истиранию по плоскости исследуемых тканей при наработке x – числа циклов истирания n=10; 11 и 12 тыс. циклов.

Таблица 6

n, тыс.циклов		10	11	12
образец 1	F(X)	0,039	0,305	0,770
$\bar{n}_p$ =11,4	P(X)	0,961	0,695	0,230
σ_p = 0,8	λ(X)	$0{,}11 \cdot 10^{-3}$	$0{,}64 \cdot 10^{-3}$	$1{,}70 \cdot 10^{-3}$
образец 2	F(X)	0,227	0,524	0,994
$\bar{n}_p$ =10,5	P(X)	0,773	0,476	0,006
σ_p =0,6	λ(X)	$0{,}58 \cdot 10^{-3}$	$2{,}34 \cdot 10^{-3}$	$4{,}71 \cdot 10^{-3}$
образец 3	F(X)	~0,000	0,001	0,069
$\bar{n}_p$ =13,0	P(X)	~1,000	0,999	0,931
σ_p =0,7	λ(X)	~0,000	~0,000	$0{,}22 \cdot 10^{-3}$
образец 4	F(X)	~0,000	~0,000	~0,000
$\bar{n}_p$ =18,8	P(X)	~1,000	~1,000	~1,000
σ_p =0,6	λ(X)	~0,000	~0,000	~0,000

Такой способ удобен, когда сравниваемые материалы имеют близкие значения оцениваемых показателей. Например, это образцы 1, 2 и 3. Для них имеем, что при наработке n=10 тыс. истирающих воздействий вероятность отказа 2-го образца в 0,227/0,039≈5,8 раз выше чем у 1-го, вероятность безотказной работы у 3-го образца в 1/0,961≈1,04 раза больше чем у 1-го образца и в 1/0,773≈1,3 выше чем у 2-го образца. Из табл. 7 видно, что лучшие характеристики надежности по стойкости к истиранию по плоскости имеет образец 4. Однако провести количественную сравнительную оценку в этом случае затруднительно, особенно когда вероятность отказа, безотказной работы и интенсивность отказов близки к 0 или 1. В этом случае может быть использован другой способ сравнительной оценки надежности изучаемых показателей.

Второй способ сравнительной оценки характеристик надежности по исследуемым показателям может быть осуществлен следующим образом. Выбирают необходимое значение одной из вероятностных характеристик надежности, определяют соответствующие ему значения наработки и сравнивают их между собой. Например, примем, что надежность по прочности – вероятность отсутствия отказов (разрушения) исследуемых тканей для спецодежды должна быть $P(x) \approx 0{,}9$, находим $F(x)=1 - P(x)=1-0{,}9=0{,}1$. Этому значению функции F_0 по формуле (1) соответствует аргумент

$U_p = \frac{x - \bar{x}}{\sigma} = -1,28$, где U_p – квантиль нормированного и центрированного нормального закона берется по специальным таблицам. Подставляя значения $\bar{x}$ и σ_x сравниваемых вариантов тканей из табл. 4, находим соответствующие им наработки: $x_1 = -1,28\sigma_1 + \bar{x}_1 = -1,28 \cdot 4,5 + 80,6 = 74,8$ даН; $x_2 \approx 56,1$ даН; $x_3 \approx 132,2$ даН; $x_4 \approx 114,0$ даН. Имея эти значения, можно провести сравнительную оценку надежности исследуемых тканей. Лучшим по надежности разрывной нагрузки тканей является образец 3 (60% хлопок и 40% ПЭ), затем идет образец 4 (50% хлопок и 50% ПЭ), и далее образец 1 (100% хлопок) и образец 2 (80% хлопок и 20% ПЭ).

Если эмпирические распределения оцениваемых показателей нанесены на вероятностную бумагу и имеют достаточно прямолинейное расположение, то наработки для выбранной вероятности могут быть определены графически.

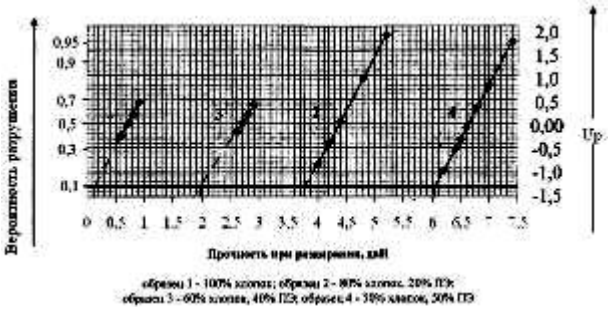


Рис. 2

Так, на рис. 2 это сделано для распределений прочности при раздирании 4-х образцов исследуемых тканей для заданной вероятности отсутствия отказа P(x)=0,9 или соответственно вероятности разрушения F(x)=0,1. Искомые значения x находим как координаты точки пересечения выравнивающей прямой с линией, соответствующей F(x)=0,1 и U_p=-1,28. Имеем следующие наработки: $x_1 \approx 0,1$ даН; $x_2 \approx 3,8$ даН; $x_3 \approx 2,0$ даН; $x_4 \approx 6,1$ даН.

В этом случае лучшим по надежности показателя прочности при раздирании является образец 4, далее идут образцы 2, 3 и 1.

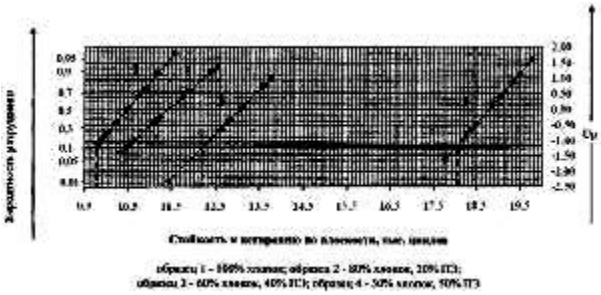


Рис. 3

Для стойкости к истиранию по плоскости при P(x)=0,9 и F(x)=0,1, U_p=-1,28 из рис. 3 имеем: лучшим по надежности является образец 4 ($x_4 \approx 18,0$ тыс. циклов); затем образец 3 ($x_3 \approx 12,2$ тыс. циклов); образец 1 ($x_1 \approx 10,3$ тыс. циклов); и образец 2 ($x_2 \approx 9,7$ тыс. циклов).

Имея такие данные, можно также провести комплексную сравнительную оценку по надежности изучаемых тканей по определяющим показателям качества. Для этого полученные при заданной вероятности отказа наработки переводим в относительные показатели и с учетом известных коэффициентов значимости этих показателей подсчитываем комплексные оценки как среднее арифметическое K, среднее геометрическое G или среднее гармоническое H. В табл. 7 приведены исходные данные и результаты таких расчетов.

Можно видеть, что по среднему арифметическому образец 4 лучше первого образца в 20,15 раза, второго – в 1,65 раза, третьего – в 2,80 раза. По среднему геометрическому образец 4 лучше первого образца в 5,84 раза, второго – в 1,83 раза, третьего – в 1,58 раза. И по среднему гармоническому образец 4 лучше первого образца в 2,63 раза, второго – в 1,93 раза и третьего – в 1,18 раза.

Таблица 7

Показатели и их коэффициенты значимости		Абсолютные X и относительные $П_о$ значения наработки при P(x)=0,9 для образцов тканей			
		1	2	3	4
Разрывная нагрузка; Z_4=0,35	X, даН	74,8	56,1	132,2	114,0
	$П_о$	1,33	1,00	2,36	2,03
Прочность при раздирании; Z_6=0,35	X, даН	0,1	3,8	2,0	6,2
	$П_о$	1,00	38,00	20,00	62,00
Стойкость к истиранию по плоскости; Z_3=0,30	n, тыс. циклов	10,5	9,7	12,2	18,0
	$П_о$	1,08	1,00	1,28	1,86
Комплексные оценки	K	1,14	13,95	8,21	22,97
	G	1,12	3,57	4,14	6,54
	H	1,12	1,52	2,5	2,94

В разбираемом примере лучшим при комплексной оценке надежности по разрывной нагрузке, прочности при раздирании и стойкости к истиранию по плоскости для заданной вероятности отказа (разрушения) по показателям P=0,9 является образец ткани № 4. При этом следует иметь в виду, что общая надежность тканей по трем показателям будет равна $P_o=P_1P_2P_3$, где P_1, P_2 и P_3 – вероятность отсутствия отказа по каждому показателю. Так как для каждого показателя было принято P_i=0,9, имеем $P_o=(0,9)^3\approx0,73$. Это означает, что при заданных наработках по разрывной нагрузке, прочности при раздирании и стойкости к истиранию по плоскости вероятность отсутствия отказа – надежность тканей будет равна 0,73, то есть из 100 образцов разрушится только 27.

Рассмотренная выше методика сравнительной оценки качества и надежности на примере хлопколавсановых тканей, используемых при изготовлении спецодежды для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий, может быть использована и для других текстильных материалов и изделий из них.

ВЫВОДЫ

1. Сравнительную оценку текстильных изделий целесообразно проводить по качеству и надежности определяющих показателей.

2. Оценка качества и надежности тканей для специальной одежды может проводиться по дифференциальным и комплексным показателям.

3. Предложена методика сравнительной оценки качества и надежности и показано ее применение для 4-х вариантов хлопколавсановых тканей, используемых при пошиве спецодежды для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Русинова А.М., Доценко Г.И., Гурович К.А.* Производственная одежда. – М.: Легкая индустрия, 1974.
2. ГОСТ 15467. Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения.
3. *Соловьев А.Н., Кирюхин С.М.* Оценка качества и стандартизация текстильных материалов. – М., 1974.
4. *Гнеденко Б.В., Беляев Ю.К., Соловьев А.Д.* Математические методы в теории надежности. – М., 1965.
5. *Соловьев А.Н., Кирюхин С.М.* Оценка и прогнозирование качества текстильных материалов. – М., 1984.
6. *Фомченкова Л.* Спецодежда: от медицинского халата до робы для сталевара// Рабочая одежда. – 2005, № 4.

Рекомендована кафедрой материаловедения РосЗИТЛП. Поступила 01.06.09.

УДК 677.021.151.017

ИЗМЕНЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОЛОКНА ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ТРЕСТЫ У РАЗНЫХ СЕЛЕКЦИОННЫХ СОРТОВ ЛЬНА

А.Ю. КУДРЯШОВ, Е.Л. ПАШИН, Л.В. ПАШИНА

**(Всероссийский научно-исследовательский институт льна,
Костромской государственный технологический университет,
Всероссийский научно-исследовательский институт по переработке лубяных культур)**

При повышении качества льняной текстильной продукции значительная роль принадлежит использованию в производстве селекционных сортов с улучшенными прядильными свойствами. При их создании требуются современные методы оценки технологического качества, которые должны реализовываться организациями ФГУ "Госсортосеть" Минсельхоза Российской Федерации на этапах государственного сортоиспытания. Следует отметить, что существующая система оценки базируется на использовании методов, созданных более 60 лет назад, и предусматривает применение моченцовой тресты, производство которой прекращено. В настоящее время осуществляют получение и переработку только стланцевой тресты. Такое несоответствие может вызывать ошибки в выборе лучших сортов льна-долгунца и снижать качество рекомендаций по их внедрению в производство. Причинами этого, вероятно, являются различия, имеющие место в процессе преобразования стеблей соломы в стланцевую или моченцовую тресту [1].

Для подтверждения указанных причин были проведены исследования изменения массовой доли основных химических компонентов лубоволокнистого покрова, характеризующих степень связи волокна с окружающими его тканями в стебле при получении стланцевой и моченцовой тресты. В частности, проведен контроль изменения (уменьшения) массовой доли пектиновых веществ, лигнина и гемицеллюлозы в волокне по отношению к лубу[1]. Для оценки сортовых особенностей использовали разные селекционные сорта: А-93, Алексим, Зарянка, Ленок, Могилевский 2. Выбор сортов обусловлен различиями по их технологической ценности.

При постановке исследования исходили также из необходимости получения доказательств, что в процессе получения тресты деятельность микроорганизмов в средней, комлевой и вершиночной частях стебля, имеющих разный химический состав, будет протекать различным образом [2]. В этой связи изучение химического состава осуществляли дифференцированно по зонам длины стеблей.

Исследования проводили по схеме трехфакторного дисперсионного анализа с последующей статистической обработкой, применяя ППП "Statistica" и оценку опытных данных при доверительной вероятности 95%.

Результаты расчетов подтвердили статистическую значимость влияния на изменение химического состава факторов селекционного сорта, зоны по длине стебля и способа получения тресты. Применительно к каждому из оцениваемых химических

[1] Опытные данные по изменению химического состава были получены во ВНИИльна и Институте химии растворов РАН (г. Иваново).

компонентов лубоволокнистого покрова результаты представлены графически на рис. 1…3 (рис. 1 – изменение массовой доли пектиновых веществ; рис. 2 – изменение массовой доли гемицеллюлозы; рис. 3 – изменение массовой доли лигнина).

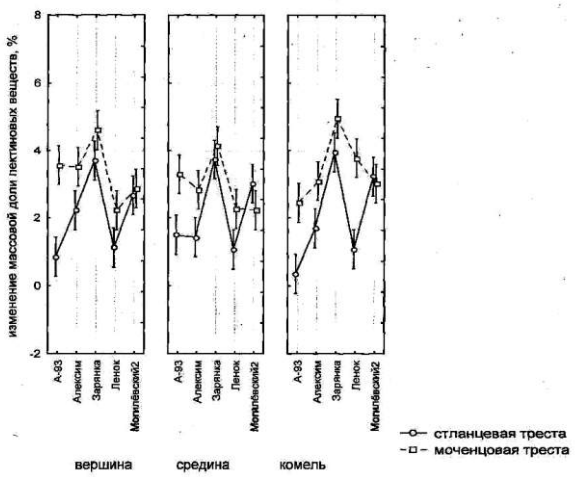


Рис. 1

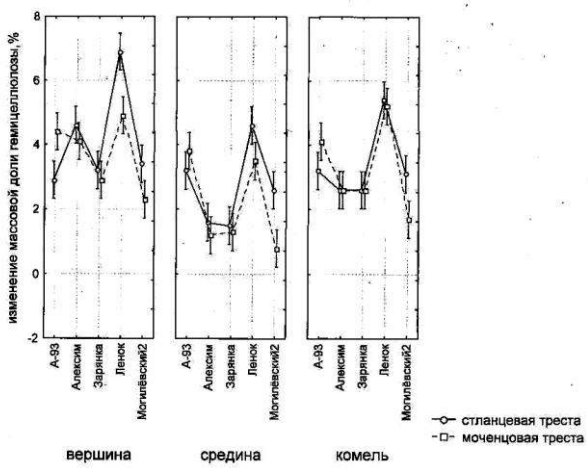


Рис. 2

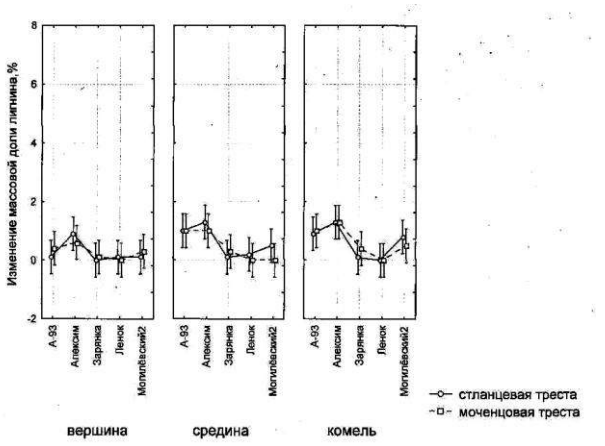


Рис. 3

Из представленных результатов следуют различия массовой доли исследуемых компонентов при получении стланцевой и моченцовой тресты. Особенно они заметны применительно к пектиновым веществам. Так, сравнивая сорта А-93 и Зарянка, можно отметить, что у первого селекционного сорта разница составляет 2…3%, а у сорта Зарянка − не более 0,5%. Для сорта Могилевский 2 указанные различия статистически не доказуемы.

Изменение гемицеллюлозы у разных сортов при получении стланцевой и моченцовой тресты также происходит поразному. В итоге потери этого компонента у сорта Могилевский 2 наибольшие, а у сорта Зарянка – наименьшие.

Различия по содержанию лигнина в сравниваемых видах тресты не доказуемы, что, вероятно, связано с известной [3] высокой устойчивостью этого химического компонента к действию микроорганизмов в тех условиях среды, при которых происходило преобразование стеблей соломы в тресту.

Таким образом, в разных селекционных сортах при получении тресты изменение таких важнейших, с точки зрения технологического качества волокна, компонентов лубоволокнистого покрова, как пектиновые вещества и гемицеллюлоза, происходит неадекватно.

Особого внимания заслуживают результаты оценки исследуемых изменений применительно к зонам по длине стеблей. Установлено, что характер распределения сортов льна по величине уменьшения массовой доли пектиновых веществ, гемицеллюлозы и лигнина в зонах по длине стеблей различен. Это подтверждается значениями коэффициентов корреляции, рассчитанными по разным зонам стебля применительно к исследуемым сортам (табл. 1).

Выявленные различия свидетельствуют о необходимости учета параметров качества волокна в разных зонах по длине стебля, что в отличие от существующей методики, при которой анализ проводят только в

средней части стеблей, позволит повысить информативность конечной оценки технологического качества льна. Поэтому кроме средних значений параметров качества необходимо контролировать степень их варьирования по длине стебля. Повышенное значение коэффициента вариации будет свидетельствовать о худшем качестве волокна.

Таблица 1

Исследуемый компонент	Значение коэффициента корреляции по исследуемым сортам:				
	А-93	Алексим	Зарянка	Ленок	Могилевский 2
Пектиновые вещества	0,68	0,99	-0,84	-0,35	0,02
Гемицеллюлоза	-0,98	0,98	0,98	0,64	0,99
Лигнин	0,99	0,90	0,94	0,00	0,32

Таким образом, по результатам проведенных исследований установлено значимое влияние способа получения тресты на распределение селекционных сортов льна по величине изменения основных компонентов лубоволокнистого покрова, определяющих технологическую ценность льняного волокна. Доказано существенное влияние на результат распределения сортов фактора зоны по длине стеблей. Изменение химических компонентов по длине стеблей для разных селекционных сортов неадекватно, что может существенно влиять на технологическую ценность волокна в части варьирования параметров его волокна.

ВЫВОДЫ

1. В разных селекционных сортах льна-долгунца в процессе получения стланцевой и моченцовой тресты изменение массовой доли пектиновых веществ, гемицеллюлозы и лигнина происходит неодинаково.

2. Изменение массовой доли сопутствующих целлюлозе компонентов лубоволокнистого покрова по длине стебля происходит с определенным уровнем варьирования. Характер распределения по длине стебля и степень варьирования для разных сортов различны.

3. Выявленные изменения компонентов лубоволокнистого покрова и дифференциация сортов по их величине свидетельствует об отсутствии адекватного формирования качественных параметров волокна при получении стланцевой и моченцовой тресты.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Пашин Е.Л.* Агропроизводство и технологическое качество льна. – Кострома: ВНИИЛК, 2004.

2. *Сивцов А.Н.* Первичная обработка лубяных волокон. – М.-Л.: Гизлегпром, 1949.

3. *Гребенкин А.Н.* Взаимосвязь структуры, свойств и технологии диспергирования лубоволокнистого сырья в ультразвуковых и гидродинамических полях: Дис….докт. техн. наук. – С-П., 2003.

Рекомендована лабораторией стандартизации, сертификации и информационных технологий. Поступила 01.10.08.

УДК 677.021

ОСНОВЫ ПРОЦЕССА ЗАЖГУЧИВАНИЯ ВОЛОКНИСТЫХ СВЯЗЕЙ ЧАСТИЦ ХЛОПКА-СЫРЦА ПРИ НЕЦЕНТРАЛЬНОМ УДАРЕ КОЛКОВ

Р.В.КОРАБЕЛЬНИКОВ, Х.И. ИБРОГИМОВ

(Костромской государственный технологический университет)

Зажгучивание хлопкового волокна при очистке на очистителях хлопка от мелкого сора в основном связано с нецентральным ударом колков по частицам (летучкам) хлопка-сырца, имеющим волокнистые связи, с образованным питающими валиками холстиком или другими частицами.

В работах [1], [2] рассмотрена одномассовая динамическая модель процесса движения летучки, описываемая уравнением

$$I_{0Z}\frac{d^2\varphi}{dt^2}+C_\varphi\varphi=M(t), \qquad (1)$$

где I_{0Z} – момент инерции летучки относительно оси вращения; C_φ – коэффициент жесткости прядки волокон на кручение; $M(t)$ – крутящий момент от силы удара на прядку.

В уравнении (1) возмущающий момент $M(t)$ действует в течение короткого времени и потому можно считать его импульсным. Это означает, что за время действия момента упругая система выводится из равновесия, а затем, после завершения действия момента $M(t)$, она будет двигаться по закону гармонических колебаний, описываемому уравнением

$$\varphi=\varphi_0\cos p_0 t, \qquad (2)$$

где начальные параметры φ_0 и $\dot{\varphi}_0$ определяются из (1) ко времени завершения действия момента $M(t)$, а именно

$$\varphi_0=\frac{M(t)_{max}}{C_\varphi},\ p_0=\sqrt{\frac{C_\varphi}{I_{0Z}}}. \qquad (3)$$

Решение (2) дифференциального уравнения (1) не позволяет ответить на главный вопрос: где остановится процесс колебаний, то есть, от чего будет зависеть остаточная деформация волокнистых связей, а значит и зажгученность частиц хлопка-сырца. Это является основным недостатком проведенных ранее исследований [1], [2].

В реальных процессах частицы хлопка, по которым наносится нецентральный удар колками, при движении испытывают сопротивления со стороны окружающей среды. Это, в первую очередь, трение о соседние волокнистые слои. Составим динамическую модель процесса с учетом сил сопротивления.

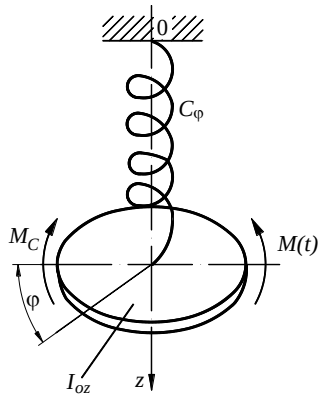


Рис. 1

На рис.1 показана модель, где M_c – момент сопротивления со стороны волокнистой среды; φ – координата поворота частицы; $M(t)$ – импульсный момент от силы удара колка; $0Z$ – ось вращения частицы; C_φ – коэффициент жесткости; I_{0Z} – момент инерции частицы относительно оси $0Z$.

Дифференциальным уравнением движения частицы будет:

$$I_{0Z}\ddot{\varphi}+C_{\varphi}\varphi=M(t)\pm M_c. \qquad (4)$$

При составлении модели приняты следующие допущения:

– момент сопротивления со стороны волокнистой среды по величине считаем постоянным, а знак зависит от направления движения, то есть аналогично колебательным системам с сухим трением;

– импульсный момент создается постоянным по величине силой, внезапно приложенной к частице в момент времени $t_1=0$ и действующей в течение промежутка времени τ $(\tau\to 0)$;

– коэффициент жесткости принимается постоянным.

Если рассматривать движение частицы после завершения действия момента $M(t)$, то уравнение движения будет:

$$I_{0Z}\ddot{\varphi}+C_{\varphi}\varphi=\pm M_c, \qquad (5)$$

или

$$I_{0Z}\ddot{\varphi}+C_{\varphi}\varphi=-M_c^{\bullet}\mathrm{sqn}\dot{\varphi}, \qquad (6)$$

где M_c^* – абсолютная величина момента сопротивления (момента трения) при движении.

Решение уравнения (6) проводится известными методами [3], [4].

Разделим обе части уравнения (6) на I_{0Z} и введем обозначения:

$$\frac{C_{\varphi}}{I_{0\varphi}}=p_0^2\ ;\ \frac{M_c^{\bullet}}{I_{0Z}}=\frac{M_c^{\bullet}}{C_{\varphi}}\frac{C_{\varphi}}{I_{0Z}}=\varphi_c p_0^2\ ,$$

где

$$\varphi_c=\frac{M_c^{\bullet}}{C_{\varphi}} \qquad (7)$$

есть отклонение системы от положения равновесия под действием момента, равного по величине моменту сопротивления (трения) при движении. В случае покоя эта величина будет:

$$\varphi_{Co}=\frac{M_{Co}^{\bullet}}{C_{\varphi}}, \qquad (8)$$

где $M_{Co}^{\bullet}$ – абсолютная величина момента сопротивления (трения) при покое.

В дальнейшем будем считать, что трение при движении и трение при покое равны, поэтому:

$$\varphi_{Co}\approx\varphi_c \text{ и } M_{Co}^{\bullet}=M_c^{\bullet}.$$

Учитывая изложенное выше, уравнение (6) перепишется так:

$$\ddot{\varphi}+p_0^2(\varphi+\varphi_c\mathrm{sqn}\dot{\varphi})=0, \qquad (9)$$

Введя новую переменную ($z=\varphi+\varphi_c\mathrm{sqn}\dot{\varphi}$), получим:

$$\ddot{z}+p_0^2 z=0. \qquad (10)$$

Решением однородного уравнения (10) будет:

$$z=A\cos p_0 t+B\sin p_0 t.$$

Или, возвращаясь к прежнему аргументу, получим:

$$\varphi=A\cos p_0 t+B\sin p_0 t-\varphi_c\mathrm{sqn}\dot{\varphi}\ . \qquad (11)$$

Как уже отмечалось выше, мы рассматриваем процесс после завершения действия момента $M(t)$. Тогда начальными условиями будут:

$$t=t_0=0\ ,\ \varphi=\varphi_0>0\ ,\ \dot{\varphi}=\dot{\varphi}_0=0. \qquad (12)$$

Если рассматривать первый интервал движения, когда $\dot{\varphi}<0$, $\mathrm{sqn}\dot{\varphi}=-1$ (движение системы назад), то уравнение (11) можно переписать:

$$\varphi=A_1\cos p_0 t+B_1\sin p_0 t+\varphi_c\ ,$$
$$\dot{\varphi}=-A_1 p_0\sin p_0 t+B_1 p_0\cos p_0 t$$

и в соответствии с начальным условиям получим:

$$A_1 = \varphi_0 - \varphi_c;\ B_1 = 0.$$

Тогда

$$\varphi = (\varphi_0 - \varphi_c)\cos p_0 t + \varphi_c.$$

Интервал заканчивается при $p_0 t = \pi$ и $\dot{\varphi} = 0$. В этом случае:

$$\varphi_1 = -(\varphi_0 - 2\varphi_c). \qquad (13)$$

Второй интервал движения (возврат) характеризуется $\dot{\varphi} > 0$, $\mathrm{sqn}\dot{\varphi} = +1$, тогда по уравнению (11) имеем:

$$\varphi = A_2 \cos p_0 t + B_2 \sin p_0 t - \varphi_c,$$
$$\dot{\varphi} = p_0(-A_2 \sin p_0 t + B_2 \cos p_0 t).$$

Начальное условие для второго интервала:

$$t = t_1 = \frac{\pi}{p_0},\ \varphi = \varphi_1 < 0,\ \dot{\varphi} = \dot{\varphi}_1 = 0.$$

Тогда

$$A_2 = \varphi_0 - 3\varphi_c;\ B_2 = 0,$$
$$\varphi = (\varphi_0 - 3\varphi_c)\cos p_0 t - \varphi_c.$$

Интервал закончится при $p_0 t_2 = \pi$ и $\dot{\varphi} = 0$.

Тогда

$$\varphi_2 = \varphi_0 - 4\varphi_c. \qquad (14)$$

Любой последующий интервал отклонений можно определить по выражению

$$\varphi_N = (-1)^N(\varphi_0 - 2N\varphi_c). \qquad (15)$$

Анализируя (13), (14) и (15), можно видеть, что каждый последующий размах уменьшается на величину $2\varphi_c$.

В каждом интервале движение происходит по гармоническому закону с амплитудой

$$\varphi_N = \varphi_0 - (2n-1)\varphi_c, \qquad (16)$$

где $n = 1, 2, 3, \cdots, N$.

Движение будет происходить вокруг центра смещения на $\pm\varphi_c$ от нуля, с промежутком времени между размахами, равным π/p_0. Количество размахов можно определить по формуле [4]:

$$N \approx \frac{\varphi_0}{2\varphi_c} - \frac{1}{2}. \qquad (17)$$

Учитывая, что $\varphi_0 = \frac{M(t)}{C_\varphi}$, а $\varphi_c = \frac{M_c}{C_\varphi}$, выражение (17) перепишется:

$$N = \frac{M(t)}{2M_c} - \frac{1}{2}. \qquad (18)$$

Это означает, что по мере роста момента сопротивления движение частицы может заканчиваться в пределах первого размаха, то есть полученная деформация упругой связи при ударе колка по частице сохраняется.

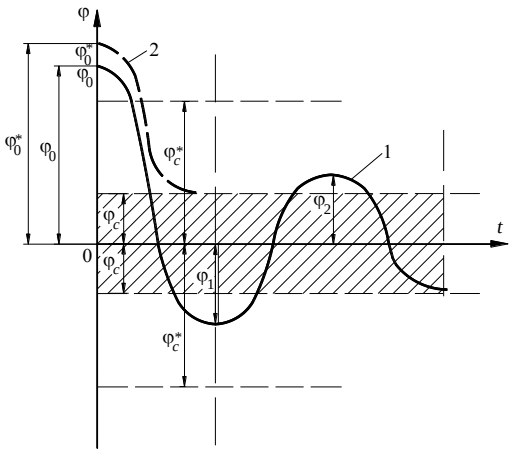


Рис. 2

На рис.2 показаны характерные графики колебаний с сухим трением.

Горизонтальная полоса шириной $2\varphi_c$ есть область застоя для системы, совер-

шающей колебания по графику 1. Система остановится в области застоя, совершив два размаха φ_1, φ_2. Горизонтальная полоса с большим значением $2\varphi_c^{\bullet}$ может привести к остановке системы в зоне застоя, когда она не совершит ни одного размаха (кривая 2).

Для хлопковых частиц значение сил трения (сопротивления) значительное, так как коэффициент трения хлопка по хлопку составляет $\mu = 0,75 \div 0,85$. Поэтому чаще всего процесс колебаний быстро затухает, а остаточная деформация упругих связей будет определяться значениями ширины зон застоя, то есть величиной $2\varphi_c$.

Из-за высокого сопротивления и сравнительно небольших значений упругих свойств волокнистых связей на кручение есть предположение, что система будет чаще останавливаться в начале зоны застоя. Благодаря этому сохраняется остаточная деформация.

Вполне возможно, что по этой частице после ее остановки будет вновь нанесен удар следующим колком. Новый внецентральный удар приведет к дополнительному закручиванию волокнистых связей и, как следствие, к зажгучиванию хлопка-сырца.

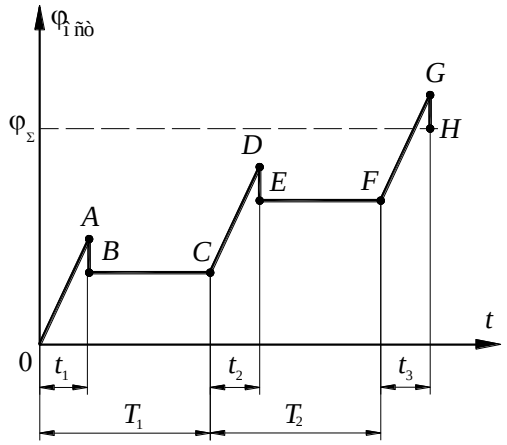


Рис. 3

На рис.3 показана схема накопления остаточной деформации после нанесения по частице последовательно трех ударов. На схеме t_1, t_2 и t_3 – время между ударами колков.

Участок ОА соответствует времени t_1 – закручивание волокнистых связей за время первого удара; АВ – частичный возврат назад; ВС – выстой до подхода следующего колка; T_1 – период между ударами колков; φ_Σ – суммарное значение остаточной деформации после трех ударов колков:

$$\varphi_\Sigma = \sum_{1}^{\hat{e}} (\overline{\varphi}_0 - \overline{\varphi}_{\hat{i}}), \qquad (19)$$

где $\overline{\varphi}_0$ – среднее значение закручивания упругих волокнистых связей после одного удара колком; $\overline{\varphi}_{\hat{i}}$ – среднее значение возврата упругой деформации; $\hat{e}$ – число ударов колков по частице.

Для случая, когда упругие свойства волокнистых связей на скручивание малы и возврата частицы назад практически нет, формула (19) принимает вид

$$\varphi_\Sigma = \sum_{1}^{\hat{e}} \overline{\varphi}_0 . \qquad (20)$$

Для определения начальных параметров процесса закручивания частицы хлопка при нецентральном ударе по ней колком еще раз рассмотрим схему взаимодействия на рис.4.

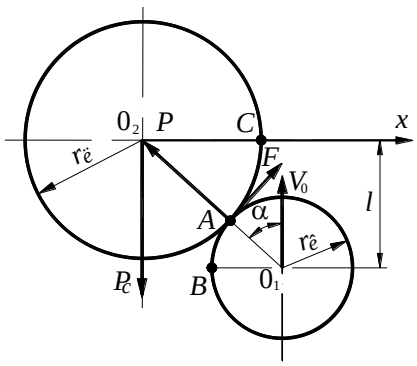


Рис. 4

Время удара (взаимодействия) можно определить, когда колок зайдет за линию ОХ. Это произойдет при времени

$$t_1 = \frac{\ell}{V_0} = \frac{(r_{ë} + r_{ê})\cos\alpha}{V_0}, \qquad (21)$$

где $r_{ë}$ и $r_{ê}$ – радиус частицы хлопка-сырца и колка; α – угол встречи; V_0 – скорость колка.

За время взаимодействия частица переместится из точки A в точку B, и окажется на оси O_2X. Угол, на который повернется частица хлопка-сырца, будет:

$$\varphi_0 = \frac{(\pi/2 - \alpha) r_{ê}}{r_{ë}}, \qquad (22)$$

или, с учетом скольжения:

$$\varphi_0 = \frac{(\pi/2 - \alpha) r_{ê}}{r_{ë}} \eta, \qquad (23)$$

где η – коэффициент проскальзывания ($\eta = 0,6 \div 0,9$), зависящий от состояния колка.

ВЫВОДЫ

Теоретически описан процесс закручивания волокнистых связей частиц хлопка при внецентральном ударе по ним колков, что является основной причиной образования зажгученности хлопка-сырца в процессе его очистки на колковых и колково-шнековых очистителях.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бурнашев Р.З.* Теоретические основы технологии очистки хлопка-сырца: Дис….докт. техн. наук. – Ташкент, 1983.
2. *Махкамов Р.Г.* Повышение технологической надежности хлопкоочистительных машин, работающих в ударном режиме. – Ташкент, Изд-во «Фан», 1989.
3. *Тимошенко С.П.* Колебания в инженерном деле. – М.: Наука, 1967.
4. *Обморшев А.Н.* Введение в теорию колебаний. – М.: Наука, 1965.

Рекомендована кафедрой теории механизмов и машин и проектирования текстильных машин. Поступила 04.02.09.

УДК 677.021

МЕХАНИЗМ УДАЛЕНИЯ СОРНЫХ ПРИМЕСЕЙ В ПРОЦЕССЕ ОЧИСТКИ*

Д.А. ЛЕБЕДЕВ, А.Р. КОРАБЕЛЬНИКОВ, Р.В. КОРАБЕЛЬНИКОВ

(Костромской государственный технологический университет)

Требования к повышению эффективности очистки, в том числе и на стадии предпрядения, в последнее время повысились в связи с увеличением доли перерабатываемого хлопкового и короткоштапельного льняного волокна повышенной засоренности, с повышением требований к качеству пряжи и необходимостью снижения ее обрывности.

Поиск путей изыскания внутренних резервов производства и оборудования, в том числе создание новых высокоэффективных рабочих узлов и органов с обоснованием их конструктивных параметров, позволяющих интенсифицировать процесс очистки натурального короткоштапельного волокна от сорных примесей, является актуальной задачей.

* Работа выполнена при поддержке гранта Федерального агентства по образованию Российской Федерации в рамках реализации целевой программы «Развитие научного потенциала высшей школы» (2009 – 2010 гг.) по разделу 2.1.2.

Как известно, все сорные примеси и пороки, находящиеся в очистительной секции, могут быть разделены на два вида: свободный сор, который может переходить в угары без дополнительной разработки пучков волокон, и связанный сор, для удаления которого необходима разработка пучков в зоне рабочего органа, в результате которой связанный сор переходит в свободный и получает возможность перехода в угары.

Реальные процессы сороудаления (обескостривания) отличаются исключительной сложностью явлений. И это объясняется непрерывным изменением не только свойств и структуры обрабатываемого материала, но и характера единичных воздействий. Здесь в качестве объекта выступает не одно волокно (пучок) с набором каких-то определенных признаков, а множество различных волокон (пучков) или лубоволокнистых комплексов, сформированных в слой переменной толщины и отличающихся друг от друга многими признаками и по-разному реагирующими на одни и те же механические воздействия. Вполне естественно, учесть все ситуации такого рода сложного процесса не представляется возможным, поэтому нами будут рассмотрены наиболее простые варианты моделей сороудаления, происходящие в одинаковых условиях, а именно без учета изменения свойств материала от одного воздействия к другому и в предположении идентичности характеристик всех пучков волокон.

Вследствие разнообразных механических воздействий на волокнистую массу со стороны рабочих органов технологических машин в процессе очистки увеличивается поверхностная площадь отдельных клочков волокон, в результате чего большая часть сорных примесей переходит из глубины волокнистого материала на поверхность и может быть удалена. Взаимосвязь изменения объемной плотности и эффективности очистки волокна хорошо показана в [1].

Ранее предпринимались попытки описания механики процесса сороочистки. Модель воздействия на сорную примесь при ударе летучки хлопка-сырца о колосник была представлена в [2], теоретические аспекты вопроса в приложении к очистке натурального короткоштапельного волокна были рассмотрены в работах [3], [4]. Однако данные вопросы требуют более глубокого изучения.

Возможны следующие варианты связи сорных примесей или пороков волокна с волокнистой массой.

1). Сорная примесь связана с волокном только силами трения.

2). Частица сора связана с пучком волокон через упругую связь.

Рассмотрим случай столкновения пучка волокон, содержащего сор, с неподвижным рабочим органом (рис. 1 – модель воздействия на сорную примесь: 1 – сорная примесь, 2 – пучок волокна, 3 – поверхность рабочего органа).

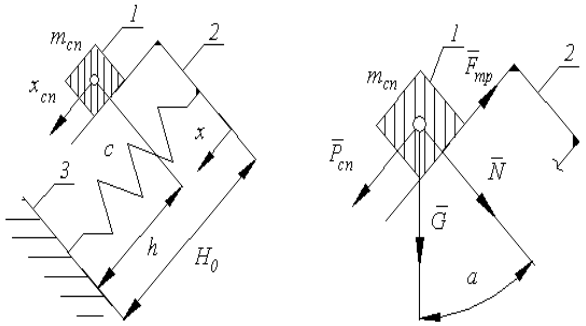


Рис. 1

При этом будем полагать, что скорость пучка волокон перед столкновением равна V_0, жесткость пучка в направлении деформации постоянная величина с, волна деформации в пучке волокон развивается мгновенно.

В [4] показано, что при исследовании процесса пучок волокон следует рассматривать как упругий элемент, обладающий массой, равномерно распределенной по длине.

Дифференциальное уравнение движения системы в данном случае принимает вид:

$$m\frac{d^2x}{dt^2} + cx = 0 \qquad (1)$$

или

$$\frac{d^2x}{dt^2} + p^2x = 0,$$

где p – частота собственных колебаний пучка волокон (постоянная, зависящая от свойств системы):

$$p = \sqrt{\frac{c}{m}}; \qquad (2)$$

m – приведенная масса колебательной системы, равная трети общей массы пучка волокон [4]:

$$m = \frac{m_{\hat{a}}}{3}. \qquad (3)$$

Решение дифференциального уравнения (1) можно представить в виде:

$$x = C_1 \sin pt + C_2 \cos pt. \qquad (4)$$

Постоянные C_1, C_2 определяются из начальных условий (при t=0: x=0, $\frac{dx}{dt} = V_0$): $C_1 = \frac{V_0}{p}$ и $C_2 = 0$, так что

$$x = \frac{V_0}{p} \sin pt. \qquad (5)$$

Продифференцировав по времени (5), получим формулу, определяющую изменение скорости деформации пучка волокон во времени:

$$V = \frac{dx}{dt} = V_0 \cos pt. \qquad (6)$$

Деформация и скорость деформации пучка волокон в сечении, проходящем через центр тяжести сорной примеси (т. А), будут изменяться соответственно по следующим законам:

$$x_{(À)} = \frac{V_0 h}{pH_0} \sin pt \qquad (7)$$

и

$$V_{(À)} = \frac{dx_{(À)}}{dt} = V_0 \frac{h}{H_0} \cos pt, \qquad (8)$$

где H_o – толщина недеформированного пучка волокон; h – расстояние, определяющее положение сорной частицы на пучке волокон.

Полагая, что сорная примесь после столкновения пучка волокон с рабочим органом продолжает перемещаться с постоянной скоростью V_0, относительная скорость движения сора по поверхности волокна определится как

$$V_{\tilde{n}\tilde{i}.\hat{i}\grave{o}\acute{i}} = V_0 - V_{(À)} = V_0\left(1 - \frac{h}{H_0}\cos pt\right). \qquad (9)$$

Сила инерции, действующая при этом на сорную примесь, достигает своего максимального значения в момент времени T, соответствующий наибольшему обжатию пучка волокон, и равна

$$P_{\tilde{n}\tilde{i}} = \frac{V_{\tilde{n}\tilde{i}.\hat{i}\grave{o}\acute{i}.}}{\grave{O}} = \frac{m_{\tilde{n}\tilde{i}} V_0}{\grave{O}}\left(1 - \frac{h}{H_0}\cos pt\right), \qquad (10)$$

где $m_{\tilde{n}\tilde{i}}$ – масса сорной примеси.

Условие удаления сора с поверхности волокна запишется как

$$Ð_{\tilde{n}\tilde{i}} \geq f m_{\tilde{n}\tilde{i}} g \cos\alpha, \qquad (11)$$

где f – коэффициент трения, учитывающий свойства поверхности волокна и сора; g – ускорение свободного падения.

Далее рассмотрим процесс удаления сора для наиболее простого случая, когда сорная примесь, находящаяся на открытой поверхности пучка волокон, имеет упругую связь с волокном.

При создании модели процесса примем следующие допущения.

1). Демпфирующими свойствами волокна пренебрегаем.

2). Жесткость связи сорной примеси с пучком волокон считаем постоянной.

3). Силами сопротивления воздуха и тяжести, действующими на волокно, также пренебрегаем.

4). Расположение сорной частицы 1 на волокне 2 может быть произвольным, однако движение частицы в результате взаимодействия пучка волокон с рабочим органом 3 полагаем прямолинейным в направлении действия ударной нагрузки.

В таком случае процесс удаления сорной примеси с поверхности пучка волокон может быть представлен следующей моделью (рис. 2 – модель воздействия на сорную примесь:1 – сорная примесь, 2 – пучок волокна, 3 – поверхность рабочего органа).

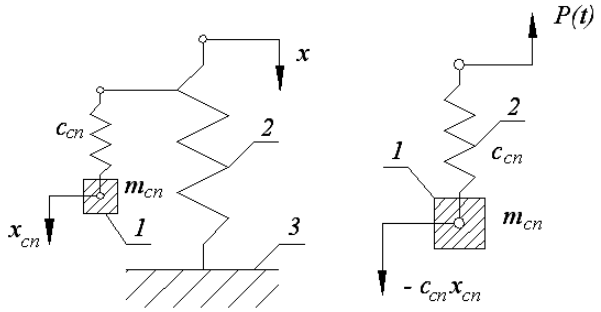


Рис. 2

Дифференциальное уравнение движения сорной примеси при взаимодействии пряди волокон с рабочим органом будет иметь вид:

$$m_{сп}\frac{d^2x_{сп}}{dt^2}+c_{сп}x_{сп}=P(t), \quad (12)$$

где $m_{сп}$ – масса сорной примеси; $c_{сп}$ – коэффициент жесткости связи сорной примеси с прядью волокон; P(t) – усилие взаимодействия пучка волокон с рабочим органом.

Изменение ударной нагрузки взаимодействия пучка волокон с рабочим органом в течение времени ее нарастания с некоторым допущением можно задать законом

$$P(t)=\beta t, \quad (13)$$

где β – коэффициент, характеризующий темп нарастания силы ударной нагрузки, то есть рассматривать ее как линейно нарастающую во времени (рис. 2).

В таком случае дифференциальное уравнение движения (1) запишется в виде

$$m_{сп}\frac{d^2x_{сп}}{dt^2}+c_{сп}x_{сп}=\beta t, \quad (14)$$

которое преобразуем так:

$$\frac{d^2x_{сп}}{dt^2}+\frac{c_{сп}}{m_{сп}}x_{сп}=\frac{\beta}{m_{сп}}t. \quad (15)$$

Общим решением неоднородного дифференциального уравнения (4) при начальных условиях (при t=0: $x_{сп}$=0, $\frac{dx_{сп}}{dt}=V_0$) будет

$$x_{сп}=\left(\frac{V_0}{p_{сп}}-\frac{\beta}{p_{сп}c_{сп}}\right)\sin p_{сп}t+\frac{\beta}{c_{сп}}t, \quad (16)$$

где $p_{сп}=\sqrt{\frac{c_{сп}}{m_{сп}}}$ – частота собственных колебаний системы.

Сила, действующая на сорную примесь, определится следующим образом:

$$P_{сп}=c_{сп}x_{сп}, \quad (17)$$

или с учетом (5):

$$P_{сп}=\left(\sqrt{m_{сп}c_{сп}}V_0-\frac{\beta\sqrt{m_{сп}}}{\sqrt{c_{сп}}}\right)\sin\sqrt{\frac{c_{сп}}{m_{сп}}}t+\beta t. \quad (18)$$

Максимальным значение силы будет в момент времени, соответствующий максимальному сжатию пучка волокон t=T, то есть

$$P_{сп\,max}=\left(\sqrt{m_{сп}c_{сп}}V_0-\frac{\beta\sqrt{m_{сп}}}{\sqrt{c_{сп}}}\right)\sin\sqrt{\frac{c_{сп}}{m_{сп}}}\grave{O}+\beta\grave{O}. \quad (19)$$

В случае, если $P_{cmax} > F_{св}$, где $F_{св}$ – сила связи сорной примеси с прядью волокон, сорная примесь будет удалена с поверхности волокна.

Коэффициент жесткости с связи сорной примеси с волокнистым материалом находится в широких пределах (от 10 до 200 Н/м) [2]. Статистика m известна. Коэффициент β можно определить, используя результаты экспериментальных исследований, приведенных в работах [5], [6]. При известных с, m и β можно выбрать рациональный с точки зрения эффективного удаления сорных примесей скоростной режим работы очистительной секции волокноочистительной машины. Так, например, сорная примесь массой 1 мг однозначно будет удалена с поверхности пряди волокон массой 80 мг при взаимодействии последней с поверхностью колосника со скоростью 25 м/с [6], если коэффициент жесткости связи равен 100 Н/м и сила связи сорной примеси с прядью волокон не превышает 3,73 Н.

Таким образом, представлена модель воздействия на сорную примесь и описана методика, позволяющая определить силы, действующие на сорные примеси при взаимодействии волокна с рабочим органом.

Для более точного описания процесса необходимо учитывать нелинейность изменения характеристики жесткости пучка волокон во взаимодействии.

Приведенные в работе ситуации достаточно четко выявляют наиболее характерные особенности процесса удаления сорных примесей (обескостривания), который сознательно представлен в абстрактном виде. При этом учитывались интенсивность воздействий, силы связи сора с волокном и другие важные факторы.

Таким образом, в результате анализа динамики процесса разработан новый подход к моделированию процесса очистки волокнистого материала, получены динамические и математические модели взаимодействия сорных примесей с волокном, позволяющие оценить влияние основных параметров системы на эффективность процесса очистки.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Корабельников Р.В., Корабельников А.Р.* Теория и практика совершенствования очистителей волокна. – Кострома: КГТУ, 2001.

2. *Бурнашев Р. З.* Теоретические основы технологии очистки хлопка-сырца: Дис. … докт. техн. наук. – Кострома, 1984.

3. *Корабельников А.Р.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2005, № 2.

4. *Лебедев Д.А.* Модель воздействия на сорную примесь при ударе пряди волокна о рабочий орган // Сб. научн. тр. молодых ученых КГТУ. Вып. 6. – Кострома: КГТУ, 2005.

5. *Бурнашев Р.З. и др.* Экспериментальное исследование ударного взаимодействия летучек хлопка-сырца с колосниками очистителя крупного сора // Хлопковая промышленность. – 1980, № 1.

6. *Лебедев Д. А.* Экспериментальное исследование процесса ударного взаимодействия прядки волокна с рабочим органом очистителя // Вестник КГТУ. – Кострома, 2003, № 7.

Рекомендована кафедрой теории механизмов и машин и проектирования текстильных машин. Поступила 06.02.09.

УДК 677. 21. 021

АНАЛИЗ РАДИАЛЬНОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ СЫРЦОВОГО ВАЛИКА ПИЛЬНОГО ДЖИНА

Р.Ф. ЮНУСОВ

(ОАО "Paxta tozalash IIChB", г. Ташкент)

В рассматриваемом случае [1] уравнение равновесия сводится к виду

$$r\frac{\partial\sigma_r}{\partial r}+\sigma_r-\sigma_\theta+\rho r^2\omega^2=0, \qquad (1)$$

где ρ – массовая плотность вязкоупругого материала; ω = ω(t) – угловая скорость вращения. Если главные деформации обозначить через ε_r, ε_θ и ε_z, а радиальное перемещение через u, то при плоской деформации имеем

$$\varepsilon_r=\frac{\partial u}{\partial r},\ \varepsilon_\theta=\frac{u}{r},\ \varepsilon_z=0. \qquad (2)$$

С целью упрощения выкладок предполагается, что материал ведет себя упруго при объемном расширении, имеет объемный модуль К и является вязкоупругим по отношению к сдвигу. Если тело находилось в невозмущенном состоянии до момента t=0, то определяющие уравнения будут иметь вид:

$$\sigma_r+\sigma_\theta+\sigma_z=3K\left(\frac{\partial u}{\partial r}+\frac{u}{r}\right),$$
$$\sigma_\theta-\sigma_r=2\int_0^t G(t-\tau)\frac{\partial}{\partial\tau}(\varepsilon_\theta-\varepsilon_r)d\tau=2\int_0^t G(t-\tau)\frac{\partial}{\partial\tau}\left(\frac{u}{r}-\frac{\partial u}{\partial r}\right)d\tau, \qquad (3)$$
$$\sigma_\theta-\sigma_z=2\int_0^t G(t-\tau)d\tau=2\int_0^t G(t-\tau)\frac{\partial}{\partial\tau}\left(\frac{u}{r}\right)d\tau.$$

Граничные условия, которым надо удовлетворять внешним импульсным напряжениям:

$$\sigma_r=[0(t),t]=-p(t), \qquad (4)$$

внутренней границе:

$$U_r(b,t)=0. \qquad (5)$$

Четыре уравнения (1), (2), (4) и (5) служат для определения четырех неизвестных: σ_r, σ_θ, σ_z и ε_θ (через u). Однако два граничных условия содержат только два из них : σ_r и ε_θ и потому надо исключить σ_r и σ_z, что и будет сделано ниже. Комбинируя уравнения (1), (2) и (3), получаем:

$$r\frac{\partial\sigma_r}{\partial r}+pr^2\omega^2=-2r\int_0^t G(t-\tau)\frac{\partial^2\varepsilon_\theta}{\partial r\partial\tau}d\tau,$$

откуда, интегрируя по r, находим:

$$\sigma_r=-\frac{1}{2}pr^2\omega^2-2\int_0^t G(t-\tau)\frac{\partial^2\varepsilon_\theta}{\partial\tau}d\tau+f(t),$$

где f(t) – произвольная функция. Исключая разрыв при t = 0 и интегрируя по частям, получаем:

$$\sigma_r(r,t)=f(t)-\frac{1}{2}pr^2\omega^2(t)-2G(0)\varepsilon_\theta(r,t)-2\int_0^t\varepsilon_\theta(r,t)G'(t-\tau)d\tau,$$

где штрихом обозначена производная по аргументу. Отсюда, используя граничные условия (4) и (5), получаем для $\sigma_r(b,t)$ интегральное уравнение второго рода типа свертки:

$$\sigma_r(b,t)+\frac{2\mu}{E}\int_{0^-}^{t}G'(t-\tau)\sigma_r(b,t)d\tau=\frac{\mu B}{E}\left[\frac{1}{2}pr^2\omega^2(t)-f(t)\right], \qquad (6)$$

где

$$\mu=\frac{E}{2G(0)-B}.$$

Чтобы получить второе интегральное уравнение для $\sigma_r(b,t)$ и $f(t)$, исключаем вначале σ_r из уравнения (6), затем σ_θ при помощи уравнения (3) и, наконец, и при помощи (6). Это дает:

$$3\sigma_r=\frac{3K}{r}\frac{\partial}{\partial r}(r^2\varepsilon_\theta)+2\int_{0^-}^{t}G(t-\tau)\frac{\partial^2}{\partial\tau}\left(\varepsilon_\theta+2r\frac{\partial_\theta}{\partial r}\right)d\tau. \qquad (7)$$

Граничное условие, содержащее ε_θ, уже было использовано, а в другое входит только σ_r. Поэтому в (7) члены, содержащие ε_θ, исключаются снова при помощи уравнений (2) и (3) и заменяются на σ_r и $f(t)$. Член, содержащий ε_θ в подынтегральном выражении, исключается путем сложения (3) и удвоением уравнения (2), что с учетом (7) приводит к равенству

$$\Omega(r,t)=\frac{1}{2}f(t)-\frac{5}{4}pr^2w^2+\frac{3K}{2r}\frac{\partial}{\partial r}(r^2\varepsilon_\theta), \qquad (8)$$

где для удобства введено обозначение

$$\Omega(r,t)=2\sigma_r+r\frac{\partial\sigma_r}{\partial r}=\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}(r^2\sigma_r).$$

Складывая удвоенное (3) с уравнением (2), получаем:

$$\Omega(r,t)=2f(t)-2pr^2\omega^2(t)-\frac{2}{r}\int_0^t G(t-\tau)\frac{\partial^2(r^2\varepsilon_\theta)}{\partial r\partial\tau}d\tau,$$

причем член $\frac{\partial}{\partial r}(r^2\varepsilon_\theta)$ исключается при помощи уравнения (8). В результате имеем:

$$\Omega(r,t)=\frac{4}{3K}\int_{0^-}^{t}G(t-\tau)\frac{\partial\Omega(r,t)}{\partial\tau}d\tau=2f(t)-2pr^2\omega^2(t)-\frac{2}{r}\int_{0^-}^{t}G(t-\tau)\frac{\partial^2(r^2\varepsilon_\theta)}{\partial r\partial\tau}d\tau+$$
$$+\frac{1}{3K}\int_{0^-}^{t}G(t-\tau)\frac{\partial}{\partial\tau}[2f(\tau)-2pr_2\omega^2(\tau)]d\tau. \qquad (9)$$

Как было отмечено ранее, трудно ввести в рассмотрение граничное условие на выгорающей поверхности, если не исключена функция R(t), определяемая равенством:

$$R(t)=\frac{4}{3K}\int_{0^-}^{t}G(t-\tau)\frac{\partial R(\tau)}{\partial\tau}d\tau=2G(t).$$

Используя ассоциативное свойство сверток, перепишем уравнение (9) в виде

$$\Omega(r,t)=\left[2-\frac{R(0)}{K}\right]f(t)-pr^2\omega^2(t)+\frac{1}{K}\int_{0^-}^{t}R(t-\tau)\frac{\partial}{\partial\tau}\left[\frac{1}{2}pr^2\omega^2(\tau)-f(\tau)\right]d\tau.$$

Исключение разрыва при t = 0 и интегрирование по частям дают

$$\Omega(r,t)=\left[2-\frac{R(0)}{K}\right]f(t)-pr^2\omega^2(t)\left[2-\frac{R(0)}{K}\right]-\frac{1}{K}\int_{0^+}^{t}R'(t-\tau)f(\tau)d\tau+\frac{pr^2}{2K}\int_{0^+}^{t}R'(t-\tau)\omega^2(\tau)d\tau.$$

Учитывая теперь (9), интегрируя последнее равенство по r и используя граничное условие (4), получаем:

$$r^2\sigma_r(r,t)=\frac{1}{2}[r^2-a^2(t)]\left[\left\{2-\frac{R(0)}{K}\right\}f(t)-\frac{1}{K}\int_{0^+}^{t}R'(t-\tau)f(\tau)d\tau\right]-$$
$$-\frac{p}{4}[r^4-a^4(t)]\left[\left\{2-\frac{R(0)}{2K}\right\}\omega^2(t)-\frac{1}{2K}\int_{0^+}^{t}R'(t-\tau)\omega^2(t)d\tau\right]-a^2(t)p(t).$$

Это равенство имеет место, в частности, при r = b, и потому

$$b^2\sigma_r(b,t)=\frac{1}{2}[b^2-a^2(t)]\left[\left\{2-\frac{R(0)}{K}\right\}f(t)-\frac{1}{K}\int_{0^+}^{t}R'(t-\tau)f(\tau)d\tau\right]-$$
$$-\frac{p}{4}[b^4-a^4(t)]\left[\left\{2-\frac{R(0)}{2K}\right\}\omega^2(t)-\frac{1}{2K}\int_{0^+}^{t}R'(t-\tau)\omega^2(t)d\tau\right]-a^2(t)p(t).$$

Это интегральное уравнение типа свертки для f(t), которое вместе с (9) образует систему интегральных уравнений для неизвестных функций f(t) и $\sigma_r(r,t)$. Как будет показано ниже, их можно представить численно путем совместного решения их представления в конечно-разностной форме. Как только функция f(t) определена, $\sigma_r(r,t)$ можно получить из уравнения (10), после чего (9) определяется из равенства

$$\sigma_\theta(r,t)=\Omega(r,t)-\sigma_r(r,t)+pr^2\omega^2(\tau).$$

Наконец, $\varepsilon_\theta(r, t)$ и u(r, t) можно получить, решая интегральное уравнение (4) при известных $\sigma_r(r, t)$ и f(t), или при помощи прямого интегрального представления, получающегося обращением уравнения (3), которое дает

$$\varepsilon_\theta(r,t)=\frac{1}{2}\int_{0^-}^{t}J(t-\tau)\frac{\partial}{\partial\tau}\left[f(t)-\sigma_r(r,t)-\frac{1}{2}pr^2\omega^2(\tau)\right]d\tau.$$

При известных f(t) и $\sigma_r(r, t)$ этот интеграл можно вычислить непосредственно, исключив предварительно разрыв при t=0. Функция ползучести J(r) может быть измерена как характеристика материала или определена численно по значению релаксационного модуля G(t), как это показано в работе [2].

ВЫВОДЫ

На основе теоретического анализа определены условия деформирования сырцового валика пильного джина.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Юнусов Р.Ф.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2009, №3. С.123…125.

2. *Каюмов С.С, Сафаров И.И.* Распространение и дефракция волн в диссипативно-неоднородных цилиндрических деформируемых механических системах. – Ташкент: Фан, 2002.

Рекомендована отделом джинирования, линтерования, волокноочистки, аэродинамики, обеспыливания и автоматизации. Поступила 10.02.09.

УДК 677.022.484.4

ТЕХНОЛОГИЯ КОМБИНИРОВАННОЙ ВЫСОКОРАСТЯЖИМОЙ ПРЯЖИ ПНЕВМОМЕХАНИЧЕСКОГО СПОСОБА ПРЯДЕНИЯ

А.С. ДЯГИЛЕВ, А.Г. КОГАН

(Витебский государственный технологический университет)

На кафедре прядения натуральных и химических волокон Витебского государственного технологического университета разработан технологический процесс получения комбинированной высокорастяжимой пряжи пневмомеханического способа прядения [1].

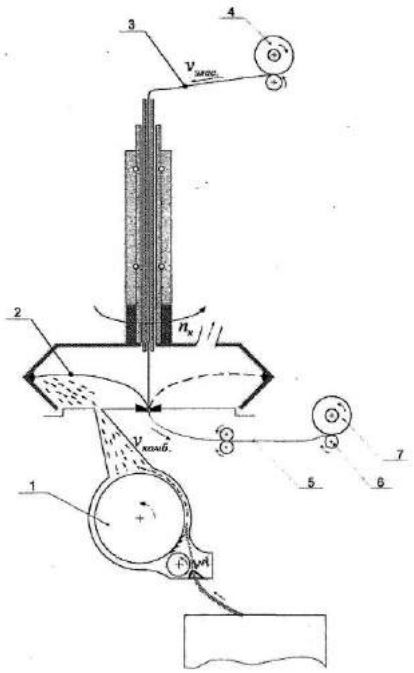


Рис. 1

Отличительной особенностью данной технологии является возможность получать комбинированную высокорастяжимую пряжу 5 путем подачи комплексной полиуретановой нити 3 в рабочую зону прядильной камеры, через осевой канал в роторе прядильной камеры (рис. 1 – схема технологического процесса прядения комбинированной высокорастяжимой пряжи пневмомеханическим способом).

Во время установившегося технологического процесса эластомерная нить 3 проходит через осевой канал в роторе прядильной камеры и выводится через пряжевыводной канал. Пряжа 2, формируемая в прядильной камере, проходя через пряжевыводную воронку, обкручивает эластомерную нить.

Комбинированная высокорастяжимая пряжа пневмомеханического способа прядения обладает особенностями по сравнению с комбинированными пряжами, полученными по другим технологиям. Поскольку процесс кручения формируемой пряжи совмещен с процессом обкручивания эластомерной нити, то количество кручений формируемой пряжи равно количеству ее кручений вокруг эластомерного сердечника:

$$К_{обор} - К_{крут} = К. \qquad (1)$$

Таким образом, как показано в [2], количество оборотов пряжи вокруг эластомерного сердечника в комбинированной высокорастяжимой пряже численно равно количеству кручений пневмомеханической пряжи.

Как отмечается в работах [3, с.61] и [4, с.58], величина крутки пневмомеханической пряжи определяется как:

$$K = \frac{n_{\hat{e}} \pm \Delta n}{\pi \cdot 60v} = \frac{n_{\hat{e}}}{\pi \cdot 60v} \pm \Delta K, \qquad (2)$$

где $n_к$ – частота вращения прядильной камеры; Δn – скорость движения точки съема пряжи с клиновидного желоба относительно прядильной камеры:

$$\Delta n = \frac{30v}{\pi r_{\hat{e}}}; \qquad (3)$$

v – скорость вывода комбинированной пряжи из прядильной камеры; ΔК – величина приращения крутки пряжи за счет увеличения скорости точки съема относительно скорости прядильной камеры:

$$\Delta \hat{E} = \frac{1}{2\pi r_{\hat{e}}}. \qquad (4)$$

Таким образом, для машины BD-200 при $r_к$=0,0325 м по формуле (3) ΔК≈4,897 кр/м. Так как крутка комбинированной высокорастяжимой пряжи составляет 500…1000 кр/м, то ΔК, по формуле (1), составляет от 1 до 0,5% от общей крутки.

С увеличением числа кручений волокнистой составляющей вокруг собственной оси увеличиваются силы взаимодействия между отдельными волокнами, что приводит к увеличению разрывной нагрузки волокнистого компонента и комбинированной пряжи. С увеличением числа кручений волокнистой составляющей вокруг эластомерного сердечника увеличивается длина волокнистого компонента, расположенного на винтовой линии, проходящей по его поверхности [5], что и позволяет комбинированной пряже растягиваться на большую длину, до распрямления витков волокнистого компонента, и приводит к увеличению разрывного удлинения и как следствие, разрывной нагрузки (рис. 2 – зависимость разрывной нагрузки (1) и разрывного удлинения (2) от крутки комбинированной пряжи).

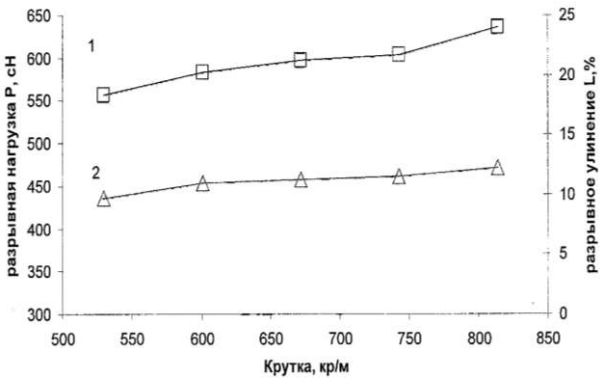


Рис. 2

Линейная плотность комбинированной высокорастяжимой пряжи пневмомеханического способа прядения определяется как сумма линейных плотностей эластомерного сердечника и оплетающей пневмомеханической пряжи. При этом линейная плотность эластомерного сердечника пропорциональна его растяжению при формировании комбинированной пряжи:

$$\grave{O}_{\hat{e}\hat{i}\grave{i}\,\acute{a}} = \grave{O}_{\grave{i}\,\eth\ddot{y}\ae} + \frac{kT_{\acute{y}\ddot{e}\grave{a}\tilde{n}\grave{o}}}{100}. \qquad (5)$$

Предварительное растяжение эластомерного сердечника определяет силу упругого восстановления комбинированной высокорастяжимой пряжи и, как правило, лежит в пределах от 200 до 400%.

Технологически растяжение эластомерного компонента определяется отношением скорости подачи эластомерной нити в канал ротора прядильной камеры и скорости вывода комбинированной пряжи через пряжевыводной канал:

$$k = \frac{v_{\hat{e}\hat{i}\grave{i}\,\acute{a}}}{v_{\acute{y}\ddot{e}\grave{a}\tilde{n}}} \cdot 100. \qquad (6)$$

Так как раскатный вал, на котором установлена бобина с эластомерной нитью, кинематически связан с мотальным валом, то передаточное отношение между ними и определяет растяжение эластомерной нити.

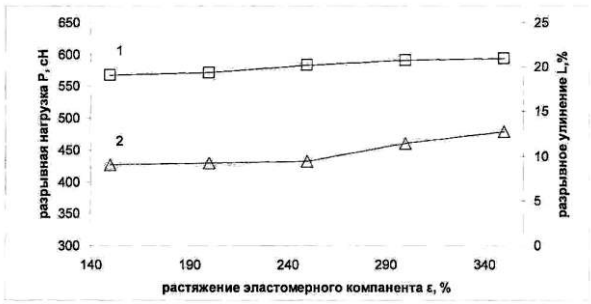


Рис. 3

На рис. 3 приведены зависимости разрывной нагрузки (1) и разрывного удлинения (2) комбинированной высокорастяжимой пряжи от растяжения эластомерного компонента при формировании комбинированной пряжи. Линейная плотность комбинированной пряжи 50 текс, эластомерный компонент дорластан V820 15 текс. Момент разрыва комбинированной высокорастяжимой пряжи фиксируется по разрыву волокнистой составляющей комбинированной пряжи, разрывное удлинение эластомерной нити достигает 490%.

Формообразующие характеристики изделий с использованием комбинированной высокорастяжимой пряжи могут быть скорректированы при влажной тепловой обработке, так как при этом комбинированная высокорастяжимая пряжа с полиуретановой эластомерной нитью может давать усадку до 10%. Величина усадки комбинированной пряжи определяется главным образом усадкой эластомерного компонента.

Таблица 1

№	Состав оплетающего компонента	Усадка, %
1	Хлопок– 100%	10,63
2	Хлопок – 75%, бордовый полиэфир – 25%	10,32
3	Хлопок – 65%, лен – 25%, белый полиэфир – 10%	10,94

В табл. 1 приведены значения усадки при влажной тепловой обработке для комбинированной высокорастяжимой пряжи пневмомеханического способа прядения линейной плотностью 50 текс с различным составом оплетающего волокнистого компонента, в качестве эластомерного компонента использовался дорластан V820 с линейной плотностью 15 текс, с предварительным растяжением 270%.

Данный технологический процесс внедрен в условиях РУП "Барановичское производственное хлопчатобумажное объединение".

ВЫВОДЫ

1. Описаны особенности технологического процесса прядения комбинированной высокорастяжимой пряжи пневмомеханическим способом.

2. Приведены зависимости физико-механических характеристик комбинированной высокорастяжимой пряжи пневмомеханического способа прядения от параметров технологического процесса.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Дягилев А.С., Коган А.Г.* Технологический процесс получения высокорастяжимой комбинированной пряжи пневмомеханического способа прядения // Вестник ВГТУ. – 2007, № 13. С. 27…30.

2. *Дягилев А.С., Коган А.Г.* Структура высокорастяжимой комбинированной пряжи пневмомеханического способа прядения // Текстильная промышленность. – 2007, № 8. С. 12…14.

3. *Роглена В. и др.* Безверетенное прядение. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981.

4. *Плеханов Ф.М.* Технологические процессы пневмомеханического прядения. – М.: Легпромбытиздат, 1986.

5. *Дягилев А.С., Коган А.Г.* Модель комбинированной высокорастяжимой пряжи пневмомеханического способа прядения // Вестник ВГТУ. – 2006, №11. С.139…151.

Рекомендована кафедрой прядения натуральных и химических волокон. Поступила 01.02.09.

УДК 677.11.022.35.94/017.31

ВЛИЯНИЕ СКОРОСТНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ОДНОЗОННОГО ВЫТЯЖНОГО ПРИБОРА ПРЯДИЛЬНОЙ МАШИНЫ ПМ-88-Л5 НА РЕЛАКСАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА И ХАРАКТЕР ДРОБЛЕНИЯ ЛЬНЯНЫХ ВОЛОКОН В ПРОЦЕССЕ МОКРОГО ПРЯДЕНИЯ ЛЬНА

Е.А. ПЕСТОВСКАЯ

(Костромской государственный технологический университет, Научно-внедренческий центр "Блеск" (г. Кострома))

Прядильные производства льнокомбинатов страны вырабатывают чистольняную пряжу линейной плотности в диапазоне 56…33,3 текс, удовлетворяющую требованиям экспортной продукции, на прядильных машинах ПМ-88-Л5. При этом наиболее стабильно процесс прядения проходит при выработке пряжи линейной плотности 46…50 текс. Эта пряжа имеет оптимальные параметры структурной неровноты и меньшее количество внешних пороков [1]. Пряжа меньшей линейной плотности, 33,3 текс, обычно имеет более высокую неровноту и характеризуется повышенной обрывностью. Наиболее нестабильно и напряженно проходит процесс прядения при выработке пряжи самой высокой линейной плотности 56 текс. При выработке этой пряжи в наибольшей степени проявляются дефекты в техническом состоянии рабочих органов прядильного оборудования. Часто в пряже возникают длинные утолщения, вызванные непропрядом отдельных участков ровницы с повышенной степенью одревеснения волокон. Анализ работы вытяжного прибора прядильной машины ПМ-88-Л5 показывает, что эта пряжа вырабатывается при самом высоком скоростном режиме работы вытяжного прибора и наименьшей вытяжке Е=10,5. Увеличение вытяжки при выработке пряжи линейной плотности 50; 38,5 и 33,3 текс достигается за счет уменьшения скорости вращения питающей пары цилиндров вытяжного прибора, при этом скорость вращения выпускной пары цилиндров остается неизменной. Такие изменения скоростного режима работы вытяжного прибора прядильной машины влияют на релаксационные характеристики процесса вытягивания и характер дробления технических комплексов волокон.

Для достижения высокой эффективности работы вытяжного прибора при получении пряжи во всем диапазоне линейной плотности от 56 до 33,3 текс необходимо обеспечивать оптимальные релаксационные характеристики процесса вытягивания ровницы, которые оценивают по отношению времени действия растягивающего усилия к времени релаксации деформации и напряжения t/τ в вытягиваемом продукте в зоне вытяжного прибора [2].

В работе [2] нами было показано, что низкий уровень обрывности ≤ 20 обрывов на 100 веретен в час и структурной неровноты льняной пряжи достигается при значениях t/τ в диапазоне 2,0…2,3. В настоящей работе приводятся результаты проведенных в производственных условиях Большой Костромской льняной мануфактуры исследований влияния скоростных параметров работы вытяжного прибора прядильной машины ПМ-88-Л5 при выработке средненомерной чистольняной пряжи на релаксационные свойства и характер дробления льняных волокон в процессе вытягивания ровницы, а также обоснованы ограничения по скоростному режиму питания вытяжного прибора и времени релаксации деформации в зоне вытягивания. В табл. 1 приведены скоростные параметры работы вытяжного прибора прядильной машины ПМ-88-Л5 при выработке пряжи линейной плотности 56; 50; 38,5 и 33,3 текс.

Таблица 1

Параметры	Линейная плотность пряжи, текс			
	56,0	50,0	38,5	33,3
Скорость вращения питающего цилиндра (ПЦ), об/мин	9,1	8,1	7,3	6,3
Диаметр ПЦ, мм	35	35	35	35
Окружная скорость вращения ПЦ, мм/с	16,6	14,9	13,4	11,6
Скорость вращения выпускного цилиндра (ВЦ), об/мин	48	48	48	48
Диаметр ВЦ, мм	70	70	70	70
Окружная скорость вращения ВЦ, мм/с	176	176	176	176
Вытяжка, Е	10,58	11,82	13,16	15,20

В прядильном производстве БКЛМ под контролем Научно-внедренческого центра "Блеск" с помощью автоматизированного комплекса КЛА-2 предварительно была проведена большая работа по повышению технического состояния прядильного оборудования и оптимизации режимов химической обработки льняной ровницы, в результате чего достигнут низкий уровень обрывности в прядении и структурной неровноты всей пряжи. Структурные параметры технических комплексов волокон в ровнице и пряже приведены в табл. 2.

Таблица 2

Показатели	Линейная плотность пряжи, текс			
	56,0	50,0	38,5	33,3
Линейная плотность суровой ровницы, текс	730	730	625	625
Прочность суровой ровницы, г	2300	2300	1880	1880
Потеря массы при химической варке, %	19,0	19,0	19,0	19,0
Линейная плотность беленой ровницы, текс	591	591	506	506
Прочность беленой ровницы, г	1600	1600	1500	1500
Параметры структуры комплексов волокон в суровой ровнице:				
параметр неровноты C_v^2	65	65	100	100
средняя линейная плотность $\bar{O}$, мтекс	3200	3200	3200	3200
средняя длина $\bar{\ell}$, мм	70	70	65	65
коэффициент вариации C_l, %	60	60	60	60
Параметры структуры комплексов волокон в пряже:				
параметр неровноты C_v^2	660	820	980	1050
средняя линейная плотность $\bar{O}$, мтекс	2450	2750	2600	2450
средняя длина $\bar{\ell}$, мм	16	19	18	17
коэффициент вариации C_l, %	35	35	35	30
Обрывность, обр/100 вер. ч	20…30	20…30	20…30	20…30
Расчетные значения параметров комплексов в пряже:				
$\bar{O}$, мтекс	2520	2720	2595	2500
$\bar{\ell}$, мм	16	19	18	17

Используя значения окружных скоростей питающих цилиндров вытяжных приборов, длины разводки цилиндров $L_{разв}$, параметры структуры технических комплексов волокон в ровнице и пряже ($\bar{O}$ и $\bar{\ell}$) по ранее разработанным методикам [2…4], были рассчитаны релаксационные характеристики процесса вытягивания ровницы в зоне вытяжного прибора прядильной машины, представленные в табл. 3.

Таблица 3

Показатели	Линейная плотность пряжи, текс			
	56,0	50,0	38,5	33,3
Длина разводки цилиндров $L_{разв}$, мм	140	140	140	140
Длина активной зоны вытягивания $L_{акт.выт.}$, мм	52,0	65,3	65,3	66,3
Время действия силы t, с	8,43	9,39	10,44	12,06
Время релаксации τ, с	3,13	4,38	4,86	5,71
t/τ	2,69	2,14	2,15	2,11
Вытяжка Е	10,58	11,82	13,16	15,20

Из данных табл. 3 следует, что выработка пряжи линейной плотности 50…33,3 текс осуществляется при оптимальных значениях релаксационных характеристик процесса вытягивания ровницы. Увеличение вытяжки с 11,82 до 15,2 было проведено путем уменьшения окружной скорости питающих цилиндров с 14,9 до 11,6 мм/с при практически постоянном и оптимальном значении параметра t/τ =2,11…2,15, при этом время релаксации τ изменяется с 4,38 до 5,71 с, а время действия силы t – с 9,39 до 12,06 с. Длина активной зоны вытягивания $L_{акт.выт.}$ составляет 65…66 мм. При выработке пряжи 56 текс уменьшение вытяжки до 10,58 достигается увеличением скорости питающих цилиндров до 16,6 мм/с, при этом время релаксации τ имеет очень низкое значение 3,13 с, а параметр t/τ резко увеличивается до значения 2,69. Длина активной зоны вытягивания $L_{акт.выт}$ уменьшается до 52 мм, это создает очень напряженные условия вытягивания ровницы, при которых происходят наименьшие сдвиги волокон и пряжа формируется из очень коротких комплексов со средней длиной 16 мм.

На практике установлено, что такая пряжа снижает устойчивость к многоцикловым деформациям в процессе ткачества и выделяет много пуха. Следовательно, такие релаксационные характеристики процесса вытягивания являются неприемлемыми для выработки средненомерной чистольняной пряжи мокрым способом прядения на прядильной машине ПМ-88-Л5. На основании полученных данных следует сделать вывод о том, что стабильная работа вытяжного прибора может быть обеспечена при времени релаксации деформации растяжения ровницы не ниже 4 с и времени действия силы в зоне вытяжного прибора более 9 с при разводке цилиндров 140 мм.

Ранее в [2] было показано, что важнейший релаксационный параметр t/τ процесса вытягивания льняной ровницы определяет уровень обрывности в мокром прядении льна. Следует отметить, что процесс дробления технических комплексов льняных волокон при вытягивании также зависит от этого релаксационного параметра и дополнительно от параметров работы вытяжного прибора – длины разводки цилиндров и вытяжки. Согласно [2], [3] значение параметра t/τ равно отношению $L_{разв.}/L_{акт.выт}$, следовательно:

$$L_{акт.выт} = \frac{L_{ðàçâ}}{t/\tau}. \qquad (1)$$

Отношение между временем релаксации и временем деформации определяет реакцию волокнистого полимерного продукта на механическое воздействие, то есть величину сдвига технических комплексов волокон при вытягивании ровницы и длину активной зоны вытягивания в вытяжном приборе $L_{акт.выт}$. С увеличением отношения t/τ длина активной зоны вытягивания уменьшается, и пряжа формируется из более коротких комплексов волокон. Согласно [4] связь $L_{акт.выт}$ со средней длиной комплексов волокон в пряже $\bar{\ell}_{компл}$ определяется выражением:

$$L_{акт.выт} = \bar{\ell}_{компл}\sqrt{Ã}, \qquad (2)$$

где Е – величина вытяжки. Подставляя уравнение (1) в (2), получаем выражение функциональной взаимосвязи длины технических комплексов волокон в пряже с релаксационными свойствами льняной

ровницы и параметрами работы вытяжного прибора:

$$\bar{\ell}_{компл} = \frac{L_{ðàçâ}}{t/\tau\sqrt{Ã}}. \qquad (3)$$

Значения длины комплексов волокон в пряже линейной плотности 56…33,3 текс, рассчитанные по уравнению (3), совпадают с фактическими значениями, определенными экспериментально с помощью комплекса КЛА-2 (табл. 2).

В свою очередь длина перемещающихся комплексов волокон в процессе деформации растяжения ровницы в вытяжном приборе связана с их толщиной вследствие так называемого "концевого эффекта", характерного для дискретных волокнистых полимерных композитов, и рассмотренного нами в работе [4]. В критический момент разрыва волокон при вытягивании ровницы прочность связей между комплексами волокон в полимерной матрице достигает прочности на разрыв самих комплексов, поэтому существует связь длины склеивания комплексов волокон при разрыве $\ell_{скл}$ с величиной их поперечного сечения и, следовательно, с диаметром комплексов или с $\sqrt{Ò_{êîì ïë}}$. В [4] экспериментально установлено существование линейной зависимости $\sqrt{Ò_{êîì ïë}}$ от величины $\ell_{скл}$.

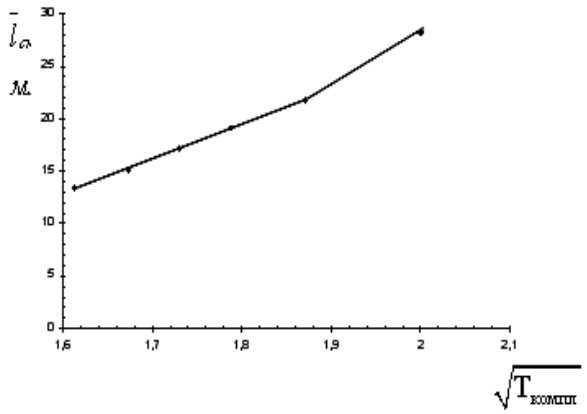


Рис. 1

Эта зависимость представлена на рис.1 (взаимосвязь длины склеивания комплексов волокон с их линейной плотностью) и определяется выражением:

$$\ell_{скл} = -39{,}05 + 32{,}5\sqrt{Ò_{êîì ïë}}. \qquad (4)$$

Взаимосвязь толщины технических комплексов волокон с их длиной имеет более сложный характер, так как согласно [4]:

$$\ell_{скл} = \bar{\ell} - \ell_{сдвига} = \bar{\ell} - (\bar{\ell}/n_{пряжи}) = \bar{\ell}(1 - 1/n_{пряжи}), \qquad (5)$$

где $n_{пряжи}$ – число комплексов волокон в поперечном диаметре пряжи.

$$\bar{\ell} = \ell_{скл}/\left(1 - \frac{1}{n_{ï ðÿæè}}\right) = \ell_{скл.}/\left(1 - \frac{1}{\sqrt{\frac{Ò_{ï ðÿæè}}{Ò_{êîì ïë.}}}}\right). \qquad (6)$$

Подставляя уравнение (4) в (6), получаем выражение функциональной зависимости $\sqrt{Ò_{êîì ïë}}$ от $\bar{\ell}$:

$$\sqrt{Ò_{êîì ïë}} = \frac{\bar{\ell} + 39{,}05}{32{,}5 + \frac{\bar{\ell}}{\sqrt{Ò_{ï ðÿæè}}}}. \qquad (7)$$

Графическое выражение функциональной зависимости $\sqrt{Ò_{êîì ïë}}$ от $\bar{\ell}$ представлено на рис. 2 (взаимосвязь линейной плотности комплексов волокон в пряже с их средней длиной).

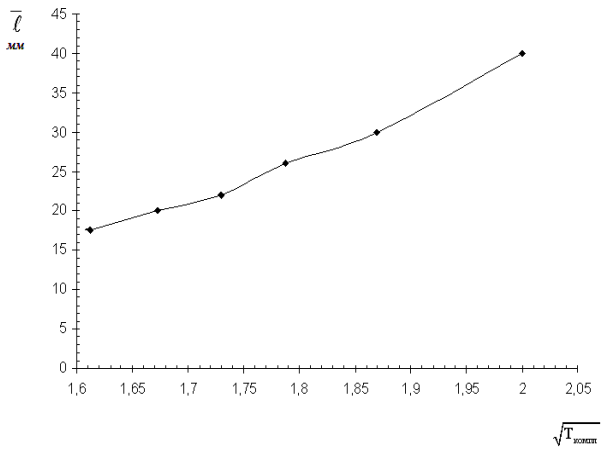


Рис. 2

Значения линейной плотности комплексов волокон в пряже 56…33,3 текс, рассчитанные по уравнению (7), хорошо совпадают с экспериментальными значениями, определенными с помощью комплекса КЛА-2 (табл. 2).

Таким образом, проведенные исследования влияния скоростных параметров работы вытяжного прибора на процесс вытягивания льняной ровницы в мокром прядении льна позволили определить функциональные зависимости характера дробления технических комплексов волокон от релаксационных свойств льняных волокон и параметров работы вытяжного прибора и установить оптимальные значения этих показателей при выработке чистольняной пряжи средней линейной плотности на прядильных машинах ПМ-88-Л5 мокрым способом прядения, а именно:

– длина разводки вытяжных цилиндров 140 мм;

– вытяжка 12;

– длина активной зоны вытягивания в зоне вытяжного прибора 60…65 мм;

– время релаксации τ = 4,3…5,0 с;

– время действия растягивающего усилия в вытяжном приборе t=9…11с;

– отношение t/τ = 2,1…2,3.

Необходимые релаксационные свойства льняных волокон достигаются при правильном и точном подборе режима химической обработки суровой льняной ровницы, который зависит от качества смески сырья и степени одревеснения льняных волокон. В процессе химической обработки ровницы необходимо снизить степень одревеснения волокон до 15 %.

При таких показателях процесса вытягивания обеспечивается стабильная работа вытяжного прибора прядильной машины, низкий уровень обрывности и структурной неровноты чистольняной пряжи линейной плотности 56…33 текс, вырабатываемых в настоящее время на льнокомбинатах страны.

ВЫВОДЫ

1. Проведено исследование влияния скоростных параметров работы вытяжного прибора прядильной машины ПМ-88-Л5 на релаксационные свойства льняных волокон в вытягиваемом продукте: время релаксации τ и важнейшую релаксационную характеристику процесса вытягивания – отношение времени действия растягивающего усилия к времени релаксации t/τ.

2. Определены функциональные зависимости характера дробления технических комплексов волокон от релаксационных свойств льняных волокон и параметров работы вытяжного прибора и установлены оптимальные значения этих показателей при выработке чистольняной пряжи средней линейной плотности 56…33 текс на прядильных машинах ПМ-88-Л5 мокрым способом прядения, обеспечивающие низкий уровень обрывности и структурной неровноты чистольняной пряжи, вырабатываемых в настоящее время на льнокомбинатах страны.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Пестовская Е.А., Иванов А.Н.* Оптимальные параметры структурной неровноты чистольняной пряжи // Вестник КГТУ.– 2007, №15. С.8…13.

2. *Пестовская Е.А. , Иванов А.Н.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности.–2009, №2С. С.28…30.

3. *Пестовская Е.А. , Иванов А.Н.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности.–2009. №3. С. 23…27.

4. *Пестовская Е.А., Иванов А.Н.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности.–2009, №1С. С. 44…48.

Рекомендована кафедрой механической технологии волокнистых материалов КГТУ. Поступила 25.05.09.

УДК 677.052.71

О РЕЗУЛЬТАТАХ ИССЛЕДОВАНИЯ КРУТИЛЬНО-МОТАЛЬНОГО УСТРОЙСТВА С КАТЯЩИМСЯ БЕГУНКОМ

А.А.СТОЛЯРОВ

(Ивановская государственная текстильная академия)

В настоящее время у нас в стране и за рубежом наблюдается повышенный интерес к научно-техническим разработкам в области совершенствования кольцевого способа прядения. Дело в том, что кольцевая прядильная машина имеет ряд неоспоримых преимуществ и на сегодняшний день это – самая универсальная машина с классическим принципом вытягивания и скручивания пряжи. Она позволяет получать пряжу высокого качества широкого ассортимента и назначения как по толщине, так и по видам перерабатываемого волокна и их смесей. Однако кольцевая прядильная машина имеет существенный недостаток – низкую производительность и, как следствие, высокую себестоимость продукции.

Для решения сложнейшей проблемы выпуска пряжи и тканей, которые могли бы успешно конкурировать с продукцией зарубежного производства, что особенно важно в условиях предстоящего вступления России в ВТО, необходимо найти решение целого ряда задач. Прежде всего: добиться снижения себестоимости пряжи и тканей при значительном улучшении их качества. Решение этой задачи невозможно без научных исследований в области совершенствования технологии и оборудования.

Одним из наиболее перспективных направлений совершенствования кольцевых прядильных машин является замена традиционной крутильно-мотальной пары кольцо – бегунок, работа которой основана на использовании энергии силы трения скольжения бегунка о кольцо, на крутильно-мотальное устройство, в котором бегунок не скользит, а катится по поверхности кольцевой камеры [1], [2]. В этом случае процесс наматывания пряжи на паковку осуществляется за счет энергии силы трения качения бегунка по кольцу. А это позволяет повысить частоту вращения веретен до 20…25 тысяч оборотов в минуту, не вызывая нагрев бегунка и обеспечивая устойчивую работу крутильно-мотального устройства. Производительность прядильной машины возрастает от 1,5 до 2 раз [1], а физико-механические свойства выработанной пряжи превосходят показатели пряжи, выработанной традиционным крутильно-мотальным устройством.

С целью определения истинных возможностей крутильно-мотального устройства с катящимся бегунком [1], представленного на рис.1, проведено его аналитическое и экспериментальное исследования.

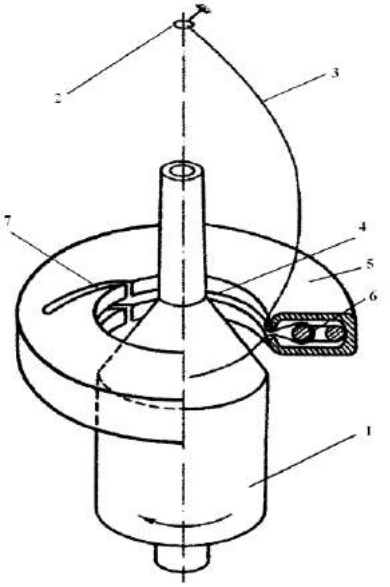


Рис. 1

В исследуемом устройстве пряжа 3, двигаясь от выпускной пары вытяжного прибора, проходит через нитепроводник 2, попадает в рабочую щель 4 тороидальной камеры 5, установленной на кольцевой планке, меняет свое направление и отво-

дится в противоположную от паковки сторону. Далее пряжа проходит сквозь бегунок 6 тороидальной формы и, изменяя свое направление на 180°, выходит из щели 4 тороидальной камеры 5 наматываясь на паковку 1. Заправка нити производится через заправочную щель 7.

Аналитическое исследование выполнено по методике, предложенной в работе [3], для крутильно-мотального устройства, осуществляющего технологический процесс формирования и наматывания хлопчатобумажной пряжи линейной плотности 7,5; 15,4; 20; 25; 38; 50; 72 текс. Данная методика позволила определить натяжение нити в зоне бегунок – паковка, создаваемое крутильно-мотальным механизмом, и проанализировать влияние на величину натяжения конструктивных особенностей и размеров крутильно-мотального устройства, частоты вращения веретен, высоты подъема кольцевой планки, массы бегунка.

В результате аналитического исследования крутильно-мотального устройства с катящимся бегунком установлено, что его работоспособность во многом определяется конструктивными размерами кольцевой камеры, размерами и массой бегунка, выполненного в виде ролика. Так, например, при диаметре кольцевой камеры по беговой дорожке 0,05 м, наружном диаметре кольцевой камеры 0,04 м, диаметре бегунка 0,003 м, толщине бегунка 0,001м, массе бегунка 0,0009 кг частота вращения веретен ограничена 14200 оборотами в минуту. Уменьшение массы бегунка до 0,00065 кг позволяет осуществлять технологический процесс наматывания пряжи на паковку при частоте 16700 оборотов в минуту. Установлено: для работы прядильной машины при частоте вращения веретен свыше 17000 оборотов в минуту необходимо применить в крутильно-мотальном устройстве бегунок массой 0,0003 кг. Однако следует заметить, что изготовление бегунков в виде ролика таких размеров и массы представляет определенную сложность.

С целью подтверждения результатов аналитического исследования технологического процесса формирования и наматывания пряжи на кольцевой прядильной машине, а также определения возможностей крутильно-мотального устройства с катящимся бегунком проведено его экспериментальное исследование. Для этого применена новая методика и специальный измерительный комплекс, структурная схема которого представлена на рис. 2, где 1 – динамометрическое веретено; 2 – упругая балочка; 3 – тензорезисторы R1 и R2; 4 – плечи моста R3 и R4; 5 –усилитель постоянного тока; 6– усилитель; 7 – фильтр; 8 – аналоговый цифровой преобразователь; 9 – блок питания; 10 – индикатор, позволяющий исследовать динамику натяжения нити в зоне бегунок-паковка в процессе наматывания ее на паковку. Основным элементом измерительного комплекса является датчик натяжения нити, который позволяет воспринимать изменение натяжения нити в точке наматывания [5], [6].

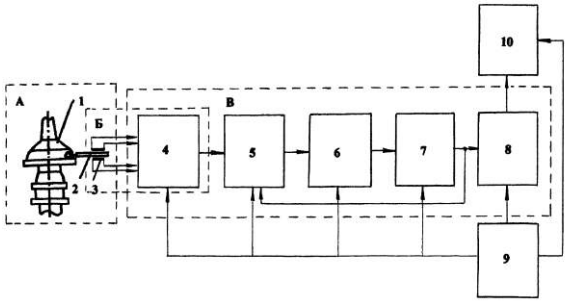


Рис. 2

В результате экспериментального исследования динамики натяжения нити в точке наматывания, которое создается крутильно-мотальным устройством, установлено влияние на величину натяжения геометрических размеров кольцевой камеры и ролика-бегунка, массы ролика-бегунка, высоты точки наматывания, радиуса наматывания и частоты вращения веретен. Доказано: крутильно-мотальное устройство с катящимся бегунком позволяет осуществлять технологический процесс формирования и наматывания пряжи при высокой частоте вращения веретен. При частоте вращения веретен 16700 оборотов в минуту прядильная машина работала стабильно, повышение уровня обрыв-

ности зарегистрировано не было. Производительность ее выросла на 25%. Плотность намотки и вес пряжи на паковке (в сравнении с пряжей, выработанной на прядильной машине с традиционной крутильно-мотальной парой кольцо – бегунок) при сохранении ее геометрических размеров увеличились в 1,4 раза.

Однако дальнейшее повышение частоты вращения веретен при использовании крутильно-мотального устройства с катящимся бегунком было невозможно по следующим причинам.

1. При частоте вращения веретен выше 16700 об/мин крутильно-мотальное устройство создает натяжение нити, превышающее предел ее прочности, происходит обрыв нити.

2. Повышенная частота вращения веретен вызывает сильную вибрацию прядильной машины.

Поэтому для использования крутильно-мотального устройства с катящимся бегунком при частоте вращения веретен выше 16700 оборотов в минуту требуется модернизация системы привода веретен и цилиндров вытяжного прибора, применение более совершенных веретен и подшипников в гнездах веретен, а также точный расчет параметров кольцевой камеры и бегунка. Кроме того, в процессе экспериментального исследования выявлены некоторые конструктивные недоработки устройства: это, прежде всего, сложность заправки и ликвидации обрыва пряжи.

ВЫВОДЫ

1. В результате аналитического и экспериментального исследований доказано, что применение крутильно-мотального устройства с катящимся бегунком позволяет повысить частоту вращения веретен и производительность кольцевой прядильной машины.

2. Для наиболее эффективного использования исследуемого крутильно-мотального устройства необходима значительная модернизация кольцевой прядильной машины и усовершенствование самого устройства.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бархоткин Ю.К., Павлов Ю.В.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2004, №1. С.29…32.
2. *Кузнецов Г.К., Курков В.В., Титов С.Н.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2004, №1. С.82…85.
3. *Бархоткин Ю.К.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2003, №2. С.38…40.
4. *Павлов Н.Т.* Прядение хлопка. – М.: Легкая промышленность, 1951.
5. *Бархоткин Ю.К., Столяров А.А.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2003, №5. С.28…31.
6. Патент на изобретение 2202662 Российская Федерация, МПК ^{7} D 01 H 13/26. Веретено динамометрическое / Бархоткин Ю.К., Столяров А.А.; опубл. 20.04.2003, Бюл. № 11.

Рекомендована кафедрой прядения. Поступила 02.06.09.

УДК 677.024

ВЛИЯНИЕ СИЛ СУХОГО ТРЕНИЯ В ОПОРАХ НА ДВИЖЕНИЕ СКАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ СТАНКА СТБ-175 И О ДОПУЩЕНИИ В.А. ГОРДЕЕВА

О.А. САВВИН

(Костромской государственный технологический университет)

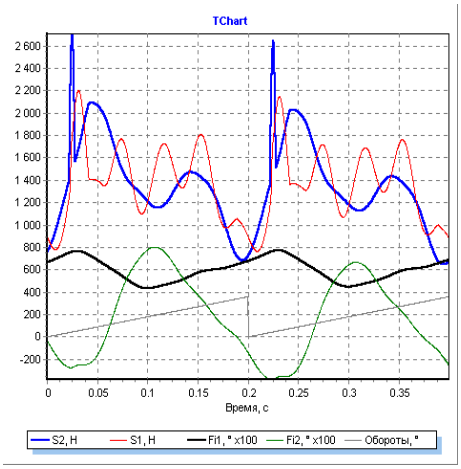
При движении скальной системы возникают силы трения между нитями основы и поверхностью скала и в опорах скальной системы. Заметим, что силы трения создают постоянную силу сопротивления движению скала и его рычага и в данном случае являются природными демпферами. В настоящей статье исследуется влияние сил трения в опорах системы скала на ее поведение и на натяжение основы. Теоретических исследований в этой области мало, однако указывается, что эти силы существенно влияют на движение скальной системы и на натяжение нитей основы [1].

Пожалуй, единственной попыткой составить дифференциальные уравнения движения скальной системы с учетом указанных факторов является работа Е.Д. Ефремова [2].

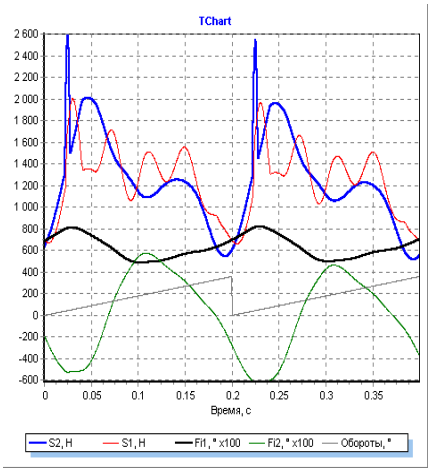
Мы продолжили работу Евгения Дмитриевича и составили сравнительно простые дифференциальные уравнения движения скала и его рычага. Эти уравнения были решены численным методом, и было найдено уравнение вращения рычага скала $\varphi_1=\varphi_1(t)$ и скала относительно его рычага $\varphi_2=\varphi_2(t)$. Решение соответствовало основным параметрам станка СТБ-175 при выработке ткани полотняного переплетения с плотностью 15 нитей/см.

Были экспериментально определены радиусы трения в опоре рычага скала и скала, которые оказались соответственно равны r_{1f}=0,005 м, r_{2f}=0,004 м. На рис. 1 и 2 показан характер изменения исследуемых величин при постоянном радиусе трения в одной из опор и различных значениях этого радиуса в другой опоре (рис. 1 – графики изменения натяжений ветвей основы и углов поворота скала и его рычага при изменении радиуса трения в опоре рычага скала; рис. 2 – то же самое – в опоре скала).

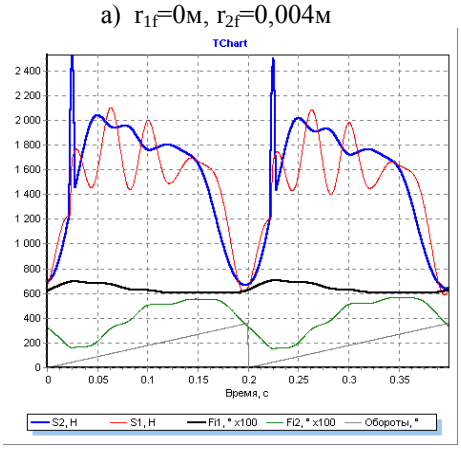
Увеличение радиуса трения в опоре рычага скала (рис.1) от 0 до 0,01 м практически не приводит к изменению исследуемых величин. При повышении этого радиуса трения до 0,02 м амплитуда углов φ_1 и φ_2 снижается примерно одинаково (на 15%), при этом несколько меняется характер вращения скала. При возрастании радиуса трения в опоре рычага скала от 0,02 до 0,06 м размах изменения координат φ_1 и φ_2 уменьшается ($\Delta\varphi_1$ упало почти в 14 раз, а $\Delta\varphi_2$ – примерно в 5 раз). При дальнейшем росте r_{1f} закономерность вращения скала почти не меняется. По-иному ведет себя φ_1. При r_{1f}>0,05 м $\Delta\varphi_1$ продолжает быстро уменьшаться и, когда радиус трения становится равным 0,15 м, $\Delta\varphi_1$=0, то есть рычаг скала останавливается. Дальнейший рост r_{1f} на параметры системы не влияет. При радиусе трения большем 0,02 м колебания натяжения постепенно сглаживаются, при этом в период выстоя ремиз S_2 становится больше S_1.



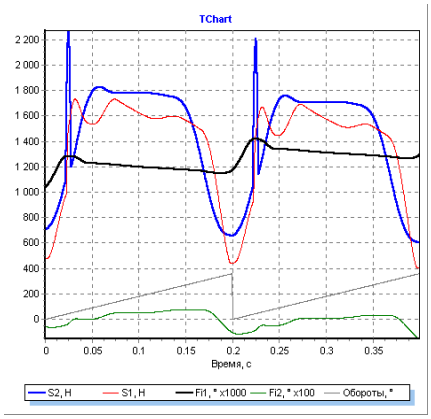
а) r_{1f}=0м, r_{2f}=0,004м



б) r_{1f}=0,01 r_{2f}=0,004м

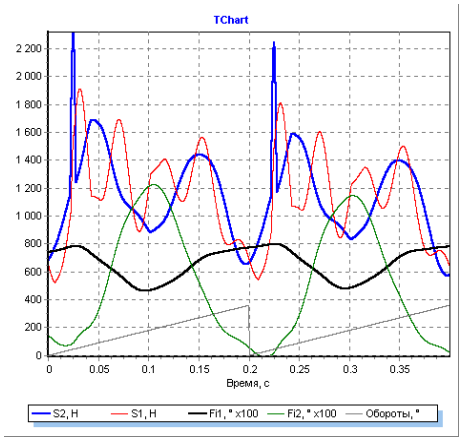


в) r_{1f}=0,03м, r_{2f}=0,004м

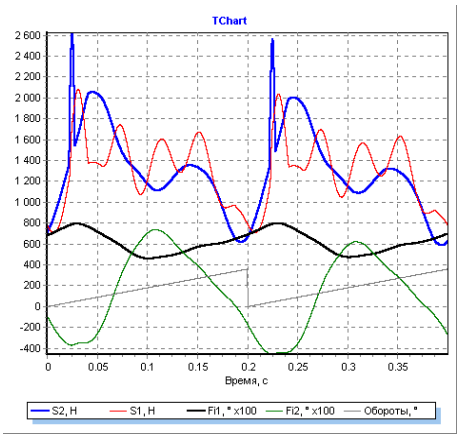


г) r_{1f}=0,06м, r_{2f}=0,004м

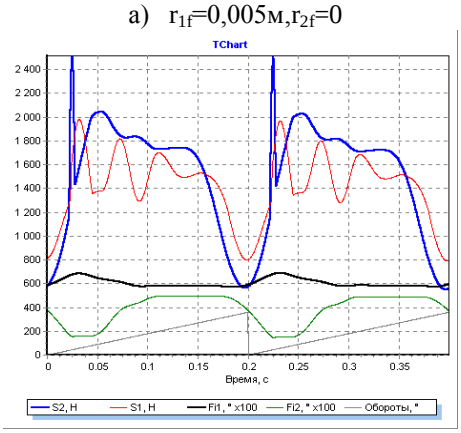
Рис. 1



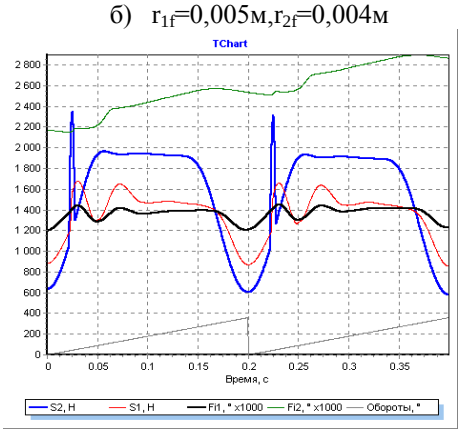
а) r_{1f}=0,005м,r_{2f}=0



б) r_{1f}=0,005м,r_{2f}=0,004м



в) r_{1f}=0,005м,r_{2f}=0,008м



г) r_{1f}=0,005м, r_{2f}=0,012м

Рис. 2

Рассмотрим случай, когда r_{1f}=0,005 м, а меняется только r_{2f} (рис. 2).

Сравнивая рис. 1 и 2, видим, что характер изменения натяжения ветвей основы и движения скала и его рычага при увеличении только r_{2f} очень схожи с характером изменения этих величин с ростом только r_{1f}. Рост трения в одной из опор скальной системы увеличивает разницу между натяжениями ветвей основы и меняет характер движения и скала, и его рычага.

Из приведенных графиков видно, что большую часть одного оборота главного вала станка угловые скорости $\dot{\varphi}_1$ и $\dot{\varphi}_2$ имеют разные знаки, то есть движутся в противоположных фазах. Благодаря этому деформация первой ветви основы, вызванная движением рычага скала и поворотом самого скала, тоже имеет разные знаки. Если не учитывать деформацию данной ветви от вращения навоя, которая сравнительно невелика, то суммарная деформация этой ветви будет равна сумме деформаций от движения скала и его рычага. Поскольку деформации от обоих указанных движений примерно одинаковы по величине, то полная деформация нижней ветви значительно меньше ее деформации от каждого движения, взятого по отдельности. Расчеты показали, что наибольшая деформация от каждого из указанных движений на 10…20% превышает деформацию системы заправки от зевообразования, что оказывает заметное влияние на натяжение основы.

Рассмотрим деформацию второй ветви основы при движении скальной системы. Ранее было установлено, что ее деформация при поступательном движении скала в несколько раз меньше соответствующей деформации первой ветви и, следовательно, незначительно изменяет ее натяжение. Деформация верхней ветви в результате вращения скала является одним из основных факторов, влияющих на ее натяжение.

Проанализируем изменение деформации системы заправки при зевообразовании и при вращении скала.

После заступа деформация второй ветви от зевообразования начинает увеличиваться до момента выстоя, что способствует росту натяжения этой ветви. В этот период скало вращается в отрицательном направлении, что также способствует увеличению ее натяжения.

Между моментом окончания прибоя и началом выстоя скало начинает вращение в положительном направлении. При этом угол φ_2 достигает максимума на участке между серединой выстоя и началом закрытия зева. В этот период вращение скала способствует уменьшению общей деформации системы заправки и обусловливает характерную впадину в графике натяжения S_2 после прибоя. На нем хорошо видно, что минимум этого натяжения совпадает с максимумом угла φ_2. Всю последующую часть цикла угол φ_2 продолжает уменьшаться, что обусловливает увеличение натяжения S_2, которое имеет второй максимум вскоре после окончания выстоя. Затем при закрытии зева общее натяжение основы уменьшается и имеет минимум вблизи положения заступа.

Исследование сил инерции, действующих на скало, показало, что тангенциальная сила инерции может достигать значения, соизмеримого с весом скала, нормальная же сила инерции не превышает его десятой доли и может не приниматься во внимание.

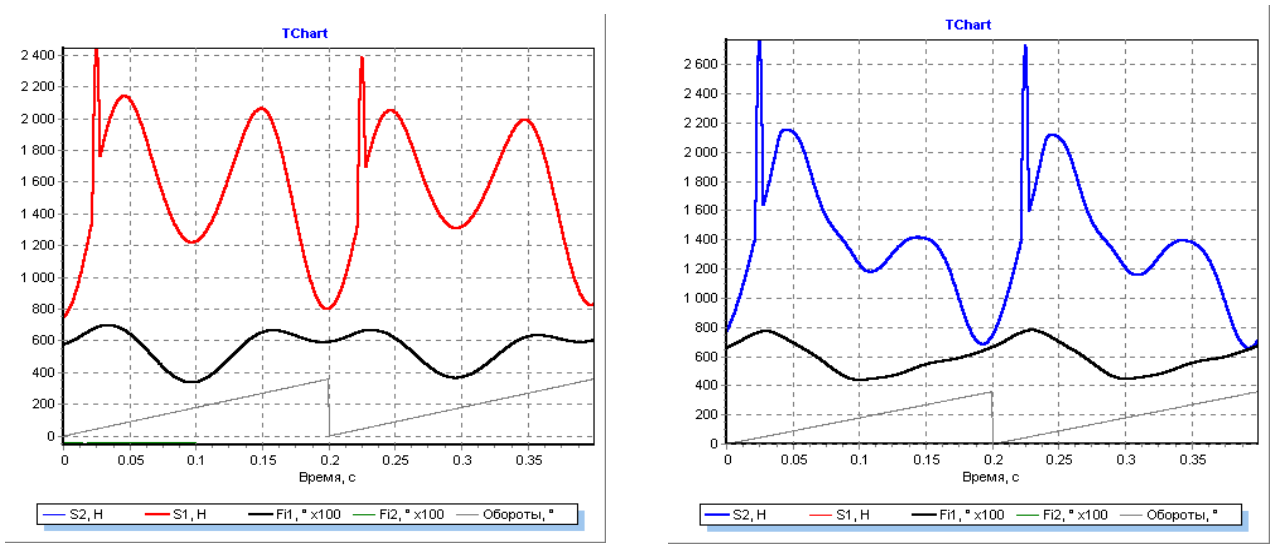
Деформации обеих ветвей, вызванные вращением скала, одинаковы по величине и противоположны по знаку. При скольжении основы по скалу в уравнение связи между деформацией основы и ее натяжением деформация от вращения скала не входит. Она меняет натяжение ветвей в том случае, когда нити основы не скользят по скалу, то есть представляют собой две разные системы, что имеет место в большей части каждого цикла движения.

Анализ графиков изменения натяжений S_1 и S_2 показал, что при радиусах трения в опоре скала и его рычага, близким к реальным, разница натяжений ветвей основы, огибающих скало, недостаточна для скольжения нитей по всей поверхности скала. Это утверждение несправедливо только для момента прибоя. Подобное яв-

ление можно объяснить вращением скала, в результате чего происходит определенное выравнивание натяжений.

В середине прошлого столетия В.А. Гордеев принял, на первый взгляд, достаточно грубое допущение о равенстве натяжений ветвей основы, огибающих скало [3]. Полученные нами результаты позволяют по-новому посмотреть на это упрощение. Выравнивание натяжений ветвей основы за счет вращения скала является веским основанием для такого предположения. Это допущение имеет еще одно очень важное положительное качество. Оно позволяет пренебречь вращением скала и при изучении динамики скальной системы учитывать только одну степень свободы (движение рычага скала), что значительно упрощает математические выкладки. Следует заметить, что до настоящего времени почти все авторы, следуя В.А. Гордееву, при изучении динамики скальных систем считают, что $S_1=S_2=S$. Это равенство получается, если при постановке задачи пренебрегают коэффициентом трения основы по поверхности скала и полагают f = 0.

Мы проанализировали этот случай при значениях радиусов трения в опоре скала и его рычага, полученных опытным путем (рис.3 – характер изменения натяжения S_2 и угла φ_1 при а) f = 0 и б) f = 0,25). Пусть S – натяжение ветвей основы при f=0, а S_2 – натяжение второй ветви основы при $f \neq 0$.



а) б)

Рис. 3

Из графиков видно, что характеры изменения натяжений S и S_2 похожи. Однако при f=0 наблюдается уменьшение высоты прибойной пики (почти в 2 раза) по сравнению со случаем, когда f=0,25.

Сравним натяжения S_2 и S в период после прибоя. В обоих случаях имеются два максимума натяжения на отрезке графика, несколько большем периода выстоя ремиз. Более того, фазы движения рычага скала в обоих случаях практически совпадают, кроме того, амплитуды изменения этих углов разнятся менее чем на 15%, однако характер изменения координаты φ_1 на фазе подъема при f=0 отличается от случая, когда $f \neq 0$.

ВЫВОДЫ

1. Трение в опорах скальной системы существенно влияет на ее движение и на натяжение ветвей основы, огибающих скало. Изменение сил трения только в одной из опор скальной системы меняет движение и скала, и его рычага.

2. В процессе движения скальной системы скало вращается, обкатываясь по нитям основы, способствуя выравниванию

натяжения их ветвей, что позволяет принять допущение В.А. Гордеева при ориентировочных расчетах скальных систем, однако всегда необходимо учитывать силы трения в опорах системы скала. Вращение скала является одной из основных причин, влияющих на натяжение основы между скалом и опушкой ткани.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Святенко М.В.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1967, №4.
2. *Ефремов Е.Д.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1980, №1.
3. *Гордеев В.А.* Динамика механизмов отпуска и натяжения основы ткацких станков. – М.: Легкая индустрия, 1965.

Рекомендована кафедрой теории механизмов и машин и проектирования текстильных машин. Поступила 04.02.09.

УДК 677.023.75

РАСЧЕТНЫЕ ФОРМУЛЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИСПАРИТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ СУШИЛЬНОГО АППАРАТА И СКОРОСТИ ШЛИХТОВАНИЯ ХЛОПЧАТОБУМАЖНОЙ ПРЯЖИ

В.Л. МАХОВЕР, Г.С. ЗАРУБИНА, Т.В. СМИРНОВА

(Ивановская государственная текстильная академия)

В настоящее время для расчета скорости шлихтования используется формула [1]:

$$\upsilon = \frac{Q \cdot 10^8}{60 m_0 T_ф \left(W_1 - W_2\right)}, \text{ м/мин}, \qquad (1)$$

где Q – испарительная способность сушильной части шлихтовальной машины, кг/ч; W_1, W_2 – влажность пряжи после отжима и после сушки, %; m_0 – число нитей в основе; $T_ф$ – линейная плотность пряжи, текс.

Эта формула не учитывает кинетику процесса и зависимость испарительной способности от определяющих параметров.

Целью настоящего исследования является получение расчетных формул для скорости шлихтования хлопчатобумажной пряжи на машине ШБ-11/140 по исходным данным табл. 1, которые были получены по номограмме [2; 3, с. 173].

Из формулы (1) получаем:

$$\frac{Q}{60\upsilon} = T_ф m_0 \left(W_1 - W_2\right) \cdot 10^{-8}, \text{ кг/м}. \qquad (2)$$

Это выражение показывает, что величина $k = \frac{Q}{60\upsilon}$ не зависит от теплового режима сушки, так как при постоянных W_1 и W_2 правая часть (2) не зависит от условий сушки.

Результаты расчета по формуле (2) при $P=1 \cdot 10^5$ Па приведены в табл. 2. При этом W_1 = 100 % и W_2 =10 % [2], [3].

Таблица 1

Фактическая линейная плотность пряжи $T_ф$, текс	Число нитей в основе m_0								
	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000
$P=1\cdot10^5$ Па									
50	45	36	30	24	22,5	21	19	17	16
40	56	44	36,5	30	28	26	22	20	18
25	76	60	50	41	38	36	31	28	26
20	82,5	66	55	44	41,5	39	34	30,5	28
12,5	111	92	73	59	55	52	45	41	37,5
$P=3\cdot10^5$ Па									
50	68	54	46	36	34	32	28	25	23
40	82	66	55	44	41	38	33	30	27,5
25	103	81	68	54	51	47	41	37	34
20	115	92	77	61	58	52	46	42	38
12,5	150	120	100	90	75	70	60	55	50
$P=5\cdot10^5$ Па									
50	91,5	72	60	49	46	43	37	34	31
40	107	85	72	57	55	51	43	40	36
25	131	104	87,5	70	64	60	53	48	44
20	147,5	118	98	88,5	73,5	69	58,5	54	49
12,5	190	152	126,5	111	95	89	76	69	64

Примечание. P – среднее избыточное давление пара в сушильных барабанах.

Таблица 2

$T_ф$, текс	Параметры	Число нитей в основе m_0				
		2000	3000	4000	5000	6000
50	υ, м/мин	45	30	22,5	19	16
	k, кг/м	0,090	0,135	0,180	0,225	0,2700
	Q, кг/ч	243	243	243	256,5	259,2
40	υ, м/мин	56	36,5	28	22	18
	k, кг/м	0,072	0,108	0,144	0,1800	0,2160
	Q, кг/ч	241,92	236,52	241,92	237,6	233,28
25	υ, м/мин	76	50	38	31	26
	k, кг/м	0,045	0,0635	0,0900	0,1125	0,1350
	Q, кг/ч	205,2	202,5	205,2	209,25	210,6
20	υ, м/мин	82,5	55	41,5	34	28
	k, кг/м	0,0360	0,0540	0,0720	0,0900	0,108
	Q, кг/ч	178,2	178,2	179,28	183,6	181,4
12,5	υ, м/мин	111	73	55	45	37,5
	k, кг/м	0,0225	0,0338	0,0450	0,0563	0,068
	Q, кг/ч	149,85	147,83	148,5	151,88	151,9

Аналогичные расчеты проведены при давлении пара в барабанах $P=3\cdot10^5$ Па и $P=5\cdot10^5$ Па.

В результате математической обработки исходных данных установлено, что испарительная способность Q в большей мере зависит от избыточного давления пара в сушильных барабанах и линейной плотности шлихтуемой пряжи и мало зависит от числа нитей в основе.

В табл. 3 приведены усредненные значения $\bar{Q}$ испарительной способности сушильного аппарата, полученные на основании табл. 2 и таких же таблиц при $P=3\cdot10^5$ Па и $P=5\cdot10^5$ Па.

Таблица 3

$T_ф$, текс	12,5	20	25	40	50
$P=1\cdot10^5$ Па					
$\bar{Q}$, кг/ч	150,2	179,5	206,2	238,4	246,9
$P=3\cdot10^5$ Па					
$\bar{Q}$, кг/ч	204,9	247,1	274,4	354,7	369,1
$P=5\cdot10^5$ Па					
$\bar{Q}$, кг/ч	258,9	321,8	352,3	466,2	495,0

По данным табл. 3 построены графики, изображенные штрихами на рис. 1. Каждый график соответствует своему значению линейной плотности пряжи.

С небольшой погрешностью можно принять, что все прямые пересекаются в одной воображаемой точке $P=-1,7,10^5$ Па и $\bar{Q}=75$ кг/ч. Для математического описания этих графиков каждый из них ищем в виде:

$$\bar{Q}=a+bP. \qquad (3)$$

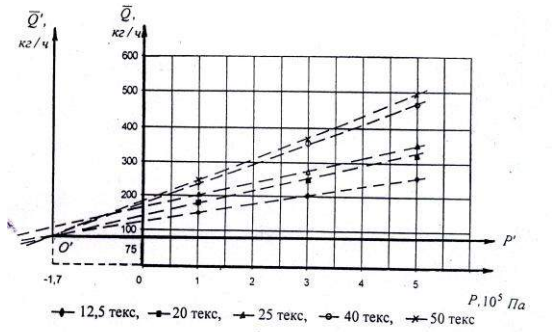


Рис. 1

Так как в точке $P=-1,7,10^5$ Па $\bar{Q}=75$ кг/ч, из уравнения (3) получаем:

$$a=75+1,7b. \qquad (4)$$

С учетом выражения (4) исходное уравнение (3) будет:

$$\bar{Q}=75+1,7b+bP=75+(1,7+P)b, \qquad (5)$$

где, как и ранее, давление P выражено в 10^5 Па.

Для упрощения дальнейших расчетов перенесем оси координат $PO\bar{Q}$ (рис. 1) в точку O' с координатами $P=-1,7$; $\bar{Q}=75$.

При этом

$$\bar{Q}=\bar{Q}'+75; \quad P=P'-1,7. \qquad (6)$$

В новой системе координат $P'O'\bar{Q}'$ с учетом выражений (6) уравнение (5) примет вид:

$$\bar{Q}'=P'b. \qquad (7)$$

Рассчитанные по методу наименьших квадратов [4] значения коэффициента b представлены в табл. 4, а коэффициент a определяется по формуле (4).

Таблица 4

$T_ф$, текс	50	40	25	20	12,5
b	62,75	58,95	42,42	36,97	27,56

При рассчитанных значениях коэффициентов a и b получаем для каждой линейной плотности пряжи $T_ф$ свое уравнение (3), описывающее соответствующий график на рис. 1. Для обобщения пяти полученных уравнений аппроксимацию графика $b=b(T_ф)$, показанного на рис. 2, осуществляем зависимостью:

$$b=b_0+b_1T_ф+b_2T_ф^2. \qquad (8)$$

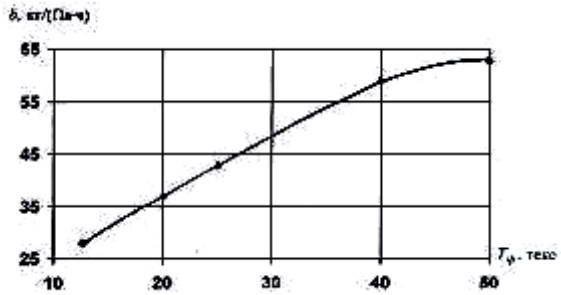


Рис. 2

Постоянные коэффициенты b_0, b_1 и b_2 определяем из условия, чтобы график рис. 2 проходил через точки: $T_ф$=12,5; b=27,5; $T_ф = 25$; b=42,42 и $T_ф$=50; b=62,75. Подставив координаты этих точек в уравнение (8), получаем систему трех алгебраических уравнений с тремя неизвестными коэффициентами.

Путем решения этой системы методом Крамера [4] находим b_0=9,57; $b_1 = 1{,}56$ и b_2 = -0,01.

Таким образом, уравнение (8) примет вид:

$$b = 9{,}57 + 1{,}56T_ф - 0{,}01T_ф^2. \qquad (9)$$

Средняя погрешность расчета коэффициента b по формуле (9) составляет менее 1,05 %.

Окончательно формулы (3) и (4) с учетом зависимости (9) будут:

$$b = 9{,}57 + 1{,}56T_ф - 0{,}01T_ф^2, \text{ кг/(Па·ч)},$$
$$a = 75 + 1{,}7b, \text{ кг/ч}, \qquad (10)$$
$$\bar{Q} = a + b\left(P \cdot 10^{-5}\right),$$

где $10 \le T_ф \le 50$ текс, $1 \cdot 10^5 \le P \le 5 \cdot 10^5$ Па, $2000 \le m_0 \le 5000$ нитей.

Таким образом, уравнения (10) позволяют рассчитать испарительную способность сушильных барабанов, а следовательно, по формуле (1) при $Q = \bar{Q}$ и скорость шлихтования.

В качестве примера рассмотрим определение скорости шлихтования при следующих исходных данных: $P = 3 \cdot 10^5$ Па; $T_ф$=12,5 текс; m_0=4000; $W_1 = 100\%$, $W_2 = 10\%$. По формулам (10) последовательно находим: b=9,57+1,56·12,5-0,01·12,5^2=27,56 кг/(Па·ч); a =75+1,7·27,56=121,852 кг/ч; $\bar{Q}$=121,852+ + 27,56 (3·10^{-5}·10^5) = 204,532 кг/ч; υ= =204,532·10^8/(60·4000·12,5·90)=75,8 м/мин.

ВЫВОДЫ

Полученные расчетные формулы для определения скорости шлихтования хлопчатобумажной пряжи на машине ШБ-11/140 позволяют определить скорость шлихтования, учитывая факторы, от которых зависит испарительная способность.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Маховер В.Л.* Совершенствование и анализ процессов на шлихтовальных машинах. Книга вторая. – Иваново: ИГТА, 2003.

2. Машина шлихтовальная барабанная ШБ-Л-3М. Паспорт ШБ-Л-3М ПС. Включает исполнения: ШБ-11/140-Л-3М-2; ШБ-11/140-Л-3М-1. – Иваново, 1989.

3. *Дружинина Р.Д., Брут-Бруляко А.Б., Иванникова И.М. и др.* Льноткачество: Справочник. 3-е изд., перераб. и доп./Под ред. Р.Д. Дружининой. – М.: Легпромбытиздат, 1985.

4. *Бронштейн И.Н., Семендяев К.А.* Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов. – М.: Физматгиз, 1962.

Рекомендована кафедрой ткачества. Поступила 13.05.09.

УДК 677.023

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НАТЯЖЕНИЯ НИТИ ПРИ ПЕРЕМАТЫВАНИИ НА УДЕЛЬНУЮ ПЛОТНОСТЬ БОБИН СОМКНУТОЙ НАМОТКИ

С.Д.НИКОЛАЕВ, М.И.ПАНИН, М.М. КАЩЕЕВА, Н.А.НИКОЛАЕВА

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

Известно [1], что удельная плотность намотки цилиндрических бобин сомкнутой структуры приближается к величине, равной $1/c^2$, где с – величина, характеризующая вид волокнистого материала, из которого изготовлена нить. Следует отметить, что идеально сомкнутую структуру намотки нити на бобину достичь трудно, так как вследствие неравномерности наматываемой нити по толщине невозможно устранить зазоры между витками наматываемой пряжи (пустоты). Формирование идеально сомкнутой структуры намотки нитей на конической бобине также невозможно, вследствие того, что угол сдвига витков, обеспечивающий формирование требуемой структуры, можно обеспечить только на малом торце бобины, в то время как на большем торце бобины неизбежно будут образовываться промежутки между витками намотки, так как мотальный механизм может обеспечивать только одну величину передаточного отношения к веретену и, следовательно, только один угол сдвига витков.

Таким образом, наматываемые на прецизионных мотальных машинах конические бобины имеют лишь близкую к сомкнутой (квазисомкнутую) структуру намотки нитей. Однако в ряде случаев на практике наблюдается превышение значения удельной плотности бобин величины, равной $1/c^2$.

В результате исследований, проводимых Зайцевым В.П., Паниным И.Н. и Минаевым А.Г., в работе [2] было установлено, что удельная плотность сомкнутой структуры намотки увеличивается при увеличении натяжения перематываемой пряжи и степени давления укатывающего ролика на намотку.

Авторами работы [2] установлено, что объемная плотность намотки γ равна произведению коэффициента заполнения объема паковки волокнистым материалом k_3 на плотность наматываемых нитей ρ, то есть:

$$\gamma = k_3\rho . \qquad (1)$$

Коэффициент заполнения объема паковки k_3 сильно возрастает при сомкнутой структуре намотки, следовательно, удельная плотность также увеличивается. Увеличение плотности намотки γ за счет повышения плотности пряжи ρ, то есть более сильного смятия нитей, нецелесообразно, так как изменение структуры нитей ведет к изменению структуры изделий (ткани, трикотажа), вырабатываемых из них. Однако повышение степени прессования намотки укатывающим роликом и натяжения нитей способствует увеличению плотности намотки γ как за счет роста k_3, так и за счет увеличения ρ.

Поэтому натяжение нитей при перематывании и степень прессования намотки должны быть выбраны такими, чтобы они способствовали повышению коэффициента заполнения паковки волокнистым мате-

риалом k_3 и мало влияли на плотность пряжи ρ.

Например, максимальная удельная плотность намотки γ для льняной пряжи при сомкнутой структуре стремится к $\gamma = 0,783$ г/см^3, так как с – величина, характеризующая вид пряжи, для льна равна 1,13 и ($\gamma = \frac{1}{c^2} = \frac{1}{1,13^2} \approx 0,783 г/см^3$).

Практические исследования перематывания льняной пряжи линейной плотности Т=220 текс на прецизионной мотальной машине Фостер (США) в цилиндрические бобины сомкнутой структуры позволили сформировать паковки со средней удельной плотностью γ= 0,81 г/см^3. Это говорит о том, что значение с изменилось.

Очевидно, оказали влияние натяжение нити при перематывании и степень прессования намотки укатывающим роликом, которые позволили значительно увеличить удельную плотность намотки нитей на бобину.

Следует отметить, что под влиянием натяжения происходит изменение величины с, которая снижается за счет удлинения (вытяжки) нити и уменьшения ее поперечного сечения. Для проверки сделанных предположений нами было проведено исследование зависимости величины с от натяжения нити К.

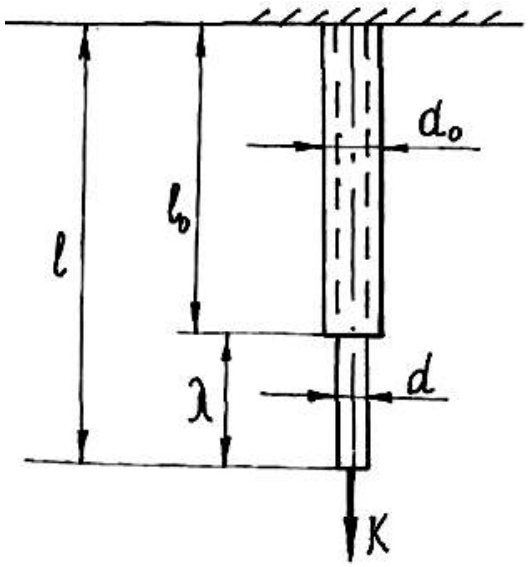


Рис. 1

На рис. 1 показана схема отрезка нити под нагрузкой К – натяжения нити; λ – продольная деформация нити. Очевидно, что увеличение длины нити вследствие приложенной нагрузки может быть определено по формуле:

$$\ell = \ell_0 + \lambda = \ell_0 + \frac{K\ell_0}{c'_н \cdot 10^5} [м], \qquad (2)$$

где ℓ_0 – длина нити без нагрузки; ℓ – длина нити под нагрузкой; $c'_н = 0,2$ кг/см·м – коэффициент жесткости метрового отрезка нити.

При К=200 г:

$$\ell = 2 + \frac{200 \cdot 2}{0,2 \cdot 10^5} = 2,02 м.$$

Так как масса нити при деформации изменяться не будет, то

$$g = \frac{100\pi\ell_0 d_0^2}{4}\gamma_{НО} = \frac{100\pi\ell d^2}{4}\gamma_н, \quad (3)$$

где $\ell_О$ и ℓ – длина нити до и после деформации, м; $\gamma_{НО}$ – объемная плотность нити до деформации; $\gamma_н$ – объемная плотность нити после деформации; $d_О$ и d – условный диаметр нити до и после деформации, см.

Так как

$$c = \sqrt{\frac{4}{\pi\gamma_{НО}}}$$

и

$$c = \sqrt{\frac{4}{\pi\gamma_н}},$$

то

$$c_О^2 = \frac{4}{\pi\gamma_{НО}}[\frac{см^3}{г}], \quad c_О^2 = \frac{4}{\pi\gamma_н}[\frac{см^3}{г}],$$

а следовательно:

$$\frac{100\ell_O d_O^2}{c_O^2} = \frac{100\ell d^2}{c^2} \qquad (4)$$

с или

$$c^2 = \frac{d^2\ell c_O^2}{\ell_O d_O^2} = \frac{c_O^2 d^2 \ell_O\left(1+\frac{K}{C'_H\cdot 10^5}\right)}{\ell_O d_O^2},$$

$$c^2 = \frac{c_O^2 d^2}{d_O^2}\left(1+\frac{K}{c'_H\cdot 10^5}\right),$$

$$c = \frac{c_O d}{d_O}\sqrt{1+\frac{K}{c'_H\cdot 10^5}}. \qquad (5)$$

Учитывая коэффициент Пуассона:

$$\mu = \frac{\varepsilon_{поп}}{\varepsilon_{прод}}, \qquad (6)$$

где $\varepsilon_{поп} = \frac{d_O - d}{d_O}$ – относительная поперечная деформация нити при приложенной нагрузке; $\varepsilon_{прод} = \frac{\lambda}{\ell_O}\cdot 100\%$ – относительная продольная деформация нити при той же нагрузке. Или можно записать:

$$\varepsilon_{прод} = \frac{K\ell_O\cdot 100}{\ell'_H\cdot 10^5\ell_0} = \frac{K}{c'_H\cdot 10^3}\,(\%), \qquad (7)$$

$$\varepsilon_{поп} = \mu\varepsilon_{прод} = \frac{\mu K}{c'_H\cdot 10^3}\,(\%), \qquad (8)$$

так как

$$\varepsilon_{поп} = \frac{d_O - d}{d_O}\cdot 100\,\%, \quad \varepsilon_{поп} d_O = 100 d_O - 100 d$$

и

$$d = d_O - \frac{\varepsilon_{поп} d_O}{100}, \quad d = d_O\left(1-\frac{\varepsilon_{поп}}{100}\right)$$

или

$$d = d_O\left(1-\frac{\mu K}{c'_H\cdot 10^5}\right). \qquad (9)$$

А величина с будет равна:

$$c = \frac{c_O d_O\left(1-\frac{\mu K}{c'_H\cdot 10^5}\right)}{d_O}\sqrt{1+\frac{K}{c'_H\cdot 10^5}},$$

или

$$c = c_O\left(1-\frac{\mu K}{c'_H\cdot 10^5}\right)\sqrt{1+\frac{K}{c'_H\cdot 10^5}}. \qquad (10)$$

Для льняной пряжи $c_O = 1{,}13$; $c'_H = 0{,}545$ кг/см.

При нагрузке на нить К=220 г определим μ, если удельная плотность намотки $\gamma_1 = 0{,}81$ г/см^3, $\gamma_2 = 0{,}84$ г/см^3.

При γ_1=0,81 г/см^3 $c_1 = \frac{1}{\sqrt{\gamma}}$; $c_2 = \frac{1}{\sqrt{0{,}81}} = 1{,}11$;

при $\gamma_2 = 0{,}84$ г/см^3 $c_2 = \frac{1}{\sqrt{0{,}84}} = 1{,}09$

$$\mu = \left(1-\frac{c}{c_o\sqrt{1+\frac{K}{c'_H\cdot 10^5}}}\right)\frac{c'_H\cdot 10^5}{K} \quad \text{и} \quad \mu_1 = 5{,}0;$$

а $\mu_2 = 9{,}0$.

По полученным данным построим график зависимости величины с, характеризующей изменения в пряже от величины натяжения нити К.

Если K_0 =0, то $c=c_0$; а c_1=1,13; c_2=1,13;

При К=100 г:

$$c_1 = 1{,}13\left(-\frac{5\cdot 100}{0{,}545\cdot 10^5}\right)\sqrt{1+\frac{100}{0{,}545\cdot 10^5}} = 1{,}12.$$

Удельная плотность сомкнутой намотки: $\gamma_1 = \frac{1}{c_2}$ = 0,79 г/см^3

$$c_2 = 1{,}13\left(1-\frac{9\cdot 100}{0{,}545\cdot 10^5}\right)\sqrt{1+\frac{100}{0{,}545\cdot 10^5}} = 1{,}11$$

и $\gamma_2 = 0{,}81$ г/см^3.

Расчетные данные сведены в табл. 1.

Таблица 1

№ п/п	К, г	c_1	γ_1, г/см^3	c_2	γ_2, г/см^3
1	100	1,12	0,79	1,11	0,81
2	300	1,1	0,83	1,08	0,86
3	400	1,09	0,84	1,06	0,89
4	500	1,08	0,85	1,04	0,92
5	1000	1,04	0,93	0,95	1,1
6	1500	1,02	1,02	0,86	1,35
7	2000	0,94	1,13	0,77	1,68

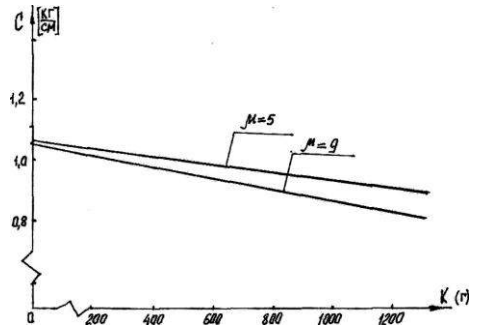


Рис. 2

На рис.2 построен график теоретической зависимости изменения величины С от напряжения нити К, для $\mu = 5$ и $\mu = 9$.

Из графика, показанного на рис.2, видно, что при увеличении натяжения нити величина с уменьшается, а удельная плотность намотки возрастает.

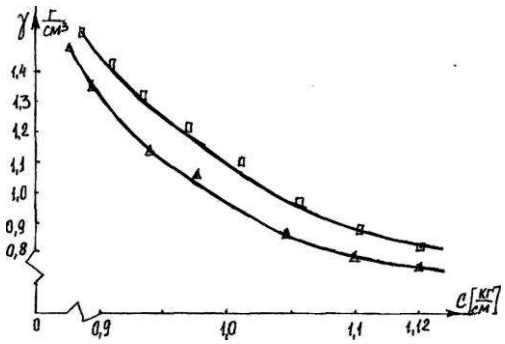


Рис. 3

На рис.3 показан график изменения удельной плотности намотки γ сомкнутой структуры, линейной плотности Т=220 текс, от величины с.

ВЫВОДЫ

1. Натяжение нити и степень присвоения намотки укатывающим роликом при формировании мотальных паковок сомкнутой структуры влияют на удельную плотность формируемых паковок. При увеличении натяжения нити величина с уменьшается, а удельная плотность намотки возрастает.

2. Величина натяжения нити при перематывании и степень прессования намотки должны выбираться умеренными, не нарушающими структуру пряжи.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Панин И.Н.* Совершенствование процесса формирования структуры и процесса сматывания паковок сомкнутой намотки: Дис….канд. техн. наук. – Л.: ЛИТЛП им. С.М.Кирова, 1983.

2. *Зайцев В.П., Панин И.Н., Минаев А.Г.* // Изв. вузов Технология текстильной промышленности. – 1984, №3.

Рекомендована кафедрой ткачества. Поступила 02.04.09.

УДК 677.37.027.423.1

ВЛИЯНИЕ КАТИОНОВ d- МЕТАЛЛОВ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ОКРАСКИ В РОСПИСИ НАТУРАЛЬНОГО ШЕЛКА

Н.Н. ПОЧЕХОВСКАЯ, А.Е. ТРЕТЬЯКОВА, В.В. САФОНОВ

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

Одним из наиболее ценных и привлекательных способов колорирования является батик – ручная роспись различными красителями, как правило, водорастворимыми, имеющими сродство к фиброину [1].

Прямые красители в шелковой промышленности широко применяют для крашения и росписи разнообразных тканей из натурального шелка. Простые в использовании, относительно дешевые, они позволяют получить богатую гамму расцветок. Прочность окрасок прямыми красителями на натуральном шелке определяется особенностями прямых красителей. Средние и темные расцветки не всегда имеют требуемые показатели прочности к мокрым обработкам. В этом случае необходимы дополнительные обработки для закрепления красителя на волокне. Также не все прямые красители обладают достаточной устойчивостью к действию света, в то время как светостойкость полученных окрасок является важным показателем качества настенных панно, получаемых методом ручной росписи.

Кислотные красители также широко используются для росписи натурального шелка. Они хорошо комбинируются в смесях, окраска ими – равномерная. Однако устойчивость окрасок обычными кислотными красителями к мокрым обработкам не всегда обеспечивает необходимые требования. Поэтому допускается применение данных красителей только при росписи изделий, не подвергающихся стирке, например, для настенных панно. Помимо настенных панно ручная роспись широко применяется для создания разнообразной одежды, которая может подвергаться многозначительным стиркам [2].

В связи с вышесказанным существует необходимость совершенствования оригинального метода художественно - колористического оформления шелковой ткани водорастворимыми красителями с целью улучшения потребительских свойств готовых изделий.

Из литературы известно, что катионы металлов оказывают существенное влияние в процессах отделки текстильных материалов, образуя различные по прочности и строению комплексы как с красителем, так и с волокном, изменяют электрохимические свойства волокна, структуру и жесткость воды [3]. Ионы металлов могут выполнять роль дополнительных активных центров сорбции на волокне. Известно, что взаимодействие металла с красителем в процессах крашения может привести к изменению колористических параметров, прочности окраски и прочности самого волокна.

Для повышения качества готовых изделий в работе предложено использование катионов переходных d-металлов в росписи натурального шелка водорастворимыми красителями: прямым синим светопрочным и кислотным фиолетовым антрахиноновым.

Характеристика ткани из натурального шелка приведена в табл. 1.

Таблица 1

Наименование ткани	Артикул	ГОСТ	Ширина, см
Креп-шифон	11001	20723–84	105

В качестве ионов металлов использовались соли d-металлов IV периода периодической таблицы Д.И. Менделеева.

Прямой краситель растворяли в горячей воде, вводили мочевину и соответствующие соли металлов. Ткань расписывали по методу холодного батика, после чего запаривали в среде насыщенного пара и по окончании промывали с последующей сушкой.

Кислотный краситель растворяли в горячей воде, вводили глауберову соль, мочевину, уксусную кислоту и соли металлов. Далее использовали те же операции, что и при росписи прямым красителем [4].

Измерения спектров отражения окрашенных образцов без добавок, затем с добавками катионов d-металлов проводили на спектрофотометре Orintex (Италия).

Результаты накрашиваемости оценивались относительно эталона, окрашенного в тех же условиях, без солей d-металлов. Концентрационные зависимости изменения накрашиваемости выстраивали при помощи трендовых кривых полиномиального характера второго порядка, представляющие собой среднеквадратичное отклонение от экспериментальных точек.

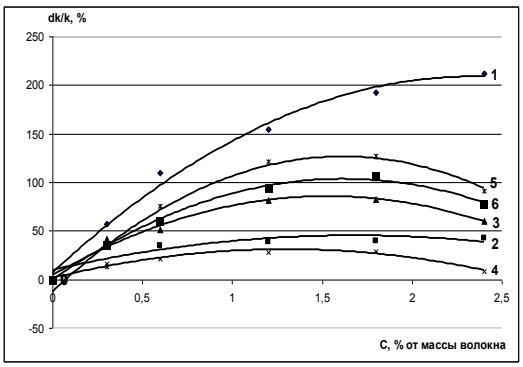


Рис. 1

На рис. 1 показано влияние катионов d-металлов на накрашиваемость натурального шелка прямым синим светопрочным: (1 – VO^{+2}; 2 – Mn^{+2}; 3 – Fe^{+2}; 4 – Co^{+2}; 5 – Ni^{+2}; 6 – Cu^{+2}). Из рисунка видно, что прослеживается тенденция к повышению накрашиваемости от 10 до 210%, при этом характер кривых практически идентичен – параболы с максимумом при концентрации добавок 1,2…1,8% от массы волокна. Предполагается, что, обладая достаточным количеством вакантных атомных орбиталей на валентном уровне и небольшим размером, катионы d-металлов способны проникать вглубь шелкового волокна и образовывать координационные связи с его активными центрами. Таким образом, волокно, приобретая дополнительные центры сорбции, в виде катионов металлов, способно сорбировать большее количество красителя. Кроме того, ранее проводимые эксперименты показали, что при взаимодействии ряда красителей с катионами металлов возможно образование комплексов более глубокого оттенка, чем исходный краситель. В области больших концентраций добавок (2,4 % от массы волокна) наблюдается небольшой спад накрашиваемости. Возможно, это связано с тем, что при больших концентрациях катионы d-металлов в большей степени реагируют с молекулой красителя, из-за чего ионы красителя ассоциируются в более крупные агрегаты, что может являться причиной снижения накрашиваемости.

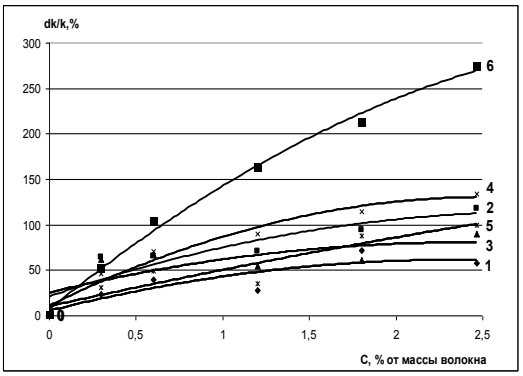


Рис. 2

При росписи кислотным фиолетовым антрахиноновым (рис. 2 – влияние катионов d- металлов на накрашиваемость натурального шелка кислотным фиолетовым антрахиноновым: 1 – VO^{+2}; 2 – Mn^{+2}; 3 – Fe^{+2}; 4 – Co^{+2}; 5 – Ni^{+2}; 6 – Cu^{+2}) введение катионов d-металлов также эффективно

практически во всех случаях и позволяет повысить накрашиваемость в пределах 55…270 %.

Для оценки полученных результатов экспериментальных данных авторами работы проведены испытания устойчивости полученных окрасок к свету и погоде, мокрым обработкам, к сухому трению.

Испытания показали, что введение катионов d-металлов способствует увеличению устойчивости полученных окрасок к мокрым обработкам и сухому трению при росписи водорастворимыми красителями, в среднем на 1…2 балла. Вероятно, благодаря образовавшимся координационным связям между металлом, красителем и волокном молекулы красителя более прочно удерживаются на поверхности волокна, что может объяснять высокую прочность окраски к мокрым обработкам и трению.

Анализ испытаний устойчивости окрасок к свету и погоде позволяет сделать вывод о том, что в большинстве случаев наличие ионов металлов способствуют повышению устойчивости полученных окрасок в среднем на 2 балла. Предполагается, что катионы d-металлов способны увеличить устойчивость полученных окрасок к свету за счет уменьшения подвижности атомов водорода в молекуле красителя, а также за счет образования мостика краситель – металл – волокно, по которому часть световой энергии может отводиться с молекулы красителя.

В процессах крашения при росписи натурального шелка происходит изменение структуры шелковой ткани, как правило, сопровождающейся частичной деструкцией, что связанно с некоторой агрессивностью среды (pH, температура) [5]. По этой причине авторами работы было изучено влияние катионов d-металлов на прочность шелковой ткани.

С точки зрения экспрессности и удобства оформления взят метод, позволяющий оценить степень разрушения белковых волокон.

Образцы обрабатывали 0,1н раствором NaOH в течение часа при температуре 65ºС, затем проводили анализ потери массы шелкового волокна [6].

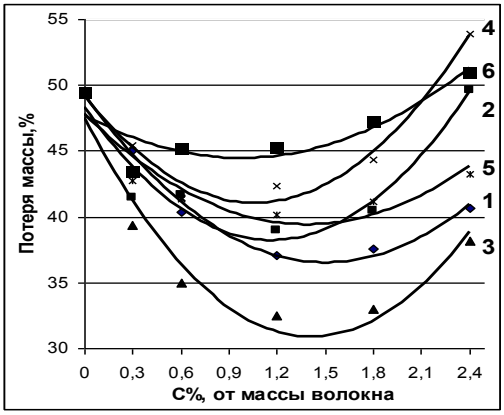


Рис. 3

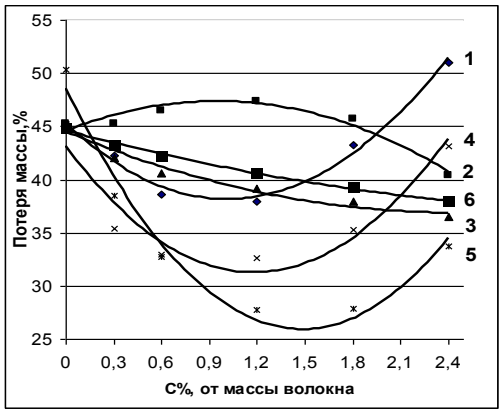


Рис. 4

На рис. 3 (влияние катионов d- металлов на прочностные параметры фиброина при росписи прямым синим светопрочным: 1 – VO^{+2}; 2 – Mn^{+2}; 3 – Fe^{+2}; 4 – Co^{+2}; 5 – Ni^{+2}; 6 – Cu^{+2}) и рис. 4 **(**влияние катионов d-металлов на прочностные параметры фиброина при росписи кислотным фиолетовым антрахиноновым: 1 – VO^{+2}; 2 – Mn^{+2}; 3 – Fe^{+2}; 4 – Co^{+2}; 5 – Ni^{+2}; 6 – Cu^{+2}**)** показано влияние катионов d - металлов на прочность шелковой ткани при росписи прямым синим светопрочным и кислотным фиолетовым антрахиноновым, соответственно.

Потеря массы эталонов-образцов, расписанных без добавления солей металлов, составила: прямым синим светопрочным – 49,43%; кислотным фиолетовым антрахиноновым – 45,29%. Из рисунков видно, что введение практически всех используемых

катионов d- металлов может способствовать упрочнению шелковой ткани. На основании этого можно предположить, что катионы d-металлов могут образовывать комплексы не только между красителем и волокном, но и между соседними макромолекулами фиброина, благодаря чему происходит упрочнение всей структуры шелковой ткани. Наилучших результатов упрочнения шелковой ткани удается достичь в области средних концентраций катионов d-металлов (1,2…1,8 % от массы волокна). Вероятно, именно в области этих концентраций катионы d-металлов наилучшим образом способны "сшивать" соседние макромолекулы полимера. Возможно, что в области больших концентраций в реакции комплексообразования в большей степени участвуют молекулы красителя.

Следует отметить, что во всех случаях при введении ионов металлов потери массы волокна не превышают значения степени деструкции исходного неокрашенного образца, которая составляет 55,67.

ВЫВОДЫ

1. Можно предположить, что введение ионов d-металлов в красильные растворы, используемые для росписи натурального шелка, позволяют повысить накрашиваемость и устойчивость полученных окрасок к мокрым обработкам, сухому трению, свету и погоде. Согласно ранним исследованиям ненасыщенная внешняя электронная оболочка d-металлов способствует повышению комплексообразующих свойств, то есть появляется возможность образования так называемых комплексов – "сэндвичей" (краситель – метал – волокно). Такое взаимодействие, как правило, сопровождается изменением интенсивности цвета, и, как показали исследования, в большинстве случаев происходит углубление окраски.

2. Способность металлов взаимодействовать с волокном, с образованием дополнительных активных центров сорбции, предполагает участие металлов в “сшивке” соседних макромолекул. Аминокислоты фиброина содержат функциональные группы – OH, – COOH, - NH2, с которыми, возможно, ионы металлов образуют связи (координационные, донорно-акцепторные и др.) в виде мостиков, благодаря чему происходит упрочнение фиброина шелка.

3. Использование катионов d - металлов в росписи натурального шелка водорастворимыми красителями повышает накрашиваемость в 2…3 раза, что позволяет сократить расход красителей и вспомогательных веществ, необходимых для приготовления красильных растворов, что может привести к уменьшению себестоимости и повышению качества готовых изделий.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Дворкина И.И.* Батик горячий, холодный, узелковый. – М.: Радуга, 2000.
2. *Аврунина А.И., Зонова Е.А., Тюленев Н.В.* Технология отделки шелковых тканей. – М.: Легкая индустрия, 1972.
3. *Ахметов Н.С.* Общая и неорганическая химия. – М.: Высшая школа, 2001.
4. *Танус О.В.* Технология росписи тканей. – М., 1984.
5. *Кричевский Г.Е., Сенахов А.В., Корчагин М.В.* Химическая технология текстильных материалов. – М.: Легпромбытиздат, 1985.
6. *Булушева Н.Е.* Базовый лабораторный практикум по химической технологии волокнистых материалов: Учеб. для вузов.– М.: РИО МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2000.

Рекомендована кафедрой химической технологии волокнистых материалов. Поступила 24.04.09.

УДК 677.11: 677.027.5

СОВРЕМЕННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ КОМПЛЕКСНОЙ ОТДЕЛКИ МЕБЕЛЬНЫХ ТКАНЕЙ

А.Н.БЛИНОВ, Н.В.ДАЩЕНКО, Т.В.КОВАЛЕВА, А.М.КИСЕЛЕВ

(Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна)

В последние годы сформировалась устойчивая тенденция повышения спроса и увеличения выпуска мебельных изделий. В период 2003-2006 гг. это увеличение составило в среднем 15…25% в год [1]. Подобная ситуация обусловливает необходимость совершенствования технологий нанесения рисунков и придания специальных свойств обивочным тканям, предназначенным для оформления мебельных гарнитуров в интерьерах бытовых и общественных помещений.

В статье представлены результаты исследований, направленных на улучшение колористических и прочностных показателей термопереводных печатных рисунков и одновременное придание комплекса улучшенных потребительских качеств мебельным тканям с полиэфирным ворсом. Решение поставленной задачи достигается за счет предварительной обработки ткани отделочными препаратами с последующим проведением процесса сублимационной печати. В ходе данного процесса одновременно обеспечивается фиксация молекул дисперсных красителей на полиэфирном материале и формирование на его поверхности пленки отделочного препарата, придающей ткани ряд специальных свойств с учетом ее назначения.

При проведении эксперимента ткань обрабатывалась в плюсовке (отжим 85%) различными препаратами и высушивалась при температуре 90…95° С в потоке сухого горячего воздуха. Характеристика отделочных препаратов для предварительной обработки мебельной ткани представлена в табл. 1

Таблица 1

Наименование препарата	Отделочный эффект	Состав препарата	Концентрация в плюсовке, г/л
Рукогард AFC	Водогрязеотталкивание	Полимерная дисперсия на основе перфторированных полиакриловых	30
Тубикоут HP-27	Водомаслоотталкивание	Фторуглеродная смола	35
Танастат 6040	Антистатический эффект	Алкилфосфат калия	25
Микроцелл IDRO	Комплексный эффект	Гидрофильная силиконовая наноэмульсия	20
Рукостар Е	То же	Препарат с наноразмерными частицами	15

Примечание. Концентрации препаратов даны по рекомендациям фирм-изготовителей.

После предварительного плюсования и сушки образцы мебельной ткани печатали на лабораторном термопрессе с использованием специальной бумаги с рисунком при температуре 210° С в течение 20 с (для сравнения печатались образцы, не прошедшие предварительную обработку).

У полученных образцов определялись показатели устойчивости окраски к сухому и мокрому трению, водоупорности, маслоотталкивания, устойчивости к загрязнению и антистатический эффект.

Результаты эксперимента сведены в табл. 2 (качество окрасок и свойства мебельной ткани после процесса термопереводной печати).

Таблица 2

Отделочный	Показатели качества мебельной ткани						
	ГКМ	СТ	МТ	ВУ	МО	УЗ	АС
Рукогард AFC	2,63	4-5	3-4	325	80	0,85	$8,7 \cdot 10^{13}$
Тубикоут HP-27	2,84	4	3-4	335	110	0,88	$5,3 \cdot 10^{13}$
Танастат 6040	2,76	4-5	4	310	70	0,78	$1,6 \cdot 10^{12}$
Микроцелл IDRO	3,05	5	4	320	90	0,86	$4,8 \cdot 10^{13}$
Рукостар Е	3,15	5	4-5	325	100	0,90	$9,8 \cdot 10^{12}$
Без предварительной обработки	2,66	4	3	240	50	0,45	$5,2 \cdot 10^{14}$

Примечание. ГКМ – интенсивность цвета: функция Гуревича-Кубелки-Мунка: СТ и МТ – устойчивость окраски к сухому и мокрому трению, балл (ГОСТ 9733.027–83); ВУ – водоупорность, метод Шоппера, мм.вод.ст.; МО – маслоотталкивание, метод 3М; УЗ – устойчивость к загрязнению, отн.ед.; АС– антистатический эффект, удельное электрическое сопротивление, Ом [2].

Анализ полученных результатов показывает, что максимальный эффект отделки полиэфирной мебельной ткани по каждому из выбранных показателей достигается при использовании конкретного препарата, предназначенного для данного вида отделки. Так, например, максимальная водо- и маслостойкость выявлена при применении препарата тубикоут HP-27 (фторуглеродная смола), а наибольший антистатический эффект – для препарата танастат 6040 (алкилфосфат калия). В то же время, если оценивать комплексный отделочный эффект с учетом всех показателей, то очевидно, что он наиболее сильно проявляется при использовании препаратов с наноразмерными частицами (микроцелл IDRO и рукостар Е). При этом их концентрация в плюсовочной ванне минимальна (10…15 г/л), а уровень отделочных эффектов достаточно высокий и ровный. Важно отметить, что применение нанопрепаратов (особенно рукостар Е) имеет универсальный характер и наряду с сообщением улучшенных потребительских свойств позволяет повысить яркость и прочность окрасок термопереводных печатных рисунков на полиэфирной ткани. Специфическое и высокоэффективное действие данных препаратов обусловлено их способностью к образованию "наноусов" и "наносфер" ультрамалых размеров (30…50 нм) за счет физико-химической модификации структуры традиционных полимеров. При этом наноразмерные системы сохраняют реакционные группы, и при обработке полиэфирного материала проявляется эффект гидрофилизации поверхности субстрата, что способствует интенсификации его накрашиваемости с повышением интенсивности и прочности окрасок [3].

Таким образом, применение рекомендуемых препаратов по схеме "плюсование–термопереводная печать" позволяет улучшить качество узорчатой расцветки и потребительские свойства обивочных мебельных тканей с полиэфирным ворсом.

ВЫВОДЫ

1. С целью повышения качества узорчатой расцветки и улучшения потребительских свойств мебельных обивочных тканей с полиэфирным ворсом предложена их предварительная обработка отделочными препаратами перед процессом термопереводной печати.

2. Экспериментально установлено, что лучшие результаты по интенсивности и прочности окрасок, способности к водо маслогрязеотталкиванию и снижению электростатического заряда достигаются при предварительном плюсовании мебельной ткани наноразмерными препаратами в концентрации 15…20 г/л, что обусловлено модификацией структуры и специфической ориентацией макромолекул полимера, а также гидрофилизацией поверхности полиэфирного субстрата.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. *Фомченкова Л.Н.* // Текстильная промышленность. – 2006, № 11. С.28…32.

2. Лабораторный практикум по ХТВМ / Под научн. ред. проф. Г.Е.Кричевского. – М., 1994.

3. *Телегин Ф.Ю.* Нанотехнологии в крашении и отделке текстиля // Мат. междунар. научн.-техн. конф.: Нанотехнологии в индустрии текстиля. – М., 2006. С.25…27.

Рекомендована кафедрой химической технологии и дизайна текстиля. Поступила 01.04.09.

УДК 677.021.164

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВИДА ВОЗДУШНОГО ТЕЧЕНИЯ, ОБРАЗУЮЩЕГОСЯ НА КОЛОСНИКОВОЙ РЕШЕТКЕ

С.Ю. КАПУСТИН, В.Д. ФРОЛОВ, Ф.Р. КАХРАМАНОВ

(Ивановская государственная текстильная академия)

При исследовании воздушных потоков на лентоформирующей машине в составе поточной линии ПЛ-1-КЛ [1] было установлено, что в зоне 4, в отличие от зоны 3 (рис.1), образование воздушных потоков происходит с меньшей интенсивностью . На рис. 1 приняты следующие обозначения: 1 – главный барабан лентоформирующей машины, 2 – колосниковая решетка, установленная под лентоформирующей машиной, 4 – рассматриваемая зона .

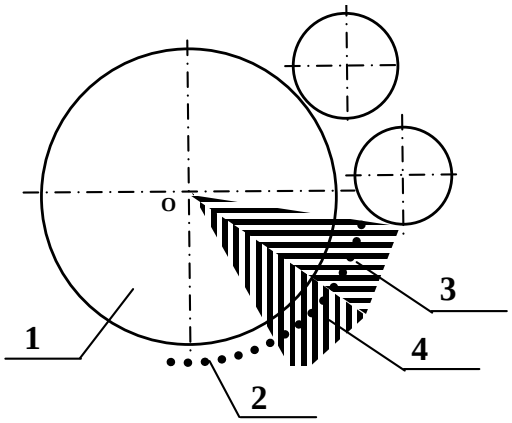


Рис. 1

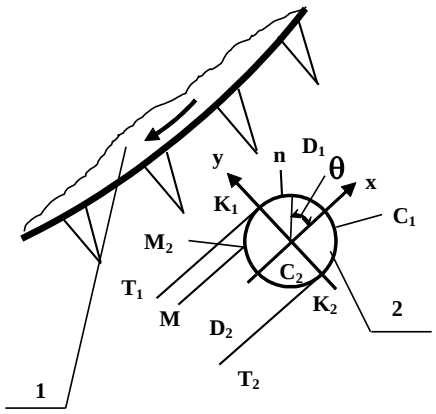


Рис. 2

Рассмотрим элемент колосниковой решетки (рис. 2), где прямые T_1K_1 и T_2K_2 делят контур C на две части: переднюю C_1 и заднюю C_2 .Точки C_1 и C_2 соприкасаются с контуром C в точках K_1 и K_2. Область между T_1K_1 и T_2K_2 обозначим через D_2, остальную область течения обозначим через D_1. На основании проведенных исследований делаем следующие допущения: вихри во всей области D_1 будут отсутствовать, в области же D_2 будет происходить вихреобразование. При этом используем преобразованное уравнение движения вязкой жидкости в форме Ламба [2]:

$$\mu\Delta v + \rho U\frac{\partial \upsilon}{\partial x} - \mathrm{grad}q = 0; \quad \mathrm{div}\upsilon = 0, \qquad (1)$$

причем $q = \rho + \frac{\rho\upsilon^2}{2}$. Выражение (1) при $\mu \to 0$ приобретет следующий вид:

$$\rho U\frac{\partial v}{\partial x} - \mathrm{grad}q = 0,$$

и даст соотношения:

$$\frac{\partial q}{\partial x} = \rho U\frac{\partial \upsilon_x}{\partial x} = -\rho U\frac{\partial \upsilon_y}{\partial x}, \quad \frac{\partial q}{\partial y} = \rho U\frac{\partial \upsilon_y}{\partial x}. \qquad (2)$$

При этом $\frac{q}{\rho U} - i\upsilon_y = f(z)$, где $z = x + iy$. Вводя обозначение

$$w(z) = \int f(z)dz = \varphi(x,y) + i\psi(x,y),$$

будем иметь $f(z) = \frac{\partial\varphi}{\partial x} - i\frac{\partial\varphi}{\partial y}$, то есть во всей области исследуемого течения имеем соотношения:

$$q = \rho U\frac{\partial\varphi}{\partial x}, \quad \upsilon_y = \frac{\partial\varphi}{\partial y}, \qquad (3)$$

причем функция $\varphi(x,y)$ есть решение уравнения Лапласа

$$\Delta\varphi = \frac{\partial^2\varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2\varphi}{\partial y^2} = 0.$$

Принимаем в области D_1

$$\upsilon_x = \frac{\partial\varphi}{\partial x}, \qquad (4)$$

В области D_2, из выражения имеем (2):

$$\upsilon_x = \frac{q}{\rho U} + \alpha(y),$$

то есть:

$$\upsilon_x = \frac{\partial\varphi}{\partial x} + \alpha(y),$$

где

$$\alpha(y) = U - \left(\frac{\partial\varphi}{\partial y}\right)_{M_2}.$$

Здесь $\left(\frac{\partial\varphi}{\partial y}\right)_{M_2}$ – значение функции $\frac{\partial\varphi}{\partial x}$ в точке M_2 контура C_2.

Пользуясь формулами (3) и (4) и принимая во внимание

$$\upsilon_{n0} = (\upsilon_x - U)\cos(n,x) + \upsilon_y\cos(n,y), \quad (5)$$

где υ_{n0} есть нормальная составляющая скорости относительно воздушного движения, найдем:

$$\upsilon_x\cos(n,x) + \upsilon_y\cos(n,y) = \frac{\partial\varphi}{\partial x}\cos(n,x) + \frac{\partial\varphi}{\partial y}\cos(n,y) = \frac{\partial\varphi}{\partial n}. \qquad (6)$$

Следовательно, граничное условие на C_1:

$$\frac{\partial\varphi}{\partial n} = U\cos(n,x).$$

Под n понимается направление внешней нормали к контуру C. Следовательно, граничное условие будет следующим

$$\upsilon_x = U, \quad \upsilon_y = 0 \text{ на } C_1. \qquad (7)$$

После перехода $\mu \to 0$ получим следующее граничное условие

$$\upsilon_x\cos(n,x) + \upsilon_y\cos(n,y) = \frac{\partial\varphi}{\partial x}\cos(n,x) + \frac{\partial\varphi}{\partial y}\cos(n,y) = \frac{\partial\varphi}{\partial n} \quad \text{на} \quad C_1. \qquad (8)$$

Граничные условия на контуре C_2:

$$\upsilon_x = U, \quad \upsilon_y = 0. \qquad (9)$$

В области D_2 имеем следующие соотношения:

$$\upsilon_x = \frac{\partial\varphi}{\partial x} + \alpha(y), \quad \upsilon_y = \frac{\partial\varphi}{\partial y}, \qquad (10)$$

Условия (9) создают возможность для определения φ

$$\frac{\partial\varphi}{\partial y} = 0 \quad \text{на} \quad C_2, \qquad (11)$$

Определяем функцию φ по следующим условиям

$$\frac{\partial\varphi}{\partial n}=U\cos(n,x) \quad \text{на} \quad C_1, \quad \frac{\partial\varphi}{\partial y}=0 \quad \text{на} \quad C_2, \quad \frac{\partial\varphi}{\partial x}\to 0, \quad \frac{\partial\varphi}{\partial y}\to 0 \text{ при } \sqrt{x^2+y^2}\to\infty.$$

Положим

$$\varphi = Ux+\varphi_1. \qquad (12)$$

Вводим комплексную функцию $w_1=\varphi_1+i\psi_1$. Для функции φ_1 принимаем следующие граничные условия:

$$\left.\begin{aligned} &\frac{\partial\varphi}{\partial n}=0 \quad \text{на} \quad C_1, \quad \frac{\partial\varphi_1}{\partial y}=0 \quad \text{на} \quad C_2,\\ &\frac{\partial\varphi_1}{\partial x}\to -U, \quad \frac{\partial\varphi_1}{\partial y}\to 0 \quad \text{при} \quad \sqrt{x^2+y^2}\to\infty. \end{aligned}\right\} \qquad (13)$$

Через V обозначим абсолютную величину скорости, возникающую при взаимодействии воздушного потока с элементом колосниковой решетки, а через θ – угол, составляемый этой скоростью с осью Ox.

Положим:

$$\frac{dw_1}{dz}=\frac{\partial\varphi_1}{\partial y}-i\frac{\partial\varphi_1}{\partial y}=e^{-i\omega(z)}.$$

Тогда получим следующее выражение:

$$\frac{\partial\varphi_1}{\partial x}=V\cos\theta, \quad \frac{\partial\varphi_1}{\partial y}=V\sin\theta. \qquad (14)$$

Следовательно, имеем:

$$\frac{dw_1}{dz}=V(\cos\theta-i\sin\theta)=Ve^{-i\theta}=e^{\ln V-i\theta},$$

при этом

$$\omega=\theta+i\ln V. \qquad (15)$$

Таким образом, граничные условия для функции θ следующие:

$$\left.\begin{aligned} &\theta_1=\pi \quad \text{для} \quad -\pi\le\theta\le-\frac{\pi}{2},\\ &\theta_1=\frac{3\pi}{2}+\theta \quad \text{для} \quad -\frac{\pi}{2}\le\theta<0,\\ &\theta_1=\frac{\pi}{2}+\theta \quad \text{для} \quad \pi<\theta\le\frac{\pi}{2},\\ &\theta_1=\pi \quad \text{для} \quad \frac{\pi}{2}\le\theta\le\pi. \end{aligned}\right\} \qquad (16)$$

Применим теперь формулу Шварца, определяющую аналитическую функцию $f(z)=u+i\upsilon$:

$$f(z)=-\frac{1}{2\pi}\int_{-\pi}^{\pi}u_1(\theta)\frac{ae^{i\theta}+z}{ae^{i\theta}-z}d\theta+i\alpha=\frac{1}{2\pi}\int_{-\pi}^{\pi}u_1(\theta)d\theta-\frac{a}{\pi}\int_{-\pi}^{\pi}\frac{u_1(\theta)e^{i\theta}d\theta}{ae^{i\theta}-z}+i\alpha. \qquad (17)$$

В этой формуле α есть произвольная постоянная.

Формула (17) применима для рассматриваемого случая, поскольку функция $u_1(\theta)$ в нескольких точках терпит разрыв: а именно: в этом случае граничное значение вещественной части функции $f(z)$ буде равно $u_1(\theta)$ во всякой точке контура единичного круга, в которой $u_1(\theta)$ непрерывна.

Следовательно:

$$\omega=\theta+i\ln V=-\frac{1}{2\pi}\int_{-\pi}^{\pi}\theta_1(\theta)\frac{ae^{i\theta}+z}{ae^{i\theta}-z}d\theta+i\alpha. \qquad (18)$$

Теперь формулы (16) и (18) позволяют написать:

$$\omega = -\frac{1}{2\pi}\int_{-\pi}^{\pi}\pi\frac{ae^{i\theta}+z}{ae^{i\theta}-z}d\theta - \frac{1}{2\pi}\int_{-\frac{\pi}{2}}^{0}\left(\frac{\pi}{2}+\theta\right)\frac{ae^{i\theta}+z}{ae^{i\theta}-z}d\theta + \frac{1}{2\pi}\int_{0}^{\frac{\pi}{2}}\left(\frac{\pi}{2}-\theta\right)\frac{ae^{i\theta}+z}{ae^{i\theta}-z}d\theta + i\ln U,$$

но:

$$\int_{-\pi}^{\pi}\frac{ae^{i\theta}+z}{ae^{i\theta}-z}d\theta = -2\pi, \text{ если } |z| > a,$$

$$\int_{-\frac{\pi}{2}}^{\theta}\frac{ae^{i\theta}+z}{ae^{i\theta}-z}d\theta = \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\theta}\left[-1+\frac{2ae^{i\theta}}{ae^{i\theta}-z}\right]d\theta = \left[-\theta+\frac{2}{i}\ln(ae^{i\theta}-z)\right]_{\theta=-\frac{\pi}{2}}^{0} =$$

$$= -\frac{\pi}{2}+\frac{2}{i}\ln\frac{z-a}{z+ai}. \qquad (19)$$

Поэтому получаем следующее выражение для функции $\omega(z)$:

$$\omega(z) = \theta + i\ln V = \pi + i\ln V + \frac{1}{2i}\ln\frac{z^2+a^2}{(z-a)^2} - \frac{1}{2\pi}\int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}}\frac{ae^{i\theta}+z}{ae^{i\theta}-z}d\theta. \qquad (20)$$

Следовательно, при $|z| > 1$ имеем следующее разложение:

$$\frac{ae^{i\theta}+z}{ae^{i\theta}-z} = -1+\frac{2ae^{i\theta}}{-z\left(1-\frac{a}{z}ae^{i\theta}\right)} = -1-2\sum_{n=1}^{\infty}\frac{a^n}{z^n}e^{in\theta}.$$

И далее

$$\ln\frac{z^2+a^2}{(z-a)^2} = \ln\left(1+\frac{a^2}{z^2}\right) - 2\ln\left(1-\frac{a}{z}\right) = \sum_{n=1}^{\infty}\frac{2}{n}\left(1-\cos\frac{n\pi}{2}\right)\frac{a^n}{z^n};$$

Значит при $|z| > 1$:

$$\omega(z) = \pi + i\ln U - i\sum_{n=1}^{\infty}\left(\frac{1}{n}-\frac{2}{\pi n^2}\sin\frac{n\pi}{2}\right)\frac{a^n}{z^n} =$$

$$= \pi + i\ln U - i\left(1-\frac{2}{\pi}\right)\frac{a}{z} - \frac{ia^2}{2z^2} - \ldots \qquad (21)$$

Отсюда:

$$\frac{dw_1}{dz} = e^{-i\omega(z)} = -U\left\{1-\frac{\pi-2}{\pi}\frac{a}{z}-\ldots\right\}$$

и окончательно, обозначая через $w = \varphi + i\psi$ комплексный потенциал абсолютного движения в области D_1, будем иметь:

$$\frac{dw}{dz} = \frac{dw_1}{dz} + U = U\frac{\pi-2}{\pi}\frac{a}{z} + \ldots \qquad (22)$$

Теперь найдем распределение скорости V_1 вдоль элемента колосниковой решетки. Для этого нам необходимо найти мнимую часть функции $\omega(z)$ при $z = ae^{i\theta_0}$.

Тогда имеем:

$$\frac{ae^{i\theta}+ae^{i\theta_0}}{ae^{i\theta}-ae^{i\theta_0}}=\frac{e^{i\frac{\theta-\theta_0}{2}}+e^{-i\frac{\theta-\theta_0}{2}}}{e^{i\frac{\theta-\theta_0}{2}}-e^{-i\frac{\theta-\theta_0}{2}}}=-i\,\mathrm{ctg}\frac{\theta-\theta_0}{2}. \quad (23)$$

Производя необходимые преобразования при помощи (19), (20), получаем следующую формулу:

$$V_1=Ue^{f\left(\frac{\pi}{4}-\frac{\theta_0}{2}\right)+f\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\theta_0}{2}\right)}\times\left|\sin\frac{\theta_0}{2}\right|\left|\sin\left(\frac{\theta_0}{2}-\frac{\pi}{4}\right)\right|^{\frac{\theta_0}{\pi}-\frac{1}{2}}\left|\sin\left(\frac{\theta_0}{2}+\frac{\pi}{4}\right)\right|^{-\frac{\theta_0}{\pi}-\frac{1}{2}}. \quad (24)$$

Далее, используя формулы (12), (14), (16), найдем следующие выражения для значений $\frac{\partial\varphi}{\partial x}$ и $\frac{\partial\varphi}{\partial y}$ на контуре элемента колосниковой решетки:

$$\left.\begin{aligned}
&\frac{\partial\varphi}{\partial x}=-V_1+U,\quad \frac{\partial\varphi}{\partial y}=0 \quad \text{для} \quad -\pi\le\theta\le-\frac{\pi}{2},\ \text{и}\ \frac{\pi}{2}\le\theta\le\pi,\\
&\frac{\partial\varphi}{\partial x}=V_1\sin\theta+U,\quad \frac{\partial\varphi}{\partial y}=-V_1\cos\theta \quad \text{для} \quad -\frac{\pi}{2}\le\theta\le 0,\\
&\frac{\partial\varphi}{\partial x}=-V_1\sin\theta+U,\quad \frac{\partial\varphi}{\partial y}=V_1\cos\theta \quad \text{для} \quad 0\le\theta\le\frac{\pi}{2}.
\end{aligned}\right\} \quad (25)$$

На основании (12), (14), (25) будем иметь следующие формулы:

$$\left.\begin{aligned}
&\upsilon_x=V\cos\theta+U,\quad \upsilon_y=V\sin\theta \quad \text{в} \quad D_2,\\
&\upsilon_x=V\cos\theta+U+V_1,\quad \upsilon_y=V\sin\theta \quad \text{в} \quad D_1.
\end{aligned}\right\} \quad (26)$$

При переходе из области D_1 в область D_2 составляющая скорости υ_x терпит разрыв, величина которого равна:

$$\left(V_1\right)_{\theta=\frac{\pi}{2}}=U\sqrt{2}. \quad (27)$$

Это означает, что вдоль прямых линий T_1K_1 и T_2K_2, отделяющих область D_1 от D_2, имеются вихревые слои.

ВЫВОДЫ

Полученная методика дает возможность управлять поведением волокна с учетом характера воздушного потока, возникающего около колосниковой решетки, и на основе этого проектировать новые устройства для очистки волокна

ЛИТЕРАТУРА

1. *Капустин С.Ю.* Усовершенствование технологий в процессе очистки длинноволокнистых материалов на лентоформирующей машине в составе поточной линии ПЛ-I-КЛ: Дис….канд. техн. наук. – Иваново, 1992.

2. *Кочин И.Е., Кобель И.А., Розе Н.В.* Теоретическая гидромеханика. – Часть 1/ Под ред. И.А. Кобеля. – М.: Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1948.

Рекомендована кафедрой механической технологии текстильных материалов. Поступила 19.05.09.

УДК 677.051.178.2

НЕУСТАНОВИВШЕЕСЯ ДВИЖЕНИЕ ВОЛОКНИСТОЙ МАССЫ С ПЕРЕМЕННОЙ СКОРОСТЬЮ И ДАВЛЕНИЕМ

И.В. ФРОЛОВА, Е.Ю. ГРИГОРЬЕВА

(Ивановская государственная текстильная академия)

Вследствие неразрывности потока объем выделенного параллелепипеда будет заполнен движущейся массой волокна и воздушного потока. При этом поступающая и выходящая из параллелепипеда сжимаемая масса в бункерном питателе будет различна, что обусловлено непостоянством величин скорости ω и плотности ρ.

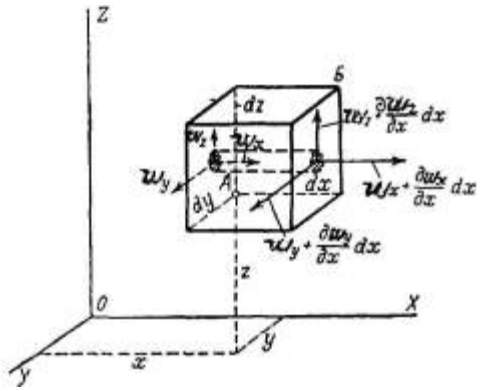


Рис. 1

Через плоскость А масса движется под действием скорости ω_x, параллельной оси OX (рис.1), которая, как и плотность ρ, постоянны в этом случае во всех точках плоскости А:

$$\omega_x = F_1 (x, y, z, \tau),$$
$$\rho = F_2 (x, y, z, \tau),$$

где τ – время; F_1, F_2 – материальные потоки.

Для плоскости Б эти величины будут равны:

$$\omega_x + \frac{\partial \omega_x}{\partial x}\, dx, \quad \rho + \frac{\partial \rho}{\partial x}\, dx.$$

Через площадку dydz за единицу времени уходит материальный поток, выраженный в единицах массы:

$$d\, Mx_1 = (\rho\, \omega x)\, dydz.$$

Масса материального потока dydz противоположной площадки:

$$d\, Mx_2 = \left[\rho\omega_x + \frac{\partial}{\partial x}(\rho\omega_x)\, dx\right] dydx.$$

Тогда приращение массы материального потока за единицу времени, вызванное непостоянством значений ω_x и ρ на противоположных площадках, следующее:

$$\Delta M_X = \frac{\partial}{\partial x}(\rho\omega_X)\, dxdydz.$$

Для материальных потоков масс перпендикулярных к осям OY и OZ, получим:

$$\Delta M_Y = \frac{\partial}{\partial y}(\rho\omega_y)\, dxdydz,$$

$$\Delta M_Z = \frac{\partial}{\partial z}(\rho\omega_z)\, dxdydz$$

Полное приращение массы материального потока в параллелепипеде равно:

$$\Delta M = \left[\frac{\partial}{\partial x}(\rho\omega_X) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho\omega_Y) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho\omega_Z)\right] dxdydz. \quad (1)$$

При неразрывности потока изменение массы в объеме dxdydz связано с изменением ρ в этом объеме, тогда:

$$\Delta M = -\frac{\partial \rho}{\partial \tau}\, dxdydz. \quad (2)$$

Приравняв выражения (1) и (2) для ΔM, находим:

$$\left[\frac{\partial}{\partial x}(\rho\omega_X)+\frac{\partial}{\partial y}(\rho\omega_Y)+\frac{\partial}{\partial z}(\rho\omega_Z)\right]dxdydz=-\frac{\partial\rho}{\partial\tau}dxdydz. \quad (3)$$

После преобразований уравнения (3) получим уравнение неразрывности или сплошности:

$$\frac{\partial\rho}{\partial\tau}+\frac{\partial}{\partial x}(\rho\omega_X)+\frac{\partial}{\partial y}(\rho\omega_Y)+\frac{\partial}{\partial z}(\rho\omega_Z)=0 \quad (4)$$

Для установившегося движения $\frac{\partial\rho}{\partial\tau}=0$:

$$\frac{\partial}{\partial x}(\rho\omega_X)+\frac{\partial}{\partial y}(\rho\omega_Y)+\frac{\partial}{\partial z}(\rho\omega_Z)=0$$

или

$$\operatorname{div}\left(\overrightarrow{\rho\omega}\right)=0.$$

Из уравнения (4) при условии $\frac{\partial\rho}{\partial\tau}=0$ находим для данного пространства, при установившемся движении материального потока, что он не изменяет своей массы при ее входе и выходе.

Уравнение движения основано на известном законе механики: сила равна массе, умноженной на ускорение, при этом в любой точке движущегося потока обусловливается равновесие сил: тяжести, давления (перепад давления) и трения.

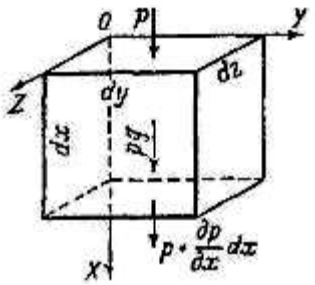


Рис. 2

Выделим в материальном потоке элементарный параллелепипед объемом dV с ребрами dx, dy, dz и найдем проекции на ось OX (рис. 2) сил: тяжести, давления и трения, действующих на этот элементарный объем.

Для силы тяжести, приложенной в центре тяжести элемента dV, находим:

$$q_x\,P\,dV = q_x\,P\,dx\,dy\,dz, \quad (5)$$

где q_x – проекция ускорения силы тяжести (м/с^2) на OX.

Сила давления (при удельном давлении материального потока β, кг/м^2) на верхнюю плоскость элемента составит Pdydz, а на нижнюю действует сила:

$$-\left(P+\frac{\partial P}{\partial x}dx\right)dydz,$$

где $\frac{\partial P}{\partial x}dx$ – гидростатическое давление (измененное в направлении оси OX, по всей длине ребра dx). Эта сила действует против направления движения материального потока.

Проекция рассмотренных равнодействующих сил давления:

$$P\,dydz-\left(P+\frac{\partial P}{\partial x}\right)dydz-\frac{\partial P}{\partial x}dxdydz. \quad (6)$$

В сечении *y* имеем силу трения, равную $-S\,dxdz$ и направленную против движения, так как скорость движения материального потока меньше, чем в самом элементе (рис.3).

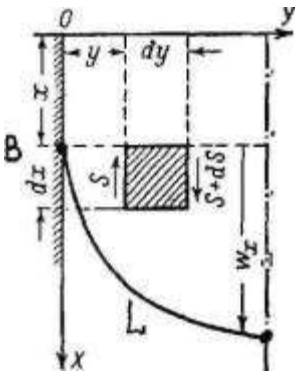


Рис. 3

В сечении y + dy сила трения равна $\left(S+\frac{\partial S}{dy}dy\right)dxdz$ и направлена в сторону движения в связи с тем, что в данном случае скорость движения материального потока больше, чем в самом элементе, тогда проекция сил трения равна:

$$\left(S+\frac{\partial S}{\partial y}dy\right)dxdz - S\,dxdz = \frac{dS}{dy}dxdydz, \quad (7)$$

где S – сила трения на единицу поверхности.

Согласно закону Ньютона $S=\mu\frac{d\omega_X}{dy}$, где μ – вязкость среды. Подставляя значение S в уравнение (7), имеем:

$$\frac{dS}{dy}dV = \mu\frac{d^2\omega^2}{dy^2}dV.$$

Когда скорость ω_x изменяется во всех трех направлениях, проекция сил трения на ось OX равна:

$$\mu\left(\frac{\partial^2\omega_X}{\partial x^2}+\frac{\partial^2\omega_X}{\partial y^2}+\frac{\partial^2\omega_X}{\partial z^2}\right)dV = \mu\,\nabla^2\omega_X dV, \quad (8)$$

где символ $\nabla^2\omega_X$ – оператор Лапласа обозначает сумму вторых частных производных от проекции скорости на ось OX и выражает следующую операцию:

$$\nabla^2 = \Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2}+\frac{\partial^2}{\partial y^2}+\frac{\partial^2}{\partial z^2}.$$

Складывая проекции (5), (6) и (8), получим проекцию на ось OX равнодействующей всех сил, приложенных к объему dV:

$$\left[\rho\,q_X - \frac{\partial P}{\partial x}+\mu\left(\frac{\partial^2\omega_X}{\partial x^2}+\frac{\partial^2\omega_X}{\partial y^2}+\frac{\partial^2\omega_X}{\partial z^2}\right)\right]dV, \quad (9)$$

которая равна произведению массы элемента dV на ускорение $\frac{D\omega_X}{d\tau}$:

$$\rho\frac{D\omega_X}{d\tau}dV = \rho\left[\frac{\partial\omega_X}{\partial\tau}+\omega_X\frac{\partial\omega_X}{\partial x}+\omega_Y\frac{\partial\omega_X}{\partial y}+\omega_Z\frac{\partial\omega_X}{\partial z}\right]dV, \quad (10)$$

где $\frac{D\omega_X}{d\tau}$ – символ полной производной ω_X по τ, когда изменение скорости ω_X в данной точке определяется локальной производной ω_X по τ:

$$\frac{\partial\omega_X}{\partial\tau} = \lim_{\Delta\tau\to 0}\frac{\omega_X(M,\tau+\Delta\tau)-\omega_X(M,\tau)}{\Delta\tau},$$

где M – постоянная геометрическая точка в пространстве

Согласно формулам (9) и (10) получим:

$$\rho\frac{d\omega_X}{\partial\tau}+\rho\left(\omega_X\frac{\partial\omega_X}{\partial x}+\varpi_Y\frac{\varpi_X}{\partial y}+\omega_Z\frac{\omega_X}{\partial z}\right) = \rho\,q_X - \frac{\partial\rho}{\partial x}+\mu\left(\frac{\partial^2\omega_X}{\partial x^2}+\frac{\partial^2\omega_X}{\partial y^2}+\frac{\partial^2\omega_X}{\partial z^2}\right). \quad (11)$$

Для равнодействующих проекций сил на оси OY и OZ имеем:

$$\rho\frac{\partial\omega_Y}{\partial\tau}+\rho\left(\omega_X\frac{\partial\omega_Y}{\partial x}+\omega_Y\frac{\partial\omega_Y}{\partial y}+\omega_Z\frac{\partial\omega_Y}{\partial z}\right)=\rho q_Y=\frac{\partial\rho}{\partial_Y}+\mu\left(\frac{\partial^2\omega_Y}{\partial x^2}+\frac{\partial\omega_Y}{\partial y^2}+\frac{d^2\omega_Y}{\partial z^2}\right), \quad (12)$$

$$\rho\frac{\partial\omega\tau}{\partial\tau}+\rho\left(\omega_X\frac{\partial\omega_Z}{\partial x}+\omega_Y\frac{\partial\omega_Z}{\partial y}+\omega_Z\frac{\partial\omega_Z}{\partial z}\right)=\rho q_Z-\frac{\partial\rho}{\partial z}+\mu\left(\frac{\partial^2\omega_Z}{\partial x^2}+\frac{\partial^2\omega_Z}{\partial y^2}+\frac{\partial^2\omega_Z}{\partial z^2}\right). \quad (13)$$

Уравнения движения (11), (12) и (13) составляют систему дифференциальных уравнений Навье-Стокса, что справедливо для ламинарного и турбулентного движения. Тогда при постоянном μ уравнения (11), (12) и (13) можно представить одним векторным уравнением:

$$\rho\frac{\overrightarrow{\partial\omega}}{\partial\tau}+\rho\left(\vec{\omega},\mathrm{grad}\right)\vec{\omega}-\overrightarrow{q\rho}-\mathrm{grad}\rho+\mu\nabla^2\vec{\omega},$$

или

$$\frac{\overrightarrow{\partial\omega}}{\partial\tau}+\left(\vec{\varpi},\mathrm{grad}\right)\vec{\omega}=\vec{q}-\frac{1}{\rho}\mathrm{grad}\rho+\upsilon\nabla^2\vec{\omega}, \quad (14)$$

где $\upsilon=\frac{\mu}{\rho}$ – коэффициент кинематической вязкости (м^2/с).

Для упрощения уравнения (14) применим основную теорему, связанную с понятием дивергенция – теорема Остроградского.

Пусть область V пространства является полем некоторого вектора $\vec{A}$. Обозначим через S поверхность, ограничивающую этот объем, и устанавливаем связь между тройным интегралом, взятым по объему, и интегралом взятым по поверхности S:

$$\iiint\limits_V \mathrm{div}\,\vec{A}\,dV=\iint\limits_S A_n dS. \quad (15)$$

Рассмотрим в векторном поле кривую L, когда линейным интегралом вектора $\vec{A}$ вдоль кривой L (рис.3) называется криволинейный интеграл, взятый по кривой L:

$$\int\limits_L\left(A_X dx+A_Y dy+A_Z dz\right), \quad (16)$$

Если кривая замкнутая, то линейный интеграл (16) называется – циркуляция вектора $\vec{A}$ по кривой L. Операцию "вихрь" определяем по каждому члену уравнения (14) для любого вектора $\vec{N}$:

$$\mathrm{rot}\,\vec{N}=\left(\frac{\partial N_Y}{\partial x}-\frac{\partial N_X}{\partial y}\right)\vec{R}+\left(\frac{\partial N_Z}{\partial y}-\frac{\partial N_Y}{\partial z}\right)\vec{i}+\left(\frac{\partial N_X}{\partial z}-\frac{\partial N_Z}{\partial x}\right)\vec{j},$$

где $\vec{i}$, $\vec{j}$ и $\vec{R}$ – единичные векторы, направленные по осям координатам x, y, z.

В уравнении (14) $\vec{q}$ – постоянный вектор, тогда $\mathrm{rot}\,\vec{q}=0$

$$\mathrm{grad}\,\rho=\frac{\partial P}{\partial x}\vec{i}+\frac{\partial P}{\partial y}\vec{j}+\frac{\partial P}{\partial z}\vec{R}. \quad (17)$$

Преобразуем $\mathrm{grad}\,\rho$ согласно операции "вихрь":

$$\mathrm{rot}\,\mathrm{grad}\,P=\left(\frac{\partial^2 P}{\partial y\partial x}-\frac{\partial^2 P}{\partial y\partial x}\right)\vec{R}.....=0,$$

откуда $\left(\vec{q}-\frac{1}{\rho}\mathrm{grad}\,P\right)$ – член в уравнении (14) исключается и уравнение имеет вид:

$$\mathrm{rot}\frac{\overrightarrow{\partial\omega}}{\partial\tau}+\mathrm{rot}\left(\vec{\omega},\mathrm{grad}\right)\vec{\omega}=\upsilon\,\mathrm{rot}\nabla^2\vec{\omega}. \quad (18)$$

Уравнение движения (18) представляется векторным уравнением, где единичные векторы направлены по всем осям координат, и характеризует векторное поле кривую L. При этом линейный интеграл (16) зависит не только от конечной и начальной точек интегрирования, но также и от кривой, по которой производится интегрирование. Интегралы (16), взятые по разным кривым, соединяющие данные фиксированные точки В и К (рис.3), – различны.

Однако если подынтегральное выражение в линейном интеграле (16) есть полный дифференциал dφ некоторой однозначной функции φ (x, y, z):

$$A_X dx + A_Y dy + A_Z dz = d\varphi, \qquad (19)$$

то интеграл (16) не зависит от вида кривой, а зависит только от начальной В и конечной К пути интегрирования.

Поэтому, зная эти точки, можно надежно выбрать автоматическое регулирование движения материального потока в бункерном питателе, улучшая качественные характеристики выходного продукта.

Дальнейшее развитие и эффект автоматического регулирования зависят от положения этого регулятора на неподвижной стенке бункерного питателя.

В этом случае интеграл (16) равен разности значений функции φ (x, y, z) в конечной точке К и начальной В точках:

$$\int_L \left(A_X dx + A_Y dy + A_Z dz\right) = \\ = \varphi\left(X_1, Y_1, Z_1\right) - \varphi\left(X_0, Y_0, Z_0\right).$$

ЛИТЕРАТУРА

1. *Шлихтинг Г.* Теория пограничного слоя. – Пер. с нем. Г.А. Вольперта / Под ред. В.С. Авдуевского и В.Я. Лихушина. – М.: Изд-во Иностр. литры, 1956.

Рекомендована кафедрой механической технологии текстильных материалов. Поступила 14.04.09.

УДК 677.025.1.075

О СТРУКТУРЕ ТРИКОТАЖА КИПЕРНЫХ И ФИЛЕЙНЫХ ПЕРЕПЛЕТЕНИЙ

Л.В.МОРОЗОВА, В.А. ЗИНОВЬЕВА

**(Российский государственный университет туризма и сервиса,
Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина)**

Из классической учебной литературы [1] мы знаем, что к классу рисунчатых относятся переплетения, образованные на базе главных или производных путем введения в них дополнительных элементов (набросков, протяжек, дополнительных нитей) или путем изменения процессов выработки, позволяющих получить трикотаж с новыми свойствами. Из известных видов рисунчатых переплетений на основовязальных машинах можно получить следующие переплетения: киперные, филейные, платированные, уточные, футерованные, плюшевые, прессовые и жаккардовые и неравномерные.

Рассмотрим особенности структуры трикотажа киперных и филейных переплетений в свете системного подхода к строению трикотажа, предложенному авторами в работе [2]. Основными элементами структуры трикотажа любого переплетения являются остовы петель, а связи, то есть протяжки, выполняющие роль связей, определяют все многообразие трикотажных переплетений.

Трикотажем киперных переплетений называют трикотаж, который содержит петли кулирного и основовязаного переплетений [3].

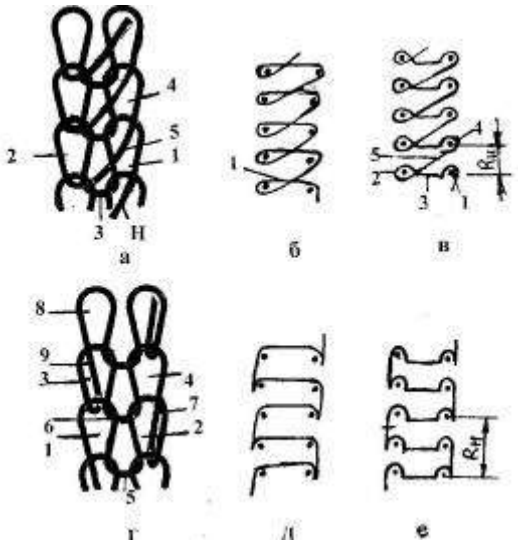


Рис. 1

На рис. 1 представлено строение киперных однослойных цепочек с закрытыми и открытыми петлями. Как видно из рисунка 1-а, в раппорте киперной цепочки с закрытыми петлями имеются два остова петель 1 и 2, которые соединяются протяжкой 3, характерной для кулирного трикотажа переплетения гладь. Остовы петель 2 и 4 соединены протяжкой 5, характерной для основовязаного трикотажа переплетения однослойное трико. На рис. 1-б приведена графическая запись этого переплете-

ния [1], [3], которая показывает графики кладки нити, но не раскрывает структуру трикотажа, так как на ней видны не все остовы и протяжки петель. Например, дуга 1 показывает сдвиг гребенки при кладке нити на иглы, но в изображении отсутствует разделение петель и не обозначена протяжка, характерная для кулирного трикотажа. Следовательно, такое изображение является характеристикой способа получения, но не раскрывает структуру трикотажа. С нашей точки зрения, графическая модель этого трикотажа должна представляться в виде, показанном на рисунке 1-в, где четко видны как остовы всех петель, так и их связи.

В раппорте цепочки с открытыми петлями (рис. 1-г) содержатся четыре остова петли 1,2,3 и 4, причем остовы петель 1,2 и 3,4 соединены попарно кулирными протяжками 5 и 6, а остовы петель 2 и 4, а также 3 и 8 соединены основовязаными протяжками 7 и 9, характерными для переплетения однослойная цепочка. На рис. 1-д приведена известная графическая запись процесса кладки нитей на иглы при выработке такого трикотажа. Графическая модель структуры трикотажа показана на рис. 1-е.

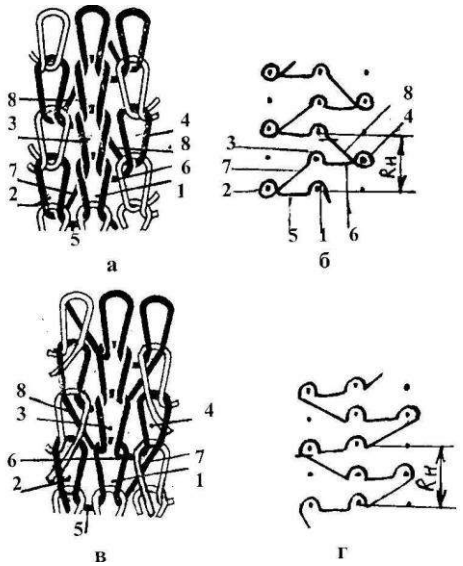


Рис. 2

На рис. 2 приведены геометрические и графические модели другого переплетения – киперного трико. В раппорте киперного трико с закрытыми петлями, структура которого показана на рис. 2-а, содержатся четыре остова петель 1, 2, 3 и 4, две кулирные протяжки 5 и 6, а также две основовязаные протяжки 7 и 8. Графическая модель трикотажа приведена на рис. 2-б. Структура киперного трико с открытыми петлями показана на рис. 2-в и 2-г. Количество элементов и связей у этих переплетений одинаковое, только петли 2 и 3 открытые, а незакрытые.

Подобным образом можно проанализировать структуру других киперных переплетений и сделать вывод, что все виды трикотажа киперных переплетений содержат связи (протяжки) двух видов: кулирного и основовязаного трикотажа. Но если трикотаж одновременно содержит протяжки кулирных и основовязаных переплетений, то он является комбинированным, а не рисунчатым.

Трикотажем филейных переплетений называют основовязаный трикотаж, в котором отсутствует связь между некоторыми соседними петельными столбиками в одном или нескольких рядах подряд [1]. Как известно, он подразделяется на трикотаж простейших, простых, комбинированных и сложных филейных переплетений.

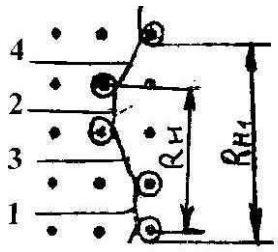


Рис. 3

На рис. 3 приведена графическая модель известного трикотажа простейшего филейного переплетения, в раппорте которого содержатся четыре остова петель, которые соединяются протяжками 1 и 2 однослойной цепочки и протяжками 3 и 4 однослойного трико. В этом случае в структуре трикотажа идет чередование по рядам однослойной цепочки и однослойного трико. Следовательно, такой трикотаж относится к классу комбинированных простых переплетений, а так как цепочки

не связаны между собой, то в полотне появляется ажурный (или филейный) эффект. Известное в работе [1] изображение высоты раппорта Rн этого переплетения, показанное на рис. 3, не включает в себя протяжку 4, поэтому мы предлагаем высоту раппорта показывать как Rн1, куда включены все четыре остова и четыре протяжки петель.

Трикотаж простых филейных переплетений получается из двух систем нитей, каждая из которых образует только главные или производные переплетения. Рассмотрим и проанализируем классические варианты простых филейных переплетений, приведенные на рис. 4.

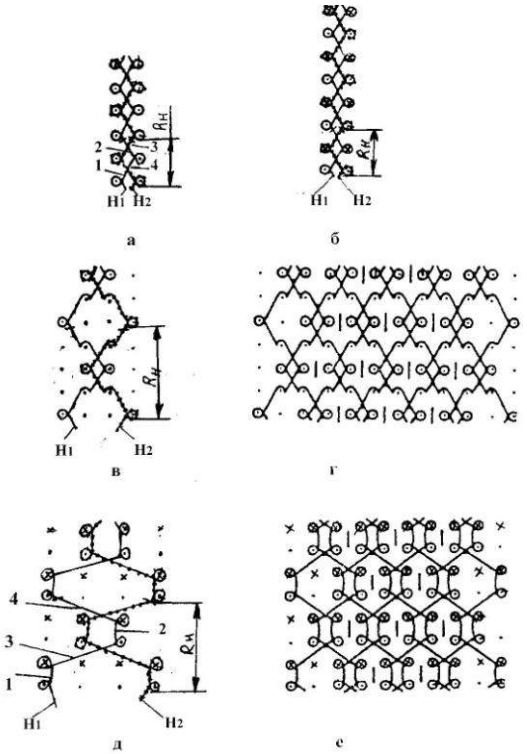


Рис. 4

На рис. 4-а показана графическая модель трикотажа из двух систем нитей, каждая из которых образует переплетение однослойное трико, а все остовы петель соединены триковыми протяжками 1, 2, 3 и 4. Разница между двумя переплетениями трико заключается в том, что протяжки у нитей двух систем направлены в разные стороны. Как известно, эти переплетения не образуют полотна, а представляют собой шнурки из двух петельных столбиков.

На рис. 4-б каждая из двух систем нитей образует переплетение ластичная триковая цепочка, а при их соединении также образуется трикотаж из двух петельных столбиков известного переплетения двухслойная ластичная триковая цепочка. Следовательно, и эти переплетения не являются рисунчатыми, а относятся к классу главных переплетений.

Графические модели переплетений однослойный триковый атлас, приведенные на рис. 4-в и 4-г в работе [1], относили к простым филейным переплетениям, причем такие изображения структуры трикотажа назывались одинаково: "графические записи" или "графики кладки нитей". С нашей точки зрения, это разные изображения. В первом случае (рис. 4-в) мы видим графические модели макроструктурных элементов переплетений для одной нити каждой системы, которые характеризуют высоту раппорта переплетения. Чередоваться в раппорте эти элементы могут поразному, поэтому, чтобы представить полную структуру трикотажа, нужно составить комплексную графическую модель, которая и приведена на рис. 4-г. Здесь видно, что на трикотаже имеется ажурный эффект, отверстия чередуются в шахматном порядке.

Подобным образом мы проанализировали структуру трикотажа простого филейного переплетения, представленного на рис. 4-д и 4-е. В каждом макроструктурном элементе из нитей Н1 и Н2 (рис. 4-д) содержатся по четыре остова петель, соединенных интерлочными протяжками 1 и 2, а также ластичными суконными протяжками 3 и 4, то есть это – макроэлементы двух одинаковых переплетений двухслойное сукно, имеющие разнонаправленные протяжки. Такой трикотаж также необходимо отнести к классу главных переплетений, только состоит он не из одной, а из двух систем нитей. Комплексная графическая схема этого трикотажа, приведенная на рис. 4-е, иллюстрирует особенности его внешнего вида, где отверстия чередуются в шахматном порядке, создавая на полотне ажурный эффект.

Таким образом, из выполненного анализа структур так называемых простых филейных переплетений можно сделать вывод, что все они относятся к классу главных основовязаных переплетений и имеют ажурный (филейных) эффект.

В трикотаже так называемый филейных комбинированных переплетений каждая из систем нитей образует последовательно в одном раппорте несколько различных переплетений [1]. Например, один из вариантов наиболее распространенного трикотажа филейных комбинированных переплетений приведен на рис. 5.

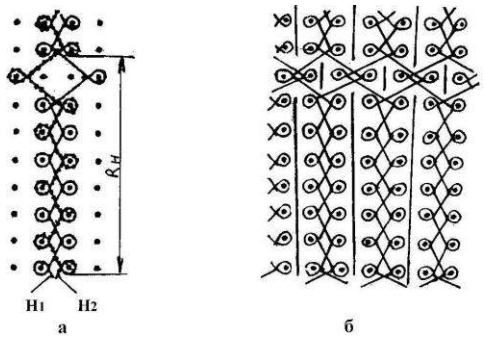


Рис. 5

В каждом макроструктурном элементе (МСЭ) из систем нитей Н1 и Н2 имеется по шесть протяжек переплетения однослойное трико и по две протяжки переплетения однослойное сукно, которые у нитей разных систем направлены в разные стороны. Если чередовать МСЭ через один, то получим макроструктурный комплекс, графическая модель которого приведена на рис. 5-б. Здесь хорошо видно, что трикотаж представляет собой полотно с отверстиями разной формы, то есть имеется ажурный (филейный) эффект. Как указывалось ранее, в этом трикотаже чередуются протяжки разных главных переплетений, поэтому его необходимо отнести к трикотажу комбинированных простых переплетений, а не к рисунчатому трикотажу.

Сложные филейные переплетения получаются при комбинации простых и комбинированных филейных переплетений [1]. Понятно, что при такой комбинации, естественно, будут получатся структуры трикотажа комбинированных переплетений, а никак не рисунчатых переплетений. Они будут иметь разнообразные ажурные и рельефные эффекты.

Из вышеизложенного можно сделать вывод, что рисунчатого трикотажа под названием "филейный" не существует, а структуры трикотажа, которые ранее относили к этому виду, являются главными или комбинированными переплетениями.

ВЫВОДЫ

1. Предложено новое графическое изображение трикотажа киперных переплетений, позволяющее наглядно представить его структуру.

2. На основе системного подхода к структуре основовязаного трикотажа выполнен анализ киперных переплетений, который позволил сделать вывод о том, что все виды трикотажа, рассматриваемые ранее как рисунчатый трикотаж киперных переплетений, относятся к трикотажу комбинированных переплетений.

3. Установлено, что филейных переплетений не существует, а трикотаж с ажурными (филейными) эффектами на полотне в действительности получают путем использования главных и комбинированных переплетений.

4. Выполненная работа уточняет теоретические положения относительно переплетений киперного и филейного трикотажа, что является определенным вкладом в теорию трикотажа.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Кудрявин Л.А., Шалов И.И.* Основы технологии трикотажного производства: Учеб. пособие для вузов. – М.: Легпромбытиздат, 1991.

2. *Зиновьева В.А., Морозова Л.В.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2002, №2. С.79…82.

3. *Далидович А.С.* Основы теории вязания. – М.:Легкая индустрия, 1970.

Рекомендована кафедрой конструирования и технологии швейных и трикотажных изделий. Поступила 16.05.09.

УДК 687.256.5

СИЛОВОЙ АНАЛИЗ ПОЗВОНОЧНОГО СТОЛБА ЧЕЛОВЕКА ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОРСЕТНЫХ ИЗДЕЛИЙ ОРТОПЕДИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Н.Л. КОРНИЛОВА, С.И. КОЛОТИЛОВ, В.Г. АНФИМОВ, Ю.С. ЖАРОВА

(Ивановская государственная текстильная академия)

Позвоночник является опорой, поддерживающей вертикальную позу человека и передающей усилия от веса головы, верхних конечностей и торса к тазу и нижним конечностям. Поэтому позвоночный столб в вертикальной позе находится постоянно в напряжении. Изгибы позвоночника имеют важное значение для поддержания устойчивого равновесия и смягчения толчков и ударов при движениях. Изгибы позвоночника удерживаются активной силой мышц и связок, величина которых, в свою очередь, зависит от формы кривой позвоночного столба [1].

В ортопедической практике при разработке стратегии лечения различных форм сколиоза и других деформаций позвоночного столба необходимым результатом является изменение его геометрии [2]. При этом необходимо прогнозировать возможное изменение нагрузки на различных участках позвоночника и учитывать это при проектировании корсетов.

Данная работа посвящена силовому анализу методами статики твердого тела позвоночного столба человека, находящегося в покое: в вертикальном положении на неподвижной горизонтальной плоскости, руки опущены. Как и в [2], позвоночник рассматривается как биомеханическая стержневая система, сочлененная посредством сферических шарниров. За стержень принято тело позвонка, за шарнир – пульпозное ядро межпозвоночного диска. Геометрическая форма позвоночного столба может быть получена методом компьютерной кифосколиозографии с использованием программно-аппаратного комплекса Стабилан-3Б, разработанного специалистами Ивановской городской больницы восстановительного лечения №5. Комплекс состоит из системы цифровой фотограмметрии и стабилометрической платформы. Результатом работы комплекса является определение трехмерных координат остистых отростков каждого позвонка (c7, th4, th12, ℓ5), нижних углов лопаток (L1, L2), верхних остей таза (T1, T2) и проекции общего центра масс (xc и yc). Результаты могут быть графически представлены в виде фронтальной и профильной проекций пространственной кривой позвоночника (рис. 1- а), а также в виде трехмерной компьютерной модели (рис. 1-б).

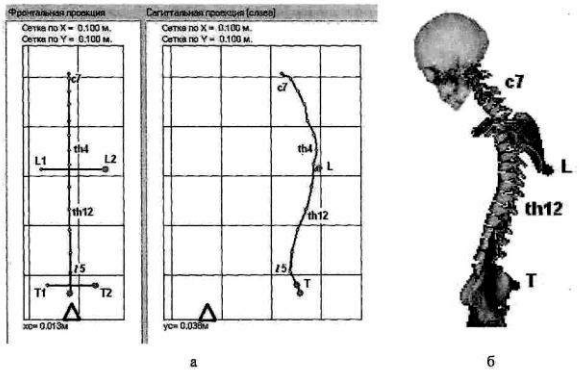


Рис. 1

Для проведения силового анализа рассмотрим элементарный сегмент позвоноч-

ного столба человека, полученный в результате сечения его плоскостями, перпендикулярными продольной оси и проходящими через k-й и (k+1)-й позвонки. Представим пару позвонков k, k+1) в виде перерезанных стержней, сочлененных k-м сферическим шарниром с центром в точке O_k (рис. 2).

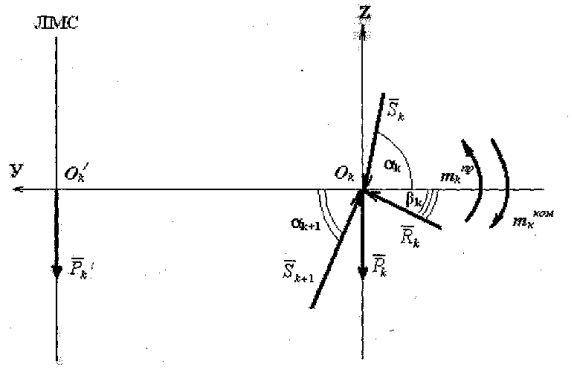


Рис. 2

Положение точки O_k можно определить по координатам соответствующего остистого отростка с учетом диаметра данного межпозвоночного диска. Углы наклона каждого позвонка в точке сочленения можно определить по формулам:

$$\mathrm{tg}\alpha_k = \frac{z_{k-1} - z_k}{y_{k-1} - y_k}, \quad \mathrm{tg}\alpha_{k+1} = \frac{z_k - z_{k+1}}{y_{k+1} - y_k}, \qquad (1)$$

где y_k, z_k, y_{k-1}, z_{k-1}, y_{k+1}, z_{k+1} – координаты Y и Z остистых отростков k-го, (k-1)-го и (k+1)-го позвонков.

Через точку Ok', лежащую на линии материальной симметрии человека на уровне соответствующего межпозвоночного диска, проходит линия действия равнодействующей элементарных массовых сил тяжести выделенного k-го сегмента $\bar{P}_k'$. Положение точки O_k' определяется по координатам точки O_k и проекции общего центра масс (xc и .yc).

Применим к силе $\bar{P}_k'$ известную теорему теоретической механики о параллельном переносе силы [3]. Действие силы на тело не изменится, если ее перенести параллельно самой себе в любую другую точку этого тела, приложив при этом пару сил с моментом, равным моменту переносимой силы относительно той точки, в которую переносится сила.

Для нашей задачи

$$\bar{P}_k' \equiv [P_k', m_{Ok}(\bar{P}_k') = m_k^{пр}], \qquad (2)$$

где $\bar{P}_k$ – приведенная сила; $m_k^{пр}$ – момент присоединенной пары, которую создают мышцы и связки. Эта пара расположена в сагиттальной плоскости, действует по часовой стрелке. Величина $m_k^{пр}$ определяется из выражения

$$m_k^{пр} = P_k'/OkOk'/ = P_k'h_k = P_k h_k, \qquad (3)$$

где h_k – плечо силы $\bar{P}_k$, то есть кратчайшее расстояние от точки O_k до линии материальной симметрии /OkOk'/.

В [4] введен момент $m_k^{ком}$ – компенсационный момент мышц и связок, который создается для обеспечения равновесия рассматриваемого сочленения. Из [4] следует, что

$$m_k^{ком} = m_k^{пр} = P_k h_k, \qquad (4)$$

$m_k^{ком}$ действует в сагиттальной плоскости против движения стрелки часов.

Таким образом, на данную пару позвонков при условии ее равновесия действуют следующие силы и моменты сил (рис. 2): $\bar{S}_k$ – усилие, действующее в k-м позвонке; $\bar{S}_{k+1}$ – сила реакции в (k+1)-м позвонке; $\bar{P}_k$ – вес k-го сегмента тела человека, полученного в результате сечения его плоскостями, перпендикулярными продольной оси и проходящими через k-й и (k+1)-й шарниры; $\bar{R}_k$ – равнодействующая усилий мышц и связок, отвечающих за поддержание вертикальной позы, действующая на сочлененные тела позвонков; $m_k^{пр}$ – момент присоединенной пары; $m_k^{ком}$ – компенсационный момент.

Пространственная система сил приведена к плоской системе в сагиттальной

плоскости. Для ее равновесия необходимо и достаточно, чтобы главный вектор системы и ее главный момент относительно, например, точки Ok равнялись нулю.

Составим аналитические уравнения:

$$\sum F_{ky} = 0,\ \sum F_{kz} = 0,\ \sum m_{0k}(\bar{F}_k) = 0. \quad (5)$$

В рассматриваемом случае эти уравнения будут иметь вид:

$$\begin{cases} \sum F_{ky} = S_k \cos\alpha_k - S_{k+1}\cos\alpha_{k+1} + R_k \cos\beta_k = 0, \\ \sum F_{kz} = -P_k - S_k \sin\alpha_k + S_{k+1}\sin\alpha_{k+1} + R_k \sin\beta_k = 0, \\ \sum m_{Ok} = -m_k^{пр} + m_k^{ком} = 0. \end{cases} \quad (6)$$

$\bar{P}_k$ для позвонков, начиная с 4-го грудного (th4) до копчиковых, определяется как

$$P_k = V_k \rho_k. \quad (7)$$

где V_k – объем k-го сегмента тела человека (на любом участке может быть рассчитан как объем эллиптического цилиндра с осями, равными переднезаднему и поперечному диаметрам торса на уровне середины тела k-го позвонка); ρ_k – удельный вес сегмента (согласно [4] для всех участков торса примерно равен 1,0 г/см^3).

Для расчета равновесия первого подлежащего анализу позвонка (в нашем случае c7 – седьмого шейного) P_{c7} соответствует весу головы (0,075 общей массы тела человека). Для первых трех грудных позвонков (th1 - th4) $\bar{P}_k$ определяется с учетом веса верхних конечностей (0,05 общей массы тела человека).

$\bar{S}_k$ должно быть рассчитано при рассмотрении равновесия предыдущей (k-1, k) пары позвонков.

Таким образом, усилия организма, направленные на поддержание вертикального положения позвоночного столба, определяются суммой векторов $\bar{S}_{k+1}$ и $\bar{P}_k$. Вклад каждого вектора зависит от степени развития мышц, отвечающих за положение данного сочленения в пространстве. Из [1] известно, что мышечные усилия направлены на уменьшение величин изгибов позвоночника. Для анализа позвоночного столба пациентов со сколиозом (в данном случае приведенном на рис. 1 – с гиперкифозом) логично предположить, что вклад мышечных усилий в поддержание данной формы кривой является минимальным. При таком условии направление вектора $\bar{P}_k$ располагается по линии, делящей угол между позвонками пополам, то есть в нашем случае

$$\beta_k = \frac{180 - \alpha_k - \alpha_{k+1}}{2}. \quad (8)$$

Решая совместно 1 и 2-е уравнения из (6), получаем выражение для расчета модулей сил:

$$R_k = \frac{S_{k+1}\cos\alpha_{k+1} - S_k \cos\alpha_k}{\cos\beta}, \quad (9)$$

$$S_{k+1} = \frac{P_k + S_k \sin\alpha_k - R_k \sin\beta_k}{\sin\alpha_{k+1}}. \quad (10)$$

Таким образом, в условиях увеличения кривизны позвоночника при минимальной мышечной нагрузке основная роль в компенсации сил тяжести ложится на нижележащие позвонки, которые находятся под значительным сжатием, что может привести к возникновению различного рода заболеваний. Изменение формы позвоночного столба сопровождается изменением мышечных усилий, то есть получение требуемой формы позвоночного столба может осуществляться только путем развития соответствующих мышц, функция же ортопедического корсета состоит в том, что он должен заменять дополнительные мышечные усилия на период адаптации организ-

ма. При этом он должен выдерживать нагрузки, которые могут быть определены на различных участках как разность величин моментов мышц и связок М и модулей равнодействующих мышечных усилий $\bar{R}_k$ при существующей и предполагаемой формах позвоночного столба.

ВЫВОДЫ

1. Проведен силовой анализ методами статики твердого тела позвоночного столба человека, находящегося в покое: в вертикальном положении на неподвижной горизонтальной плоскости, руки опущены. Показаны направления действия сил, приведены формулы для их расчета.

2. Обосновано изменение усилий организма на поддержание вертикального положения позвоночника при изменении формы позвоночного столба. Получены уравнения для расчета сил, действующих на сочленения всех позвонков при любой геометрии позвоночного столба.

3. Определена роль ортопедического корсета в процессе лечения искривлений позвоночника. Представленные данные могут быть использованы для расчета нагрузок, возникающих в различных участках корсета в результате коррекции формы позвоночника.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Зациорский В.М., Арунин А.С.* Биомеханика двигательного аппарата. – М.: Физкультура и спорт, 1981.

2. *Корнилова Н.Л. и др.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2000, №5. С.82…86.

3. *Сахарный Н.Ф.* Курс теоретической механики. – М.: Высшая школа, 1964.

4. *Тихонов В.Н.* Геометрия масс тела спортсмена и оптимизация его технической подготовки в видах спорта с заданной кинематикой: Дис.... докт. пед. наук. – Майкоп, 2002.

Рекомендована кафедрой технологии швейных изделий. Поступила 14.05.09.

№ 4 (318) ТЕХНОЛОГИЯ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ 2009

УДК 621.01

МЕТОДИКА РАСЧЕТА НАТЯЖЕНИЯ РАСТЯЖИМОГО РЕМНЯ ПРИВОДНЫХ МЕХАНИЗМОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

Р.Х. МАКСУДОВ

(Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности)

Обычно приводные механизмы испытывают относительно большие сопротивления вращению приводимых в движение агрегатов, станков и технологических машин [1], [2]. Ниже предлагаются постановки и решения задач о вращении в стационарном режиме заданного механизма привода с линейно-упругим ремнем.

Постановка задачи. Пусть диаметр первого ведущего шкива с центром, расположенным в точке O_1, меньше диаметров двух ведомых шкивов, с центрами, расположенными в точках O_2 и O_3 (рис. 1).

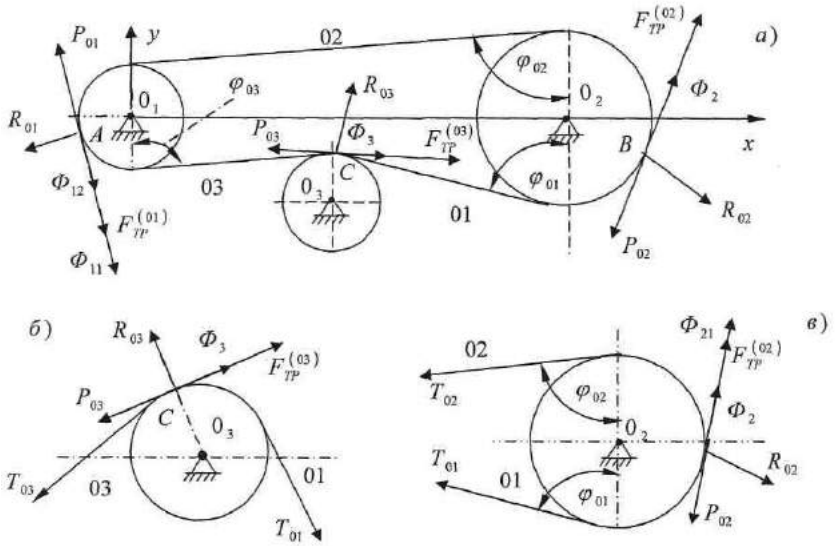


Рис. 1

Начало неподвижной системы координат (x, y) расположим в центре первого шкива. При $t<0$ механизм находится в состоянии абсолютного покоя, а при $t>0$ – первый и второй шкивы вращаются в направлении по часовой стрелке. Индексами 0, 00j и 0j будем обозначать параметры, соответствующие ненатянутому состоянию ремня; состоянию, предварительно натянутому вследствие наладки механизма ($t<0$), и текущему состоянию в стационарном режиме вращения системы ($t\geq\tau$) соответственно. Параметры, не имеющие индекса 0 (кроме сил сопротивления), соответствуют периоду времени $0<t<\tau$, где $t=\tau$ – момент времени, соответствующий переходу вращения в стационарный режим; j = 1, 2, 3. Принятые на рис. 1 обозначения соответствуют некоторому моменту времени $t\geq r$.

При $t\geq 0$ ведущим шкивом ремню сообщается вращающая сила P_{01} двигателя. Действие ее через ремень передается ведомым шкивам. Поэтому принимаем, что на поверхности ведомых шкивов на ремень действуют внешние силы P_{02} и P_{03}. Под

действием внешних сил P_{0j} на участках контакта ремня со шкивами возникают распределенные и расположенные в плоскости вращения силы натяжения T_{0j}, давления R_{0j} и трения $F_{тр}^{(0j)}$. Предположим, что векторы равнодействующих этих сил приводятся к некоторым точкам A, B, C поверхности контакта (рис. 1).

Далее предположим, что векторы равнодействующих сил давления R_{0j} направлены вдоль биссектрисы углов обхвата φ_{0j} ремнем поверхности соответствующих шкивов. Если обозначить через β_{0j} углы, образованные между векторами сил R_{0j} и горизонтальной осью x , то очевидно, что

$$\beta_{01} = \frac{\varphi_{02} - \varphi_{01}}{2},\ \beta_{02} = \frac{\pi}{2} - \frac{\varphi_{02} + \varphi_{03}}{2},\quad \beta_{03} = \begin{cases} 0{,}5\pi - 0{,}5(\varphi_{03} - \varphi_{01}) & \text{при } \varphi_{03} > \varphi_{01}, \\ 0 & \text{при } \varphi_{03} > \varphi_{01}, \\ 0{,}5(\varphi_{01} - \varphi_{03}) & \text{при } \varphi_{03} < \varphi_{01}. \end{cases} \tag{1}$$

Здесь учитывается, что реактивная сила R_{03}, в зависимости от координаты расположения центра третьего шкива на горизонтальной оси, может образовывать различные углы β_{03} (рис. 1-а и б).

Из условия растяжимости материала, законов сохранения массы элементов ремня при вращении и Гука, найдем [3…5]:

$$\begin{gathered} ds_{0j} = |u_{0j}|dt, \\ ds_{0j} = (1+\varepsilon_{0j})ds_0, \\ \rho_0 F_0 = \rho_{0j} F_{0j}(1+\varepsilon_{0j}), \end{gathered} \tag{2}$$

$$T_{0j} = EF_0\varepsilon_{0j} = \rho_0 F_0 a_0^2 \varepsilon_{0j}, \tag{3}$$

где F_{0j} , ρ_{0j}, ds_{0j}, u_{0j}, ε_{0j} – соответственно площадь поперечного сечения, плотность, длина, скорость вращения и относительная деформация рассматриваемого элемента принадлежащей области 0_j ремня; $a_0 = \pm\sqrt{E(\rho_0)^{-1}}$ – скорость распространения упругой волны в местной среде.

Кинематические условия непрерывного вращения имеют вид:

$$\dot{x}_{01} = -|u_{01}|\sin\varphi_{01},\ \dot{y}_{01} = |u_{01}|\cos\varphi_{01},\ \dot{x}_{02} = -|u_{02}|\sin\varphi_{02}, \tag{4}$$

$$\dot{y}_{02} = |u_{02}|\cos\varphi_{02},\ \dot{x}_{03} = -|u_{01}|\sin\varphi_{03},\ \dot{y}_{03} = -|u_{01}|\cos\varphi_{03}, \tag{5}$$

где $\dot{x}_{0j}$ и $\dot{y}_{0j}$ – соответственно составляющие линейной скорости ремня на оси x и y .

Действия мгновенного пуска механизма вдоль растяжимого ремня будут распространяться в виде волны Римана [3]. С момента пуска механизма из точки A в сторону точки C вдоль участка AC ремня будет распространяться продольная волна нагрузки, а вдоль участка AB – продольная волна разгрузки. Если возмущенные в данный момент времени области ремня имеют относительные деформации в пределах упругости, то волны нагрузки a_0^+ и разгрузки a_0^- распространяются с одинаковой скоростью a_0.

Через время $t_{BC} = \frac{BC}{a_0^+}$ и $t_{AB} = \frac{AB}{a_0^-}$ продольные волны a_0^+ и a_0^- придут соответственно к точкам C и B. В рассматриваемой здесь задаче $t_{AB} > t_{AC}$ (рис. 1-а), поэтому волна разгрузки достигает точки B позже, чем волна нагрузки достигает точки C.

Если величина силы натяжения, передаваемой волной нагрузки точке C, достаточна, чтобы привести второй шкив в движение, то данный шкив начнет вращаться в сторону, противоположную к направлению вращения ведущего шкива. В момент времени $t = t_{BC}$ происходит частичное отражение волны нагрузки от поверхности третьего шкива.

В результате в областях CA и CB возникают отраженная волна, идущая в сторону первого шкива, и прямая, идущая в сторону второго шкива.

При $t > t_{AC}+t_{CB}$ происходит частичное отражение прямой волны a_0^+ нагрузки от

точки В. В результате в ремне возникают вторично отраженная волна a_0^{++}, идущая в обратном направлении по участку ВС, и прямая волна a_0^{+}, идущая по участку АВ в сторону первого шкива. Обе волны являются волнами нагрузки. Интенсивность нагрузок этих волн зависит от свойства материала ремня и условий контакта, возникающих в точке В при $t>t_{AC}+t_{CB}$. Если при $t \geq t_{AC}+t_{CB}$ второй шкив придет в движение, то интенсивность отраженной волны a_0^{++} будет меньше интенсивности волн, когда данный шкив останется неподвижным.

В зависимости от длины ветвей ремня и скорости a_0 распространения упругих волн на различных участках ремня происходят многократные отражения и взаимодействия волн. Например, в зависимости от длины участков АВ и АС + СВ в некоторый момент времени $t_{AB}<t<t_{AC+CB}$ на участке ВС ремня происходит взаимодействие волн, идущих от точек С и В навстречу друг другу. Такие волновые явления будут происходить до тех пор, пока в ремне возникают достаточные для приведения в движение шкивов натяжения, и вращение переходит в стадию стационарного режима. Когда вращение переходит в стационарный режим, то есть при $t \geq \tau$, отраженные волны перестают нести разрывы деформации.

Таким образом, в отличие от нерастяжимого ремня все три области 0j растяжимого ремня имеют различные по величине относительные деформации, натяжения и скорости вращения ремня. В нерастяжимом ремне частицы (поперечные сечения) всех трех областей двигаются с одинаковой скоростью $u_{0j} = u$.

В выражения (1)…(3) и в дальнейшем в рассматриваемые здесь уравнения входят только положительные значения скоростей u_{0j}. Поэтому исходя из свойства известных интегралов Римана, имеющих место на фронтах упругих волн [3], и учитывая, что в данном случае $\varepsilon_{0j}(\tau)>0$, представим абсолютные величины скоростей u_{0j} в виде:

$$|u_{0j}| = a_0\,\varepsilon_{0j}. \qquad (6)$$

Если, например, предположить, что в момент времени $t = \tau$ волны, несущие разрывы деформации на участках АВ и АС, идут в направлении первого шкива, а на участке ВС – второго, то интегралы Римана примут следующий вид:

$$u_{01}= a_0\varepsilon_{0l},\ u_{02} = a_0\varepsilon_{02},\ u_{03} = -a_0\varepsilon_{03}. \qquad (7)$$

Уравнения закона сохранения количества движения принимают вид:

– на поверхности первого шкива

$$dm_{02}(\dot{x}_{02}-\dot{x}_{03}) = (T_{02}\sin\varphi_{02}+T_{003}\sin\varphi_{03}-\eta_{11}R_{01}-P_{01}^{*}\sin\beta_{01})dt, \qquad (8)$$

$$dm_{02}(\dot{y}_{02}-\dot{y}_{03}) = (T_{02}\cos\varphi_{02}+T_{03}\cos\varphi_{03}-\eta_{12}R_{01}+P_{01}^{*}\cos\beta_{01})dt, \qquad (9)$$

– на поверхности второго шкива

$$dm_{01}(\dot{x}_{01}-\dot{x}_{02}) = (-T_{01}\sin\varphi_{01}-T_{02}\sin\varphi_{02}+\eta_{21}R_{02}-P_{02}^{*}\sin\beta_{02})dt, \qquad (10)$$

$$dm_{01}(\dot{y}_{01}-\dot{y}_{02}) = (T_{01}\cos\varphi_{01}-T_{02}\cos\varphi_{02}-\eta_{22}R_{02}-P_{02}^{*}\cos\beta_{02})dt, \qquad (11)$$

– на поверхности третьего шкива

$$dm_{03}(\dot{x}_{03}-\dot{x}_{01}) = (T_{01}\sin\varphi_{01}-T_{03}\sin\varphi_{03}+\eta_{31}R_{03}-P_{031}^{*}\sin\beta_{03})dt, \qquad (12)$$

$$dm_{03}(\dot{y}_{03}-\dot{y}_{01}) = (-T_{01}\cos\varphi_{01}-T_{03}\cos\varphi_{03}+\eta_{32}R_{03}+P_{032}^{*}\cos\beta_{03})dt, \qquad (13)$$

$$\eta_{11} = \cos\beta_{01} - f\sin\beta_{01},\quad \eta_{12} = \sin\beta_{01} + f\cos\beta_{01},\quad \eta_{21} = \cos\beta_{02} + f\sin\beta_{02},$$
$$\eta_{22} = \sin\beta_{02} - f\cos\beta_{02},\quad \eta_{31} = \pm\cos\beta_{03} + f\sin\beta_{03},\quad \eta_{32} = \sin\beta_{03} \mp f\cos\beta_{03},$$
$$P_{01}^{*} = P_{01} - \Phi_{11} - \Phi_{12},\quad P_{02}^{*} = P_{02} - \Phi_{2},\quad P_{031}^{*} = \pm P_{03} \mp \Phi_{3},\quad P_{032}^{*} = P_{03} - \Phi_{3},$$
$$dm_{0j} = \rho_{0j}F_{0j}ds_{0j}.$$

Здесь f – коэффициент трения; Φ_j – силы сопротивления, приложенные в каждый момент времени к точкам A, B и C поверхности контакта, идущие вдоль направления соответствующих сил трения. Предполагается, что на ведущий шкив действуют силы Φ_{11} – собственного сопротивления вала и Φ_{12} – сопротивления приводимого в движение производственного станка. В уравнениях (12) и (13) принимаются верхние знаки, если вектор реактивной силы R_{03} направлен так, как показано на рис. 1-а, а нижние знаки – как на рис. 1-б.

Решение задачи. Используя условия (2)…(7), уравнения (8)…(13) представим в следующем виде:

$$\varepsilon_{02}\sin\varphi_{02} + \varepsilon_{03}\sin\varphi_{03} = R_{01}^{**}\eta_{11}(1+\varepsilon_{02}) - P_{01}^{**}(1+\varepsilon_{02})\sin\beta_{01}, \tag{14}$$
$$\varepsilon_{02}\cos\varphi_{02} + \varepsilon_{03}\cos\varphi_{03} = R_{01}^{**}\eta_{12}(1+\varepsilon_{02}) - P_{01}^{**}(1+\varepsilon_{02})\cos\beta_{01}, \tag{15}$$
$$-\varepsilon_{01}\sin\varphi_{01} - \varepsilon_{02}\sin\varphi_{02} = -R_{02}^{**}\eta_{21}(1+\varepsilon_{01}) + P_{02}^{**}(1+\varepsilon_{01})\sin\beta_{02}, \tag{16}$$
$$\varepsilon_{01}\cos\varphi_{01} - \varepsilon_{02}\cos\varphi_{02} = R_{02}^{**}\eta_{22}(1+\varepsilon_{01}) + P_{02}^{**}(1+\varepsilon_{01})\cos\beta_{02}, \tag{17}$$
$$\varepsilon_{01}\sin\varphi_{01} - \varepsilon_{03}\sin\varphi_{03} = -R_{03}^{**}\eta_{31}(1+\varepsilon_{03}) + P_{031}^{**}(1+\varepsilon_{03})\sin\beta_{03}, \tag{18}$$
$$-\varepsilon_{01}\cos\varphi_{01} - \varepsilon_{03}\cos\varphi_{03} = -R_{03}^{**}\eta_{32}(1+\varepsilon_{03}) - P_{032}^{**}(1+\varepsilon_{03})\cos\beta_{03}, \tag{19}$$

$$R_{0j}^{**} = R_{0j}^{*}\delta_0,\quad P_{01}^{**} = P_{01}^{*}\delta_0,\quad P_{02}^{**} = P_{02}^{*}\delta_0,\quad P_{031}^{**} = P_{031}^{*}\delta_0,\quad P_{032}^{**} = P_{032}^{*}\delta_0,\quad \delta_0 = (\rho_0 F_0 a_0^2)^{-1}.$$

Уравнения (14)…(19) образуют замкнутую систему для определения неизвестных относительных деформаций и реактивных сил. Исключив неизвестные реактивные силы, отсюда найдем

$$\varepsilon_{02}\alpha_{11} + \varepsilon_{03}\alpha_{12} = -(1+\varepsilon_{02})\xi_1,\quad \varepsilon_{01}\alpha_{21} + \varepsilon_{02}\alpha_{22} = -(1+\varepsilon_{01})\xi_2,\quad \varepsilon_{01}\alpha_{31} - \varepsilon_{03}\alpha_{32} = (1+\varepsilon_{03})\xi_3, \tag{20}$$

$$\begin{gathered}
\alpha_{11} = \eta_{12}\sin\varphi_{02} - \eta_{11}\cos\varphi_{02},\quad \alpha_{12} = \eta_{12}\sin\varphi_{03} - \eta_{11}\cos\varphi_{03},\\
\alpha_{21} = \eta_{22}\sin\varphi_{01} - \eta_{21}\cos\varphi_{01},\quad \alpha_{22} = \eta_{22}\sin\varphi_{02} + \eta_{21}\cos\varphi_{02},\\
\alpha_{31} = \eta_{32}\sin\varphi_{01} + \eta_{31}\cos\varphi_{01},\quad \alpha_{32} = \eta_{32}\sin\varphi_{03} - \eta_{31}\cos\varphi_{31},\\
\xi_1 = P_{01}^{**}(\eta_{12}\sin\beta_{01} - \eta_{11}\cos\beta_{01}),\quad \xi_2 = P_{02}^{**}(\eta_{22}\sin\beta_{02} + \eta_{21}\cos\beta_{02}),\\
\xi_3 = P_{031}^{**}\eta_{32}\sin\beta_{03} + P_{032}^{**}\eta_{31}\cos\beta_{03}).
\end{gathered} \tag{21}$$

Уравнения (20) и (21) являются линейными относительно неизвестных деформаций. Отсюда получаются удобные для теоретического анализа и ведения числовых расчетов выражения для относительных деформаций.

Пусть ведущим является второй шкив с центром в точке O_2. Принятые в предыдущей задаче предположения, относящиеся к реактивным силам, оставляем без изменения. На поверхности ведущего шкива на ремень действует внешняя сила P_{02} – сила привода двигателя. Действие силы P_{02} через ремень передается первому и третьему шкивам. В результате к участкам 01 и 03 ремня будут приложены внешние силы P_{01} и P_{03}. Приводимые в движение основные и дополнительные агрегаты устанавливаются к первому и третьему шкивам соответственно. Поэтому поступая, как и в предыдущем случае, силу сопротивления Φ_2 разбиваем на две составляющие (рис. 1-в): Φ_{21} и Φ_{22} – силы сопротивления основного агрегата и собственные силы сопротивления ведущего шкива соответственно.

Нетрудно проверить, что в принятой здесь постановке задачи общий вид соотношений (1)…(7) и уравнений (8)…(11), остается без изменений, а в уравнениях (12), (13) и в решении (20), (21) выражения $P_{01}^{*} = P_{01} - \Phi_{11} - \Phi_{12}$, $P_{02}^{*} = P_{02} - \Phi_{2}$ следует заменить на $P_{01}^{*} = P_{01} - \Phi_{1}$, $P_{02}^{*} = P_{02} - \Phi_{21} - \Phi_{22}$ соответственно.

Начальные параметры, устанавливаемые в ходе подготовки механизма передачи к работе, играют важную роль в обеспечении качества работы установки и сохранения прочности контактирующих материалов. Пусть из эксперимента известны начальные значения сил натяжения, трения и давления. Абсолютные величины этих сил можно рассматривать как состоящие из суммы двух составляющих:

$$T_{0j} = T_{00j} + T_{0j}^{(дн)}, \quad F_{тр}^{(0j)} = F_{тр}^{(00j)} + F_{тр0j}^{(дн)}, \quad R_{0j} = R_{00j} + R_{0j}^{(дн)}, \tag{22}$$

где $T_{0j}^{(дн)}$, $F_{тр0j}^{(дн)}$, $R_{0j}^{(дн)}$ – текущие значения сил натяжения трения и давления, соответствующие периоду времени $t \geq 0$, $j = 1, 2, 3$.

Используя решения уравнений (20), (21), выражения (22) и закон Кулона, можно провести прогнозирование рациональных значений сил $T_{0j}^{(дн)}$, $F_{тр0j}^{(дн)}$, $R_{0j}^{(дн)}$.

ВЫВОДЫ

1. Предлагаются методика расчета натяжения растяжимого ремня заданного механизма привода, вращающегося в стационарном режиме. Полученные решения учитывают конструктивные параметры и режим вращения механизма, а также расположение ведущих и ведомых шкивов в плоскости вращения ремня.

2. Построенная схема решения рассмотренной задачи может быть обобщена для случаев, когда механизмы имеют различные конструктивные параметры, а также использовать в качестве методики прогнозирования рациональных конструктивных параметров и режимов вращения, причин падения качества работы и мер по их устранению; применяться для прогнозирования свойств материала ремня заданного механизма привода.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Аппель П.* Теоретическая механика. – Т.2. – М.: Физматгиз, 1960.
2. *Воробьев И. И.* Ременные передачи. – М.: Машиностроение, 1979.
3. *Рахматуллин Х.А., Демьянов Ю.А.* Прочность при интенсивных кратковременных нагрузках. – М.: Физматгиз, 1961.
4. *Эргашов М.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1991, № 2. С.98...101.
5. *Эргашов М., Бурнашев Р.З., Нурмуротов У.К.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1992, № 2. С.98...100.

Рекомендована кафедрой теории механизмов и деталей машин. Поступила 13.11.08.

УДК 677.05

ТИПИЗАЦИЯ ОПЕРАЦИЙ ВОССТАНОВЛЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ СРЕДСТВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ

М.В. ЗОСИМОВ, В.А. МАТЮШЕНКО, Г.М. ТРАВИН

(Костромской государственный университет им. Н.А. Некрасова)

В рамках структуры интерактивного электронного руководства по технической эксплуатации и ремонту технологического оборудования производств текстильной промышленности описание рабочих операций восстановления работоспособности оборудования должно опираться на единый общий алгоритм [1]. Для обеспечения единообразия необходимо осуществить типизацию структуры процессов и сложных операций на основе их моделирования и установления соответствия первичным свойствам ремонтопригодности.

Все ремонтно-восстановительные операции в зависимости от степени сложности и уровня обобщения предлагается разделить на простые (первичные или неделимые), укрупненные и обобщенные. Операцию восстановления работоспособности системы при ее отказе следует рассматривать как обобщенную. В общем случае такая обобщенная операция состоит из следующего ряда укрупненных:

– определение технического состояния элемента (выявление неисправности, прогнозирование остаточного ресурса);

– замена элемента на новый;

– мойка, чистка, смазка, заправка, покраска и т.п. элемента;

– восстановление (ремонт) элемента;

– проверка, регулировка элемента в системе после монтажа.

Сочетание перечисленных укрупненных операций в одной обобщенной может быть разным. Так, в ней в различных ситуациях могут отсутствовать операции: замены элементов; мойки, чистки, смазки и т.п., ремонта и регулировки; или только; мойки, чистки, смазки и т.п. и ремонта или иные соотношения.

В свою очередь каждая укрупненная операция может включать в себя одну или несколько простых неделимых операций. Например, операция восстановления элемента наплавкой включает подготовку поверхности под наплавку, собственно наплавку и последующую обработку поверхности; операция определения технического состояния – поиск неисправности, разборка и оценка технического состояния элемента с помощью диагностических приборов, устройств или органолептически.

Следует различать основные (целевые) операции, вследствие которых происходит изменение состояние объекта ремонта (восстановления) и вспомогательные или «балластные», не изменяющие его состояния, но обеспечивающие выполнение основных (например, разборка, сборка, подготовка нового элемента к замене и др.). Отсюда вытекает, что укрупненные операции представляют собой сочетания основных и вспомогательных операций. Так, укрупненная операция замены элемента состоит из вспомогательных операций разборки, подготовки нового элемента к замене старого (подгонка, регулировка) и основной операции снятия старого (неисправного) и установки нового элемента.

Как видим, формулировка укрупненной операции совпадает с формулировкой ее основной (целевой) операции. Будем считать, что как основные, так и вспомогательные операции представляют собой комплексные самостоятельные операции.

На рис. 1 представлена структурная схема обобщенной операции восстановления работоспособности средств технологического оснащения с установлением свя-

зей между операциями и свойствами ремонтопригодности. Свойства ремонтопригодности отражают приспособленность объекта (элемента) к выполнению комплексных операций и количественно могут выражаться соответствующими принятыми показателями или через трудоемкость работ [2].

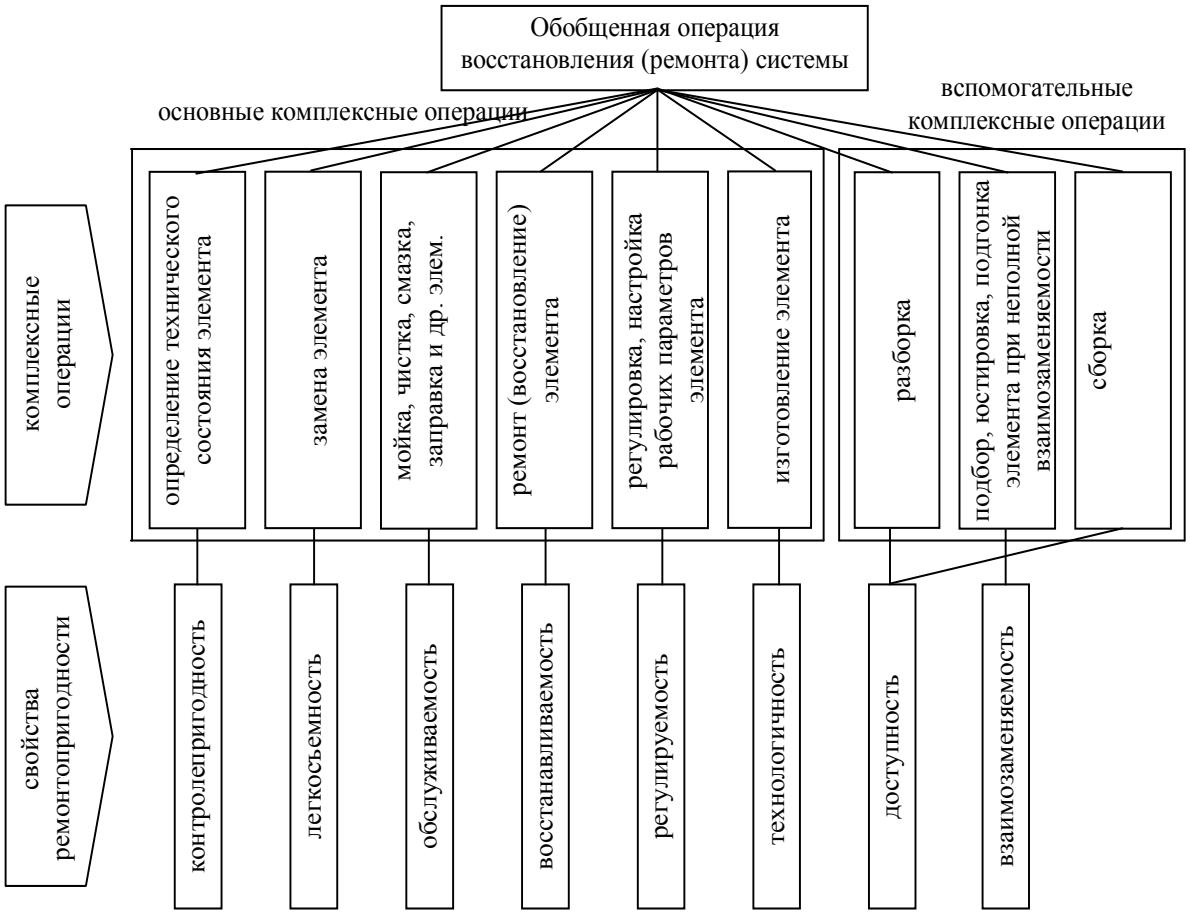


Рис. 1

Так, контролепригодность понимается как приспособленность к обнаружению неисправности или отказа объекта к оценке его технического состояния, прогнозированию остаточного ресурса. Свойство восстанавливаемости характеризует как саму техническую возможность восстановления работоспособности объекта (машины, агрегата, сборочной единицы, детали), так и целесообразность и эффективность этой операции. Легкосъемность и доступность характеризуют трудоемкость разборно-сборочных операций для открытия доступа и замены отказавшего элемента.

Единую последовательность описания выполнения ремонтно-восстановительных операций при создании электронных интерактивных руководств по технической эксплуатации текстильных машин отразим с помощью построения функциональных моделей в нотации IDEF0 [3].

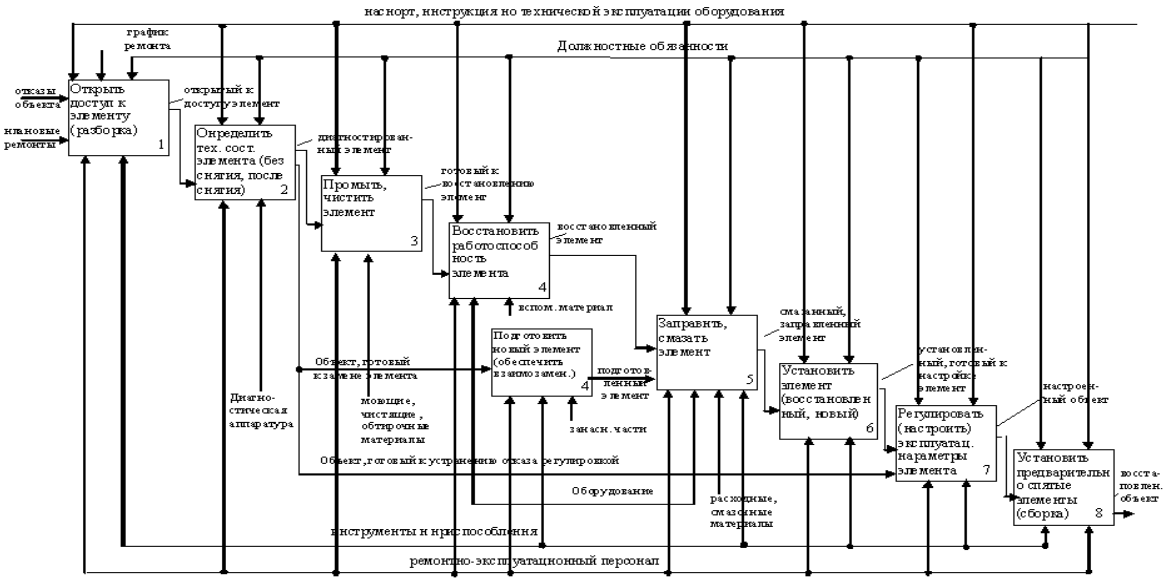


Рис. 2

На рис. 2 представлена декомпозиция контекстной диаграммы, отражающей общую функцию «восстановление работоспособности объекта при его отказах или плановых ремонтах».

На диаграмме комплексные операции (основные и вспомогательные) расположены в порядке их доминирования. После выполнения операции «определение технического состояния элемента» в зависимости от характера неисправности возможны три ситуации:

– устранение отказа регулировкой (настройкой) элемента (на диаграмме из позиции 2 в позицию 7);

– устранение отказа заменой элемента на новый (из 2 в 4);

– устранение отказа ремонтом (восстановлением) элемента (из 2 в 3).

Операция «подготовка нового элемента к замене» призвана обеспечить его подготовку и полную взаимозаменяемость с отказавшими. Например, операция (4) «обработка» берда ткацкого станка при его замене (в случае отказа или перехода на новый ассортимент) предполагает удаление консервационной смазки, контроль рассадки, контроль фона берда и др. Как видим, операции 1, 4, 8 носят вспомогательный характер.

ВЫВОДЫ

1. Осуществлена декомпозиция сложных обобщенных операций, позволяющая произвести их синтез из неделимых и укрупненных.

2. Установлено соответствие обобщенной операции первичным свойствам ремонтопригодности.

3. Предложен алгоритм описания основных целевых операций с помощью построения структурно-функциональных моделей.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Зосимов М.В., Матюшенко В. А., Травин Г.М.* Создание интерактивных электронных руководств по технической эксплуатации текстильных машин // Вестник КГУ им. Н. А. Некрасова. Системный анализ. Теория и практика. – Кострома, 2008, № 2. С.59…61.

2. *Волков П.Н.* Ремонтопригодность машин / А.И. Аристов, П.Н. Волков, Б.И. Есин и др.; под ред. П.Н. Волкова. – М.: Машиностроение, 1975.

3. Р50.2.028–2001. Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Методология функционального моделирования.

Рекомендована кафедрой организации производства и сервиса. Поступила 01.06.09.

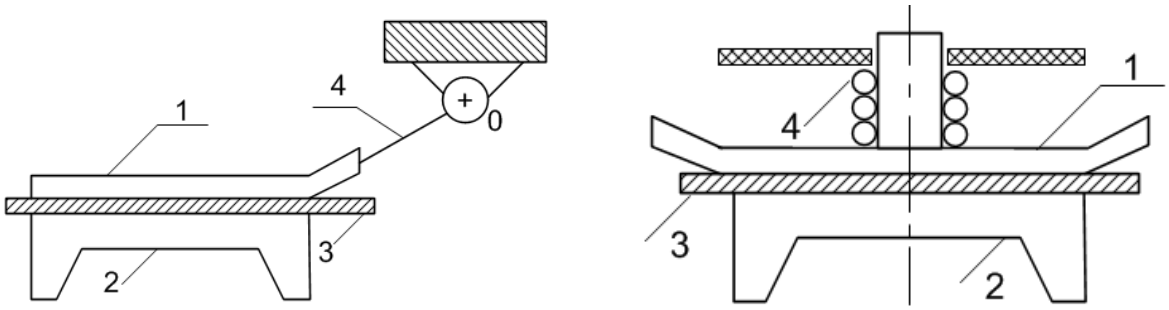
УДК 677.621.383

ОСНОВНЫЕ СХЕМЫ КОНСТРУКТИВНОГО ПОСТРОЕНИЯ ЕМКОСТНЫХ ДАТЧИКОВ МЕХАНИЗМОВ ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЯ ТЕКСТИЛЬНОГО ПРОДУКТА И ИХ РАСЧЕТ*

Е.Ф. РАЗУМОВА

(Ивановская государственная текстильная академия)

Контроль параметров текстильного продукта в ходе технологического процесса осуществляется емкостными (полевыми) датчиками, которые в зависимости от свойств продукта и способа его обработки представляются двумя группами. К первой группе относятся датчики, которые характеризуются существенным силовым взаимодействием с контролируемым объектом. Конструктивными особенностями таких датчиков (рис.1) являются: расположение электродов (1 и 2) с двух сторон контролируемого продукта (3), возможность перемещения хотя бы одного из электродов под действием продукта и, наконец, обеспечение плотного прилегания электродов к продукту за счет силового воздействия, создаваемого, например, с помощью пружин (4).



а) б)

Рис. 1

Вторая группа полевых датчиков отличается слабой энергией взаимодействия с контролируемым объектом.

К этой группе относятся датчики с неподвижными параллельно расположенными электродами, между которыми проходит контролируемый продукт (рис. 2-а), трехслойные электростатические датчики (рис. 2-б) и датчики с копланарным расположением электродов (рис. 2-в).

* Работа выполнена под руководством проф., докт. техн. наук А.К. Расторгуева.

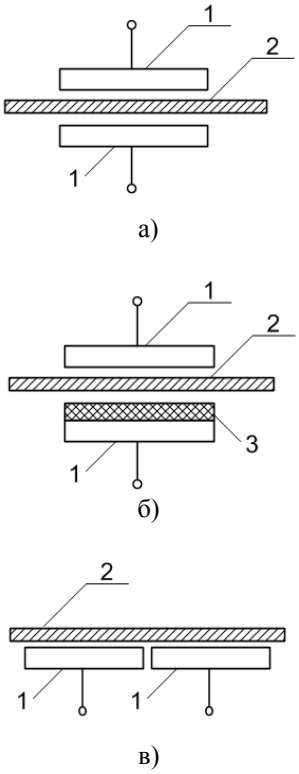


Рис.2.

На рис.2 обозначено: 1 – электроды датчиков; 2 – контролируемый продукт (например, ткань); 3 – дополнительная диэлектрическая прокладка.

При проектировании механизмов контроля продукта при его обработке на текстильных машинах необходимо учитывать особенности датчиков различных схем построения.

Емкость датчика по схеме рис.1-а находится с учетом сложного движения электрода 1 под действием контролируемого элемента продукта (например, шва ткани) [1]:

$$C = \frac{3{,}188\varepsilon_{тм} S}{360b + \alpha\pi\left(R_1 + R_2\right)}, \text{ пФ}, \qquad (1)$$

где $\varepsilon_{тм}$ – диэлектрическая проницаемость текстильного материала; S – активная площадь электродов, мм^2; α – угол поворота, град; R_1 и R_2 – расстояние ближнего и дальнего краев электродов от центра 0 (рис. 1-а) соответственно; b – толщина продукта, мм.

Чувствительность датчика к отклонению электрода 1 от начального положения определяется выражением:

$$K_\alpha = \frac{dC}{d\alpha} = -\frac{3{,}188\varepsilon_{тм} S\pi\left(R_1 + R_2\right)}{\left[360b + \alpha\pi\left(R_1 + R_2\right)\right]^2}, \text{ пФ/град.} \qquad (2)$$

Чувствительность датчика с поворотным электродом имеет максимальное значение в начальный момент взаимодействия датчика с контролируемым элементом продукта (утолщение, шов), когда $\alpha = 0$:

$$\left|K_{\alpha\max}\right| = \left|K_\alpha\right|_{\alpha=0} = \frac{3{,}188\varepsilon_{тм} S\pi\left(R_1 + R_2\right)}{\left(360b\right)^2}, \text{ пФ/град.} \qquad (3)$$

Принимая S = 1000 мм^2; $\varepsilon_{тм}$ = 1,5; R_1=60 мм; R_2 = 80 мм и b = 1 мм, находим $\left|K_{\alpha\max}\right| = 16{,}22$ пФ/град.

При проектировании системы оперативного контроля продукта требуется знать абсолютное значение приращения емкости датчика при взаимодействии с элементом контроля. Преобразуя (1), получаем:

$$\left|\Delta C\right| = \frac{3{,}188\varepsilon_{тм} S}{360b}\left[1 - \frac{360b}{360b + \alpha\pi\left(R_1 + R_2\right)}\right], \text{ пФ.} \qquad (4)$$

В случае отклонения электрода на угол $\alpha = 1$ град $|\Delta C| \cong 7{,}3$ пФ.

Начальная емкость датчика по схеме рис. 1-б равна:

$$C_{нач} = \frac{8{,}855\varepsilon_{тм} S \cdot 10^{-3}}{b}, \text{ пФ.} \quad (5)$$

Для сравнительной оценки датчиков по схемам рис. 1-а и 1-б найдем приращение толщины продукта в схеме рис. 1-б, соответствующее углу поворота электрода, равному 1 град:

$$\Delta b = \frac{b}{\frac{8{,}855\varepsilon_{тм} S \cdot 10^{-3}}{b\Delta C} - 1}. \quad (6)$$

Подставляя в (6) значения параметров, получаем $\Delta b = 1{,}22$ мм.

Чувствительность датчика по схеме рис. 1-б к изменению толщины продукта:

$$K_b = \frac{dC}{db} = -\frac{8{,}855\varepsilon_{тм} S \cdot 10^{-3}}{b^2}, \text{ пФ/мм.} \quad (7)$$

С учетом принятых значений параметров и b = 1, $|K_b| = 13{,}28$ пФ/мм.

Так как повороту на угол $\alpha = 1$ град соответствует приращение толщины продукта на $\Delta b = 1{,}22$ мм, то, сопоставляя результаты вычислений по (3) и (7), можно сделать вывод, что начальная чувствительность датчика по схеме на рис. 1-а выше чувствительности датчика по схеме на рис. 1-б. Действительно, для принятых параметров имеем $K_\alpha / K_b = 1{,}22$. Другим достоинством рассматриваемого датчика по сравнению с датчиком по схеме на рис. 1-б является более простая конструкция и большая надежность.

Датчики систем автоматического контроля ткани, построенные на принципе механического взаимодействия ткани с двухсторонним чувствительным элементом [2], получили преимущественное распространение. Вместе с тем механический двухсторонний контакт и дополнительное силовое воздействие на ткань являются во многих случаях нежелательными. В этих случаях датчики механизмов оперативного контроля текстильного продукта проектируются по схеме второй группы (рис. 2), главной особенностью которой является слабая энергия взаимодействия с контролируемым продуктом.

Емкость датчика [3] по схеме на рис. 2-а без учета краевого эффекта [4] определяется выражением:

$$C = \frac{8{,}855\varepsilon_{тм} S \cdot 10^{-3}}{\varepsilon_{тм}(\ell - b) + b}, \text{ пФ.} \quad (8)$$

Здесь ℓ – расстояние между электродами, мм.

Величина расстояния между электродами должна быть достаточной для свободного прохождения продукта. В случае контролирования ткани должно выполняться неравенство

$$\ell \geq 3b, \quad (9)$$

где b – толщина ткани.

Полагая $\ell = \ell_{min} = 3b$, определяем начальную емкость датчика:

$$C_{нач} = \frac{8{,}855\varepsilon_{тм} S \cdot 10^{-3}}{b(2\varepsilon_{тм} + 1)}, \text{ пФ.} \quad (10)$$

Заметим, что при ℓ = b емкость рассматриваемого датчика совпадает с начальной емкостью датчика по схеме на рис. 1-б (формула (5)).

Чувствительность датчика по схеме на рис. 2 к изменению толщины продукта определяется выражением:

$$K_{ba} = \frac{dC}{db} = \frac{8{,}855\varepsilon_{тм} S(\varepsilon_{тм} - 1) \cdot 10^{-3}}{\left[\varepsilon_{тм}(\ell - b) + b\right]^2}, \text{ пФ/мм.} \quad (11)$$

Принимая параметры датчика аналогичными принятым ранее, получаем при ℓ=3b; b=1 мм и $\varepsilon_{тм}$=1,5; K_b = 0,415 пФ/мм.

Из приведенного примера следует, что чувствительность датчика по схеме на рис. 2-а значительно ниже чувствительности датчиков по схеме на рис.1, поэтому при проектировании системы оперативного контроля текстильного продукта необходимо выбирать преобразователь сигнала датчика, обеспечивающий необходимое соотношение полезного сигнала к уровню помех [5]. Повысить чувствительность датчика с неподвижными электродами можно введением диэлектрической прокладки в рабочую область датчика (рис. 2-б).

Емкость конденсатора при использовании слоистого диэлектрика равна

$$\tilde{N} = \frac{8{,}855(m-1)\cdot 10^{-3}}{\left(\frac{\delta_1}{\varepsilon_1}+\frac{\delta_2}{\varepsilon_2}+...+\frac{\delta_n}{\varepsilon_n}\right)}, \text{ пФ.} \qquad (12)$$

Здесь C – емкость, пФ; $\delta_1,...,\delta_n$ и $\varepsilon_1,...,\varepsilon_n$ – толщины и диэлектрические проницаемости различных слоев диэлектрика; m – число электродов.

С учетом (12) находим емкость датчика по схеме на рис. 2-б:

$$C = \frac{8{,}855S\cdot 10^{-3}}{\delta_В + \frac{\delta}{\varepsilon_{тм}} + \frac{\delta_П}{\varepsilon_П}}, \text{ пФ,} \qquad (13)$$

где $\delta_В$ – воздушный промежуток между электродом датчика и текстильным продуктом, мм; $\delta_ї$ – толщина диэлектрической прокладки (мм) с диэлектрической проницаемостью $\varepsilon_п$. В соответствии с рис. 2-б имеем:

$$\delta_В = \ell - b - \delta_П. \qquad (14)$$

С учетом (14) выражение для емкости датчика примет вид:

$$C = \frac{8{,}855\varepsilon_{тм}\varepsilon_П S\cdot 10^{-3}}{\varepsilon_{тм}\varepsilon_П\left(l - b - \delta_П\right) + \varepsilon_П b + \varepsilon_{тм}\delta_П}, \text{ пФ.} \qquad (15)$$

Дифференцируя (15) по переменной b, получаем выражение для чувствительности датчика:

$$K_{и\delta} = \frac{dC}{db} = \frac{8{,}855S\varepsilon_П^2\varepsilon_{тм}\left(\varepsilon_{тм}-1\right)\cdot 10^{-3}}{\left[\varepsilon_{тм}\varepsilon_П\left(\ell - b - \delta_П\right) + \varepsilon_П b + \varepsilon_{тм}\delta_П\right]^2}, \text{ пФ/мм.} \qquad (16)$$

Из полученных выражений следует, что емкость и чувствительность датчика существенно зависят от толщины и диэлектрической постоянной прокладки. При выборе материала прокладки следует учитывать требование к емкостной устойчивости датчика. Разделив (16) на (1), определим соотношение чувствительностей датчиков по схемам на рис. 2-б и 2-а:

$$\frac{K_{b\delta}}{K_{ba}} = \frac{\varepsilon_П^2\left[\varepsilon_{тм}\left(1-b\right)+b\right]^2}{\left[\varepsilon_{тм}\varepsilon_П\left(\ell - b - \delta_П\right) + \varepsilon_П b + \varepsilon_{тм}\delta_П\right]^2}. \qquad (17)$$

Принимая $\varepsilon_П = 10$; $\varepsilon_{тм} = 1{,}5$; $\ell = 3$ мм; $b = 1$ мм; $\delta_П = 0{,}1$ мм, из (17) получаем $\frac{K_{b\delta}}{K_{ba}} = 9{,}467$. Таким образом, введение в рабочую область датчика с параллельно расположенными электродами и диэлектрической прокладки позволяет существенно повысить чувствительность датчика к изменению толщины контролируемого продукта.

Приращение емкости датчика с копланарно размещенными электродами (рис. 2-б) определяется выражением:

$$\Delta C = \frac{0,045 a_{тм} b_{тм} C_{тм}}{\sqrt{\left(x^2 - y^2 - \ell^2\right)^2 + 4x^2y^2}} \frac{\varepsilon_{тм} - 1}{\varepsilon_{тм} + 2}, \text{ пФ.} \quad (18)$$

Здесь $a_{тм}$ – длина; $b_{тм}$ – ширина; $C_{тм}$ – толщина в мм контролируемой неравномерности текстильного материала; *x* и *y* – координаты положения неравномерности в рабочей области датчика; ℓ – половина зазора между электродами, мм.

Для оценки чувствительности копланарного датчика к изменению толщины принимаем $a_{тм}$=100 мм; $b_{тм}$=10 мм; $C_{тм.нач}$=1 мм; $C_{тм.max}$=2 мм; $\varepsilon_{тм}$= 1,2. Чувствительность датчика определим через приращение величин емкости датчика и толщины продукта

$$K_{C\,тм} \cong \frac{\Delta C_{max} - \Delta C_{нач}}{C_{тм.max} - C_{тм.нач}}. \quad (19)$$

При выбранных параметрах чувствительность копланарного датчика равна $K_{C\,тм} = 2,25$ пФ/мм.

В табл.1 представлены результаты расчета чувствительности емкостных датчиков, выполненных при одинаковых значениях конструктивных параметров.

Таблица 1

Чувствительность, пФ/мм, датчиков по схемам:				
рис. 1		рис. 2		
а	б	а	б	в
16,22	13,28	0,42	3,93	2,25

ВЫВОДЫ

1. Наибольшей чувствительностью к изменению толщины контролируемого продукта обладают емкостные датчики с силовым воздействием на продукт.

2. Чувствительность датчика слабой энергии взаимодействия с продуктом с параллельными неподвижными электродами может быть существенно повышена покрытием электродов диэлектриком.

3. Полученные аналитические выражения содержат технологические и конструктивные параметры, необходимые для расчета и проектирования датчиков механизмов контроля текстильного продукта.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Расторгуев К.А.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1992, №4. С.63…66.

2. *Расторгуев А.К.* Системы автоматического управления машинами при отделке ткани. – М.: Легкая индустрия, 1977.

3. *Разумова Е.Ф., Расторгуев А.К.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2008, №4. С.89…93.

4. *Разумова Е.А.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1985, №3. С.78…82.

5. *Разумова Е.Ф., Расторгуев А.К.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2008, №3. С.105…108.

6. *Харинский А.Л.* Основы конструирования элементов радиоаппаратуры. – Л.: Энергия, 1971.

Рекомендована кафедрой автоматики и радиоэлектроники. Поступила 16.01.09.

УДК 671.05:062-83

ЧАСТОТНЫЙ АНАЛИЗ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ПЕРЕДАТОЧНЫХ ФУНКЦИЙ ПЕТЛЕОБРАЗОВАТЕЛЯ К ВАРИАЦИИ ПАРАМЕТРОВ

М.А. СОЛОМАНИЧЕВ, А.В. ГЛАЗУНОВ

(Ивановский государственный энергетический университет)

Обеспечение заданного натяжения ткани в процессе ее обработки на оборудовании непрерывного действия является одной из главных технологических задач, решение которой в значительной степени влияет на качество готового продукта и производительность оборудования.

Обеспечить стабилизацию натяжения полотна в зоне обработки только на основе измерения и поддержания соотношения скоростей рабочих органов машин не представляется возможным, так как оно во многом зависит от действия неконтролируемых случайных факторов (деформационных свойств ткани, сил распределенного и сосредоточенного трения, конструктивных параметров валковых пар и т.п.).

Использование петлеобразователя позволяет контролировать все влияющие на натяжение факторы и обеспечить их компенсацию регулированием соотношения скоростей.

Анализ динамических характеристик петлеобразователя [1], [2] позволяет характеризовать его как колебательное звено. Это обусловлено массой измерительного ролика, установкой на нем упругого элемента, а также вязкоупругими свойствами ткани. Естественные факторы, к которым относятся силы сухого трения в подвижных частях петлеобразователя и вязкие свойства транспортируемого полотна, не создают достаточного демпфирующего действия, что осложняет работу системы электропривода.

Демпфирование колебаний измерительного ролика петлеобразователя возможно установкой специального демпфера, обеспечивающего силовое воздействие на ролик, пропорциональное скорости его перемещения. При этом петлеобразователь, используемый как датчик натяжения, работает в условиях естественной вариации параметров (массы измерительного ролика, жесткости упругого элемента и обрабатываемого полотна, скорости его транспортирования).

Все это обусловливает необходимость исследования чувствительности системы автоматической стабилизации натяжения полотна, осуществляемой с помощью петлеобразователя.

Здесь выполним оценку чувствительности передаточной функции петлеобразователя к вариации параметров ткани, массы измерительного ролика и жесткости упругого элемента.

На рис. 1 представлена структурная схема указанного петлеобразователя [2].

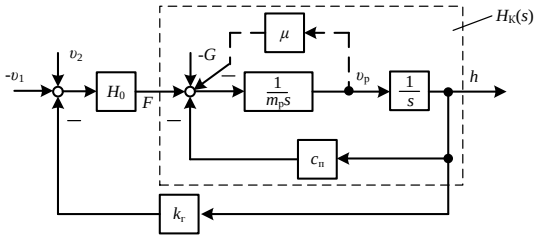


Рис. 1

Здесь $H_0(s) = \frac{F(s)}{\Delta\upsilon(s)} = \frac{k_\upsilon E}{T_П s + 1}$ – передаточная функция транспортируемого полотна; $\upsilon_{1,2}$ – скорости движения полотна на входе и выходе петлеобразователя, м/с; $\Delta\upsilon = \upsilon_2 - \upsilon_1$; $k_\upsilon = \frac{1}{\upsilon}$; υ, F – скорость движения полотна, м/с и его натяжение, Н; $k_Г=2$; $T_П = \frac{l}{\upsilon}$, ℓ – длина полотна в зоне деформации, м; E – модуль упругости полотна, отнесенный к его ширине, Н; $c_п$ – жесткость упругого элемента, Н/м; $m_р$ – масса измерительного ролика, кг; μ – коэффициент демпфирования, Н·с/м.

Для начала выполним оценку чувствительности передаточной функции $H_к(s)$ (рис. 1) петлеобразователя при $\mu = 0$:

$$H_к(s) = \frac{\Delta h(s)}{\Delta F(s)} = \frac{1}{m_p s^2 + c_п}.$$

Запишем логарифмическую функцию чувствительности [3] $H_к(s)$ к вариации массы $m_р$ измерительного ролика:

$$S_{m_р}^{H_К}(s) = \frac{\partial H_К}{\partial H_{m_р}} \frac{H_{m_р}}{H_К} = -\frac{m_p s^2}{m_p s^2 + c_п}. \quad (1)$$

Чувствительность $H_к(s)$ к вариации $c_п$:

$$S_{c_п}^{H_К}(s) = -\frac{c_п}{m_p s^2 + c_п}. \quad (2)$$

Анализ (1) и (2) позволяет установить уменьшение чувствительности $H_к(s)$ к вариации $m_р$ с ростом $c_п$ и ее уменьшение к вариации $c_п$ с ростом $m_р$. Нетрудно видеть, что при $c_п = 0$ чувствительность $S_{m_р}^{H_К}(s) = -1$, так же, как $S_{c_п}^{H_К}(s) = -1$ при $m_р = 0$.

Найдем чувствительность как функцию частоты, подставив в (1) $s = j\omega$. Тогда имеем:

$$S_{m_р}^{H_К}(j\omega) = \frac{1}{\frac{c_п}{m_p \omega^2} - 1}. \quad (3)$$

Аналогичная чувствительность $H_к(s)$ к вариации жесткости $c_п$ упругого элемента

$$S_{c_п}^{H_К}(j\omega) = \frac{1}{\frac{m_p}{c_п}\omega^2 - 1}. \quad (4)$$

На рис. 2-а и 2-б представлены графические зависимости функций чувствительности от частоты, рассчитанные в среде моделирования автоматических систем регулирования Simulink программной среды MATLAB 7.2 по (3) и (4) для петлеобразователя с параметрами: $c_п = 2{,}7 \cdot 10^3$ Н/м (кривая 1 на рис. 2-б) и $c_п = 270$ Н/м (кривая 2 на рис. 2-б); $m_р = 10$ кг (кривая 1 на рис. 2-а) и $m_р = 30$ кг (кривая 2 на рис. 2-а), показывающие чувствительность передаточной функции петлеобразователя к вариациям $c_п$ и $m_р$ в области малых ($\omega < 30$ рад/с, $f < 5$ Гц) частот, а также увеличение частоты пропускания с уменьшением $m_р$ и увеличением $c_п$.

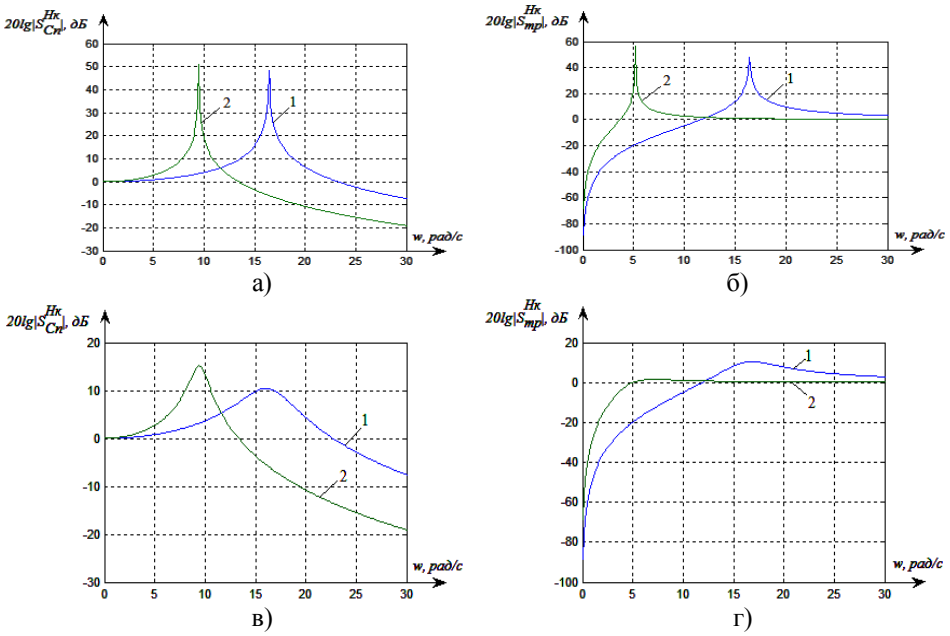


Рис. 2

При установке демпфера с коэффициентом демпфирования μ = 50 Н·с/м передаточная функция (1) примет вид:

$$H_{к1}(s)=\frac{1}{m_p s^2+\mu s+c_п}. \qquad (5)$$

Тогда логарифмические функции чувствительности $H_{к1}(s)$ к вариации $m_р$ и $c_п$:

$$S_{m_p}^{H_{K1}}(s)=-\frac{m_p s^2}{m_p s^2+\mu s+c_п}, \qquad (6)$$

$$S_{c_п}^{H_{K1}}(s)=-\frac{c_п}{m_p s^2+\mu s+c_п}. \qquad (7)$$

Соответствующие (6) и (7) частотные функции чувствительности:

$$S_{m_p}^{H_{K1}}(j\omega)=\frac{1}{\frac{c_п}{m_p\omega^2}+j\frac{\mu}{m_p}\omega-1}, \qquad (8)$$

$$S_{c_п}^{H_{K1}}(j\omega)=\frac{1}{\frac{m_p}{c_п}\omega^2+j\frac{\mu}{c_п}\omega-1}. \qquad (9)$$

На рис. 2-в и 2-г представлены графические зависимости функций чувствительности (8), (9) от частоты, рассчитанные при значении коэффициента демпфирования μ = 50 Н·с/м и параметрах $m_р$ и $c_п$, соответствующих обозначениям 1 и 2, принятым на рис. 2-а и 2-б, показывающие уменьшение, по сравнению с (3) и (4), как чувствительности, так и скорости ее нарастания с увеличением частоты.

Оценим влияние параметров на динамические характеристики системы стабилизации натяжения (рис. 1), имеющей передаточную функцию:

$$H_з(s)=\frac{\Delta h(s)}{\Delta U_з(s)}=\frac{H_0 H_1}{1+H_0 H_1 k_г s}. \qquad (10)$$

Запишем логарифмические функции чувствительности $H_з(s)$ соответственно к вариации жесткости полотна ($K_1 = k_\upsilon E$):

$$S_{K_1}^{H_з}(s)=\frac{1}{\Delta}, \qquad (11)$$

к вариации массы $m_р$ измерительного ролика:

$$S_{m_p}^{H_з}(s)=-\frac{m_p s^2(\ell s+\upsilon)}{\Delta}, \qquad (12)$$

к вариации жесткости $c_п$ упругого элемента датчика:

$$S_{c_п}^{H_з}(s)=-\frac{c_п(\ell s+\upsilon)}{\Delta}, \qquad (13)$$

к вариации скорости υ движения полотна:

$$S_{\upsilon}^{H_з}(s)=-\frac{\upsilon\left(\ell m_p s^3+m_p\upsilon s^2+\ell c_п s+c_п\upsilon\right)}{\Delta}. \qquad (14)$$

Здесь

$$\Delta=\ell m_p s^3+m_p\upsilon s^2+\left(\ell c_п+k_1 k_г\right)s+c_п\upsilon.$$

Для системы с параметрами ℓ = 4,5 м; υ = 1 м/с; $K_1 = 10^5$; $c_п$ = 2700 Н/м; $m_р$ = 10 кг по соотношениям (11)…(14) выполнен расчет функций чувствительности, представленных на рис. 3-а и 3-г.

Анализ графических зависимостей логарифмических частотных функций чувствительности, представленных на рис. 2-а, 2-в и рис. 3-в, показывает уменьшение чувствительности передаточной функции $H_з(s)$ к вариации $m_р$ по сравнению с аналогичной чувствительностью петлеобразователя, а также существенное смещение вправо резонанса частотной характеристики чувствительности. Аналогичная картина наблюдается и при вариации $c_п$ (рис. 2-б, 2-г и рис. 3-б).

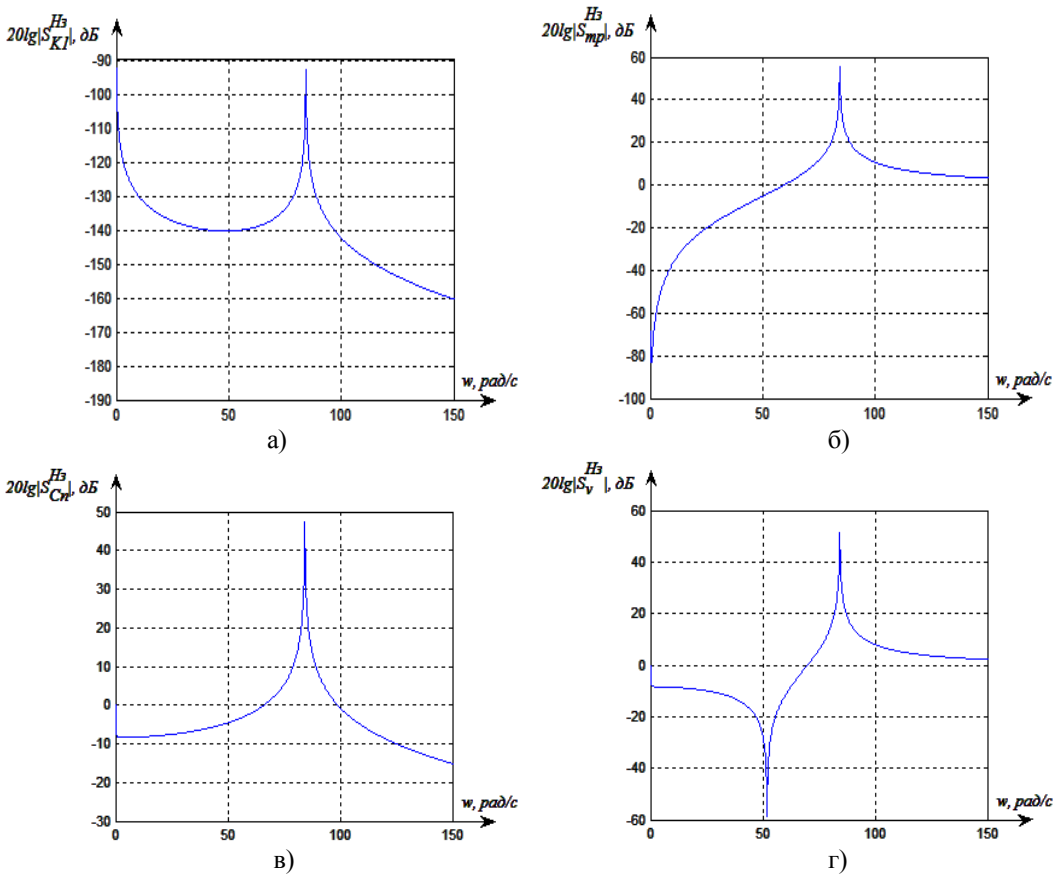


Рис. 3

Значительное влияние на чувствительность передаточной функции $H_з(s)$ оказывает скорость движения полотна (рис. 3-г). В пределах полосы пропускания $f_п$=10…12 Гц график функции чувствительности имеет два резонанса, причем на частотах 50 и 80 рад/с наблюдается резкое возрастание указанной чувствительности.

Как показано на рис. 3-а, влияние вариации модуля упругости полотна в большей степени проявляется на низких и близких к резонансу частотах.

ВЫВОДЫ

1. Чувствительность передаточной функции петлеобразователя к вариации массы измерительного ролика в диапазоне малых частот с ростом частоты быстро возрастает.

2. Уменьшение массы измерительного ролика петлеобразователя, а также увеличение жесткости упругого элемента петлеобразователя увеличивает его частоту пропускания.

3. Частотная функция чувствительности передаточной функции петлеобразователя к скорости движения полотна характеризуется резкими изменениями в диапазоне частоты пропускания.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Быстров А. М., Глазунов В. Ф.* Многодвигательные автоматизированные электроприводы поточных линий. – М.: Легкая индустрия, 1977.

2. *Глазунов В. Ф., Прокушев С. В.* Автоматизация оборудования для непрерывной обработки текстильных материалов. – Иваново: Изд. ИГЭУ, 2002.

3. *Горовиц А. М.* Синтез систем с обратной связью / Пер. с англ. – М.: Советское радио, 1970.

Рекомендована кафедрой электропривода и автоматизации промышленных установок. Поступила 2106.09.

УДК 621.43.088.8

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВИБРОАКУСТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПРЯДИЛЬНЫХ МАШИН ТИПА ПСК

Б.С.САЖИН, О.С.КОЧЕТОВ, О.В.ПОЛИТОВА, О.В.ПЛАТОНОВА, Е.Н. АТЛАШКИНА

(Московская государственная текстильная академия им.А.Н. Косыгина)

Актуальность работы обусловлена требованиями действующих сегодня санитарных норм СН N3223–85 [1], которые регламентируют уровень звука в цехах текстильной и легкой промышленности в пределах 80 дБА. Работы по снижению уровней звукового давления на рабочих местах прядильных машин типа ПСК проводились на ОАО "Курский трикотажный комбинат".

В основу исследования был положен метод отключения основных механизмов, при котором уровень звукового давления, создаваемый работой исследуемого узла или их совокупностью, определяется по результатам измерений уровня шума до и после отключения отдельных механизмов [1…5].

Ниже приведены результаты экспериментальных исследований уровней звукового давления на рабочем месте прядильной машины типа ПСК-225 с блоком АКУ (аэродинамическое крутильное устройство) и без него, установленной на испытательной станции ВНИИЛтекмаша (при давлении p=3,5кГс/см^2 и скорости выпуска v=220м/мин), при этом звукопоглощающая облицовка крышек блока АКУ осуществлялась слоем пенополиуретана толщиной 3,5 мм. Приведены также результаты натурных испытаний прядильных машин ПСК-225-ШГ со средствами модернизации СФК-1 (способом совмещенного формирования и кручения), которые проводились на Курском трикотажном комбинате. При этом звукопоглощающая облицовка крышек блока АКУ выполнялась резонансными перфорированными панелями, построенными по принципу резонаторов Гельмгольца (диаметр отверстий 3мм, толщина панели 1мм, количество отверстий 720, расстояние между металлической основой и резонансной панелью 4 мм, частота настройки резонаторов 8кГц). Замеры проводились шумоизмерительным комплексом фирмы Брюль и Къер (микрофон 4131, шумомер 2203, октавные фильтры 1613) на расстоянии 1 м от контура машины.

Анализируя полученные результаты, можно отметить, что существенный вклад в шумоизлучение машин этого класса вносит блок АКУ, причем в высокочастотном диапазоне 6,3...16 кГц. Максимум излучения от вентилятора приходится на области средних частот порядка 500...1000 Гц и шум от него может быть уменьшен традиционными средствами, например, установкой вентилятора на виброизоляторы и обработкой воздуховодов вибродемпфирующим материалом, а также установкой на входе и выходе глушителей шума активного типа с применением расширительных камер [5].

При работе отдельно включенной механической части машины особый вклад в излучение вносит валик вытяжного прибора за счет его контакта с рифленым цилиндром, что создает высокочастотный шум в области 8 кГц. Для устранения этого шума было предложено уменьшить зону контакта этих валиков с рифленым цилиндром, то есть выполнить валик вытяжного прибора с проточками (рис.1). Эффективность такого мероприятия составила: на частоте 8кГц 9дБ, по уровню звука 2дБА.

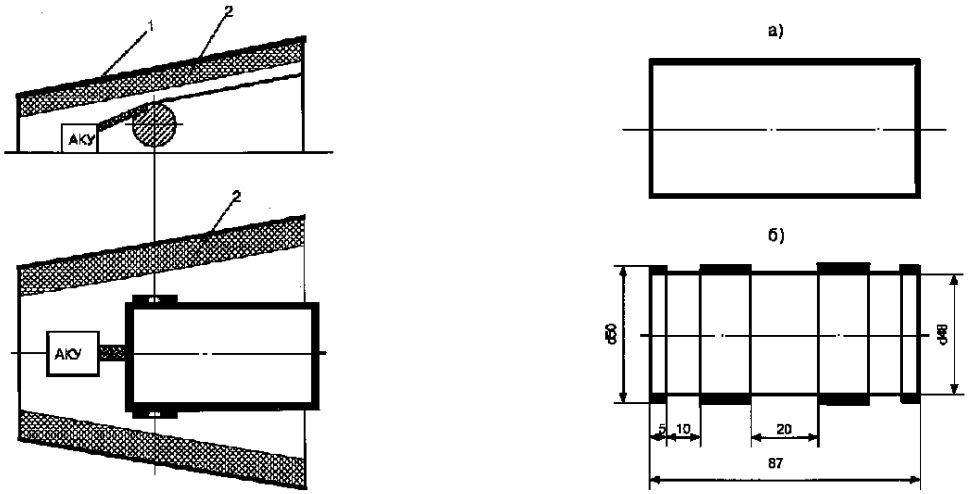


Рис. 1

Работа над снижением шума блока АКУ велась двумя путями:

– методом звукоизоляции с помощью крышки;

– установкой глушителей шума на соплах.

На рис.1 приведена схема расположения звукопоглощающего материала на звукоизолирующей крышке (1 – металлическая пластина; 2 – пенополиуретан) блока АКУ прядильной машины типа ПСК (слева) и схема выполнения проточек на валике (справа: а) – в обычном исполнении; б) – в малошумном исполнении (с проточками)). Эффективность снижения шума от применения звукоизолирующей крышки (толщина металла 2 мм) на блоке АКУ составила: в спектре 2...9 дБ, по уровню звука 7дБА. При обработке крышки звукопоглощающим материалом, например, винипором (или пенополиуретаном) толщиной 3,5 мм, дополнительно увеличилась эффективность шумопоглощения до 15дБ в спектре (8000Гц) и до 8дБА по уровню звука (рис.3).

На рис.2 приведена схема глушителя шума эжекторного типа (Dк – диаметр камеры; Lк – длина камеры), состоящего из: 1 – сопло, 2 – воздухопроницаемая оболочка, 3 – металлический корпус, 4 – звукопоглотитель, 5 – акустически прозрачная оболочка.

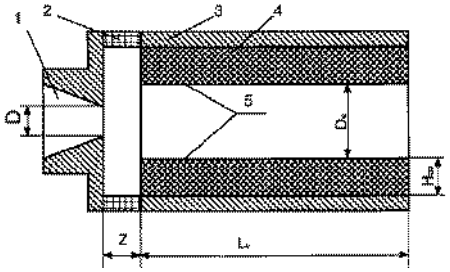


Рис. 2

Принцип действия эжекторного глушителя основан на переформировании факела струи, вытекающей из сопла таким образом, чтобы ядро звукового излучения приходилось на вставку 2 из звукопоглотителя.

На рис. 3 представлены акустические характеристики сопла.

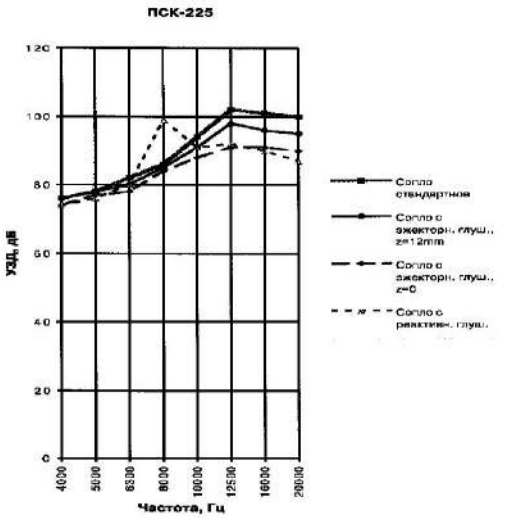


Рис. 3

Основные параметры эжекторного глушителя связаны следующими сооотношениями:

$$D_{эж}/D=4...5;\ H_{обл}/D_{эж}=0,1.$$

Для диаметра D сопла блока АКУ, равного 3 мм, диаметр эжекторной части глушителя равен $D_{эж}$ = 15 мм, а толщина облицовки звукопоглотителя $H_{обл}$ = 1,5 мм. Зазор между соплом и вставкой 2 эжектора находится с диаметром сопла D в следующей зависимости: D_l/D = 4, а длина эжекторной части глушителя находится из соотношения: $L_{эж}/D_{эж}$ = 4, тогда при при принятых выше параметрах глушителя: D_l = 12 мм, а $L_{эж}$= 60 мм.

Глушитель с такими параметрами был изготовлен из стали, в качестве звукопоглотителя был применен пенополиуретан, а акустически прозрачной пленкой служил материал на полиэтиленовой основе типа "повиден". Испытания вариантов глушителей проходили при давлении в блоке АКУ, равном 1,6 кГс/см^2, а микрофон располагался на расстоянии 0,3м от среза сопла. Исходными данными для расчета глушителей камерного типа послужили результаты замеров уровней звукового давления сопел при различных рабочих давлениях (от 0,5 до 4,5 кГс/см^2), которые позволили сделать вывод о характере их шумоизлучения. В большинстве случаев максимум излучения приходится на высокочастотную область, начиная с 8 до 20 кГц включительно (например, при р=1,6 кГс/см 52 0 максимум спектра шумоизлучения приходится на частоту 12,5 кГц). Глушитель шума реактивного типа (рис. 3) препятствует распространению звуковых колебаний, частота которых выше некоторой граничной частоты, поэтому исходя из анализа экспериментальных данных назначаем граничную частоту для расчета: $f_{гр}$=4000 Гц. Для граничной частоты 4000 Гц исходя из конструктивных особенностей размещения глушителя в блоке АКУ были получены следующие расчетные параметры для реактивного камерного глушителя: ℓ=5мм, d=3мм, $D_к$ =10,5мм, $L_к$ =3мм. Глушитель был изготовлен из оргстекла толщиной 3мм и испытан при условиях, аналогичных эжекторному глушителю.

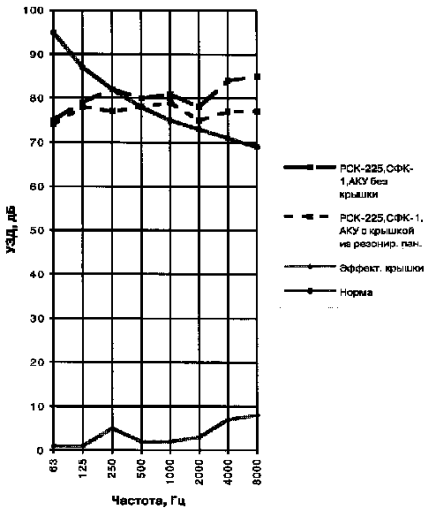


Рис. 4

На рис.4 приведены результаты экспериментальных исследований различных конструкций глушителей в третьоктавной полосе частот (4... 20 кГц) при давлении в блоке АКУ машины, равном 1,6 кГс/см^2. Анализируя результаты экспериментальных исследований аэродинамических глушителей шума блока АКУ, можно сделать вывод, что все они имеют наибольшую эффективность в высокочастотном диапазоне порядка 12,5...20 кГц, причем наибольшей эффективностью обладает эжекторный глушитель (снижение уровней звукового давления до 13 дБ).

ВЫВОДЫ

1. Разработаны методы снижения шума прядильных машин типа ПСК, которые включают в себя звукоизоляцию и звукопоглощение блока АКУ, снижение шума вытяжного прибора с изменением конструкции валика и оснащение сопел аэродинамическими глушителями шума.

2. Разработана методика расчета аэродинамических глушителей шума эжекторного типа для блока АКУ прядильных машин класса ПСК, эффективность которых составляет в высокочастотной области порядка 10...13 дБ.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. *Щербаков В.И., Тюрин М.П.* Охрана окружающей среды от шума и пыли на предприятиях текстильной промышленности // Общие вопросы легкой промышленности". – М.: ЦНИИТЭИлегпром, 1991.

2. СН N3223–85.Санитарные нормы допустимых уровней шума на рабочих местах. – М.: Главное санитарно-эпидемиологическое управление, 1988.

3. А.с.СССР N1388484.Ограждение веретен текстильной машины. /Кочетов О.С., Старостин С.В., Зубко А.И. – Опубл. 1988. Бюл. №14.

4. Руководство по расчету и проектированию шумоглушения в промышленных зданиях. - М.:Стройиздат,1982.

5. *Щербаков В.И., Кочетов О.С., Малышева М.Ф., Тюрин М.П.* // Изв.вузов. Технология текстильной промышленности. – 1995, №4.

Рекомендована кафедрой процессов и аппаратов химической технологии и безопасности жизнедеятельности. Поступила 18.02.08.

УДК 677.022:519.8:62.50.72

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВИДА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ВОЛОКОН НА ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА ПРЯЖИ

П.А. СЕВОСТЬЯНОВ, Ю.С. ЯКОВЛЕВА

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

Для построения модели пряжи использованы компьютерные методы [1]. В модели используются генераторы случайных чисел для имитации свойств волокон: длины L, тонины S, разрывной нагрузки P_{max}, разрывного удлинения d_{max}, кручения вокруг оси пряжи K, расстояния от оси пряжи r, продольной координаты x волокна. Для распределения каждого из перечисленных показателей задаются минимальные и максимальные значения min, max этих показателей, среднее M и коэффициент вариации Cv. Кроме того, задаются коэффициенты трения волокна по волокну μ,□ □ сцепления волокон q, поперечного сжатия ν, упругости E.

Поскольку точные распределения этих характеристик неизвестны или мало изучены, то возникает задача исследовать, в какой степени различие в этих распределениях отражается на характеристиках пряжи. Для этого в модели [1], [2] были использованы два типа генераторов характеристик волокон – генератор β-распределения и генератор нормального распределения.

Генератор β-распределения работает медленно. При моделировании большого объема точек требуется не менее ста повторностей в одном опыте, что приводит к длительному эксперименту. Чтобы ускорить процесс моделирования, можно заменить генератор β-распределения с параметрами X_{min}, X_{max}, X_m, CX на более быстрый генератор нормального распределения. Для исключения выбросов больших положительных и отрицательных значений в этом распределении использован модифицированный генератор нормального распределения с отсечением значений, соответственно меньших и больших X_{min}, X_{max}.

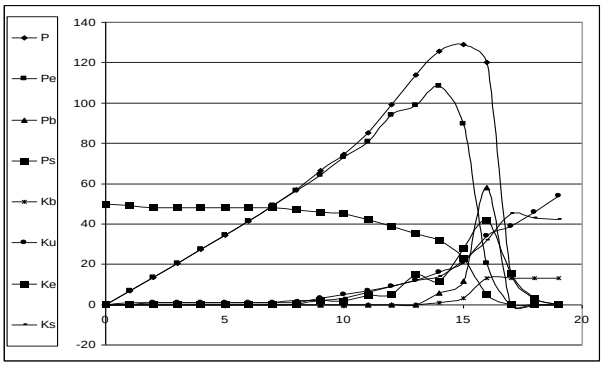


Рис. 1

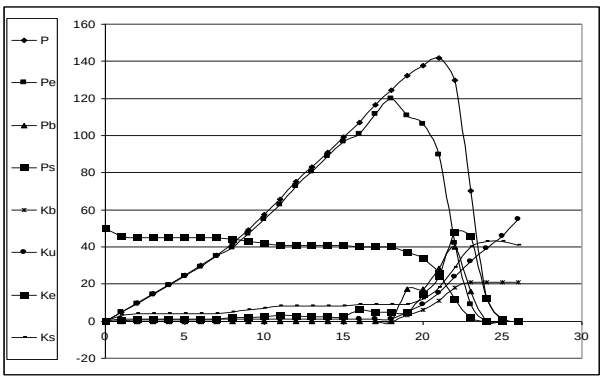


Рис. 2

Для того, чтобы получить статистически надежные результаты, моделирование выполнялось при прочих равных условиях с помощью одной и той же модели, число повторных испытаний составляло 100. Типовая картина результатов моделирования полуциклового испытания пряжи до разрыва приведена на рис. 1 – для β-генератора и на рис. 2 – для генератора нормального распределения. По результатам такого рода определялись экстремальные точки для моделируемого отрезка пряжи, то есть разрывные удлинение и нагрузка.

На рисунках показано изменение силы сопротивления пряжи растяжению P, ее составляющие Pe, Ps, Pb, зависящие соответственно от растягивающихся, скользящих и разрывающихся волокон, числа волокон. Также приведены диаграммы рассеяния: рис. 3 – для β-генератора, рис. 4 – для генератора нормального распределения .

Рис. 3

Рис. 4

Сравнение этих диаграмм показало, что экономия времени за счет использования более быстрого, но менее точного генератора приводит к существенно разным результатам и поэтому нежелательна.

ВЫВОДЫ

1. Исследована зависимость результатов компьютерного моделирования от типа выбранного закона распределения прочностных характеристик волокон и генераторов случайных чисел.

2. Установлено, что форма законов распределения существенным образом отражается на результатах моделирования, поэтому для получения адекватных результатов на модели необходимо использовать достаточно достоверную информацию о распределении прочностных характеристик волокон.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Севостьянов П.А.* Статистическая имитация растяжения и разрыва пряжи // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1981, №3. С.9…13.

2. *Севостьянов П.А.* Компьютерное моделирование технологических систем и продуктов прядения. – М.: Информ-Знание, 2006.

Рекомендована кафедрой информационных технологий и систем автоматизированного проектирования. Поступила 01.06.09.

УДК 677.21.023.75(043.3)

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ФИЛЬТРОВАЛЬНОЙ ПОЛУТОРАСЛОЙНОЙ ТКАНИ

Н.Н. ВЛАСОВА

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

Значительное расширение области применения фильтровальных тканей и внедрение в различные области промышленности новых технологий привело к необходимости разработки новых фильтровальных тканей, обладающих комплексом необходимых свойств, отвечающих требованиям технического процесса.

Основным важнейшим показателем свойств фильтровальных тканей является воздухопроницаемость, которая во многом зависит от наличия сквозной пористости.

В значительной степени качество фильтровальной ткани определяется структурой самой ткани, поэтому выявление и обоснование рациональной структуры, обеспечивающей необходимые эксплуатационные свойства, является основной задачей при создании новых методов проектирования фильтровальных тканей.

Многие исследователи [1], [2] представляют ткань сеточной моделью, по которой нити рассматриваются как непроницаемые цилиндры, а воздухопроницаемость ткани считают обусловленной наличием сквозных пор, форма которых сводится к простым геометрическим объектам. Такая модель ткани является условной, а расчетные значения размеров пор, толщины и поверхностной пористости ткани существенно отличаются от действительных.

Данное исследование посвящено изучению геометрических характеристик и разработке метода проектирования полутораслойной фильтровальной ткани.

Таблица 1

Переплетение	Линейная плотность нитей, текс		Коэффициент, учитывающий волокнистый состав нитей		Коэффициент, учитывающий изменение вертикальных размеров нити		Коэффициент, учитывающий изменение горизонтальных размеров нити		Геометрическая плотность ткани, мм		Толщина ткани $T_{тк}$, мм
	$T_о$	$T_у$	$C_о$	$C_у$	$\eta_{ов}$	$\eta_{ув}$	$\eta_{ог}$	$\eta_{уг}$	$\ell_о$	$\ell_у$	
Полутораслойная ткань	50	58	1,25	1,25	0,99	0,94	1,36	1,19	0,45	0,75	1,5

В работе были сделаны некоторые допущения: высота поры равна толщине ткани; нити основы и утка в ткани имеют эллипсоидную форму поперечного сечения.

В табл. 1 приведены исходные параметры.

Сквозная пористость в тканях различных переплетений зависит от характера переплетения и изменяется под влиянием данного фактора строения в значительных пределах. Это связано как с изменением поперечных размеров нитей в результате их смятия, так и с вертикальными и горизонтальными изгибами нитей.

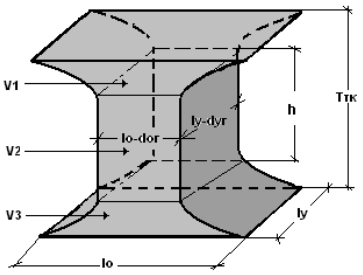


Рис. 1

На рис. 1 представлена упрощенная модель сквозной поры в полутораслойной ткани. Для вычисления ее объема условно разделим пору на три части.

Количество сквозных пор в раппорте переплетения определяется по рис. 2 – переплетения по методике упрощенной модели сквозной поры.

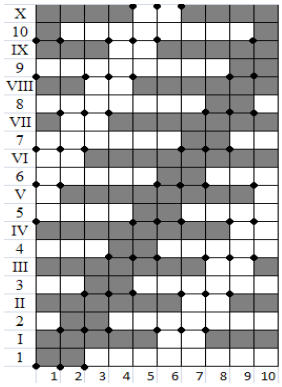


Рис. 2

Рассмотрим предлагаемую нами методику расчета объема сквозных пор полутораслойных тканей.

Исходными данными являются: переплетение нитей в ткани; $T_О$, $T_У$ – линейная плотность нитей основы и утка, текс; $C_О$, $C_У$ – коэффициенты, учитывающие волокнистый состав нитей основы и утка; $\eta_{ОВ}, \eta_{УВ}$ – коэффициенты, учитывающие изменение вертикальных размеров нити в ткани; $\eta_{ОГ}, \eta_{УГ}$ – коэффициенты, учитывающие изменение горизонтальных размеров нити в ткани; $\ell_О$, $\ell_У$ – геометрическая плотность ткани по основе и утку, мм; $T_{тк}$ – толщина ткани, мм.

1. Определим диаметры нитей в ткани с учетом их смятия, мм:

$$d_{ОГ} = 0{,}1 C_О \eta_{ОГ} \sqrt{0{,}1 T_О}\,, \qquad (1)$$

$$d_{УГ} = 0{,}1 C_У \eta_{УГ} \sqrt{0{,}1 T_У}\,, \qquad (2)$$

$$d_{ОВ} = 0{,}1 C_О \eta_{ОВ} \sqrt{0{,}1 T_О}\,, \qquad (3)$$

$$d_{УВ} = 0{,}1 C_У \eta_{УВ} \sqrt{0{,}1 T_У}\,. \qquad (4)$$

2. Рассчитаем объем сквозной поры в раппорте переплетения:

$$V_0 = V_1 + V_2 + V_3 = \left[\ell_О \ell_У \frac{\pi}{2} - \frac{\ell_О}{2}\left(d_{УГ} + d_{УВ}\right) - \frac{\ell_У}{2}\left(d_{ОГ} + d_{ОВ}\right) + \left(\frac{d_{УГ} + d_{УВ}}{4}\right)\left(\frac{d_{ОГ} + d_{ОВ}}{4}\right)\pi\right]$$
$$+\left[\left(\ell_О - d_{ОГ}\right)\left(\ell_У - d_{УГ}\right)\left(T_{тк} - \left(\frac{d_{УВ} + d_{УГ}}{4}\right) - \frac{d_{УВ}}{2}\right)\right] + \left[\ell_О \ell_У \frac{\pi}{2} - \ell_О d_{УГ} - \ell_У d_{ОГ} + d_{ОГ} d_{УГ} \frac{\pi}{4}\right]. \qquad (5)$$

3. Рассчитаем объем сквозных пор в раппорте данного переплетения:

$$V = V_0 n\,, \qquad (6)$$

где n – количество пор в раппорте ткани.

Как видно из приведенных формул (5) и (6), объем одной поры в полутораслойной фильтровальной ткани изменяется за счет уменьшения или увеличения линейной плотности нитей, геометрической плотности ткани по основе и утку, толщины ткани. Общий объем сквозных пор изменяется за счет увеличения или уменьшения числа сквозных пор в раппорте.

ВЫВОДЫ

1. В результате проведенной работы были изучены геометрические характеристики сквозных пор в полутораслойной ткани, получены универсальные функциональные зависимости между параметрами строения ткани и сквозной пористостью.

2. Разработана методика расчета объема сквозных пор в фильтровальных полутораслойных тканях.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бутыла К.П.* К вопросу о строении и технологии изготовления сеток фильтровальных из синтетических волокон для угольной промышленности: Дис….канд. техн. наук. – Ленинград, 1973.

2. *Монина П.В.* Исследование ситовых тканей в связи с разработкой новой структуры мукомольных сит: Дис….канд. техн. наук. – М., 1944.

Рекомендована кафедрой ткачества. Поступила 18.05.09.

УДК 629.065

ВЫДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ АВТОМАТИЗАЦИИ ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫХ И ТРАНСПОРТНЫХ ОПЕРАЦИЙ НА СКЛАДАХ ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ В ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Е.А.РЫЖКОВА, А.С.ХОДАКОВ

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

Основные направления автоматизации вспомогательного производства состоят в автоматизации транспортных, погрузочно-разгрузочных и внутрискладских операций, автоматизации формирования партий готовой продукции и автоматизации учетных записей.

Останавливаясь на автоматизированных системах складирования, можно сказать, что способ хранения и тип хранилища являются обычно первичными факторами и берутся за основу при выборе всех остальных параметров.

Наиболее удобны для автоматизации склады со стеллажным хранением. Они делятся на:

– стационарные. Это обычные полочные или клеточные стеллажи, поворотные стеллажи, стеллажи гравитационного типа (рис. 1 – склад с гравитационными стеллажами: 1 – разгрузочный штабеллер; 2 – ячейки склада; 3 – грузы на поддонах; 4 – загрузочный штабеллер; 5 – каретка штабеллера; 6 – подающий конвейер; 7 – отгрузочный конвейер.), а также элеваторные стеллажи. Элеваторы применяют в легкой промышленности для хранения готовых швейных изделий в подвешенном состоянии;

– передвижные, то есть стеллажи, перемещаемые по направляющим параллельно или перпендикулярно фронту их загрузки (рис. 2: 1 – конвейер; 2 – электропогрузчик; 3 – кипа ткани; 4 – секции передвижных стеллажей; 5 – рельсы для перемещения секций стеллажей) или по дуге, вследствие чего открывается доступ к нужной секции и грузу.

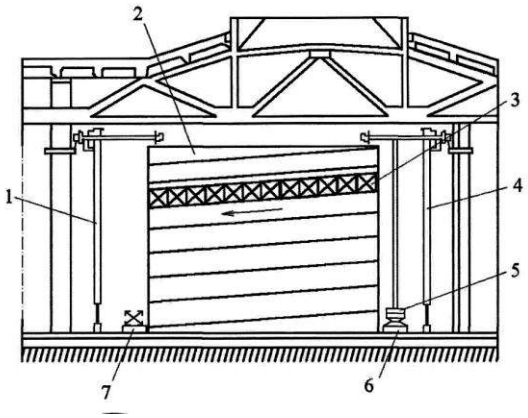


Рис. 1

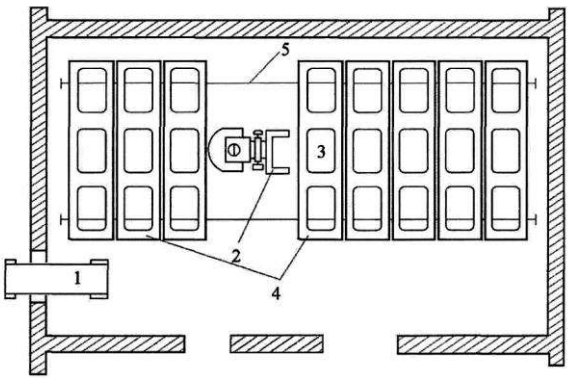


Рис. 2

Размещение изделий на стеллажах в обоих случаях может быть фиксированным и свободным. При фиксированном размещении за каждым видом (типом) ткани закрепляется одна или несколько ячеек или секций стеллажа. При свободном размещении каждый прибывающий на склад рулон ткани размещается в ближайшую свободную ячейку. В зависимости от выбранного способа формируется система управления работой складского оборудования и база данных предприятия о готовой продукции.

Правильный выбор системы размещения грузов на складе позволяет минимизировать количество оборудования автоматизированного склада. Решение этой задачи осуществляется путем создания модели работы склада, а это требует предварительного статистического исследования работы предприятия.

Применение тех или иных средств автоматизации транспортных, погрузочных и складских операций определяется типом изделий, способом их упаковки, принятой организационной схемой технологического процесса, особенностями построения склада, способами хранения и целым рядом других факторов.

Специфика указанных факторов часто служит серьезным препятствием к применению типового автоматизированного оборудования для конкретных целей. В то же время процесс переработки тарных и штучных грузов, к которым можно отнести и ткани, содержит много общих черт для большинства отраслей как текстильной, так и легкой промышленности [1]. Эти черты касаются таких операций, как определение места хранения и доставка туда груза, складирование, комплектование партий и отправка товара потребителю как со склада, так и непосредственно после разбраковки (в случае производства тканей). Общность указанных черт позволяет во многих случаях однотипные алгоритмы управления применять к однотипному оборудованию.

ВЫВОДЫ

Проведена систематизация существующего транспортного, погрузочно-разгрузочного и складского оборудования, используемого на предприятиях текстильной промышленности, что позволит обобщить и унифицировать алгоритмы управления этим оборудованием, а также использовать одно и то же оборудование для решения разных задач.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Руженцев А.С.* Основы автоматизации погрузочно-разгрузочных и вспомогательных операций в легкой промышленности. – М.: Легкая индустрия. 1976.

Рекомендована кафедрой автоматики и промышленной электроники. Поступила 20.05.09.

УДК 677.11.051

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ МАССЫ ТРЕПАНОГО ЛЬНА

С.М. ВИХАРЕВ, Н.М. ФЕДОСОВА

(Костромской государственный технологический университет)

Одним из важнейших этапов технологического процесса является получение длинного волокна при переработке тресты на мяльно-трепальном агрегате (МТА). Согласно [1] взвешивание сырья перед механической обработкой происходит в процессе доставки сырья в производство на этапе транспортирования, когда транспортное средство вместе с сырьем взвешивают на автомобильных весах или при разгрузке сырья в производственном корпусе с использованием товарных, шкальных

счетных или платформенных передвижных весов. Массу готовой продукции – длинного волокна – определяют на этапе формирования паковки кип волокна с помощью платформенных передвижных весов.

Недостатками известного способа является то, что количественная оценка результатов переработки сырья осуществляется вручную, требует затрат времени, снижает оперативность определения выхода длинного волокна и позволяет контролировать результаты работы в целом за смену.

Для исключения этих недостатков разработан новый способ определения выхода длинного волокна путем поточного контроля массы и влажности сырья и длинного волокна с учетом продолжительности технологической операции выделения длинного волокна из тресты и доли образующегося при этом брака – недоработки. Схема реализации предлагаемого способа представлена на рис. 1.

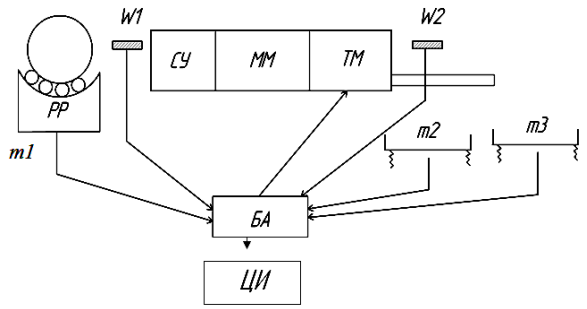


Рис. 1

Контроль выхода длинного волокна происходит следующим образом. При размотке рулона на рулоноразмотчике РР контролируется изменение массы загруженного на РР сырья m1 с помощью встроенных электронных платформенных весов. Аналогичным образом на выходе МТА осуществляется контроль массы недоработки m2 и массы чистого длинного волокна m3. Кроме того, перед сушильной машиной СУ и после МТА бесконтактным методом [2] осуществляется контроль влажности волокнистого материала, W1 и W2 соответственно. По этим данным в блоке анализа БА вычисляется значение кондиционной массы тресты, кондиционной массы чистого и недоработанного волокна; текущего выхода длинного волокна, производится необходимая фильтрация шума показаний, и полученный результат передается на цифровой индикатор ЦИ.

Вместо платформенных весов, встроенных в рулоноразмотчик, возможна установка между РР и СУ устройства контроля массы в потоке [3], что будет способствовать упрощению конструкции в целом, а также обеспечит оперативность подачи информации в БА.

ВЫВОДЫ

Предложенный метод контроля массы трепаного льна расширяет информативность процесса контроля результатов переработки лубяного сырья, способствует повышению достоверности полученных результатов, снижению трудоемкости контроля массы материалов и снижению затрат времени на проведение анализа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Инструкция по проектированию предприятий первичной обработки льна. ИТП 52–89. – М., 1989.

2. *Катков А.А., Бронза В.Г.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2007, №4. С.119…121.

3. *Вихарев С.М.* Устройство контроля массы и линейной плотности волокнистых материалов / Вихарев С.М., Федосова Н.М., Иванюк Д.В. Патент на полезную модель № 78573 бюл. №33 от 27.11.2008

Рекомендована кафедрой автоматики и микропроцессорной техники. Поступила 06.04.09.

УДК 677.074:684:339.1

ОЦЕНКА КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ МЕБЕЛЬНЫХ ТКАНЕЙ

Е.Н. ВЛАСОВА, В.Б. РЕКЕЧИНСКАЯ

(Ивановская государственная текстильная академия)

Современный ассортимент облицовочных тканей для мягкой мебели разнообразен и обладает широким спектром потребительских свойств. На каждую из моделей на выбор предлагается около 100 наименований ткани различного вида, качества, фактуры, цвета и стоимости. Чтобы не запутаться в этом многообразии, подобрать такую ткань, которая обладала бы высокой износоустойчивостью, прочностью и одновременно имела хорошие гигиенические показатели, была бы модной и недорогой, необходимо оценить потребительские свойства мебельных тканей. Для российского покупателя важна цена изделия. Поскольку составляющая ткани в конечной стоимости мягкой мебели доходит в некоторых моделях до 60%, то вполне понятен и интерес к этой теме.

Цены на ткани одного и того же наименования имеют очень большой разброс, что связано не только со страной-изготовителем и поставщиком ткани, но, главное, с качеством. В структуре потребления мебельных тканей флок и его разновидности занимают 40%, шиниллы – 30%, остальные 30% – прочие материалы: велюр (3-е место по объемам в России), гобелен, хлопок, плюш и другие ткани [1]. Существуют еще несколько разновидностей тканей: микрофибра, кожеподобные материалы, искусственный мех, но их доля на рынке мала.

Сочетание нитей и волокон, входящих в состав всех этих материалов, может быть очень разнообразным: хлопок-полиэстер, акрил-хлопок-вискоза, шерсть-полиэстер, хлопок-вискоза-лайкра и др. Агрессивная реклама, высокая цена на новый вид мебельной ткани не являются гарантией ее высоких эксплуатационных качеств.

С целью изучения потребительского спроса на мебель с разными видами облицовочных материалов был проведен опрос 100 покупателей мебельного магазина "Макс" (г. Иваново). Выявлены наиболее популярные мебельные ткани: флок (87%), гобелен (8%), ворсовая ткань (5%) типа плюш, велюр. Для выявления наиболее конкурентоспособных видов мебельных тканей была разработана методология оценки их конкурентоспособности на основе [2]. Характеристика исследуемых тканей представлена в табл. 1.

Таблица 1

Наименование ткани и номер позиции	Вид ткани	Вид переплетения	Страна-производитель	Цена, руб.
"Гобелен" арт. 4907 (1)	Гобелен	Жаккардовое	Россия	150
"Калинка" арт. 4958 (2)	Гобелен	Жаккардовое	Россия	120
"Янтарь" арт. 4980 (3)	Гобелен	Жаккардовое	Россия	90
"Наполи" (4)	-	Полотняное	Турция	283
"Акисла" (5)	Шинил жаккардовый	Жаккардовое	Турция	262
"Батлерс" (6)	Шинил клеевой	Полотняное	Турция	189
"Невада" (7)	Велюр	Ворсовое	Турция	298
"Краш" (8)	Велюр	Ворсовое	Турция	341
"Марко Плейн" (9)	Шинил клеевой	Комбинированное	Турция	157

Уровень цен на ткани, относящиеся к разным категориям облицовочных материалов, существенно отличается: первая категория имеет стоимость 150…200 руб. за $м^2$; вторая категория – 170…230 руб.; третья категория – 250…300 руб.; четвертая категория – 330…400 руб.; пятая категория – 450 руб.; шестая, седьмая и восьмая категории – 500…800 руб. Известно, чем выше категория облицовочного материала, тем выше его качество. С увеличением категории повышаются все показатели качества материала: устойчивость к истиранию, цветостойкость, огнестойкость, снижается пиллингуемость, возможна дополнительная обработка (антибактериальная защита, защитная пропитка и др.) [3].

После предварительного отбора свойств мебельных тканей, предназначенных для обивки мебели, были выбраны следующие показатели качества на уровне свойств: x_1 – материаломкость, x_2 – способность сохранять окраску, x_3 – прочность, x_4 – пиллингуемость, x_5 – состав сырья, x_6 – раздвигаемость, x_7 – износостойкость, x_8 – электризуемость, x_9 – внешний вид, x_{10} – ширина, x_{11} – формоустойчивость, x_{12} – водоупорность, x_{13} – пылеемкость. Экспертным методом было проведено ранжирование выбранных показателей. Самому важному критерию присваивался ранг 1, наименее важному – 13.

Согласованность мнений экспертов составила W=0,607, что удовлетворяет условию W≥0,6, необходимому для определения в дальнейшем коэффициентов весомости. Наиболее значимыми показателями оказались x_2, x_5, x_7 и x_9, что соответствует следующим свойствам: устойчивость окраски (трение сухое), волокнистый состав, износостойкость (по плоскости), внешний вид. Остальные имеют коэффициенты весомости менее 0,07 [4]. Для дальнейших исследований произведем пересчет коэффициентов весомости для четырех значимых показателей: α'_2=0,15; α'_5=0,14; α'_7=0,16; α'_9=0,55.

Методика оценки мебельных тканей с позиции потребителя является наиболее объективной. Она предусматривает, что после анализа товарного рынка в качестве базы сравнения выбирается конкурентоспособный образец. Затем определяется уровень качества и конкурентоспособности каждой ткани. Далее эксперты определяют набор сравниваемых показателей, и с учетом цены потребления рассчитываются показатели конкурентоспособности (КС) по формуле [2]:

$$ПКС = КПК\ \beta_1 + КПЭ\ \beta_2, \qquad (1)$$

где β_1 , β_2 – соответственно коэффициенты весомости КПК и КПЭ.

Перед расчетом комплексного показателя качества единичные показатели переводили в относительные показатели. Для позитивного показателя качества использовали выражение:

$$q_i = x_i / (x_б)_i \le 1, \qquad (2)$$

а для негативного показателя качества применяли формулу:

$$q_i = (x_б)_i / x_i \le 1, \qquad (3)$$

где x_i, $x_б$ — фактическое и базовое (нормативное) значение показателя качества образца.

В качестве базового значения принимали максимальное (минимальное) значение показателя оцениваемых образцов. Оценка внешнего вида и состава сырья производилась экспертами в баллах, по десятибалльной шкале. Комплексный показатель качества (КПК) определяли по формуле:

$$КПК = \sum_{i=1}^{n} q_i \sigma_i. \qquad (4)$$

Для определения коэффициентов весомости β_1 и β_2 экспертам было предложено ответить, что важнее: качество или цена. В результате получено соотношение: β_1=0,68 и β_2= 0,32. КПЭ определялся путем деления минимальной стоимости (90 руб.) образца №3 на цену каждого образца. Показатель конкурентоспособности (ПКС) каждого образца, рассчитанный по формуле (1), представлен в табл. 2. Наиболее значимым показателям x_2, x_5, x_7 и x_9 соответствуют относительные показатели q_2, q_5, q_7 и q_9.

Таблица 2

Номер образца	Относительные показатели				КПК	КПЭ	ПКС
	q_2	q_5	q_7	q_9			
1	0,83	1,00	0,30	0,56	0,62	0,60	0,61
2	0,83	0,89	0,36	0,48	0,57	0,75	0,63
3	0,74	0,89	0,28	0,56	0,59	1,00	**0,72**
4	0,74	0,79	0,63	0,87	0,80	0,32	0,64
5	0,83	0,86	0,39	0,87	0,79	0,34	0,65
6	0,83	0,54	0,05	0,39	0,42	0,48	0,44
7	1,00	0,73	1,00	0,78	0,84	0,30	0,67
8	1,00	0,71	0,89	1,00	0,94	0,26	**0,72**
9	0,83	0,68	0,06	0,65	0,59	0,57	0,58

На основе данных табл. 2 можно сделать вывод, что наиболее конкурентоспособными являются третий образец – ткань "Янтарь" и восьмой образец – ткань "Краш". Наименее конкурентоспособным оказался шестой образец – ткань "Батлерс". Эта оценка согласуется с данными экспертизы, в ходе которой выявлено, что стойкость к истиранию по плоскости и разрывная нагрузка у данной ткани ниже нормы. Таким образом, предложена методика, позволяющая выявить наиболее конкурентоспособные мебельные ткани в предложенном ассортименте.

В соответствии с разработанной шкалой уровней градации конкурентоспособности для текстильных изделий в варианте: 0,91…1,00 – "высокий"; 0,86…0,90 – "приемлемый"; 0,61…0,85 – "средний"; 0,10…0,60 – "низкий" [2] можно сделать вывод о том, что значения показателя конкурентоспособности для исследуемых мебельных тканей соответствуют среднему уровню конкурентоспособности – образцы с первого по пятый, седьмой и восьмой; а также низкому уровню – шестой и девятый образцы.

ВЫВОДЫ

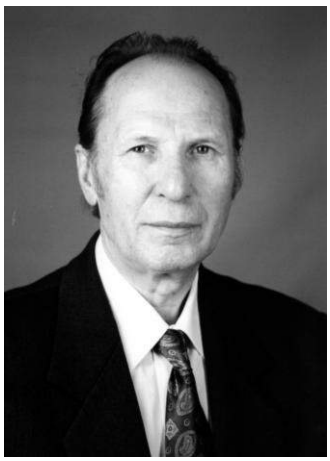
Предложена и опробована методика для количественной оценки конкурентоспособности мебельных тканей. Выявлено, что наиболее конкурентоспособными признаны ткани с наименьшей стоимостью (третий образец) и с наивысшим комплексным показателем качества (восьмой образец).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Степанов В.В., Корнеев А.В.* Состояние российского рынка мебельных тканей // Мебельное обозрение. – 2001, №7.
2. *Гусев Б.Н., Грузинцева Н.А., Сташева М.А.* Проектирование конкурентоспособности тканых полотен. – Иваново: ИГТА, 2007.
3. ООО АРБЕН ТЕКСТИЛЬ – Ткани для мягкой мебели: Пособие для профессионалов. Вып. 3. – М.: Arben, 2008.
4. *Гмурман В.Е.* Теория вероятностей и математическая статистика: Учеб. пособие для вузов. - Изд. 7-е. – М.: Высшая школа, 2001.

Рекомендована кафедрой материаловедения и товароведения. Поступила 05.06.09.

ЮБИЛЕЙ ИВАНА АНТОНОВИЧА МАРТЫНОВА



И.А.Мартынов родился 2 декабря 1929 г. в Орловской области. В 1950 г. окончил Орловский машиностроительный техникум, в 1955 г. – Московский текстильный институт по специальности "Машины и аппараты текстильной и легкой промышленности". В 1958 г. окончил аспирантуру и защитил кандидатскую диссертацию. С 1976 г. – профессор кафедры сопротивления материалов; в 1963–1966 гг. – декан факультета текстильного машиностроения, в 1967–1970 гг. – проректор по учебной работе; в 1970–2002 гг. И.А. Мартынов – ректор университета. В 2002 году он ученым советом был избран президентом университета.

За 33 года работы И.А. Мартынова ректором практически построен новый современный вуз, площади учебно-лабораторных корпусов и общежитий увеличены в 2,5 раза, успешно решена задача материально-технического оснащения учебного процесса и научной деятельности. Он внес значительный вклад в развитие учебной и научной деятельности университета, укрепление международного сотрудничества. Под его руководством началась подготовка специалистов по многим новым специальностям, были открыты 2 проблемные и 13 отраслевых научных лабораторий, более чем в 10 раз увеличен объем научных исследований, дан мощный импульс развитию в вузе современных информационных технологий. И.А. Мартынов – академик Международной академии наук высшей школы, почетный доктор Либерецкого машиностроительного и текстильного института (Чехия), Лодзинского политехнического университета (Польша), Технического университета (г. Хемниц, Германия), Ивановской государственной текстильной академии, Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Автор 250 научных трудов, в том числе 4 монографий и 10 изобретений. Редактор-составитель энциклопедического справочника "Машины и агрегаты текстильной и легкой промышленности" в составе 40-томной энциклопедии "Машиностроение". Под его руководством защищено 7 кандидатских диссертаций.

Область научных исследований проф. И.А. Мартынова – динамика ткацких машин. Под его руководством в конце 60-х гг. XX века была организована научная лаборатория, в которой широко использовались различные методы экспериментальных исследований на базе аппаратуры ведущих мировых фирм. На основе комплекса теоретических и экспериментальных исследований был разработан ряд новых конструкций автоматизированных и унифицированных приводных систем к ткацким машинам. Были усовершенствованы конструкции рапирного, батанного, товарного механизмов, остова машин АТПР. В содружестве с учеными Высшей школы машиностроения и текстиля (г. Либерец, Чехия) были проведены расчеты, проектирование и исследование пневматических виброизоляторов к машинам АТПР, СТБ, UTAS и Р-105. Пневматическими виброизоляторами были оснащены ткацкие машины фирмы Зульцер в двух цехах объединения "Текстилана" в Чехии. Разработки лаборатории удостоены дипломами и медалями ВДНХ.

За строительство комплекса зданий университета И.А. Мартынов удостоен премии Совета Министров СССР. За подготовку специалистов и развитие научных

исследований – награжден орденами "За заслуги перед Отечеством" IV степени, "Знак Почета", "Трудового Красного Знамени", "Дружбы народов", "Октябрьской революции". И.А. Мартынов – заслуженный работник высшей школы Российской Федерации.

И.А.Мартынов – прекрасный преподаватель. В течение многих лет он читал курс сопротивления материалов студентам механико-технологического факультета.

И.А. Мартынов не только видный ученый, великолепный преподаватель и талантливый руководитель, но и прекрасной души человек, щедро отдающий людям тепло своего сердца, плоды своих трудов, добрый и отзывчивый друг. Он является олицетворением высокой российской духовности и интеллигентности, присущей российским ученым прошлых поколений.

От всей души желаем профессору, академику МАНВШ, президенту МГТУ им. А.Н.Косыгина Мартынову Ивану Антоновичу крепкого здоровья, творческого долголетия, счастья, больших успехов в области развития высшего образования и науки.

Ректорат, профком Московского государственного текстильного университета им. А.Н.Косыгина.

Редакционная коллегия журнала "Известия вузов. Технология текстильной промышленности".

КИРЮХИНУ СЕРГЕЮ МИХАЙЛОВИЧУ – 70 ЛЕТ

28 сентября 2009 года исполнилось 70 лет доктору технических наук, профессору кафедры текстильного материаловедения Московского государственного текстильного университета им. А.Н. Косыгина Сергею Михайловичу Кирюхину.

Доктор технических наук, профессор С. М. Кирюхин – известный ученый в области текстильного материаловедения, квалиметрии, стандартизации, сертификации и управления качеством текстильных материалов.

Главным в его научной деятельности является разработка теоретических основ и практических методов исследования свойств, оценки качества, надежности и безопасности текстильных материалов. Им опубликованы более 150 научных и методических работ, в том числе 5 книг по оценке качества, стандартизации, контролю и управлению качеством текстильных материалов. Разработанные методики испытания и оценки качества волокон, нитей и текстильных изделий внедрены в практику работы лабораторий и кафедр материаловедения НИИ и вузов текстильного профиля. Под его руководством разработаны и внедрены в промышленность более 10 государственных и отраслевых стандартов.

Профессором С.М. Кирюхиным совместно с его учителем профессором А.Н. Соловьевым создана научная школа по квалиметрии текстильных материалов. Принципиально новым в текстильном материаловедении является предложенное профессором С.М. Кирюхиным научное направление по использованию характеристик и методов теории надежности при исследовании свойств и оценке качества текстильных материалов. Под руководством профессора С.М. Кирюхина подготовлено 16 кандидатов технических наук.

Научно-педагогическая деятельность профессора С.М. Кирюхина включила работу в отраслевых НИИ в должности научного сотрудника (ЦНИИШерсти), руководителя лаборатории (ЦНИИЛКа), заместителя директора по научной работе (ЦНИИШП), ассистента, доцента и профессора кафедр материаловедения МГТУ им. А.Н. Косыгина и РосЗИТЛП. В 1993-2004 гг. профессор С.М. Кирюхин являлся заведующим кафедрой текстильного материаловедения Московского государственного текстильного университета им. А.Н. Косыгина. За это время на кафедре была открыта новая специальность по стандартизации и сертификации, создан первый в системе высшего образования Российской Федерации орган по сертификации, проведена подготовительная работа по открытию новой специализации по технической экспертизе и товароведению текстильной продукции.

Профессор С.М. Кирюхин длительное время работает в редколлегии журнала "Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности", является членом нескольких диссертационных советов по защите докторских и кандидатских диссертаций по двум специальностям. Имеет награды: нагрудный знак "За заслуги в стандартизации", Диплом за научное руководство студенческой работой, отмеченной медалью Министерства общего и профессионального образования Российской Федерации, грамотой СЭВ за активное и плодотворное участие в деятельности Постоянной комиссии СЭВ

по сотрудничеству в области легкой промышленности. Ему присвоены почетные звания: Заслуженный деятель науки Российской Федерации (1999 г.) и Действительный член Международной академии информатизации (2004 г.)

Основная научно-педагогическая деятельность профессора С.М. Кирюхина связана с Московским государственным текстильным университетом им.А. Н. Косыгина, где он работает более 30 лет: читает лекции, проводит лабораторные и практические занятия, руководит аспирантами.

Профессор С. М. Кирюхин пользуется заслуженным авторитетом у студентов, аспирантов, преподавателей и сотрудников университета.

Поздравляя Сергея Михайловича с юбилеем, хочется пожелать ему здоровья, благополучия и дальнейших творческих успехов в научной и педагогической деятельности.

Ректорат Московского государственного текстильного университета им. А. Н. Косыгина.

Редакционная коллегия журнала "Известия вузов. Технология текстильной промышленности".

№ 4 (318) ТЕХНОЛОГИЯ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ 2009

СОДЕРЖАНИЕ

Экономика и организация производства

Зайцев А.В., Карпова В.Б., Баранов В.В., Гусов Т.М. Инновации как инструмент развития интеллектуального потенциала предприятий текстильной отрасли …….. 3

Текстильное материаловедение

Матрохин А.Ю., Шаломин О.А., Круглов А.В., Гусев Б.Н. Выявление информативных признаков для определения зрелости хлопкового волокна …….. 7

Замышляева В.В., Смирнова Н.А., Лапшин В.В. Анализ методов определения показателей жесткости текстильных материалов при их растяжении …….. 10

Кирюхин С.М., Куроедова Д.В., Денисова О.Н., Литовченко С.Ф. Сравнительная оценка качества и надежности тканей для спецодежды ……. 13

Первичная обработка. Сырье

Кудряшов А.Ю., Пашин Е.Л., Пашина Л.В. Изменение химического состава волокна при получении тресты у разных селекционных сортов льна …… 20

Корабельников Р.В., Иброгимов Х.И. Основы процесса зажгучивания волокнистых связей частиц хлопка-сырца при нецентральном ударе колков …… 23

Лебедев Д.А., Корабельников А.Р., Корабельников Р.В. Механизм удаления сорных примесей в процессе очистки ……... 27

Юнусов Р.Ф. Анализ радиального деформирования сырцового валика пильного джина ……... 32

Прядение

Дягилев А.С., Коган А.Г. Технология комбинированной высокорастяжимой пряжи пневмомеханического способа прядения ……. 36

Пестовская Е.А. Влияние скоростных режимов работы однозонного вытяжного прибора прядильной машины ПМ-88-Л5 на релаксационные свойства и характер дробления льняных волокон в процессе мокрого прядения льна ……. 39

Столяров А.А. О результатах исследования крутильно-мотального устройства с катящимся бегунком ……. 44

Ткачество

Саввин О.А. Влияние сил сухого трения в опорах на движение скальной системы станка СТБ-175 и о допущении В.А. Гордеева ……... 47

Маховер В.Л., Зарубина Г.С., Смирнова Т.В. Расчетные формулы для определения испарительной способности сушильного аппарата и скорости шлихтования хлопчатобумажной пряжи ……. 51

Николаев С.Д., Панин М.И., Кащеева М.М., Николаева Н.А. Исследование влияния натяжения нити при перематывании на удельную плотность бобин сомкнутой намотки …… 55

Отделка

Почеховская Н.Н., Третьякова А.Е., Сафонов В.В. Влияние катионов d- металлов на интенсивность окраски в росписи натурального шелка …… 59

Блинов А.Н., Дащенко Н.В., Ковалева Т.В., Киселев А.М. Современная технология комплексной отделки мебельных тканей ……... 63

Технология нетканых материалов

Капустин С.Ю., Фролов В.Д., Кахраманов Ф.Р. Теоретическое исследование вида воздушного течения, образующегося на колосниковой решетке ……. 66

Фролова И.В., Григорьева Е.Ю. Неустановившееся движение волокнистой массы с переменной скоростью и давлением ……. 71

Трикотажное производство

Морозова Л.В., Зиновьева В.А. О структуре трикотажа киперных и филейных переплетений …….. 76

Швейное производство и дизайн

Корнилова Н.Л., Колотилов С.И., Анфимов В.Г., Жарова Ю.С. Силовой анализ позвоночного столба человека для проектирования корсетных изделий ортопедического назначения …….. 80

Текстильные машины и агрегаты

Максудов Р.Х. Методика расчета натяжения растяжимого ремня приводных механизмов технологических машин ……. 84
Зосимов М.В., Матюшенко В.А., Травин Г.М. Типизация операций восстановления работоспособности средств технологического оснащения …….. 89

Автоматизация технологических процессов

Разумова Е.Ф. Основные схемы конструктивного построения емкостных датчиков механизмов оперативного контроля текстильного продукта и их расчет ……. 92
Соломаничев М.А., Глазунов А.В. Частотный анализ чувствительности передаточных функций петлеобразователя к вариации параметров ……. 97

Экология и промэнергетика

Сажин Б.С., Кочетов О.С., Политова О.В., Платонова О.В., Атлашкина Е.Н. Экспериментальные исследования виброакустической активности прядильных машин типа ПСК …… 101

Информационные технологии

Севостьянов П.А., Яковлева Ю.С. Исследование влияния вида распределения характеристик волокон на прочностные свойства пряжи ……... 105
Власова Н.Н. Разработка метода проектирования фильтровальной полутораслойной ткани …… 107

Обмен опытом, критика и библиография, краткие сообщения

Рыжкова Е.А., Ходаков А.С. Выделение основных направлений автоматизации погрузочно-разгрузочных и транспортных операций на складах готовой продукции в текстильной промышленности 109
Вихарев С.М., Федосова Н.М. Совершенствование устройства для контроля массы трепаного льна 110
Власова Е.Н., Рекечинская В.Б. Оценка конкурентоспособности мебельных тканей …….. 112
Юбилей Ивана Антоновича Мартынова ……... 115
Кирюхину Сергею Михайловичу – 70 лет …… 117

CONTENTS

Economics and Production Planning

Zaytsev A.V., Karpova V.B., Baranov V.V., Gusov T.M. Innovations as an Instrument for Developing Intellectual Potential of Textile Industry Enterprises 3

Textile Materials

Matrokhin A.Yu., Shalomin O.A., Kruglov A.V., Gusev B.N. Revealing of Informative Attributes for the Definition of Maturity of the Cotton Fibre 7

Zamyshlyaeva V.V., Smirnova N.A., Lapshin V.V. Analysis of Methods of Determination of Rigidity of Textile Materials under Stretching 10

Kiryuhin S.M., Kuroedova D.V., Denisova O.N., Litovchenko S.F. Comparative Estimation of Quality and Reliability of Fabrics for Coveralls 13

Preliminary Treatment. Raw Materials

Kudryashov A.J., Pashin E.L., Pashina L.V. Change of Chemical Composition of Flax Fibre during its Obtainment from Different Selection Grades of Flax 20

Korabelnikov R.V., Ibrogimov H.I. Basics of the Wisp Formation in the Fibrous Links of Raw Cotton Particles under Noncentral Pin Impact 23

Lebedev D.A., Korabelnikov A.R., Korabelnikov R.V. Mechanism of Removing Impurity in the Purification Process 27

Yunusov R. F. The Analysis of Radial Deformation of Raw Material Roller of a Saw Jin 32

Spinning

Dyagilev A.S., Kogan A.G. The Technology of Combined Highly Stretchable Yarn of a Pneumomechanical Method of Spinning 36

Pestovskaya E.A. Influence of Speed Operation Modes of Single-Zone Drawing Device of the PM-88-L5 Spinning Machine on the Relaxation Properties and Character of Crushing of Flax Fibres in the Process of Wet Flax Spinning 39

Stolyarov A.A. On the Results of the Investigation of Twisting-Winding Device with Rolling Traveler 44

Weaving

Savvin O.A. The Influence of Dry Friction Forces on the Movement of Roller System of the STB-175 Loom and on the V.A. Gordeyev's Assumption 47

Makhover V.L., Zarubina G.S., Smirnova T.V. Computation Formulas for the Determination of the Evaporation Ability of Drying Apparatus and the Speed of Cotton Yarn Dressing 51

Nikolaev S.D., Panin M.I., Kascheeva M. M, Nikolaeva N.A. Study of the Influence of Thread Tension under Rewind on the Specific Density of Spools of Close Winding 55

Finishing

Pochekhovskaya N.N., Tretyakova A.E., Safonov V.V. The Influence of d-metal Cations on the Colouring Intensity in the Painting of Natural Silk 59

Blinov A.N., Daschenko N.V., Kovaleva T.V., Kiselev A.M. The Modern Technology of Complex Finishing of Furniture Fabrics 63

Technology of Non-Wovens

Kapustin S.U., Frolov V.D., Kakhramanov F.R. Theoretical Research of the Type of Aerodynamic Current Forming on a Fire-Grate 66

Frolova I.V., Grigor'eva E.Yu. Unsteady Movement of Fibrous Mass with Variable Velocity and Pressure 71

Knitting

Morozova L.V., Zinov'eva V.A. About the Structure of Knitting of Filet and Lace Warps 76

Sewing and Design

Kornilova N.L., Kolotilov S.I., Anfimov V.G., Zharova Yu.S. Power Analysis of the Human Vertebral Column for the Design of the Orthopedic Corsets 80

Textile Machines and Aggregates

Maksudov R.H. Methods of Calculating Tensile Belt Tension in Driving Mechanisms of Technological Machines 84

Zosimov M.V., Matyushenko V.A., Travin G.M. The Typification of the Restoration Operations of Devices for Technological Equipment 89

Automation of Technological Processes

Razumova E.F. Basic Schemes of Construction of Capacitive Gauges of Real-Time Textile Product Control Mechanism and their Calculation 92

Solomanichev M.A., Glazunov A.V. The Frequency Analysis of Sensitivity of Loop Setter's Functions to Parameters Variation 97

Ecology and Industrial Heat Engineering

Sajin B.S., Kochetov O.S., Politova O.V., Platonova O.V., Atlashkina E.N. Experimental Studies of Vibro-acoustical Activity of the PSK Type Spinning Machines 101

Information Technologies

Sevostyanov P.A., Yakovleva Yu.S. Research of Influence of the Kind of Distribution Characteristics of Fibres on the Strength Properties of Yarn 105

Vlasova N.N. Creation of a Method of Designing One-and-a Half Layer of a Fabric for Filters 107

Experience Exchange, Criticism and Bibliography. Short Items

Ryzhkova E.A., Khodakov A.S. Allocation of Directions of Automation of Loading-Unloading and Transporting Operations at Warehouses for Ready Production in the Textile Industry 109

Vikharev S.M., Fedosova N.M. The Improvement of a Device for Controlling the Mass of Scutched Flax 110

Vlasova E.N., Rekechinskaya V.B. Estimation of the Competitiveness of Furnishing Fabrics 112

Anniversary of Ivan Antonovich Martynov 115

70th Anniversary of Kiryukhin Sergey Mikhailovich 117

Вниманию авторов!

Редакция принимает статьи и сопроводительные документы к ним, направленные только обычными письмами в адрес редакции журнала "Известия вузов. Технология текстильной промышленности": 153000, г. Иваново, просп. Ф.Энгельса, 21, к. Г.352. Редакция журнала, ответственному секретарю.

Статьи и документы к ним должны быть оформлены согласно Правилам для авторов, которые публикуются в конце номера журнала.

Корреспонденция, направленная заказными письмами, не рассматривается.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Редакция просит авторов, направляющих статьи в журнал "Технология текстильной промышленности" серии "Известия вузов", руководствоваться следующими правилами.

1. Редакция принимает только статьи, содержащие оригинальный материал, соответствующий профилю журнала, нигде не опубликованные и не переданные в редакции других изданий. В статье должно быть представлено четкое изложение полученных автором результатов без повторения данных в тексте статьи, таблицах и рисунках.

2. Статьи, написанные от руки, оформленные небрежно и не имеющие необходимых сопроводительных документов (см. п. 7), не рассматриваются.

Вопрос об опубликовании статьи, ее отклонении решает редакционная коллегия журнала и ее решение является окончательным.

3. Объем статей с учетом таблиц не должен превышать 6 страниц машинописного текста, напечатанного через два интервала с соблюдением требований ГОСТа 7.3–77. "Оригиналы текстовые, авторские и издательские". Текст статьи присылать в двух экземплярах, один из которых должен быть первым. С целью ускорения публикации статей редакция принимает статьи и рисунки на электронных носителях, текстовый редактор Word (формат *.doc, *.rtf), редактор формул Microsoft Equation, графический редактор Adobe Photoshop (формат *.pcx, *.bmp, *.jpg).

4. В список литературы, помещаемый в конце статьи, включать только опубликованные работы, на которые имеются ссылки в статье. Библиографическое описание составляется в соответствии с ГОСТом 7.1–84. "Библиографическое описание документа".

5. Чертежи, графики, структурные формулы выполнять по правилам ГОСТа "Единая система конструкторской документации" чисто и четко в двух экземплярах (формата не более 13x18 см с учетом последующего полиграфического уменьшения в 2...2,5 раза), надписи и обозначения должны быть четкими и понятными. На обороте рисунка указывать его номер и название; "верх" и "низ" рисунка. Название рисунка и все обозначения должны вноситься в текст статьи. Фотографии (тоновые рисунки) принимаются только на глянцевой бумаге (без глянцевания) формата не менее 9x12 см (с учетом последующего уменьшения). Не принимаются рисунки, выполненные от руки, небрежно, карандашом или шариковой ручкой.

Все рисунки помещать в конце статьи на отдельных листах (не вставляя их в текст) и сопровождать описью с указанием их номеров и названий. Количество рисунков в статье не должно превышать четырех.

6. В начале статьи (над ее названием) проставлять индекс Универсальной десятичной классификации (УДК). Под заголовком указать инициалы, фамилии авторов и полное название института (организации), в котором работают авторы, E-mail. Далее следует расположить аннотацию на русском языке, отражающую основное содержание статьи, не более 10 строк, а после нее – основной текст статьи. Если в статье есть таблицы, то их заголовки следует вносить в текст. Статья должна заканчиваться конкретными выводами.

7. К статье прилагать следующие документы:

а) сопроводительное письмо с перечнем всех документов, направляемых в редакцию, с указанием организации, где проведена описываемая работа, а также места работы, должности, ученой степени и ученого звания, фамилии, имени и отчества автора (авторов), точного домашнего адреса и адреса для переписки, номеров служебного и домашнего телефонов, E-mail;

б) заверенную выписку из протокола заседания кафедры, рассмотревшего направляемую статью. В выписке должны содержаться рекомендации кафедры к публикации в журнале, а также полное (без сокращений) наименование кафедры. К статье должны быть приложены документы, подтверждающие возможность ее открытого опубликования;

в) аннотации статей на русском и английском языках; ключевые слова к статье;

г) название статьи, фамилию и инициалы автора (авторов), место работы и должность на английском языке.

8. Плата с аспирантов (аспирант – дневной формы обучения, выступающий единым автором работы) за публикацию статей не взимается.

9. С целью ускорения публикаций статей переписку, связанную с исправлениями материалов, желательно осуществлять по электронной почте: E-mail: ttp@igta.ru

* * *

Редакция обращает внимание авторов на необходимость соблюдения изложенных правил, что ускоряет прохождение статьи в производстве, сокращает время ее напечатания и способствует уменьшению ошибок и опечаток.

Статьи, отклоненные от публикации, не возвращаются.

Авторский гонорар не выплачивается.

РЕДАКЦИЯ.