

Федеральное агентство по образованию

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

**ТЕХНОЛОГИЯ
ТЕКСТИЛЬНОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ ОСНОВАН

В ДЕКАБРЕ 1957 ГОДА, ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД

**№ 1 (288)
2006**

Издание Ивановской государственной текстильной академии

УДК. 378.02

**О ПРОБЛЕМАХ РАЗРАБОТКИ ТРЕБОВАНИЙ
К СОДЕРЖАНИЮ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ
ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ
ДЛЯ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ***

Н.И. МАКСИМОВ

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

В настоящее время высшая школа Российской Федерации стоит на пороге разработки третьего поколения государственных образовательных стандартов, которые должны быть созданы с учетом современных требований интеграции российской системы образования в европейскую в соответствии с положениями Болонской декларации.

Для достижения целей, определенных Болонской декларацией, страны-участники этого процесса интеграции при сохранении особенностей национальных систем образования должны [1]:

- принять систему легко понимаемых и сопоставимых степеней;
- ввести двухступенчатую (преимущественно) структуру высшего образования, при этом каждая из ступеней должна быть востребована на рынке труда;
- внедрить систему кредитов по типу ECTS как средства повышения мобильности и перестройки системы высшего образования на "образование в течение всей жизни";
- повысить мобильность студентов, преподавателей и управляющего персонала;
- содействовать достижению высоких качественных характеристик, включая разработку единых критериев и методологий;
- усилить "европейское измерение" в высшем образовании за счет учебных планов, совместных степеней, научных исследований, международного сотрудниче-

ства.

В течение 2005 г. в российской высшей школе активизировалась работа по созданию новой системы классификации направлений подготовки и специальностей, созданию макета государственного образовательного стандарта. Творческий коллектив по разработке этих документов в области техники и технологии был создан на базе Московского государственного текстильного университета им. А.Н. Косыгина.

Большое влияние на выполнение этих работ оказал организованный на базе Исследовательского центра проблем качества подготовки специалистов (директор проф. Н.А. Селезнева) методологический семинар "Россия в Болонском процессе: проблемы, задачи, перспективы" (руководитель проф. В.И. Байденко), на котором рассматривались как подходы к разработке макетов ГОС ВПО, так и пилотные проекты образовательных стандартов. Полнотекстовые материалы этого семинара можно найти на сайте Исследовательского центра www.gc.edu.ru.

В данной работе из всего многообразия проблем, связанных с разработкой государственных образовательных стандартов, рассмотрим одну – установление требований к содержанию образовательных программ.

Так уж исторически сложилось, что по родственным группам специальностей, по которым осуществляется подготовка кад-

* В порядке обсуждения.

ров для текстильной и легкой промышленности, государственные образовательные стандарты разрабатываются разными коллективами (УМО на базе МГТУ им. А.Н. Косыгина и УМО на базе МГУДиТ).

В силу разобщенности коллективов разработчиков создаются ситуации, когда одни и те же дисциплины имеют различную трудоемкость (с разницей более 10 %), что затрудняет организацию учебного процесса в тех вузах, где есть и те, и другие специальности. С этой проблемой базовые вузы УМО не сталкиваются, ибо у каждого вуза свой отраслевой набор специальностей. Проректоры по учебной работе вузов, где есть обе группы специальностей (проф. Ашнин Н.М., проф. Любимцев В.В.) неоднократно ставили вопрос о необходимости унификации требований к содержанию образования, устанавливаемым

государственными образовательными стандартами.

Ситуация, какую мы имеем сегодня во втором поколении образовательных стандартов, утвержденных в 2000 г., видна из табл. 1 (сопоставление трудоемкости подготовки бакалавров и инженеров в области технологии изделий текстильной и легкой промышленности), где представлены требования к содержанию подготовки бакалавров по направлениям 551200 – Технология и проектирование текстильных изделий и 553900 – Технология, конструирование изделий и материалы легкой промышленности и подготовки инженеров по направлениям 656000 – Технология и проектирование текстильных изделий и 656100 – Технология и конструирование изделий легкой промышленности [2...5].

Таблица 1

№ п/п	Наименование дисциплин	Общая трудоемкость, ч			
		551200 – Технология и проектирование текстильных изделий	553900 – Технология, конструирование изделий и материалы легкой промышленности	656000 – Технология и проектирование текстильных изделий	656100 – Технология и конструирование изделий легкой промышленности
Гуманитарные и социально-экономические дисциплины (ГСЭ)					
	ВСЕГО	1800	1800	1800	1800
Математические и естественно-научные дисциплины (ЕН)					
1	Математика	600	600	600	600
2	Информатика	200	200	200	200
3	Физика	460	400	460	400
4	Химия	250	400	250	400
5	Теоретическая механика	100	-	100	-
6	Экология	100	100	100	100
7	Методы и средства исследований	-	100	-	100
8	Национально-региональный (вузовский) компонент	200	150	200	150
9	Дисциплины по выбору студента	190	50	190	50
	Всего по ЕН	2100	2200	2100	2200
Общепрофессиональные дисциплины (ОПД)					
1	Начертательная геометрия. Инженерная графика	200	200	200	200
2	Механика	410	476	410	476
2.1	Теория механизмов и машин	140	51	140	51
2.2	Теоретическая механика	-	102	-	102
2.3	Сопrotивление материалов	200	102	200	102
2.4	Теплотехника	70	68	70	68
Продолжение табл. 1					
2.5	Детали машин и основы конст-	-	153	-	153

	руирования				
3	Материаловедение. Технология конструкционных материалов	100	246	100	246
3.1	Материаловедение	+		+	
3.2	Технология конструкционных материалов	+	50	+	50
3.3	Материаловедение в производстве изделий легкой промышленности	-	196	-	196
4	Электротехника и электроника	110	102	110	102
5	Метрология, стандартизация и сертификация	100	68	100	68
6	Безопасность жизнедеятельности	120	120	120	120
7	Менеджмент и маркетинг	120	-	120	-
8	Методы и средства исследования	90	-	90	-
9	Экономика промышленности	100	220	90	220
9.1	Основы экономической деятельности предприятий	-	100	-	100
9.2	Основы менеджмента	-	60	-	60
9.3	Маркетинг	-	60	-	60
10	Автоматизация технологических процессов	90	-	-	-
11	Информационные технологии в производстве текстильных изделий	120	-	-	-
12	Текстильное материаловедение	120	-	120	-
13	Механическая технология текстильных материалов	90	-	-	-
14	Химическая технология текстильных материалов	90	-	-	-
15	Физические основы измерений	90	-	-	-
16	Патентно-лицензионная работа	70	-	-	-
17	Моделирование и оптимизация технологических процессов	-	-	-	100
18	Национально-региональный (вузовский) компонент	360	290	140	190
19	Дисциплины по выбору студента	146	100	140	100
Всего по ОПД		2686	1822	1740	1822
СПЕЦИАЛЬНЫЕ ДИСЦИПЛИНЫ (СД)					
ВСЕГО СД		308	1288	2172	2206
ИТОГО					
		7344	7344	8262	8262

Циклы математических и естественно-научных дисциплин в этих двух группах стандартов отличаются по общей трудоемкости несущественно – всего лишь на 100 ч. Текстильщики (будем называть эти стандарты – группа 1) включили в состав дисциплин ЕН Теоретическую механику и УМО легкой промышленности (будем называть эти стандарты – группа 2) – Методы и средства исследований. При этом в стандартах группы 2 Теоретическая механика, а в стандартах группы 1 Методы и средства исследований присутствуют в общепрофессиональных дисциплинах. У текстильщиков несколько больше Физики, а в стандартах группы 2 – Химии.

Циклы общепрофессиональных дисциплин

имеют отличий больше, но тем не менее, в них можно обнаружить немало сходства. Механика в стандартах группы 1 имеет трудоемкость 400 ч, что на 76 ч меньше, чем в ГОС второй группы. Но выше уже отмечалось, что у текстильщиков Теоретическая механика отнесена к циклу ЕН. Детали машин текстильщики изучают тоже, но эта дисциплина в двух специальностях отнесена к специальным дисциплинам, так как студенты по специальности Проектирование текстильных изделий ее не изучают. Текстильщики изучают в большем объеме Теорию механизмов и машин и Соппротивление материалов.

Дисциплина Материаловедение. Технология конструкционных материалов в

стандартах группы 2 изучается в значительно большем объеме (на первый взгляд), но она включает и дисциплину Материаловедение в производстве изделий легкой промышленности. У текстильщиков же дисциплина Текстильное материаловедение стоит отдельно, то есть по совокупности этих дисциплин различие не столь существенно, но создает некоторые проблемы.

Аналогичная ситуация имеет место по

комплексу дисциплин Экономика промышленности, Менеджмент, Маркетинг. У текстильщиков есть самостоятельные две дисциплины Экономика промышленности, Менеджмент и маркетинг. В стандартах группы 2 Экономика промышленности распадается на три дисциплины: Основы экономической деятельности предприятий, Основы менеджмента, Маркетинг. А общая трудоемкость совокупности этих дисциплин одинакова.

Таблица 2

Гуманитарные и социально - экономические дисциплины (ГСЭ)		1000 - 1100
Дисциплины федерального компонента:		
1	Философия	
2	Отечественная история	
3	Право	
4	Политология и социология	
5	Иностранный язык	
Вузовский компонент		до 20 %
Экономические и организационно-управленческие дисциплины (ЭОУ)		400 - 500
Дисциплины федерального компонента:		
1	Экономическая теория	
2	Экономика промышленности	
3	Менеджмент	
4	Маркетинг	
Вузовский компонент		до 20 %
Математические и естественно-научные дисциплины (ЕН)		
Дисциплины федерального компонента:		2100 - 2200
1	Математика	
2	Информатика	
3	Физика	
4	Химия	
5	Теоретическая механика	
6	Экология	
Вузовский компонент		до 20 %
Общепрофессиональные дисциплины (ОПД)		
Дисциплины федерального компонента:		1700 - 2000
1	Начертательная геометрия. Инженерная графика	
2	Механика	
2.1	Теория механизмов и машин	
2.2	Сопротивление материалов	
2.3	Теплотехника	
3	Материаловедение. Технология конструкционных материалов	
4	Материаловедение в производстве изделий текстильной и легкой промышленности	
5	Электротехника и электроника	
6	Метрология, стандартизация и сертификация	
7	Безопасность жизнедеятельности	
8	Информационные технологии в производстве изделий текстильной и легкой промышленности	
Вузовский компонент		до 20 %
Специальные дисциплины (СД) (Дисциплины профильной подготовки) – вузовский компонент		1500 - 2000
ИТОГО		7344

Для того чтобы избежать подобных ситуаций, в третьем поколении государст-

венных образовательных стандартов предлагается несколько по-иному устанавли-

вать требования к содержанию образования, а именно (см. табл. 2, где как вариант приводятся обобщенные требования к содержанию образовательных программ подготовки бакалавров для текстильной и легкой промышленности):

– общую трудоемкость устанавливать в целом на цикл дисциплин, при этом не фиксировать ее жестко, а предоставлять возможность вузам самостоятельно решать этот вопрос в рамках установленного диапазона. В соответствии с положениями Болонской декларации необходимо оценивать трудоемкость в кредитах (зачетных единицах) – здесь же для удобства читателя трудоемкость приводится в часах. Следует иметь в виду, что при установлении трудоемкости дисциплины в зачетных единицах она включает в себя и оценку качества усвоения студентом дисциплины, то есть время на его аттестацию;

– трудоемкость конкретной дисциплины федерального компонента устанавливается высшим учебным заведением самостоятельно. В каждом цикле до 20% времени отводится высшему учебному заведению для введения дополнительных дисциплин в соответствии с профилем образовательной программы;

– цикл специальных дисциплин (другое возможное название в образовательном стандарте подготовки бакалавра – цикл дисциплин профильной подготовки)

полностью отдается в распоряжение высшего учебного заведения, которое самостоятельно устанавливает их перечень и содержание с учетом профиля будущей работы выпускников (ориентация их на научную работу и обучение в магистратуре или на работу в условиях производства на предприятиях текстильной и легкой промышленности, то есть фактически подготовка по той или иной специальности). По-видимому, понятие специализации следует несколько изменить и в стандартах второго уровня высшего образования, передать это время полностью вузу с тем, чтобы не возникало необходимости согласовывать открытие какого-либо профиля подготовки специалистов с кем-либо еще (как это имеет место сегодня);

– в процессе работы над макетом образовательного стандарта [6] рассматривается (как один из основных) вариант установления требований к содержанию дисциплины не через дидактические единицы, как это принято в стандартах второго поколения, а через установление целей и задач каждой из них, то есть через указание того, что должен знать, что должен уметь студент в результате успешного усвоения программы данной дисциплины.

Как нам кажется, установление в подобном виде требований к содержанию образовательных программ позволит высшим учебным заведениям реализовывать свои варианты, не допуская отклонений от требований государственного образовательного стандарта. Конечно, при этом резко возрастает ответственность высшего учебного заведения за качество подготовки своих выпускников.

Одновременно в настоящее время рассматривается вопрос о разработке унифицированных требований к уровню подготовки бакалавров и соответствующих оценочных средств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Байденко В.И. Болонский процесс. – М.: Логос, 2004.
2. Государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования. Направление 551200 "Технология и проектирование текстильных изделий", 2000.
3. Государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования. Направление 553900 "Технология, конструирование изделий и материалы легкой промышленности", 2000.
4. Государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования. Направление подготовки дипломированных специалистов 656000 "Технология и проектирование текстильных изделий", 2000.
5. Государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования. Направление подготовки дипломированных специалистов 656100 "Технология и конструирование изделий легкой промышленности", 2000.
6. Проектирование государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования нового поколения. – М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2005.

Рекомендована учебно-методическим объединением по образованию в области технологии и

УДК 658.01:677

**ИНИЦИИРОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДИНАМИКИ
ТЕКСТИЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ***Н.К. ТЕМНОВА***(Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна)**

Экономическая динамика предприятия характеризует его экономическое развитие и функционирование [1]. Она обусловлена состоянием и потенциальными возможностями предприятия обеспечить рациональное взаимодействие ресурсов, эффективное взаимодействие с бизнес-средой и адаптацию к ее изменениям.

Бизнес-среда определяется как внешняя среда, в которой предприятие ведет хозяйственную деятельность и где им может быть реализована возможность получения прибыли. При этом бизнес-среда формирует и предъявляет требования к рыночному поведению предприятия, задает установки, цели, стратегические ориентиры экономической динамики, инициирует корректировку внутренних ресурсов, адаптирующих потенциал предприятия к требованиям бизнес-среды.

Экономическая динамика предприятия инициируется бизнес-средой.

Бизнес-среда характеризуется состоянием рынков, институциональными нормами ведения деловых отношений, политическими и региональными интересами, конкретизирующими институциональную среду.

Одной из важнейших составляющих бизнес-среды текстильных предприятий являются отраслевые товарные рынки, а также рынки, обслуживающие предприятия текстильной промышленности. Имен-

но поэтому взаимоотношения предприятия на рынках являются основополагающими в инициировании изменения экономической динамики предприятия.

Другими факторами инициирования экономической динамики являются экономические интересы предприятия, которые также порождены рынком и являются разновидностью рыночных интересов. Но при этом как инициаторы бизнес-среды рынок и экономические интересы предприятия – не одно и то же. Например, для предприятий, вырабатывающих ткани, требования к их ассортименту, внешнему виду и характеристикам определяются рынком, который реализует экономические интересы предприятия через цену и объем продаж. Именно рынок побуждает экономические интересы предприятия, становится инициатором его экономической динамики, но и является самым неустойчивым и динамичным фактором бизнес-среды.

Важными аспектами бизнес-среды являются социально-политические интересы государства и регионов по обеспечению экономической самостоятельности и безопасности, сохранению экономической структуры экономики регионов и ее архитектоники, предоставлению рабочих мест и обеспечению занятости населения. Эти факторы бизнес-среды относительно устойчивы к изменениям. В то же время именно их изменения оказывают наиболь-

шие ухудшающие воздействия на социально-экономические и социально-политические интересы государства и территорий. Это приводит к необходимости применять нерыночные механизмы государственной поддержки в отношении тех производителей, хозяйственная деятельность которых стратегически важна для государства и регионов, но ее результаты характеризуются отрицательной экономической динамикой.

В текстильной отрасли примерами тому являются исторический текстильный "профиль" промышленных предприятий Ивановской области, обеспечивающей более 65% российского производства хлопчатобумажных тканей, а также концентрация до 90% производства ниток и ниточной продукции в культурно-архитектурном и научно-образовательном российском центре – г. Санкт-Петербург. Вследствие ошибок и перегибов при проведении радикальных экономических реформ текстильные предприятия этих регионов испытывают финансовые трудности системного характера, что отражается на положении текстильной отрасли в целом.

Для того чтобы государство не потеряло текстильные научно-промышленные региональные комплексы в Ивановской области и г. Санкт-Петербурге и в отношении указанных текстильных товарных групп не стало бы импортозависимым, необходима государственная и региональная поддержка этих производителей. Таким образом, и в этих случаях инициирование экономической динамики предприятия осуществляется бизнес-средой, реализующей политические и

региональные интересы и конкретизирующей институциональную среду.

Покажем, как изменения бизнес-среды влияют на экономическую динамику текстильного предприятия на примере сырьевых текстильных рынков. Сведения о состоянии сырьевых рынков особенно актуальны для предприятий отрасли, поскольку они определяют ценовую и ассортиментную политику производителей, стимулируют их инновационную и инвестиционную активность в применении новых видов сырья для расширения и обновления ассортимента продукции. Это позволяет расширить стратегические зоны хозяйствования предприятия и полнее реализовать экономические интересы, то есть обеспечивает их позитивную экономическую динамику. Кроме того, состояние сырьевых текстильных рынков определяет состояние бизнес-среды текстильных предприятий и отрасли в целом, определяет промышленную политику регионов, влияет на экспортно-импортную политику государства.

Приведем результаты аналитического обзора рынка хлопка [2].

Россия не имеет хлопковых посевов и вынуждена ориентироваться на мировой рынок хлопка, который представляют следующие ведущие страны-производители: Китай, США, Индия, Пакистан, Узбекистан, Турция, Бразилия. Эти страны производят около 80% всего хлопкового волокна на мировом рынке. Динамика мирового производства хлопкового волокна за период 2002-2006 гг. (тыс. т) представлена данными табл. 1 [3, с.3].

Т а б л и ц а 1

Страны-производители	2001-2002	2002-2003	2003-2004	2004-2005*	2005-2006**
Всего	21473	19294	20704	25950	23250
Китай	5324	4916	4871	6320	5820
США	4420	3747	3975	5030	4490
Индия	2686	2312	3009	3940	3160
Пакистан	1783	1736	1734	2510	2080
Узбекистан	1055	1022	893	1060	980
Бразилия	766	848	1309	1390	1320
Прочие	5438	4714	4913	5710	5400

П р и м е ч а н и е: 1. * – оценка; ** – прогноз; *** – включая Аргентину, КНР, Колумбию, Индию, Мексику, Пакистан, Турцию и традиционных импортеров. 2. Сезон сбора хлопка начинается с 1 августа, поэтому в статистике один сезон представляется как промежуток двух лет.

Основными странами-потребителями хлопка являются Китай, Индия, Пакистан, США, Бразилия. Сведения о мировом по-

треблении хлопка (тыс. т) в динамике представлены данными табл. 2 [4, с. 152].

Таблица 2

Страны-производители	2001-2002	2002-2003	2003-2004	2004-2005*	2005-2006**
Всего	20288	21184	21352	23080	23650
Китай	5700	6500	7000	8100	8600
Индия	2910	2914	3000	3300	3400
ЕС, ЦВЕ***	2430	2399	2224	2240	2200
Пакистан	1855	2042	2100	2300	2370
Восточная Азия, Австралия и Океания	2127	2075	1885	1850	1830
США	1676	1583	1413	1350	1280
Бразилия	830	760	825	900	900
СНГ	671	674	686	710	730
Прочие	2090	2237	2218	2330	2330

Примечание. * – оценка; ** – прогноз; *** – включая Аргентину, Китай, Колумбию, Индию, Мексику, Пакистан, Турцию.

Сведения о фактическом и прогнозируемом объеме мировых ресурсов хлопка с учетом переходящих запасов (млн. т)

представлены по материалам ICAC данными табл. 3 [5, с. 24].

Таблица 3

Рынок хлопка (мировой)	2004-2005*	2005-2006**	2006-2007**
Производство	26,19	24,11	24,78
Потребление	23,38	23,92	23,91
Переходящие запасы	10,50	10,69	10,87
Cotlook A Index***	1150	1433	1433

Примечание. * – оценка; ** – прогноз; *** – \$/т.

Из сведений табл. 3 следует, что с учетом переходящих запасов в сезоне 2004-2005 гг. было перепроизводство хлопка, результатом которого стали сравнительно невысокие цены на хлопок [6, с. 41]. Средние мировые цены Cotlook A Index на хлопок в этом сезоне составили 1150 \$/т, что на 29% ниже цен сезона 2003-2004 гг.

Учитывая то, что благоприятные погодные условия предыдущего сезона были нетипичными, а вероятность их повторения невелика, в хлопковом сезоне 2005-2006 гг. ожидается прямая государственная финансовая поддержка хлопководства. К примеру, в сезоне 2004-2005 гг. в основных хлопкосеющих странах она варьировалась от \$2,2 млрд. в США до \$11 млн. в Колумбии. В сезоне 2003-2004 гг. прямая помощь

хлопководству в Китае составила \$1,3 млрд. и \$6 млн. – в Мексике.

По прогнозам аналитиков [7] в сезоне 2005-2006 гг. объем производства хлопка сократится на 8% и составит 24,11 млн. т, а его потребление увеличится на 2% и составит 23,92 млн. т. С учетом переходящих остатков на 1 августа 2006 г. в размере 10,50 млн. т прогнозируемый объем предложения хлопка на мировом рынке составит 34,61 млн. т.

Таким образом, в сезоне 2005-2006 гг. предложение хлопка вновь будет превышать спрос, что отразится на мировых ценах. Однако, принимая во внимание сокращение разрыва между предложением и спросом, а также устойчивую мировую динамику роста цен на химические волокна, можно ожидать повышение цен на хло-

пок. По мнению экспертов ICAC, среднее значение Cotlook A Index в сезоне 2005-2006 гг. может подняться на 24% и составить до 1433 \$/т.

При этом основным фактором, влияющим на формирование цен на хлопок, останется спрос со стороны крупнейшего производителя и покупателя хлопка – Китая, которому на мировом рынке хлопка отводится особая роль.

Текстильная промышленность Китая, инициирующая рост мирового потребления и производства хлопка, после отмены квот в международной торговле в 1998 г. резко увеличила как поставки хлопка на мировой рынок, так и его закупки для промышленной переработки.

Это отразилось на мировых рынках текстильной продукции.

Весной 2005 г. текстильщики США выразили протест против китайского импорта текстильных товаров, поставки которых в США выросли в десятки раз, практически парализовав работу национальной текстильной промышленности.

Вскоре к протесту американских производителей текстиля присоединились западно-европейские производители. Итогом длительных переговоров между ЕС и Китаем стало очередное введение квот европейскими странами на десятки наименований ввозимых текстильных товаров. Вслед за европейскими странами аналогичные ограничения ввели и власти США.

Позднее оказалось, что по большинству этих товаров квоты на 2005 г. были выбраны уже в первом полугодии 2005 г. Китайские текстильщики, предвидя подобный ход событий до того, как ограничения вступили в силу, активизировали экспортные поставки в начале 2005 г. и ограничили заключение экспортных контрактов на поставки текстиля во втором полугодии 2005 г.

Однако, несмотря на принятые меры, в 2005 г. в Китае сложилось перепроизводство текстильных товаров и это привело к тому, что около 30% производителей были вынуждены менять ассортимент выпуска-

емой продукции, либо сокращать объемы производства; около 20% – искать новых зарубежных покупателей [6, с. 43]. Ожидается, что это неизбежно скажется на экономической динамике как отдельных производителей, так и текстильной промышленности Китая в целом, а также на динамике мировых текстильных рынков.

Таким образом, изменение позиций Китая как крупнейшего экспортера и импортера хлопка инициирует изменения динамики рынка хлопка и мировых текстильных товарных рынков.

Ситуация на российском рынке хлопка определяется тем, что Россия, не имеющая собственной сырьевой хлопковой базы, превратилась в крупнейшего импортера хлопкового волокна. Хлопкопроизводящие республики бывшего СССР переориентировались на поставки хлопкового волокна странам дальнего зарубежья, резко сократив его поставки в Россию.

России для нормального ритмичного функционирования всех имеющихся производственных мощностей требуется около 750 тыс. т хлопкового волокна. Отсутствие отечественного сырья привело к тому, что хлопковое волокно стало предметом экономических и политических манипуляций, разрушающих текстильную и другие отрасли промышленности России и ввергающих в тяжелый кризис целые регионы [5, с.25].

Импорт хлопка в Россию в 2004 г. составил 311,6 тыс. т. Основным объемом поставок приходился на сырье узбекского происхождения, но по сравнению с 2003 г. его доля снизилась с 50,4 до 37,3%. При этом выросли поставки из других хлопкопроизводящих стран СНГ, таких как Туркмения, Киргизия, Азербайджан. В первом полугодии 2005 г. в Россию было завезено 147,3 тыс. т хлопка, а за соответствующий период 2004 г. – 152,3 тыс. т.

Структура российского импорта хлопка по странам происхождения и странам отправления в I полугодии 2005 г. представлена данными табл. 4 [6, с. 45].

Т а б л и ц а 4

Страна происхождения	Вес нетто, т	Удельный вес, %	Страна отправления	Вес нетто, т	Удельный вес, %
Узбекистан	65094	44,18	Узбекистан	37720	25,60
Казахстан	23189	15,74	Латвия	37264	25,29
Таджикистан	21227	14,41	Киргизия	18683	12,68
Киргизия	19033	12,92	Казахстан	18159	12,32
Азербайджан	13456	9,13	Таджикистан	17231	11,69
Туркменистан	3733	2,53	Азербайджан	13365	9,07
Турция	764	0,52	Туркменистан	3668	2,49
Мали	509	0,35	Турция	764	0,52
Бразилия	324	0,22	Эстония	475	0,32
Пакистан	17	0,01	Пакистан	17	0,01
Итого:	147347	100,0	Итого:	147347	100,0

Из завезенного в Россию хлопка в сезоне 2004-2005 гг. более 44% приходится на волокно узбекского происхождения против 37% в 2004 г., причем примерно половина узбекского хлопка поступает в Россию через Латвию. По сравнению с 2004 г. в общем объеме импорта на 7% сократились доля казахского хлопка, на 2% – туркменского. При этом доля таджикского и киргизского хлопка выросла на 2%.

В конце 2004 г. уровень цен на мировом рынке хлопка был минимальным после сезона 2001-2002 гг., что способствовало росту закупок сырья российскими трейдерами. Наличие больших запасов в сочетании с повышением мировых цен стало причиной снижения импорта в начале 2005 г.

В настоящее время российские цены на хлопок составляют 1450... 1460 \$/т при среднемировом уровне цен 1150 \$/т и прогнозе в сезоне 2005-2006 гг. 1433 \$/т.

Таким образом, сложившаяся ценовая ситуация на российском рынке хлопка как фактор бизнес-среды оказывает тормозящий, понижающий характер на экономическую динамику текстильных предприятий.

Для эффективного функционирования предприятий хлопчатобумажной промышленности и смежных с ней отраслей необходимо решить две основные проблемы, относящиеся к сырьевому рынку: во-первых, пересмотреть систему классификации параметров хлопкового волокна; во-вторых, создать собственную сырьевую базу.

Основанием для пересмотра системы классификации параметров хлопкового волокна являются противоречия между действующими в России прежними стандартами на хлопок-волокно, увязанными с основной научно-технической документацией хлопчатобумажной отрасли, и Международной системой оценки качества хлопковых волокон HVJ, которой следуют все ведущие производители хлопка.

После распада СССР работы по технологической оценке хлопкового волокна, проводимые ЦНИХБИ совместно с ЦНИИхлоппромом, из-за отсутствия финансирования были прекращены и до настоящего времени не проводятся. Фактически отсутствует технологическая оценка свойств новых селекционных сортов узбекского хлопка (а их более двадцати) и рекомендации по их применению, что приводит к снижению качества текстильной продукции [5, с. 26].

В настоящее время хлопковое волокно все чаще поступает с сопроводительными документами, в которых его параметры указаны по Международной системе классификации и оценки качества хлопковых волокон HVJ и их невозможно сопоставить с российскими стандартами. Потребители вынуждены проводить свой анализ хлопкового волокна, что приводит к неопределенности последствий для покупателя и поставщика хлопка.

Поскольку Узбекистан, как основной российский поставщик, все шире использует Международную систему классификации при оценке хлопкового волокна, а также

учитывая предстоящее вступление России в ВТО, необходима гармонизация российских стандартов на хлопковое волокно и Программа перевода хлопчатобумажной промышленности на Международную систему оценки качества хлопковых волокон HVJ.

В соответствии с концепцией экономической динамики промышленного предприятия [1], которая понимается как компромисс в разрешении противоречий между требованиями бизнес-среды и внутрипроизводственными возможностями предприятия, эти меры позволят решить выявленные противоречия и дадут импульс экономической динамике текстильных предприятий.

Работы по формированию собственной сырьевой базы хлопка велись в южных регионах России еще в 1990-х гг. Они предусматривали отработку селекции и технологии выращивания скороспелых сортов хлопчатника для промышленного производства хлопковолокна. В настоящее время эта работа проводится в Краснодарском и Ставропольском краях, Республике Калмыкия, Волгоградской и Астраханской областях. По данным ЦНИХБИ выращиваемое здесь волокно по своим физико-механическим показателям относится к пятому типу первого и второго сортов, то есть к наиболее распространенным сортам хлопка, используемым в прядении.

Активизация этих работ позволит обеспечить определенную долю потребности России за счет производства отечественно-

го хлопка, что в сочетании с государственной координационной поддержкой отрасли станет иницирующими факторами прироста экономической динамики и позволит вывести текстильную промышленность из состояния неустойчивого балансирования к реальному экономическому росту.

Предлагаемая концепция экономической динамики дает представление о механизмах ее формирования и факторах иницирования. Знания факторов иницирующего воздействия бизнес-среды, силы и направленности этих воздействий на экономическую динамику предприятия позволяют прогнозировать вектор экономической динамики предприятия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Темнова Н.К. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2005, №6. С.3...8.
2. Темнова Н.К., Ситкин А.В. Динамика рынка хлопка. Аналитический обзор // Рынок легкой промышленности. – 2005, №45. С.60...63.
3. По материалам редакции // ЛегПромБизнес. – 2005, №9. С.3...5.
4. Chem. Fibers Int. – N3, 52, 202. P. 148...158.
5. Лаврентьева Е.П. Сырьевая база хлопчатобумажной отрасли // ЛегПромБизнес. – 2002, №2. С. 24...28.
6. Пустыльник Я. Мировое производство волокон в цифрах // В мире оборудования. – 2005, №6. С. 41...47.
7. <http://www.teksika.ru>.

Рекомендована кафедрой менеджмента. Поступила 03.10.05.

УДК 339.187:62

ОСОБЕННОСТИ ЭКОНОМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ЛИЗИНГОВОЙ СДЕЛКИ

Е.А.ЮХИНА, О.С.ЮХИНА

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

Взаиморасчеты лизингодателя и лизингополучателя осуществляются в форме лизинговых платежей в виде отдельных взносов.

Лизинговые платежи – это плата за пользование предоставленным по договору лизинга имуществом, осуществляемая лизингополучателем. Размер, способ, форма

и периодичность выплат устанавливаются в договоре по соглашению сторон.

Как установить величину лизинговых платежей?

1). Она зависит от спроса и предложения, что отражается на проценте вознаграждения лизингодателя.

2). После внесения лизинговых платежей лизингодатель и лизингополучатель должны из своей выручки возместить производственные затраты и получить доход.

3). Она определяется путем договоренности лизингодателя и лизингополучателя.

По экономическому содержанию лизинг относится к прямым инвестициям, в процессе использования которых лизингополучатель обязан возместить лизингодателю инвестиционные затраты (издержки) и выплатить вознаграждение.

Величина комиссионного вознаграждения определяет уровень рыночной цены лизинговой услуги и зависит от многих факторов:

- спроса на лизинговые услуги,
- уровня конкуренции,
- положения лизингодателя на рынке,
- кредитной истории лизингополучателя, длительности и характера взаимоотношений между лизингодателем и лизингополучателем,
- рисков.

Все инвестиционные затраты должны быть обоснованы и минимальны.

Лизинговые платежи относятся на себестоимость лизингополучателя. Для расчета лизинговых платежей разработаны Методические рекомендации по расчету лизинговых платежей, одобренные Министерством экономики и Министерством финансов Российской Федерации в 1996 г.

При принятии решения о приобретении оборудования в лизинг необходимо сделать предварительный экономический анализ условий сделки, а именно:

1. Сравнить суммы лизинговых платежей:

1) при различных способах начисления амортизации;

2) при различных способах начисления комиссионного вознаграждения;

3) при различных способах выплаты лизинговых взносов, а также сравнить налоговые льготы, получаемые при различных условиях договора лизинга.

2. Сравнить эффективность использования лизинга и банковского кредитования для приобретения оборудования.

Основная идея лизинга состоит в том, чтобы растянуть во времени выплату стоимости имущества при сохранении права на приобретение его в собственность по окончании срока действия договора.

Каждая лизинговая сделка требует индивидуального подхода.

Универсальных формул для выбора условий лизинговой сделки не существует.

Определение размера лизинговых платежей является весьма сложным вопросом.

Цель лизингодателя – возратить стоимость основных фондов и получить лизинговый процент.

Цель лизингополучателя – растянуть во времени выплату лизинговых платежей и уменьшить их сумму.

Сделка состоится, если лизингодатель и лизингополучатель найдут взаимовыгодные условия.

Рассмотрим общие затраты лизингодателя:

$$Л/Д = БС + ПК + ДУ,$$

где БС – балансовая стоимость имущества, руб.; ПК – плата за кредитные ресурсы, руб.; ДУ – плата за дополнительные услуги, руб.

Инвестиционные затраты лизингодателя будут зависеть от стоимости приобретаемого имущества, платы за кредит и дополнительных расходов, связанных с предметом лизинга. Следовательно, чтобы сделать лизинговую сделку привлекательной, лизингодатель должен найти выгодные условия кредита, а также предложить приемлемую ставку своего вознаграждения за лизинговую сделку – % КВ.

Стоимость объектов основных средств погашается путем начисления амортизации.

Рассмотрим затраты лизингополучателя, то есть сумму лизинговых платежей,

которую он должен уплатить лизингодателю:

$$ЛП = АО + ПК + ДУ + КВ + НДС + ТП,$$

где АО – величина амортизационных отчислений, причитающихся лизингодателю, в текущем году, руб.; КВ – комиссионное вознаграждение лизингодателя за предоставление имущества в лизинг, руб.; НДС – по услугам лизингодателя, руб.; ТП – таможенная пошлина, руб.; ПК – плата за кредитные ресурсы, руб.; ДУ – плата за дополнительные услуги, руб.

Учитывая тот факт, что лизинговая сделка растягивается во времени, на размер лизингового платежа будут влиять инфляция и такие условия договора, как срок договора, норма амортизации, метод начисления амортизации, наличие авансового платежа, остаточной стоимости и отсрочки платежа, а также применение механизма ускоренной амортизации.

Вследствие этого расчет лизинговых платежей можно проводить:

- 1) с учетом метода начисления амортизации,
- 2) с учетом коэффициента дисконтирования,
- 3) с учетом инфляции,
- 4) с учетом поправочных коэффициентов на остаточную стоимость, авансовый платеж или отсрочку платежа.

Кроме того, при заключении договора

лизинга, как правило, не предусматривается полная амортизация стоимости лизингового имущества. Это положение зависит от действующего законодательства страны.

Во многих странах остаточная стоимость не превышает 10%.

Начисление амортизации объектов основных средств производится с помощью одного из следующих способов:

- 1) линейный (пропорциональный) способ,
- 2) способ уменьшения остатка,
- 3) кумулятивный способ, то есть способ списания стоимости по сумме чисел лет до срока полезного использования,
- 4) способ списания стоимости пропорционально объему продукции.

Кроме того, при начислении амортизации в целях налогообложения прибыли лизингополучатель может применить коэффициент ускоренной амортизации не выше 3 (п.7 ст.259 НК РФ).

Сравним размеры лизинговых платежей при различных методах начисления амортизации и следующих условиях договора лизинга (табл. 1).

Стоимость оборудования 10 000 руб.

Срок договора лизинга – до полного износа.

Процентная ставка за кредит 33%.

Комиссионное вознаграждение 10%.

Сумма кредита 10 000 руб.

Т а б л и ц а 1

Метод расчета лизинговых платежей	ПК (33%), руб.	КВ (10%), руб.	НДС (18%), руб.	ЛП, руб.	ЛП/цена объекта
По российской методике					
1) по ставке КВ в % от среднегодовой остаточной стоимости	–	–	–	–	–
А) при линейном способе начисления амортизации	8250	2500	3735	24485	2,45
Б) при линейном способе с коэффициентом ускорения 2	4290	1300	2806	18396	1,84
В) при кумулятивном способе начисления амортизации	6050	1833	3219	21102	2,11
2) по ставке КВ в % от балансовой стоимости и линейном способе начисления амортизации	8250	5000	4185	27435	2,74
По западному методу [1]	–	–	–	25815	2,58

Из табл. 1 видно, что для лизингодателя наиболее выгодным является линейный

способ начисления амортизации, так как в этом случае КВ максимально и составляет

5000 руб. при начислении КВ в % от балансовой стоимости и 2500 руб. – при начислении КВ в % от среднегодовой остаточной стоимости.

Для лизингополучателя наиболее выгодным является линейный способ с коэффициентом ускорения 2, так как в этом случае сумма лизинговых платежей минимальна (ЛП = 18396 руб.), однако при этом лизинговый взнос в первый год приближается к первоначальной стоимости оборудования, что превращает лизинговую сделку в сделку купли-продажи. Избежать этого позволяет гибкая система внесения лизинговых взносов. С этой целью следует выбрать равномерный способ уплаты лизинговых взносов, либо по увеличивающейся стратегии в течение срока договора.

Кроме этого способа лизингополучатель может отдать предпочтение кумулятивному способу (ЛП = 21102 руб.).

Проведенный расчет при различных способах начисления амортизации и комиссионного вознаграждения показал, что за счет указанных факторов имеется возможность снизить сумму лизинговых платежей до 30%, а соотношение суммы лизинговых платежей и цены объекта лизинга уменьшить с 2,74 до 1,84. После уплаты налога на прибыль соотношение реальной стоимости лизинговой сделки и цены объекта лизинга можно уменьшить до 1,4.

Размер лизингового платежа зависит и от выбора варианта учета лизингового имущества. Если лизинговое имущество ввозится из-за границы, то необходимо учитывать особенности международного лизинга.

В России способ учета лизингового имущества определяется условиями договора лизинга.

Последствия от выбора учета следующие:

1) налог на имущество платит тот, у кого на балансе числится лизинговое имущество;

2) амортизацию по лизинговому имуществу начисляет балансодержатель лизингового имущества.

При первом варианте сумма лизинговых платежей будет меньше, так как они

не будут включать налог на лизинговое имущество. Во втором варианте сумма лизинговых платежей возрастет за счет возмещения лизингополучателем налога на имущество, который уплачивается лизингодателем. Это может выразиться во включении налога на имущество в сумму лизинговых платежей напрямую или косвенно через увеличение лизингового процента. Однако при любом варианте учета налог на имущество оплачивает лизингополучатель. Разница лишь в том, что при втором варианте лизингополучатель будет иметь меньшую налогооблагаемую прибыль, и поэтому он более выгоден.

При анализе лизинговой сделки следует обращать особое внимание на льготы, которые лизингополучатель получает от применения ускоренной амортизации лизингового имущества и отнесения лизинговых платежей на себестоимость продукции, выпускаемой с помощью предмета лизинга.

В связи с этим, несмотря на кажущиеся большие суммы лизинговых платежей, стоимость лизинговой сделки может оказаться ниже, чем в случае приобретения имущества в кредит с отсрочкой платежа.

Лизинг является альтернативой долгосрочного и краткосрочного финансирования. Поэтому преимущества и недостатки лизинговых операций сравнивают в первую очередь с преимуществами и недостатками традиционных источников финансирования инвестиций.

Решение этой задачи с позиций лизингополучателя сводится к определению приведенных к текущей дате чистых платежей по обоим вариантам и последующему их сравнению.

Для этого необходимо определить дисконтированную текущую стоимость посленалоговых платежей:

А) – в случае лизинга:

$$L = E_0 + \sum_{t=1} \frac{L_t(1 - K_n)}{(1 + r)^t},$$

где L_t – периодический лизинговый платеж (лизинговый взнос); K_n – ставка налога

на прибыль; E_0 – предоплата; r – норма дисконта;

Б) – в случае покупки за счет кредита:

$$K = E_0 + \sum_{t=1}^n \frac{K_t + P_t - P_t K_H - A_t K_H}{(1+r)^t} - \frac{sV_n}{(1+r)^n},$$

где K_t – периодический платеж по погашению кредита; P_t – процент за кредит в период t ; $P_t K_H$ – налоговая льгота по процентам за кредит; $A_t K_H$ – налоговая льгота по амортизации; $\frac{sV_n}{(1+r)^n}$ – современная

величина остаточной стоимости объекта на конец срока операции.

Если L меньше K , то выгоднее лизинг и наоборот.

Для проведения сравнительного анализа стоимости покупки оборудования в кре-

дит и стоимости приобретения оборудования в лизинг воспользуемся вышеприведенными исходными данными, которые использовались для расчета лизинговых платежей.

Стоимость оборудования составляет 10000 руб. Для расчета взяты лизинговые платежи, рассчитанные при линейном способе начисления амортизации (24485 руб. или 20750 руб. без НДС). При расчете учитывалось, что затраты на уплату процентов по банковскому кредиту относятся на себестоимость в пределах 1,1 ставки рефинансирования.

Результаты расчетов приведены в табл. 2, где показан сравнительный анализ эффективности лизинга и банковского кредитования покупки основных средств (руб.).

Т а б л и ц а 2

Показатели	Годы					Итого
	1	2	3	4	5	
Л И З И Н Г						
Лизинговый платеж, L_t	4150	4150	4150	4150	4150	20750
Налоговая льгота по лизингу, $K_H = 24\%$	996	996	996	996	996	4980
Посленалоговая стоимость лизинга, $L_t(1-K_H)$	3154	3154	3154	3154	3154	15770
Дисконтированная стоимость лизинговых платежей при $r=0,1$	2867	2605	2369	2154	1959	11954
К Р Е Д И Т						
Возврат кредита, K_t	2000	2000	2000	2000	2000	10000
Остаток кредита	8000	6000	4000	2000	-	-
Процент за кредит (33%)	3300	2640	1980	1320	660	9900
Общая сумма платежа	5300	4640	3980	3320	2660	19900
1,1 ставки рефинансирования, P_t	1498	1199	899	599	299	4500
Налоговая льгота по процентам за кредит ($P_t K_H$)	-359	-288	-216	-144	-72	-1080
Амортизация, A_t	2000	2000	2000	2000	2000	10000
Налоговая льгота на амортизацию ($A_t K_H$)	-480	-480	-480	-480	-480	-2400
Посленалоговая стоимость объекта	4461	3872	3284	2696	2108	16420
Дисконтированная стоимость объекта	4055	3198	2466	1841	1309	12869

Из таблицы видно, что лизинг является более выгодным. Экономия составляет $12869 - 11954 = 915$ руб. при линейном способе амортизации. Применение других способов начисления амортизации, позволяющих снизить сумму лизинговых платежей, приведет к еще большей экономии

по сравнению с кредитом, даже если процент за кредит снизится более чем в 2 раза и составит 15%.

Таким образом, из табл. 2 следует, что при одинаковых условиях кредитной и лизинговой сделки стоимость лизинга после уплаты налогов обходится дешевле в связи

с тем, что лизинговые платежи относятся на себестоимость продукции, выпускаемой лизингополучателем, что приводит к уменьшению налогооблагаемой прибыли на сумму лизинговых платежей. Хотя первоначально до уплаты налогов казалось, что кредитная сделка дешевле ($20750 - 19000 = 850$ руб.).

ВЫВОДЫ

1. Проведен анализ факторов, влияющих на стоимость лизинговой сделки с позиций лизингодателя и лизингополучателя. Установлено, что сумма лизинговых платежей зависит от способа начисления амортизации, способа начисления комиссионного вознаграждения лизингодателя и способа учета лизингового имущества.

2. Проведен расчет стоимости лизинговой сделки при различных способах на-

числения амортизации и даны конкретные рекомендации по снижению размера лизинговых платежей. Рекомендации могут быть использованы при принятии решения о приобретении оборудования в лизинг.

3. Проведен сравнительный анализ эффективности лизинга и банковского кредитования покупки оборудования. Установлено, что при одинаковых условиях кредитной и лизинговой сделки стоимость лизинга после уплаты налогов обходится дешевле.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Сергеев И.В. и др.* Организация и финансирование инвестиций. – М.: Финансы и статистика, 2003. С. 116...119.

Рекомендована кафедрой экономики. Поступила 01.11.05

УДК 677.017.427:539.3

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДЕФОРМИРОВАННЫХ
СОСТОЯНИЙ ТРИКОТАЖА
ИЗ ТЕКСТУРИРОВАННЫХ ПОЛИАМИДНЫХ НИТЕЙ**

О.Н. СТОЛЯРОВ, С.В. МАКАРЕНКО, А.В. ТРУЕВЦЕВ, А.М. СТАЛЕВИЧ

(Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна)

Ранее в [1] рассмотрен способ моделирования деформационных свойств трикотажа из текстурированных полиамидных нитей на основе измерений релаксирующего растягивающего усилия при постоянной задаваемой деформации, разработан методика определения соответствующих деформационных характеристик, а также проанализированы изменения численных значений этих характеристик по мере увеличения деформации.

Цель настоящей статьи заключалась в проверке возможности расчетного прогнозирования более сложных процессов деформирования с помощью указанных деформационных характеристик. Тем самым предполагалось выяснить наследственный характер этих деформационных характеристик.

В условиях малой деформационной жесткости, когда начальное и конечное значения релаксирующего модуля возрастают по мере деформирования, определяющее уравнение нелинейно-наследственной вязкоупругости [2] усложняется тем, что релаксирующая часть модуля оказывается под интегралом

$$\sigma_t = E_{0t}\varepsilon_t - \int_{-\infty}^{\ln t} (E_{0s} - E_{\infty s})\varepsilon_{t-s}r_{es}d(\ln s), \quad (1)$$

где σ_t – растягивающее напряжение к конечному моменту текущего времени t ; E_{0t} – начальное значение релаксирующего модуля для деформации ε_t к конечному моменту текущего времени t ; E_{0s} – начальное

значение релаксирующего модуля для деформации ε_{t-s} к промежуточному моменту текущего времени $t-s$; $E_{\infty s}$ – конечное значение релаксирующего модуля для деформации ε_{t-s} ; \bar{r}_{es} – нормированное нелинейно-наследственное логарифмическое ядро релаксации, получаемое дифференцированием нормированной релаксационной функции φ_{es} [1]:

$$\bar{r}_{es} = \frac{\partial \varphi_{es}}{\partial \ln s} = A_\varepsilon \left(\frac{s}{\tau_\varepsilon} \right)^{A_\varepsilon} \left(1 + \left(\frac{s}{\tau_\varepsilon} \right)^{A_\varepsilon} \right)^{-2}. \quad (2)$$

Данное интегрируемое ядро в удовлетворительном приближении может рассматриваться как нормированный спектр релаксации, то есть характер распределения релаксирующих частиц по собственным временам релаксации [2]. Помимо подынтегрального времени s данное ядро зависит также от деформации как от параметра, влияющего на среднестатистическое время релаксации τ_ε и на параметр формы спектра релаксации A_ε .

Используемое уравнение (1) по сравнению с известным уравнением сложного режима релаксации [2] отличается еще и тем, что параметр A_ε тоже зависит от величины деформации ε как от параметра. Именно таким усложнением нелинейно-наследственная вязкоупругость изучаемого трикотажа отличается от более простого деформационного свойства обычных синтетических нитей. Вероятнее всего, такое

усложнение вызывается малой деформационной жесткостью, обуславливающей наличие больших деформаций. Именно последний геометрический фактор и вызывает постепенные увеличения характеристик деформационной жесткости $E_{0\varepsilon}$ и $E_{\infty\varepsilon}$, а также постепенное расширение

$$\sigma_t = \varepsilon_t \left[E_{0\varepsilon} - (E_{0i=1} - E_{\infty i=1})(1 - q^{-n})\varphi_{i=1} - \ln q \sum_{i=2}^n (E_{0i} - E_{\infty i})(1 - q^{i-n-1})\bar{r}_i \right], \quad (3)$$

где n – число "столбиков" в прогнозируемой диаграмме растяжения; $q^{-1} = 1,5^{-1} = \frac{2}{3}$ – знаменатель геометрической прогрессии, используемый при вычислении интеграла в формуле (1); i – номер "столбика", начиная с конечного значения текущего времени t ; E_{0i} и $E_{\infty i}$ – начальное и конечное значения релаксирующего модуля, соответствующие i -му "столбику" высотой ε_i ;

спектра релаксации в сторону малых времен [1].

В первой задаче в качестве режима сложной релаксации рассматривалась диаграмма растяжения с заданной скоростью деформирования. Для такого режима деформирования [2] определяющее уравнение (1) заменяется следующей модернизированной расчетной формулой:

$$\bar{r}_i = \frac{\partial \varphi_{\varepsilon s}}{\partial \ln s} = A_i \left(\frac{s_i}{\tau_i} \right)^{A_i} \left(1 + \left(\frac{s_i}{\tau_i} \right)^{A_i} \right)^{-2} - \text{зна-}$$

чение ядра; s_i , τ_i , A_i – значения, соответствующие величине деформации ε_i [2].

Пример прогнозирования точки диаграммы растяжения по значениям деформационных характеристик [1] приведен в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

i	$n-i+1$	$1-q^{i-n-1}$	ε_i	$f_{\varepsilon_i \varepsilon_i}$	A_i	$E_{0i} - E_{\infty i}$, МПа	y_i	\bar{r}_i	$(1 - q^{i-n-1}) \times$ $\times \bar{r}_i (E_{0i} - E_{\infty i})$, МПа
1	8	0,961	1,15	6,46	0,107	29,25	0,687	0,116	-
2	7	0,941	1,13	6,21	0,108	28,07	0,705	0,117	3,09
3	6	0,912	1,09	5,75	0,109	26,05	0,706	0,118	2,80
4	5	0,869	1,04	5,20	0,111	23,32	0,703	0,120	2,43
5	4	0,802	0,96	4,30	0,115	19,47	0,672	0,124	2,32
6	3	0,704	0,85	2,89	0,137	15,31	0,662	0,148	1,93
7	2	0,555	0,67	0,60	0,142	11,16	0,419	0,151	0,935
8	1	0,333	0,40	-3,40	0,210	7,240	-0,135	0,202	0,487

$\Sigma=13,99$

Скорость деформирования $\dot{\varepsilon}_1 = 8,3 \cdot 10^4 \text{ с}^{-1}$;
 величина деформации $\varepsilon_t = 1,2 = 120\%$; значе-
 $\frac{1,2}{8,3 \cdot 10^{-4}} = 1446 \text{ с} = 24,1 \text{ мин}$;
 $\ln \frac{t}{t_1} = 3,18$, где $t_1 = 1 \text{ мин}$.

Неравномерному делению шкалы "об-
 ратного" времени $s_i = tq^{i-n-1}$ соответст-
 вуют: деление текущего времени
 $\theta_i = t - s_i = t(1 - q^{i-n-1})$; деформация i -го
 столбика $\varepsilon_i = \varepsilon_t (1 - q^{i-n-1})$, где $q = 1,5$.

Формулы для расчета:

для

$$i = 1; y_{i=1} = A_{i=1} \left[\ln \frac{t}{t_1} - (n-1) \ln q + \ln \frac{t_1}{\tau_{i=1}} \right], \quad (4)$$

$$\varphi_{i=1} = [1 + \exp(-y_{i=1})]^{-1};$$

для

$$i = 2, 3, \dots y_i = A_i \left[\ln \frac{t}{t_1} - (n-i+1) \ln q + \ln \frac{t_1}{\tau_i} \right], \quad (5)$$

где $t_1 = 1$ мин; $A -$ (рис. 3-б, [1]) $\ln \frac{t_1}{\tau_i} = f_i$ (рис. 3-а, [1]), (6)

$$\bar{\tau}_i = A \exp y_i (1 + \exp y_i)^{-2}. \quad (7)$$

При $s_{i=1} = s_{i=2} = tq 1^{1-n}$ и $\varepsilon_{i=1} = \varepsilon_t (1-q^{-n}) = 1,15$
 $y_{i=1} = 0,107(3,18-8 \cdot 0,405+6,46) = 0,687$.

Расчет по формуле (3):

$$\sigma_i = 1,2(34,4 - 29,25 \cdot 0,961 \cdot 0,665 - 0,405 \cdot 13,99) = 13,2 \text{ МПа}.$$

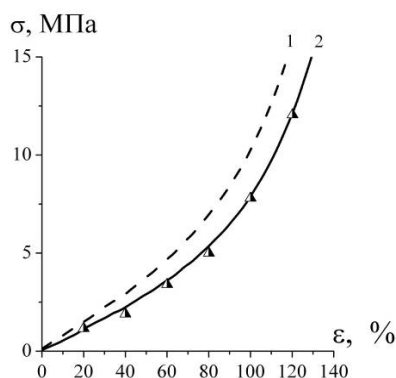


Рис. 1

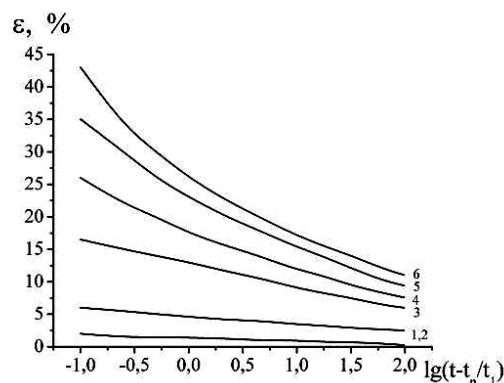


Рис. 2

Аналогичным образом были вычислены также и другие прогнозируемые точки диаграммы (рис. 1: кривая 1 – $\dot{\varepsilon} = 8,3 \cdot 10^{-2} \text{ с}^{-1}$; 2 – $\dot{\varepsilon} = 8,3 \cdot 10^{-4} \text{ с}^{-1}$ (точки – расчетные значения)). Близость этих точек к экспериментально полученной диаграмме растяжения подтверждает наследственный характер полученных релаксационных характеристик [1] и вследствие этого пригодность предлагаемой формулы (3) для аналитического описания диаграммы растяжения.

Во второй задаче в качестве режима сложной релаксации рассматривался восстановительный деформационный процесс (после релаксации напряжения) (рис. 2: кривая 1 – 20; 2 – 40; 3 – 60; 4 – 80; 5 – 100; 6 – 120%). До момента полного разгрузки образец находился в условиях постоянной квазимгновенно заданной деформации в течение времени $t_n = 10$ мин, то есть имел место режим простой релаксации.

Учитывая пассивность данного режима деформирования, воспользуемся вариантом [2], модернизированным в соответствии с (1):

$$\sigma_t = E_{0t} \varepsilon_t - (E_{0i=1} - E_{\infty i=1}) \varepsilon_{i=1} \Phi_{i=1} - \ln q \sum_{i=2}^n (E_{0i} - E_{\infty i}) \varepsilon_i \bar{q} (q^i - 1)^{-1},$$

где ε_i – высота i -го "столбика" деформации; $q=2$ – наиболее удобное выбранное значение. Вычисляемые значения напряжения оказались близкими к $\sigma = 0$ – условию эксперимента.

Таким образом, в каждой из рассмотренных двух задач подтверждается возможность расчетного прогнозирования более сложных режимов релаксации по сравнению с тем простым режимом, в котором были определены численные значения используемых деформационных характеристик. Такая возможность означает, что этим характеристикам простой релаксации можно придавать более глубокий, а именно наследственный смысл.

Выявленный "наследственный характер" восстановительного деформационного процесса означает принципиальную возможность расчетного прогнозирования этого процесса по деформационным характеристикам, полученным из "семейства" простой кратковременной релаксации растягивающего усилия.

Рассмотренная возможность расчетного прогнозирования сложных режимов деформирования по характеристикам простого режима релаксации означает, что действующая деформационно-временная аналогия [1] имеет более глубокий, то есть "наследственный характер".

УДК 677.48.6

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФУНКЦИИ ПЛОТНОСТИ УГЛОВОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВОЛОКОН В ПРОСТРАНСТВЕННЫХ СТРУКТУРАХ

И.П. КОРНЮХИН, Т.А. КОРНЮХИНА

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

Объектом исследования является пространственная структура, получающаяся из состояния полного хаоса путем деформации волокнистого материала в двух взаимно перпендикулярных направлениях. В таких условиях функция распределения

будет зависеть как от полярного, так и от азимутального углов.

Для получения пространственной функции распределения используется подход, экспериментально обоснованный в [1]. Этот подход основывается на исполь-

ВЫВОДЫ

1. Осуществлена модернизация интегрального нелинейно-наследственного уравнения вязкоупругости на случай полимерных материалов малой деформационной жесткости в диапазоне деформации до 120%. Произведена соответствующая модернизация методик расчетного прогнозирования активного и пассивного режимов деформирования.

2. На примере аналитического описания диаграммы растяжения и восстановительного деформационного процесса показана применимость этих разработанных методик расчета активных и пассивных режимов деформирования к исследуемому трикотажному полотну.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Столяров О.Н., Макаренко С.В., Труевцев А.В., Сталевич А.М.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности – 2005, №6.

2. *Сталевич А.М.* Деформирование ориентированных полимеров. – Санкт-Петербург: Изд-во СПбГУТД, 2002.

Рекомендована кафедрой трикотажного производства. Поступила 01.06.05.

зовании уравнения, связывающего функции распределения в двух состояниях, причем так, что между аргументами этих функций существует строгая зависимость. Это уравнение, связывающее двумерные функции углового распределения в сферических координатах, выглядит так:

$$\ell(\phi, \alpha) = \ell_0(\psi(\phi, \alpha), \theta(\phi, \alpha)) |D|, \quad (1)$$

где $\ell_0(\psi, \theta)$ – плотность распределения в состоянии, рассматриваемом как начальное, исходное; $\ell(\phi, \alpha)$ – плотность распределения в конечном состоянии; $|D|$ – модуль якобиана:

$$D = \frac{D(\psi, \theta)}{D(\phi, \alpha)} \equiv \begin{vmatrix} \frac{\partial \psi}{\partial \phi} & \frac{\partial \psi}{\partial \alpha} \\ \frac{\partial \theta}{\partial \phi} & \frac{\partial \theta}{\partial \alpha} \end{vmatrix}. \quad (2)$$

Плотность распределения $\ell_0(\psi, \theta)$ для полностью хаотического состояния может быть задана априорно. В сферической системе координат она имеет вид:

$$\ell_0(\psi, \theta) = \frac{1}{4\pi} \sin \theta. \quad (3)$$

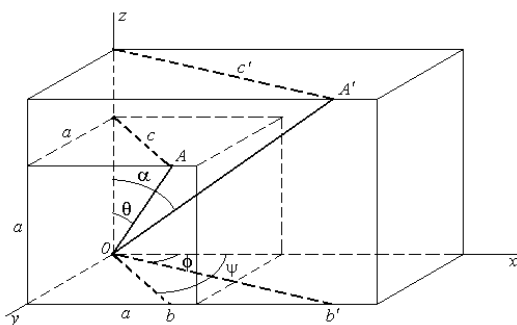


Рис. 1

Для нахождения функциональных зависимостей $\phi(\psi, \theta)$ и $\alpha(\psi, \theta)$ воспользуемся схемой, показанной на рис.1. На этой схеме куб со стороной a характеризует полностью хаотическое состояние волокнистого материала. Направление OA произвольного участка волокна образует с осью Ox угол ψ (азимутальный) и с осью Oz угол θ (полярный). Проекция рассматриваемого

участка волокна отсекает на стороне, параллельной Ox , отрезок b так, что

$$\text{ctg} \psi = b/a. \quad (4)$$

На верхнюю грань куба он проектируется в отрезок длиной c , так что

$$\text{tg} \theta = c/a. \quad (5)$$

Для изменения ориентации элемента волокна в пространстве достаточно произвести линейную деформацию куба только по двум координатным осям. На схеме рис.1 деформация растяжения произведена в направлении осей Ox и Oz , в результате чего куб превращается в прямоугольный параллелепипед. В итоге такого преобразования участок волокна приобретает направление OA' , образующее с осями Ox и Oz углы ϕ и α соответственно.

На стороне, параллельной Ox , этот участок отсекает отрезок длиной b' , а на верхнюю грань параллелепипеда проецируется в отрезок c' . Для деформированного образца аналогами уравнений (4) и (5) будут

$$\text{ctg} \phi = b'/a, \quad (6)$$

$$\text{tg} \alpha = c'/a', \quad (7)$$

где a' – длина вертикального ребра параллелепипеда, получившегося после деформации куба.

Анализируя схему рис. 1, нетрудно заметить, что

$$c = b/\cos \psi, \quad (8)$$

$$c' = b' / \cos \phi. \quad (9)$$

Вводя параметры λ_x и λ_z , характеризующие относительное изменение размеров по координатным осям, получим

$$b' = b\lambda_x, \quad (10)$$

$$a' = a\lambda_z. \quad (11)$$

Исключая из уравнений (4)...(11) все линейные размеры, получим функциональные зависимости, связывающие старые и новые переменные:

$$\operatorname{ctg} \phi = \lambda_x \operatorname{ctg} \psi, \quad (12)$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\lambda_x \cos \psi}{\lambda_z \cos \phi} \operatorname{tg} \theta. \quad (13)$$

При помощи уравнений (12), (13) вычисляются компоненты якобиана:

$$\frac{\partial \theta}{\partial \alpha} = \frac{\lambda_z}{\lambda_x} \frac{\sqrt{\lambda_x^2 \sin^2 \phi + \cos^2 \phi}}{\cos^2 \alpha + \frac{\lambda_z^2}{\lambda_x^2} \sin^2 \alpha (\lambda_x^2 \sin^2 \phi + \cos^2 \phi)}, \quad (14)$$

$$\frac{\partial \psi}{\partial \phi} = \frac{\lambda_x}{\lambda_x^2 \sin^2 \phi + \cos^2 \phi}. \quad (15)$$

Поскольку $\partial \psi / \partial \alpha = 0$, определитель якобиана (2) равен

$$|D| = \frac{\partial \theta}{\partial \alpha} \frac{\partial \psi}{\partial \phi}. \quad (16)$$

Исключим переменную θ из формулы (3) при помощи уравнений (12), (13), после чего подставим полученный результат, а также значение якобиана (16) в формулу (1). В итоге этих преобразований найдем двумерную двухпараметрическую пространственную плотность углового распределения длин участков волокон в виде

$$\ell(\phi, \alpha) = \frac{1}{4\pi} \frac{\lambda_z^2}{\lambda_x} \frac{\sin \alpha}{\left[\cos^2 \alpha + \frac{\lambda_z^2}{\lambda_x^2} \sin^2 \alpha (\lambda_x^2 \sin^2 \phi + \cos^2 \phi) \right]^{3/2}}. \quad (17)$$

Плотность распределения $\ell(\phi, \alpha)$ нормирована на 1 на интервале изменения азимутального угла $0 \leq \phi \leq 2\pi$ и полярного угла $0 \leq \alpha \leq \pi$. В данном случае распределение описывает направления отрезков прямых, а не векторов. По этой причине направления, определяемые углами ϕ и

$\pi + \phi$, эквивалентны. Нетрудно заметить также, что $\ell(\pi - \phi, \alpha) = \ell(-\phi, \alpha)$. Это позволяет описать плотность распределения $\ell(\phi, \alpha)$ в интервале изменения азимутального угла $-\pi/2 \leq \phi \leq \pi/2$ функцией

$$\ell(\phi, \alpha) = \frac{1}{2\pi} \frac{\lambda_z^2}{\lambda_x} \frac{\sin \alpha}{\left[\cos^2 \alpha + \frac{\lambda_z^2}{\lambda_x^2} \sin^2 \alpha (\lambda_x^2 \sin^2 \phi + \cos^2 \phi) \right]^{3/2}}. \quad (18)$$

Более наглядным представляется определение $\ell(\phi, \alpha)$ в интервале изменения по-

лярного угла $-\pi/2 \leq \alpha \leq \pi/2$. При этом формула (18) запишется как

$$\ell(\phi, \alpha) = \frac{1}{2\pi} \frac{\lambda_z^2}{\lambda_x} \frac{|\sin \alpha|}{\left[\cos^2 \alpha + \frac{\lambda_z^2}{\lambda_x^2} \sin^2 \alpha (\lambda_x^2 \sin^2 \phi + \cos^2 \phi) \right]^{3/2}}. \quad (19)$$

Теоретически параметры распределения λ_x и λ_z могут принимать значения в интервале от 0 до ∞ . Значение любого из этих параметров, равное 1, характеризует отсутствие преимущественной ориентации в направлении соответствующей оси. При растяжении в направлении какой-либо из осей величина соответствующего параметра превышает 1, а при сжатии – меньше 1. Как и следовало ожидать, при значении $\lambda_x = 1$ функции $l(\phi, \alpha)$, определяемые фор-

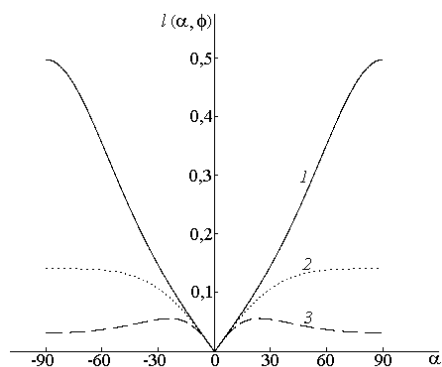


Рис. 2

мулами (17)...(19), переходят в соответствующие функции $l(\alpha)$ для осесимметричной структуры.

Интегрирование величины $l(\phi, \alpha)$ по всему интервалу изменения полярного угла дает полученное в [1] соответствующее выражение для плотности распределения применительно к плоской структуре. Эти переходы служат косвенным подтверждением корректности полученного распределения.

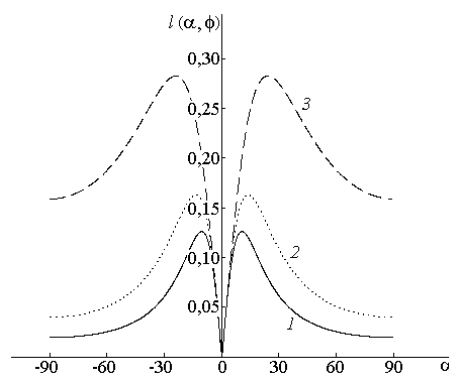


Рис. 3

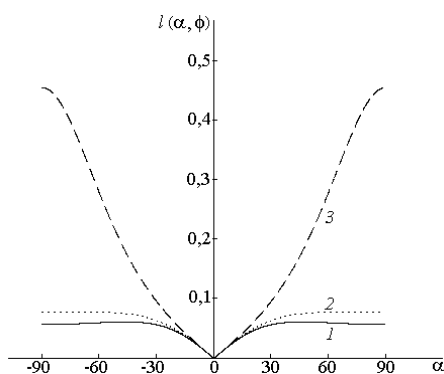


Рис. 4

На каждом из графиков рис. 2...4 представлены зависимости плотности распределения $l(\phi, \alpha)$ от величины полярного угла при трех значениях азимутального угла.

Графики на рис. 2 характеризуют плотность распределения в меридиональных плоскостях при значениях $\phi = 0, \pi/6, \pi/2$ соответственно кривым 1, 2 и 3, когда $\lambda_x = 2,5$, а $\lambda_z = 2$.

Графики на рис. 3 относятся к случаю $\lambda_x = 0,5$ и $\lambda_z = 2$, а кривые 1, 2 и 3 построены для значений $\phi = 0, \pi/4, \pi/2$.

Кривые на графике рис. 4 относятся к тем же меридиональным плоскостям, что и на рис. 3 и получены при значениях $\lambda_x = 0,5$ и $\lambda_z = 0,7$.

Графики распределения для величин $\lambda_x = 1$ приведены на рис. 1 в [2]. Определения осей и углов соответствуют схеме, показанной на рис. 1.

В меридиональной плоскости, совпадающей с плоскостью xOz ($\phi = 0$, кривые 1 на графиках), доля длин участков волокон в направлении оси Ox в случае растяжения материала увеличивается (рис.2), а в случае сжатия – уменьшается (рис. 3 и 4).

В меридиональной плоскости, совпадающей с плоскостью yOz ($\phi = \pi/2$, кривые 3 на графиках), при сжатии по оси Ox растет доля длин участков волокон в направлении Oy (рис. 3 и 4), а при растяжении, наоборот, уменьшается (рис.2).

В этой же плоскости заметна более высокая доля волокон в направлениях близких к оси Oz при растяжении по этой оси, что видно из сопоставления кривых 3 на графиках рис. 3 и 4. В меридиональных плоскостях, наклоненных под углами ϕ ,

равными $\pi/6$ или $\pi/4$ (кривые 2 на графиках), закономерности ориентации волокон промежуточные между рассмотренными ранее для случаев $\phi = 0, \pi/2$.

ВЫВОДЫ

Получена функция, описывающая плотность углового распределения по длине участков волокон для пространственной волокнистой структуры при двухосной деформации. В частных случаях функция позволяет находить плотность углового рас-

пределения для плоской и осесимметричной структур.

ЛИТЕРАТУРА

1. Корнюхин И.П., Корнюхина Т.А. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2004, №3. С.14...18.

Рекомендована кафедрой промышленной теплоэнергетики. Поступила 28.11.05.

УДК 667.017

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМОСТИ ТКАНИ ОТ ХАРАКТЕРИСТИК ЕЕ СТРОЕНИЯ

В.И. СПОРЫХИНА, А.В. КУРДЕНКОВА, Ю.С. ШУСТОВ

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

В процессе эксплуатации изделия, предназначенные для изготовления рабочей одежды, подвергаются различного рода загрязнениям, для удаления которых используется процесс стирок. В результате этого процесса изменяются структурные характеристики тканей, оказывающие существенное влияние на свойства готовой продукции.

Функциональную зависимость между воздухопроницаемостью и основными характеристиками ткани можно представить в виде [1]:

$$B = f(P_o, P_y, d_o, d_y, N) = f(P_c, N), \quad (1)$$

где $P_c = P_o d_o \cdot P_y d_y$ – параметр строения; P_o, P_y – плотность по основе и утку соответственно, нитей/см; d_o, d_y – диаметры нитей основы и утка, мм; N – количество стирок.

Нами исследовалась хлопчатобумажная ткань "Диагональ" арт. 3080–110, выработанная саржевым переплетением 2/2.

Испытания проводились в соответствии с ГОСТом 12088–77 [2] на приборе ВПТМ-2 (Россия) при перепаде давлений $\Delta P = 50$ Па.

Между воздухопроницаемостью B ($\text{дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$) и скоростью V (м/с) потока воздуха, проходящего через текстильное полотно, существует прямая зависимость [2]:

$$B = V \cdot 10^3. \quad (2)$$

Характеристики строения и воздухопроницаемость образцов после действия многократных стирок представлены в табл. 1.

Таблица 1

Номер стирки (x)	T _о , текс	d _о , мм	Π _о , число нитей на 10см	T _у , текс	d _у , мм	Π _у , число нитей на 10см	Π _с (y)	B, $\frac{\text{дм}^3}{\text{м}^2 \cdot \text{с}}$	V, м/с (z)
0	52	0,288	298	50	0,282	110	0,266	1010	1,010
1	55	0,296	330	54	0,293	140	0,401	431	0,431
2	55	0,296	332	54	0,293	142	0,409	373	0,373
3	55	0,296	335	54	0,293	142	0,413	348	0,348
4	56	0,299	335	54	0,293	145	0,426	331	0,331
5	56	0,299	337	55	0,296	145	0,432	327	0,327
6	56	0,299	337	55	0,296	150	0,447	309	0,309

В связи с тем, что на скорость прохождения воздуха через ткань оказывают влияние два фактора, функциональная зависимость будет иметь две переменные:

$$\begin{aligned} f(V) &= f(\Pi_c, N), \\ f(z) &= f(x, y). \end{aligned}$$

С целью нахождения функциональной зависимости используем постулаты сплайн-метода для представления скорости прохождения воздуха через ткань от параметров строения и количества стирок в виде совокупности плоскостей. Общее

уравнение плоскости имеет следующий вид [1]:

$$\frac{A}{D}x + \frac{B}{D}y + \frac{C}{D}z + 1 = 0. \quad (3)$$

При расчете коэффициентов уравнения A/D, B/D и C/D результаты испытаний группируются по три точки таким образом, чтобы последняя точка группы являлась первой точкой следующей группы.

Далее для каждой группы точек составляем систему из трех уравнений.

$$\text{Первая:} \quad \begin{cases} 0 \frac{A_1}{D_1} + 0,266 \frac{B_1}{D_1} + 1,010 \frac{C_1}{D_1} + 1 = 0, \\ 1 \frac{A_1}{D_1} + 0,401 \frac{B_1}{D_1} + 0,431 \frac{C_1}{D_1} + 1 = 0, \\ 2 \frac{A_1}{D_1} + 0,409 \frac{B_1}{D_1} + 0,373 \frac{C_1}{D_1} + 1 = 0. \end{cases}$$

$$\text{Вторая:} \quad \begin{cases} 2 \frac{A_2}{D_2} + 0,409 \frac{B_2}{D_2} + 0,373 \frac{C_2}{D_2} + 1 = 0, \\ 3 \frac{A_2}{D_2} + 0,413 \frac{B_2}{D_2} + 0,348 \frac{C_2}{D_2} + 1 = 0, \\ 4 \frac{A_2}{D_2} + 0,426 \frac{B_2}{D_2} + 0,331 \frac{C_2}{D_2} + 1 = 0. \end{cases}$$

$$\text{Третья:} \quad \begin{cases} 4 \frac{A_3}{D_3} + 0,426 \frac{B_3}{D_3} + 0,331 \frac{C_3}{D_3} + 1 = 0, \\ 5 \frac{A_3}{D_3} + 0,432 \frac{B_3}{D_3} + 0,327 \frac{C_3}{D_3} + 1 = 0, \\ 6 \frac{A_3}{D_3} + 0,447 \frac{B_3}{D_3} + 0,309 \frac{C_3}{D_3} + 1 = 0. \end{cases}$$

Решая полученные системы уравнений

методом Крамера [3], в итоге получаем:

$$\frac{A_1}{D_1} = -0,012,$$

$$\frac{B_1}{D_1} = -1,952,$$

$$\frac{A_2}{D_2} = -0,429,$$

$$\frac{B_2}{D_2} = 13,36,$$

$$\frac{A_3}{D_3} = -0,00549,$$

$$\frac{B_3}{D_3} = -1,60,$$

$$\frac{C_1}{D_1} = -0,476,$$

$$\frac{C_2}{D_2} = -15,025,$$

$$\frac{C_3}{D_3} = -1,028.$$

Таким образом, подставив найденные коэффициенты в общее уравнение плоскости, получим уравнения трех плоскостей:

$$\begin{cases} -0,012x_1 - 1,952y_1 - 0,476z_1 + 1 = 0, \\ -0,429x_2 + 13,36y_2 - 15,025z_2 + 1 = 0, \\ 0,00549x_3 - 1,60y_3 - 1,028z_3 + 1 = 0. \end{cases} \quad (4)$$

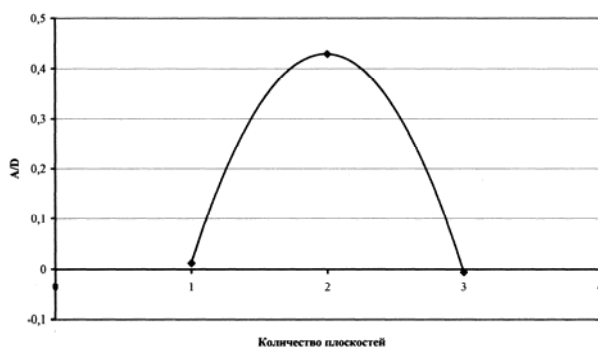


Рис. 1

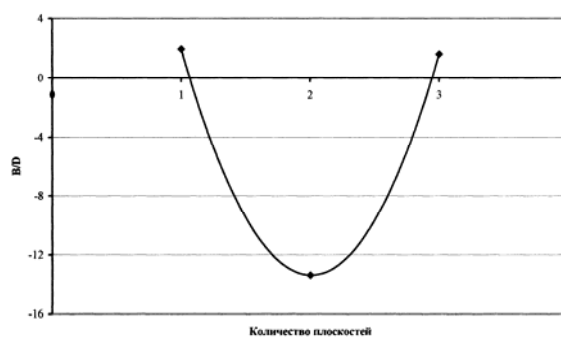


Рис.2

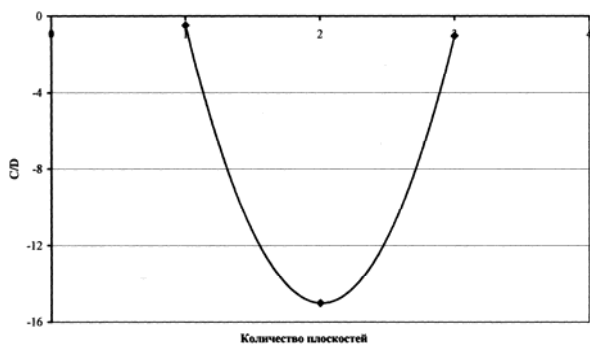


Рис. 3

Анализ данных зависимостей показывает, что они с высокой степенью величины достоверности аппроксимации определяются полиномом второго порядка следующего вида:

$$\frac{A}{D} = a_1n^2 + b_1n + c_1, \quad \frac{B}{D} = a_2n^2 + b_2n + c_2,$$

Для прогнозирования скорости прохождения воздуха в зависимости от характеристик строения ткани и числа стирок найдем зависимость коэффициентов уравнений плоскостей от их количества (рис. 1...3).

$$\frac{C}{D} = a_3n^2 + b_3n + c_3,$$

где $\frac{A}{D}$, $\frac{B}{D}$, $\frac{C}{D}$ – коэффициенты уравнения плоскости; n – количество плоскостей; $a_1, a_2, a_3, b_1, b_2, b_3, c_1, c_2, c_3$ – расчетные коэффициенты.

В итоге уравнения зависимости коэффициентов от количества плоскостей будут иметь следующий вид:

$$\begin{aligned} \frac{A}{D} &= -0,43n^2 + 1,69n - 1,26, \\ \frac{B}{D} &= 15,14n^2 - 60,72n + 47,54, \\ \frac{C}{D} &= 14,27n^2 - 57,37n + 42,62. \end{aligned} \quad (5)$$

Меняя значение n , можно получить плоскость, проходящую через другую группу точек. Например, для четвертой группы точек уравнение плоскости будет иметь вид:

$$-1,38x+46,90y+41,46z+1=0.$$

ВЫВОДЫ

Для прогнозирования скорости прохождения воздуха через ткань в зависимости от параметров ее строения и числа стирок необходимо получить зависимость в виде (5).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Шустов Ю.С.* Методы подобия и размерности в текстильной промышленности. – М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2002.
2. ГОСТ 12088–77 Материалы текстильные и изделия из них. Метод определения воздухопроницаемости.
3. *Демидович Б.П., Марон И.А.* Основы вычислительной математики. – М.: Наука, 1970.

Рекомендована кафедрой текстильного материаловедения. Поступила 28.11.05.

УДК 677.051

**МОДЕЛИ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ
ВЫХОДА ДЛИННОГО ВОЛОКНА ЛЬНА
ПРИ ТРЕПАНИИ**

Э.В. НОВИКОВ, Р.В. КОРАБЕЛЬНИКОВ

(Костромской государственной технологической университет)

Выход длинного трепаного волокна льна является определяющим, так как от его значений зависят технико-экономические показатели предприятий первичной обработки. На отечественном оборудовании выход длинного трепаного волокна по отношению к тресте составляет не более 10%, в то время как за рубежом выход длинного волокна доходит до 20%. Очевидно, что требуется увеличить долю выхода длинного волокна и довести ее до уровня зарубежного. Для этого необходимо совершенствовать и технику, и технологии первичной обработки льна.

Для прогнозирования выхода длинного трепаного волокна необходимо иметь математические модели, связывающие характеристики исходного сырья и интенсивность его обработки (интенсивность изменения выхода длинного волокна) с течением времени на конкретном оборудовании. Вопрос зависимости выхода длинного волокна от свойств тресты и факторов процесса трепания изучался многими исследователями. Авторы представляли эту зависимость в виде параболических, экспоненциальных или линейных зависимостей [1...7].

В [2] выход длинного волокна был представлен в виде функции

$$B = f(C_v, M_{тр}, K), \quad (1)$$

где C_v – содержание волокна в тресте; $M_{тр}$ – масса тресты перед обработкой; K – ко-

личество единичных воздействий на волокно со стороны рабочих органов.

Недостатком зависимости (1) является то, что она получена без учета экспериментальных значений выхода длинного волокна, то есть не подтверждена экспериментами.

Нами предлагается другой подход к нахождению подобной модели, а именно:

$$B = f(C_v, Z_i, t), \quad (2)$$

где C_v – содержание волокна в стеблях после процесса мятья; Z_i – интенсивность изменения выхода длинного волокна в процессе трепания, зависящая от частоты вращения трепальных барабанов и скорости V перемещения обрабатываемого материала; t – текущее время обработки волокна в трепальной машине.

Используя методический подход для разработки моделей подобного рода [8], можно определить величину интенсивности изменения выхода длинного волокна Z_i для каждого конкретного оборудования и режимов его работы:

$$Z_i = \frac{B_0}{t} \ln \frac{B_0}{B}, \quad (3)$$

где t – текущее время обработки, с; B – выход длинного волокна после обработки трепанием, %; B_0 – выход длинного волокна перед процессом трепания (после про-

цесса мятья), равный содержанию волокна в стеблях, то есть $V_0 = C_b, \%$.

Наиболее целесообразно, по нашему мнению, искать изменение выхода длинного волокна в виде степенной функции, то есть

$$\frac{dB}{dt} = A_i (Z_i)^{m_i}, \quad (4)$$

где A_i и m_i – эмпирические постоянные, которые отражают влияние на процесс характеристики сырья и режимов обработки; они находятся по экспериментальным данным. Из (4) следует:

$$dB = A_i (Z_i)^{m_i} dt.$$

После интегрирования будем иметь

$$B = A_i (Z_i)^{m_i} t + C. \quad (5)$$

Из начальных условий $t=0, B=B_0, C=B_0$ получим выражение, по которому можно прогнозировать интенсивность изменения выхода длинного волокна в зависимости от режимов обработки:

$$B = B_0 + A_i (Z_i)^{m_i} t. \quad (6)$$

Используя результаты экспериментов [6], для тресты нормальной вылежки рассчитана интенсивность обработки волокна Z_i в трепальной машине агрегата АЛС-1 и получены эмпирические коэффициенты A и m для зоны 2 (табл.1).

Т а б л и ц а 1

Скорость транспортирования обрабатываемого волокна $V, \text{ м/мин}$	Частота вращения барабанов $n, \text{ мин}^{-1}$	Текущее время обработки $t, \text{ с}$	$Z_i, \%/с$	Среднее $Z_i, \%/с$	A	m	R^2
20	300	1	0,72	1,21	- 1,70	0,58	1,00
		2	1,70				
	350	1	1,05	1,53	- 1,95	0,56	1,00
		2	2,00				
	400	1	1,50	2,20	- 2,40	0,50	1,00
		2	2,90				

П р и м е ч а н и е. R^2 – коэффициент детерминации.

На основании табл. 1 зависимости выхода длинного волокна в зоне 2 (в зоне двустороннего трепания) агрегата АЛС-1 от режимов обработки для тресты нормальной вылежки примут следующий вид:

$$B_{(n=300\text{мин}^{-1})} = B_0 - 1,7(Z_i)^{0,58} t, \quad (7)$$

$$B_{(n=350\text{мин}^{-1})} = B_0 - 1,95(Z_i)^{0,56} t, \quad (8)$$

$$B_{(n=400\text{мин}^{-1})} = B_0 - 2,4(Z_i)^{0,5} t. \quad (9)$$

Отметим, что нами принимается условие, по которому интенсивность изменения выхода длинного волокна при трепании должна быть такой, чтобы иметь высокий выход длинного волокна с допусти-

мым (по ГОСТу) значением массовой доли костры.

Для проверки адекватности моделей (7)...(9) проведен контрольный эксперимент, в котором из тресты нормальной вылежки, но с другими значениями показателей качества, в трепальной машине агрегата АЛС-1 выделялось длинное волокно. По выходу волокна рассчитывались значения интенсивности обработки Z_i , которые затем подставлялись в модели (7)...(9).

Таким образом, получали расчетные значения выхода длинного волокна, которые сравнивались с экспериментальными значениями по этому же контрольному опыту.

Результаты контрольного эксперимента и расчета Z_i представлены в табл. 2.

№ п/п	Экспериментальные значения выхода длинного волокна			Изменение $\Delta B = B_0 - B$, %	Результаты расчета				
	B_0 , %	B , %	среднее B , %		V_p , м/мин	t_i , с	n , мин ⁻¹	Z_i , %/с по (3)	средняя Z_i , %/с
Зона 1 (одностороннее трепание)									
1	27	25,9	25,7	1,1	20	1	300	1,12	0,94
2		25,5		1,5		2		0,77	
3		25,3	25,1	1,7		1	350	1,76	1,43
4		24,9		2,1		2		1,10	
5		24,8	24,6	2,2		1	400	2,30	1,80
6		24,4		2,6		2		1,37	
Зона 2 (двустороннее трепание)									
7	25,7	24,4	24,0	1,3	20	1	300	1,30	1,15
8	25,7	23,7		2,0		2		1,00	
9	25,1	23,6	22,6	1,5		1	350	1,55	1,75
10	25,1	21,5		3,6		2		1,94	
11	24,6	23,9	22,8	0,7		1	400	0,71	1,15
12	24,6	21,6		3,5		2		1,60	

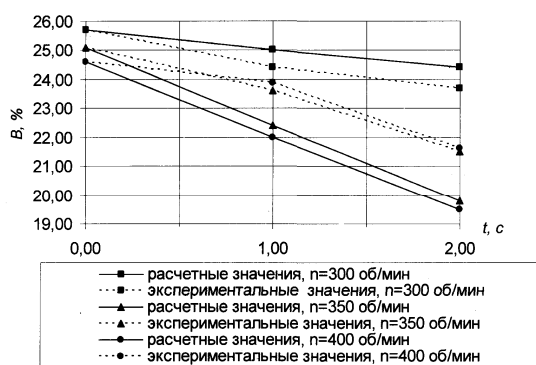


Рис. 1

На рис. 1 показаны зависимости изменения выхода длинного волокна от времени обработки при $n=300, 350$ и 400 мин⁻¹ (зона 2) для тресты нормальной вылежки. График показывает, что экспериментальные и расчетные зависимости лежат достаточно близко друг к другу, что подтверждает адекватность моделей (7) и (9).

ВЫВОДЫ

1. Разработаны теоретико-экспериментальные модели, связывающие выход длинного волокна, содержание волокна в тресте и интенсивность обработки.

2. Для этих моделей применительно к трепальной машине агрегата АЛС-1 определены эмпирические коэффициенты. Полученные модели могут быть использова-

ны и для других трепальных машин, но в каждом конкретном случае коэффициенты определяются экспериментально.

ЛИТЕРАТУРА

1. Марков В.В., Сулов Н.Н., Трифонов В.Г. Первичная обработка лубяных волокон: Учебник для студентов текстильной промышленности. – М.: Легкая индустрия, 1974.
2. Левитский И.Н. Новое в обескостривании лубоволокнистых материалов // Монография. – Т.1. – Кострома, 1994.
3. Сорокин Н.К., Харитова А.А., Полторацких А.Н. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности – 1977, №1.
4. Пашин Е.Л. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности – 1998, №1.
5. Щечкин В.В. Совершенствование процесса мятья и трепания при обработке тресты на льнозаводах: Дис... канд. техн. наук. – Кострома, 1982.
6. Новиков Э.В. Обоснование параметров и характеристик малогабаритной трепальной машины: Дис... канд. техн. наук. – Кострома, 1998.
7. Андреев В.В., Мастейкене-Пакалкайте И.Ю. Изучение некоторых конструктивных и технологических факторов процесса трепания волокна. Научн. тр. ЦНИИЛВ / Под ред. Л.Н. Гинзбурга. – Т. XX. – 1966; Т. XXII. – 1966.
8. Корабельников Р.В., Новиков Э.В., Корабельников А.Р. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2004, №2. С.13...16.

Рекомендована кафедрой технологии производства льняного волокна. Поступила 02.02.05.

РАСЧЕТ ПРИГОДНОСТИ СЛОЯ СТЕБЛЕЙ К ТРЕПАНИЮ МЕТОДОМ СТАТИСТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

А. Б. ЛАПШИН, Е. Л. ПАШИН, С. Е. МАЯНСКИЙ

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

Под пригодностью слоя к обработке трепанием понимается вероятная часть его по массе, которая может быть зажата в обоих конвейерах трепальной машины и обработана с выделением длинного волокна [1]. Показатель пригодности слоя к трепанию, введенный А.М. Ипатовым [1], важен с точки зрения оценки эффективности механической обработки слоя стеблей при получении длинного льняного волокна.

Существующие методики расчета пригодности [1], [2] основаны на следующих допущениях: 1) законы распределения комлевых и вершинных концов стеблей в слое являются нормальными, как по длине стеблей (то есть по ширине слоя), так и по углу взаимного расположения стеблей; 2) слой расположен относительно линии его зажима так, что потери при трепании будут одинаковыми как со стороны комлей, так и со стороны вершин.

Цель данной работы заключается в уточнении существующей методики определения показателя пригодности за счет

исключения указанных допущений, используемых при расчете.

Известная методика расчета пригодности использует формулы:

$$P = \Phi\left(\frac{x_z - 3\sigma_1}{\sigma_1}\right) - \Phi\left(\frac{x_z + L_T - L_M - 3\sigma_1}{\sigma_2}\right), \quad (1)$$

где $\Phi(\dots)$ – функция Лапласа; x_z – координата положения слоя относительно зажимных конвейеров (рис. 1); L_T – минимальная длина стеблей, пригодных к трепанию; L_M – средняя массодлина стеблей (рис. 1 – схема расположения комлевых и вершинных концов стеблей в слое); σ_{10} , σ_{20} – среднеквадратические отклонения рассеивания стеблей в слое по комлям и по вершинам соответственно для неразвернутого (угол разворота $\beta = 0$, (рис. 2 – схема разворота слоя и дезориентация стеблей)) и недезоринированного слоя (угол взаимной дезориентации $\alpha = 0$).

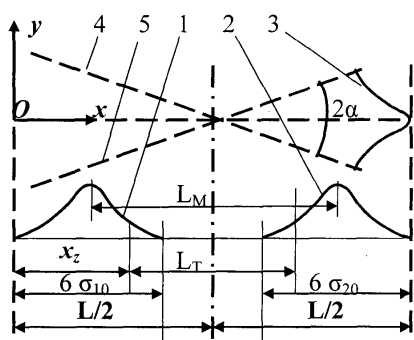


Рис. 1

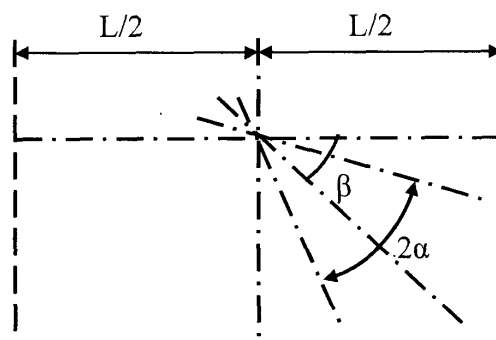


Рис. 2

с учетом углов α , β среднеквадратические отклонения рассеивания стеблей по комлям и вершинам, а также другие величины вычисляются по формулам:

$$\sigma_1 = (0,5Lz - (0,5L - 6\sigma_{10}) \cos(\alpha + \beta)) / 6, \quad (2)$$

$$\sigma_2 = (0,5Lz - (0,5L - 6\sigma_{20}) \cos(\alpha + \beta)) / 6, \quad (3)$$

$$z = \begin{cases} 1, & \text{если } \beta \leq \alpha, \\ \cos(\beta - \alpha), & \text{если } \beta > \alpha, \end{cases} \quad (4)$$

$$L_M = Lz - 3\sigma_1 - 3\sigma_2, \quad (5)$$

$$x_z = x_{opt} = \sigma_1 \left(3 + \frac{(L_M - L_T)}{(\sigma_1 + \sigma_2)} \right), \quad (6)$$

где L – общая ширина слоя (при $\alpha = 0$, $\beta = 0$) (рис. 1); x_{opt} – оптимальное положение слоя относительно зажимных конвейеров [1] (при указанных выше допущениях).

Итак, в существующей методике расчета пригодности (1)...(6) предполагается, что:

а) неразвернутый слой стеблей (угол разворота $\beta = 0$, (рис. 1, 2)) имеет нормальные законы распределения комлевых и вершинных концов (линии 1 и 2 – рис. 1), а также нормальный закон по углу дезориентации стеблей (линия 3 – рис. 1);

б) при развороте слоя ($\beta \neq 0$, рис. 2) эти законы распределения остаются нормальными (изменяются лишь их параметры).

Действительно, в соответствии с центральной предельной теоремой теории вероятностей [3] для неразвернутого слоя ($\beta = 0$) можно сделать предположение а). Однако при развороте слоя происходит сложное нелинейное взаимодействие упомянутых законов распределения, в результате чего может изменяться сам характер вероятностных распределений. Из этого следует, что применение предположения б) не является оправданным.

Поскольку описать аналитически обозначенное выше нелинейное взаимодействие законов распределения не представляется возможным, применим метод статистического моделирования для расчета пригодности. Эти методы удобны для решения нелинейных задач при описании случайных процессов и явлений различного содержания [4].

Итак, пусть выполняется предположение а), то есть стебли моделируемой порции стеблей расположены между линиями 4 и 5 (рис. 1) в пределах секторов с максимальной угловой дезориентацией 2α . Введем плоскую систему координат xOy , как указано на рис. 1. Исходными данными для расчета являются:

$L, L_T, \sigma_{10}, \sigma_{20}, \alpha, \beta, n$; n – объем статистической выборки.

Метод статистического моделирования опишем в виде следующего алгоритма.

1. Расчет σ_1, σ_2 по формулам (2), (3).

2. В цикле изменяется координата x_z положения слоя относительно зажимных конвейеров трепальной машины (в пределах диапазона $0 \leq x_z \leq 6\sigma_1$, рис. 1). При каждом фиксированном значении x_z выполняются все дальнейшие шаги алгоритма.

3. Моделирование трех одномерных массивов (матриц-строк), содержащих n элементов, со стандартным нормальным распределением (математическое ожидание равно нулю, дисперсия равна единице). Обозначим эти массивы $\theta_1, \theta_2, \theta_3$. Примечание. В системе MATLAB [5] такое моделирование псевдослучайных чисел осуществляется командой «`randn(1,n)`».

4. Расчет случайных углов расположения стеблей неразвернутого слоя (в пределах угловой дезориентации 2α , рис. 1):

$$\gamma_i = (\alpha/3) \theta_{1,i}. \quad (7)$$

Здесь и далее нижний индекс i означает номер элемента в соответствующем массиве $i = 1, 2, \dots, n$.

5. Моделирование случайных координат комлевых концов стеблей:

$$\begin{cases} x_{0,i}^k = 3\sigma_{10} + \sigma_{10} \theta_{2,i}, \\ y_{0,i}^k = x_{0,i}^k \operatorname{tg} \gamma_i, \end{cases} \quad (8)$$

где нижний нулевой индекс у координат x, y означает, что это – координаты неразвернутого слоя; верхний индекс k означает моделирование комлевых концов стеблей.

6. Моделирование случайных координат комлевых концов развернутого на угол β слоя:

$$\begin{pmatrix} x_i^k + L/2 \\ y_i^k \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\beta & -\sin\beta \\ \sin\beta & \cos\beta \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x_{0,i}^k - L/2 \\ y_{0,i}^k \end{pmatrix}. \quad (9)$$

7. $n^k = 0$; в цикле по $i = 1, 2, \dots, n$: если $x_z < x_i^k < 6\sigma_1$, то $n^k = n^k + 1$.

8. Расчет массовой доли потерь за счет непопадания под зажим комлевых концов стеблей:

$$p^k = n^k / n. \quad (10)$$

9. Моделирование случайных координат вершинных концов стеблей:

$$\begin{cases} x_{0,i}^b = (L - 3\sigma_{20}) + \sigma_{20} \theta_{3,i}, \\ y_{0,i}^b = x_{0,i}^b \operatorname{tg}\gamma_i, \end{cases} \quad (11)$$

где верхний индекс b означает моделирование вершинных концов стеблей.

10. Моделирование случайных координат вершинных концов развернутого на угол " $\alpha - \beta$ " слоя:

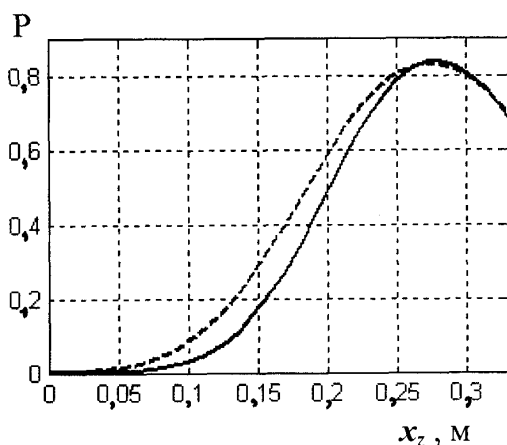


Рис. 3

Сравним две методики расчета пригодности (рис. 3 и 4; рис. 3 – зависимость пригодности от координаты положения слоя относительно зажимных конвейеров ($\alpha = 15^\circ$; $\beta = 25^\circ$), рис. 4 – то же ($\alpha = 15^\circ$; $\beta = 45^\circ$)): первая методика – формулы (1)...(6) (пунктирные линии на рис. 3, 4); вторая методика – формулы (7)...(14) по

$$\begin{pmatrix} x_i^b + L/2 \\ y_i^b \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\beta & \sin\beta \\ -\sin\beta & \cos\beta \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x_{0,i}^b - L/2 \\ y_{0,i}^b \end{pmatrix}. \quad (12)$$

11. $n^b = 0$; в цикле по $i = 1, 2, \dots, n$: если $Lz - 6\sigma_2 < x_i^b < x_z + L_T$, то $n^b = n^b + 1$.

12. Расчет массовой доли потерь за счет непопадания под зажим вершинных концов стеблей:

$$p^b = n^b / n. \quad (13)$$

13. Расчет пригодности слоя стеблей к трепанию (при фиксированном значении x_z):

$$P = 1 - p^k - p^b. \quad (14)$$

КОНЕЦ АЛГОРИТМА.

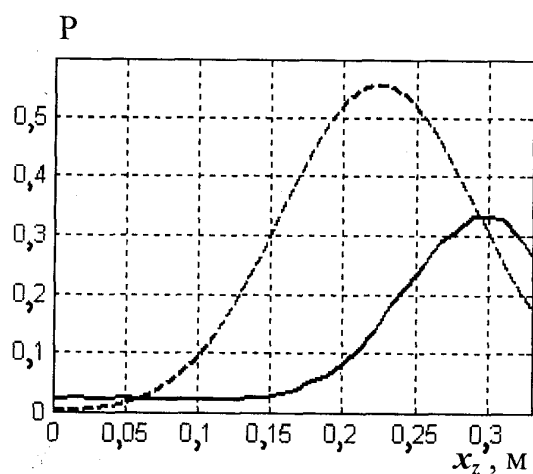


Рис. 4

описанному выше алгоритму (сплошные линии на рис. 3, 4). Для рис. 3, 4 принимаем следующие исходные данные: $L = 100$ см; $\sigma_{10} = 5$ см; $\sigma_{20} = 7$ см; $L_T = 40$ см; $\alpha = 15^\circ$; $\beta = 25^\circ$ для рис. 3; $\beta = 45^\circ$ для рис. 4. Заметим, что по существующим рекомендациям [1] разворот слоя перед мяльной машиной составляет

45°. Объем выборки $n = 15000$ в каждом варианте исходных данных принимался для обеспечения неизменности результатов статистического моделирования этого варианта.

Из рис. 3, 4 следует, что при $\beta \leq 30^\circ$ две сравниваемые методики расчета пригодности дают одинаковые результаты как по x_{opt} , так и по величине пригодности (рис. 3); при $\beta \geq 30^\circ$ результаты расчетов по тому и другому методам различаются существенно (рис. 4). Можно заметить, что метод статистического моделирования является наиболее адекватным, так как учитывает изменение характера вероятностных распределений развернутого слоя.

ВЫВОДЫ

1. Разработан метод статистического моделирования пригодности слоя стеблей к трепанию, учитывающий изменение характера вероятностных распределений развернутого слоя.

2. При угле разворота слоя более 30° аналитический метод и метод статистического моделирования при расчете пригодности приводят к существенно различным результатам как по среднему значению пригодности, так и по координате оптимального положения слоя относительно зажимных конвейеров.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ипатов А.М.* Теоретические основы механической обработки стеблей лубяных культур. – М.: Легпромбытиздат, 1989.
2. *Лапшин А.Б.* Развитие теории процесса получения трепаного льняного волокна: Дис...докт. техн. наук. – Кострома, 2002.
3. *Вентцель Е.С., Овчаров Л.А.* Теория вероятностей и ее инженерные приложения. – М.: Наука, 1988.
4. *Болотин В.В.* Случайные колебания упругих систем. – М.: Наука, 1979.
5. *Чен К., Джиблин П., Ирвинг А.* MATLAB в математических исследованиях. – М.: Мир, 2001.

Рекомендована отделом разработки научных основ и технологии льнопереработки ВНИИЛК.
Поступила 04.04.05.

УДК 677

**МОДЕЛЬ РАДИАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВОЛОКОН
В ПОПЕРЕЧНОМ СЕЧЕНИИ ДВУХКОМПОНЕНТНОЙ ПРЯЖИ**

И.С. ГОРЯЧАЯ, П.А. СЕВОСТЬЯНОВ

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

Использование смешанной пряжи позволяет разнообразить внешний вид, физико-механические, эксплуатационные и другие характеристики пряжи и изготовленных из нее изделий. Если структура смешанной пряжи удачно спроектирована, то свойства этой пряжи сочетают в себе положительные качества волокон каждого из ее компонентов. В связи с этим выбор показателя, характеризующего неравномерность распределения волокон компонентов в пряже или в других продуктах прядения, имеет большое значение для определения оптимальной технологии смешивания.

Существенно усложняет исследования то, что все известные критерии [1], [2] являются статистическими и для получения надежных выводов необходимо обработать большое число сечений пряжи. Это весьма трудоемкая работа. Кроме того, при исследовании реальной пряжи нет гарантии, что на результаты эксперимента не влияют особенности конкретного исследуемого образца.

Для исследования разрешающей способности критериев миграции волокон целесообразно использовать компьютерную модель поперечных сечений смешанной пряжи, распределение компонентов в которых может быть изменено по желанию исследователя. С этой целью была построена система радиальных распределений и разработан алгоритм их моделирования.

При равномерном распределении компонента в поперечном сечении пряжи вероятность попадания волокна в некоторую область поперечного сечения прямо пропорциональна площади этой области. Сле-

довательно, при таком распределении волокон в сечении их распределение вдоль радиуса пряжи должно быть пропорционально радиусу, то есть:

$$f_p(r) = cr, \quad 0 \leq r \leq R, \quad \int_0^R f_p(r) dr = 1, \quad (1)$$

где R – радиус пряжи; c – нормировочная константа.

Отсюда получим:

$$c = \frac{2}{R^2}.$$

При неравномерном распределении волокон в поперечном сечении оно отличается от $f_p(r)$. Для того чтобы иметь возможность управлять степенью неравномерности распределения, предлагается выбрать в качестве модельного распределения волокон вдоль радиуса полиномиальную функцию, которая удобна для аналитических исследований и для моделирования на ЭВМ:

$$f(r) = r(a + cr^{n-1}).$$

На величину отклонения распределения от равномерного влияют показатель степени n и коэффициент c . При $n=1$ и $c=0$ данное распределение превращается в $f_p(r)$.

При этом значения параметров n и c не могут выбираться произвольно, поскольку распределение должно удовлетворять условию неотрицательности и нормировки (1), из которого следует, что

$$\frac{aR^2}{2} + \frac{cR^{n+1}}{n+1} = 1, \quad a = 2 \frac{1-c \frac{R^{n+1}}{n+1}}{R^2}. \quad (2)$$

Для целей моделирования необходимо обеспечить условия, чтобы общее распределение волокон независимо от компонентов было в сечении пряжи равномерным. Это означает, что должно выполняться соотношение

$$p_1 f_1(r) + p_2 f_2(r) = f_p(r), \quad 0 \leq r \leq R. \quad (3)$$

Здесь p_1, p_2 – доли первого и второго компонентов пряжи по числу волокон в данном сечении пряжи; $f_1(r), f_2(r)$ – радиальное распределение первого и второго компонентов соответственно:

$$f_1(r) = r(a_1 + c_1 r^{n-1}), \quad f_2(r) = r(a_2 + c_2 r^{n-1}).$$

Подставляя выражения для $f_1(r), f_2(r)$ в равенство (3), получим

$$p_1 r(a_1 + c_1 r^{n-1}) + p_2 r(a_2 + c_2 r^{n-1}) = \frac{2r}{R^2}.$$

Приравнивая коэффициенты при одинаковых степенях r , получим систему уравнений:

$$p_1 a_1 + p_2 a_2 = \frac{2}{R^2}, \quad p_1 c_1 + p_2 c_2 = 0.$$

Решение дает взаимосвязь между параметрами распределений:

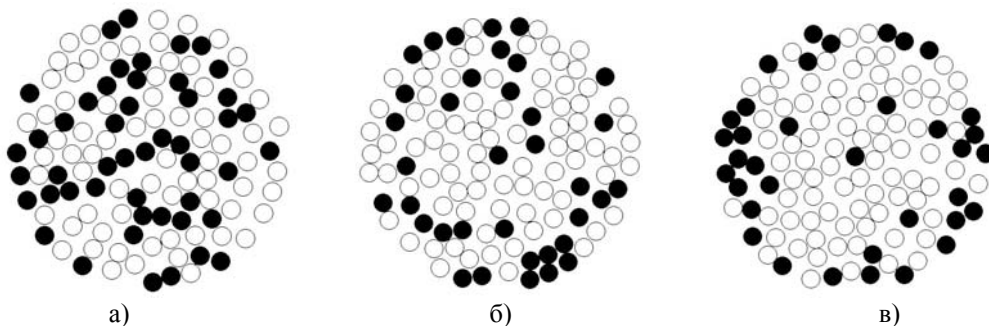


Рис. 1

$$c_2 = -c_1 \frac{p_1}{p_2} = -c_1 \frac{p_1}{1-p_1}.$$

Из условия неотрицательности распределений следует, что

$$1 \leq n \leq \frac{2}{p_1} - 1.$$

Поскольку плотность вероятности не может быть отрицательной, получаем ограничение для c_1 и c_2 :

$$1 - c_1 \frac{R^{n+1}}{n+1} > 0, \quad \text{или} \quad c_1 < \frac{n+1}{R^{n+1}}, \quad c_2 < \frac{n+1}{R^{n+1}}. \quad (4)$$

Таким образом, процедура моделирования радиального распределения волокон в поперечном сечении двухкомпонентной пряжи состоит в следующем:

1) ввод значений p_1, R ; 2) вычисление $p_2 = 1 - p_1$; 3) выбор n в пределах $[1; \frac{2}{p_1} - 1]$;

4) выбор c_1 с учетом ограничения и вычисление c_2 по формуле (4); 5) расчет значений a_1, a_2 по формуле (2); 6) генерация m случайных чисел r (m – общее число волокон первого и второго компонентов в поперечном сечении пряжи) в соответствии с распределением смеси:

$$f(r) = p_1 r(a_1 + c_1 r^{n-1}) + p_2 r(a_2 + c_2 r^{n-1})$$

по известной методике моделирования смешанных распределений [3], [4].

На рис. 1 приведены сечения пряжи, полученные при различных значениях параметров: а) – равномерное распределение волокон компонентов; б) – средняя степень неравномерности; в) – неравномерное распределение волокон компонентов пряжи.

Поскольку рассматриваемая задача распределения волокон в поперечном сечении двухкомпонентной пряжи изучается средствами компьютерного моделирования, то одним из важнейших показателей эффективности такого подхода являются затраты машинного времени на моделирование. Очевидно, что время моделирования в первую очередь зависит от числа волокон в поперечном сечении пряжи, так как основной цикл в алгоритме моделирования построен именно по числу волокон в сечении. Поэтому был проведен компьютерный эксперимент, в котором исследовалась зависимость времени моделирования от числа волокон в поперечном сечении пряжи.

В эксперименте изменялось число волокон в сечении волокнистого продукта в

пределах от 60 до 120 волокон с шагом в 10 волокон. Для каждого определенного числа волокон в сечении моделировались, при прочих равных условиях, 400 идентичных сечений, отличавшихся только начальными значениями генератора псевдослучайных чисел. Для каждого из смоделированных сечений рассчитывалось значение критерия А.Г. Севостьянова [5]. С целью обеспечения статистической надежности результата данные усреднялись по 400 сечениям. При этом относительная среднеквадратическая ошибка оценки составила

$$\delta = \frac{100\%}{\sqrt{400}} = 5\%.$$

Полученные таким образом затраты времени моделирования сечений $T_{\text{мод}}$, с, с заданной радиальной неравномерностью распределения компонентов c и разного числа волокон в сечении N приведены в табл. 1.

Таблица 1

N	c					
	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
60	0,01595	0,01592	0,01483	0,01592	0,01427	0,01537
70	0,02307	0,02142	0,02237	0,02225	0,0228	0,02307
80	0,02815	0,03435	0,03432	0,03157	0,0357	0,03337
90	0,04448	0,04435	0,0445	0,04533	0,0456	0,04533
100	0,07953	0,07773	0,0795	0,07938	0,08238	0,08158
120	0,15997	0,16875	0,16643	0,17413	0,18993	0,1947

На рис. 2 представлена зависимость времени моделирования от числа волокон в моделируемом сечении пряжи для коэффициента неравномерности $c=0,6$.

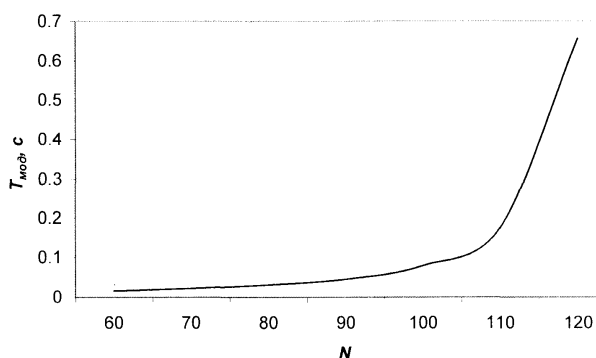


Рис. 2

Из полученных данных следует, что средние затраты времени на моделирование одного сечения повышаются с нарастающей скоростью (возможно, экспоненциально) с увеличением числа волокон в сечении, что соответствует интуитивным представлениям о затратах времени при использовании метода проб и ошибок для моделирования не пересекающихся в сечении пряжи волокон.

ВЫВОДЫ

1. Разработана методика генерации координат центров волокон в поперечных сечениях пряжи, позволяющая моделиро-

вать сечения пряжи с заданной степенью неравномерности в радиальном направлении. На основе этой методики впервые получена статистическая компьютерная модель поперечного сечения пряжи.

2. Верификация модели показала возможность использования модели для исследования различных структур пряжи.

3. Исследование затрат машинного времени от числа волокон в сечении пряжи показало, что с увеличением числа волокон в сечении время моделирования возрастает, причем характер этой зависимости близок к экспоненциальному.

1. Винтер Ю.М. Прогнозирование и оценка эффективности процессов смешивания в прядении: Дис.... докт. техн. наук. – М.: ЦНИИЛВ, 1981.

2. Раишван И.Г. Методы оценки распределения волокон по поперечным сечениям пряжи. – М.: Легкая индустрия, 1970.

3. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. – М.: Наука, 1978.

4. Советов В.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем. – М.: Высшая школа, 1989.

5. Севостьянов А.Г. Методы исследования неровноты продуктов прядения. – М.: Ростехиздат, 1962.

Рекомендована кафедрой информационных технологий и вычислительной техники. Поступила 28.11.05.

УДК 677

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО СЪЕМА ОСТАТОЧНОГО СЛОЯ ВОЛОКОН С ЗУБЬЕВ ГАРНИТУРЫ ПРИЕМНОГО БАРАБАНА

В.В. КАПИТАНОВ, И.Ю. ЛАРИН, Я.М. КРАСИК, Н.Н. КЛЕМИН, Н.А. МИНОФЬЕВА

(Ивановская государственная архитектурно-строительная академия)

Известно, что присутствие остаточного слоя на гарнитуре приемного барабана приводит к образованию пороков в прочесе. Например, в [1...3] приведены конструкции аэродинамических устройств, работа которых направлена на снижение загрузки приемного барабана остаточным слоем. С целью теоретического изучения работы этих устройств ниже рассматривается механика аэросъема комплекса волокон с зубьев гарнитуры вращающегося пыльчатого барабана и приводятся уравнения движения комплекса волокон на рабочей грани зуба гарнитуры.

Схема расположения окна съема относительно горизонтального уровня приведена на рис. 1. Пусть $O_б$ – центр барабана. Введем неподвижную систему координат $O_б x_{неп} y_{неп}$ с центром на оси барабана. Угловую координату θ будем отсчитывать против часовой стрелки. Пусть радиус барабана равен $R_б$, высота зуба гарнитуры – h , а угол при вершине зуба гарнитуры обозначим через β . Полагаем, что барабан

вращается с частотой n , а угловая скорость барабана – ω .

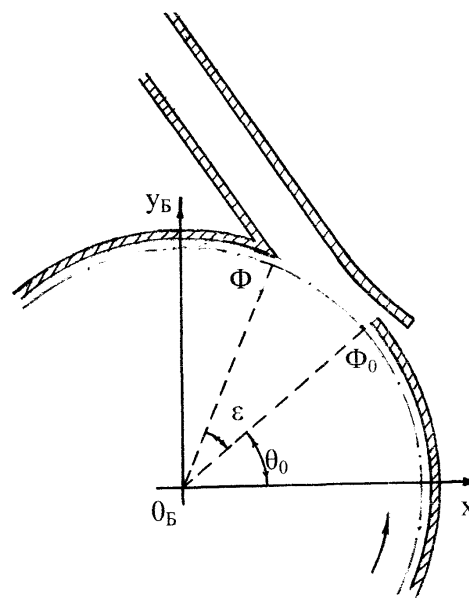


Рис. 1

Начальную точку на дуге съема обозначим через Φ_0 , а конечную – Φ . Угловое положение точки Φ_0 определяется значением величины θ_0 (рис. 1). Величину угла $\angle \Phi_0 O_б \Phi$, заключающего дугу съема, обо-

значим через ε . Тогда длина дуги, вдоль которой происходит аэросъем, равна εR_B .

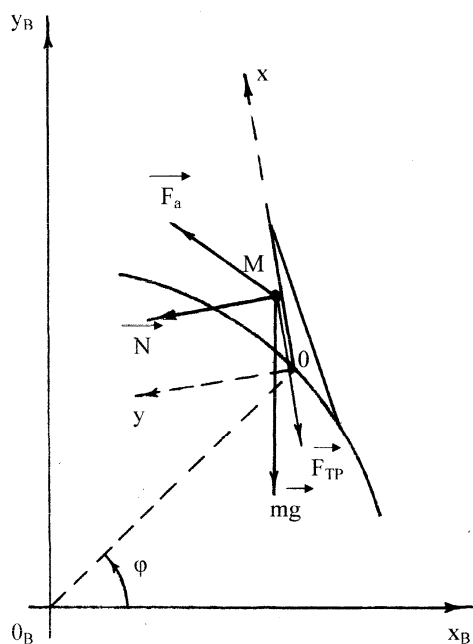


Рис. 2

Комплекс волокон массой m располагается на зубе гарнитуры (рис. 2 – схема действия сил на комплексе волокон). Центр масс комплекса волокон находится в точке M . Положение точки M характеризуется радиусом $r = |O_B M|$ и угловой координатой θ . Далее будем полагать, что точка M находится на рабочей грани зуба. Такое предположение не приведет к каким-либо заметным расхождениям между точным и приближенным решениями задачи, однако позволит упростить математические выкладки при анализе механики движения комплекса. Пусть координата точки M обозначается далее через x .

Обозначим скорость комплекса вдоль рабочей грани зуба через \vec{v} , а ускорение вдоль этой же грани через \vec{a} . Тогда движение комплекса волокон согласно второму закону Ньютона моделируется следующим векторным уравнением:

$$m\vec{a} = \vec{G} + \vec{F}_{\text{тр}} + \vec{N} + \vec{F}_a + \vec{F}_{\text{пер}} + \vec{F}_{\text{кор}},$$

где \vec{G} – сила тяжести; $\vec{F}_{\text{тр}}$ – сила трения; \vec{N} – сила нормального давления; $\vec{F}_{\text{пер}}$ –

переносная сила инерции; $\vec{F}_{\text{кор}}$ – кориолисова сила; \vec{F}_a – аэродинамическая сила.

Вершину зуба на рис. 2 обозначим через B . Так как угол при вершине зуба гарнитуры равен β , то угол наклона рабочей грани зуба $\alpha = 0,5\pi - \beta$.

С целью получения зависимостей для расчета проекций сил, действующих на комплекс волокон на отрезке от основания зуба до его вершины (вдоль рабочей грани зуба), обратимся к рис. 2. Продолжим прямую BM до пересечения с осью координат $O_B x_{\text{неп}}$ в точке A^* . Из точки M опустим перпендикуляр на ось координат $O_B x_{\text{неп}}$. Он пересечет эту ось в точке M^* . Обозначим величину угла M^*MA^* через γ_1 , а величину угла $O_B A^* O$ через γ_2 . Из точки M восстановим перпендикуляр MN к оси координат Ox (рис. 3 – к расчету сил, действующих на комплекс при его аэросъеме с зуба гарнитуры).

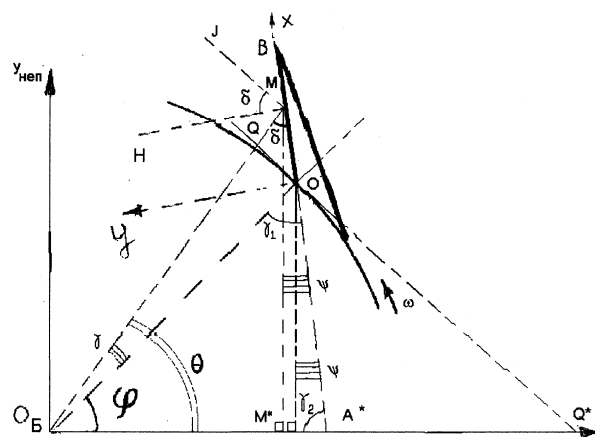


Рис. 3

Из $\Delta O_B O A^*$ находим, что

$$\gamma_1 = \angle O_B O A^* = 0,5\pi - \alpha = \beta,$$

$$\gamma_2 = \angle O_B A^* O = \pi - \beta - \varphi.$$

Обозначим угол между прямыми MM^* и MA^* через ψ . Из точки O (рис.3) опустим перпендикуляр на ось $O_B x_{\text{неп}}$. Он пе-

ресечет ее в точке O^* . Отметим, что величина $\angle M^*MA^*$ равна величине $\angle O^*OA^*$.

Из того, что ΔO^*OA^* – прямоугольный, следует

$$\psi = 0,5\pi - \gamma_2 = 0,5\pi - \pi + \beta + \varphi = \beta + \varphi - 0,5\pi.$$

Обозначим через δ величину $\angle O_6MA^*$.

Из ΔO_6MA^* находим, что

$$\delta = \pi - \theta - \gamma_2 = \pi - \theta - \pi + \beta + \varphi = \beta + \varphi - \theta.$$

Проведем касательную к окружности барабана в точке O (рис.3). Эта касательная пересечет прямую O_6M в точке Q , а ось $O_6x_{неп}$ в точке – Q^* . Очевидно, что угол QOO_6 – прямой, а величина отрезка OQ определяется из ΔMOQ по теореме синусов (принимая во внимание, что по условию задачи $\angle QOM$ – угол наклона рабочей грани зуба гарнитуры):

$$\frac{|OQ|}{\sin \delta} = \frac{x}{\sin(\pi - \delta - \alpha)}.$$

При составлении последнего соотношения учитывался факт, следующий из ΔOMQ , что величина $\angle MQO = \pi - \delta - \alpha$.
Имеем

$$|OQ| = \frac{x \sin \delta}{\sin(\delta + \alpha)}.$$

Так как ΔO_6OQ – прямоугольный и $|O_6O| = R_6$, то

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{|OQ|}{|O_6O|} = \frac{x \sin \delta}{R_6 \sin(\delta + \alpha)}.$$

Следовательно,

$$\gamma = \operatorname{arctg} \left[\frac{x \sin \delta}{R_6 \sin(\delta + \alpha)} \right].$$

ВЫВОДЫ

Получены основные соотношения для математического моделирования механики комплекса волокон на рабочей грани зуба гарнитуры вращающегося пильчатого барабана.

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент США, № 3574144.
2. Патент США, № 3553791.
3. Патент Франции, № 1255061.

Рекомендована кафедрой прядения. Поступила 02.12.05

УДК 677.024.1

**РАСЧЕТ УРАБОТКИ НИТЕЙ В ОДНОСЛОЙНОЙ СУРОВОЙ ТКАНИ
ПО ЕЕ ПОВЕРХНОСТНОЙ ПЛОТНОСТИ
И ИЗМЕНЕНИЕ УРАБОТКИ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ТКАНИ**

О.П. ЛЕНЕЦ, В.Л. МАХОВЕР, Д.Е. ЕФРЕМОВ

(Ивановская государственная текстильная академия)

Рассмотрим отличный от [1] метод расчета уработки нитей основы и утка ($a_o, a_y, \%$), исходя из массы M_c одного квадратного метра суровой ткани.

Согласно [2, с.377]:

$$M_c = \left(\frac{P_o T_o}{1 - 0,01a_o} + \frac{P_y T_y}{1 - 0,01a_y} \right) \cdot 10^{-2}, \text{ г,} \quad (1)$$

где P_o, P_y – плотность ткани по основе и утку, нити/дм; T_o, T_y – линейная плотность нитей основы и утка, текс. Величины P_o, P_y и T_o, T_y считаем заданными.

Из [3,(22),(23)] имеем:

$$A_y = \mu_o A_o, \quad (2)$$

где

$$A_o = a_o / (1 - 0,01a_o),$$

$$A_y = a_y / (1 - 0,01a_y); \quad (3)$$

$$\mu_o = (P_o^2 K_{hy}^2 R_y t_y) / (P_y^2 K_{ho}^2 R_o t_o); \quad (4)$$

В табл. 1 приведены рассчитанные по формулам (4), (8) и (9) уработки нитей (a_{op}, a_{yp}) для некоторых артикулов тканей.

R_o, R_y –раппорт переплетения ткани по основе и утку; K_{ho}, K_{hy} –коэффициенты высоты волн изгиба нитей основы и утка в ткани; t_o, t_y –число пересечек нитей утка основой и нитей основы утком в раппорте переплетения.

Из (3):

$$a_o = A_o / (1 + 0,01A_o),$$

$$a_y = A_y / (1 + 0,01A_y). \quad (5)$$

Следовательно,

$$1 - 0,01a_o = 1 / (1 + 0,01A_o),$$

$$1 - 0,01a_y = 1 / (1 + 0,01A_y). \quad (6)$$

После подстановки выражений (6) в (1) получаем

$$P_o T_o (1 + 0,01A_o) + P_y T_y (1 + 0,01A_y) = 100 M_c. \quad (7)$$

Равенства (7) и (2) представляют собой систему двух алгебраических уравнений с двумя неизвестными A_o и A_y . С учетом (5) из этой системы находим:

$$a_o = [100 M_c - (P_o T_o + P_y T_y)] \cdot 100 / [100 M_c + (\mu_o - 1) P_y T_y], \quad (8)$$

$$a_y = [100 M_c - (P_o T_o + P_y T_y)] \cdot 100 / \left[100 M_c + \left(\frac{1}{\mu_o} - 1 \right) P_o T_o \right]. \quad (9)$$

Коэффициенты K_{ho} и K_{hy} определены по методике [3]. Из таблицы видно, что расчетные уработки близки к их фактическим значениям [4].

Таблица 1

Артикул ткани	Вид и парамет- ры пере- плетения	Параметры строения ткани								Уработка нитей в ткани, %			
		T _о , текст	T _у , текст	P _о , нити дм	P _у , нити дм	M _с , г	K _{h0}	K _{hy}	μ _о	фактичес- кая		расчетная	
										a _о	a _у	a _{оп}	a _{ур}
Бязь арт.142	Полотняное R _о = R _у = 2 t _о = t _у = 2	29	29	228	211	137	0,909	1,091	1,682	5,5	8,9	5,4	8,8
Марля арт.6474	Полотняное R _о = R _у = 2 t _о = t _у = 2	25	29	116	80	54,4	1,037	0,963	1,813	3,0	5,3	3,0	5,3
Сатин арт. 520	Сатин 5/2 R _о = R _у = 5 t _о = t _у = 2	18,5	15,4	275	475	132	0,570	1,430	2,110	3,6	7,3	3,7	7,5
Далемба арт. 716	Саржа 1/3 R _о = R _у = 4 t _о = t _у = 2	25	36	225	264	162	0,862	1,138	1,266	5,7	7,1	5,7	7,1
Костюм- ная арт.1467	Уточный по- лурепс 3/1 R _о =4, R _у =2 t _о =t _у =2	36	36	203	192	154	0,512	1,488	4,720	2,9	12,4	2,9	12,2

Для расчета уработок по приведенным формулам поверхностная плотность ткани может быть взята из справочной литературы, например, [4]. Однако для получения более точных результатов необходимо предварительно по формуле (1) уточнить массу одного квадратного метра суровой ткани.

Уработку основы и утка в ткани обычно рассчитывают в пределах раппорта ткани, заменяя приближенно изогнутую линию нити ломаной линией [1...3].

Из разреза ткани вдоль основы (рис. 1) видно, что уработка основной нити в ткани происходит лишь в местах пересечения ею нитей утка. Поэтому уработка нити основы в процессе формирования ткани будет величиной переменной.

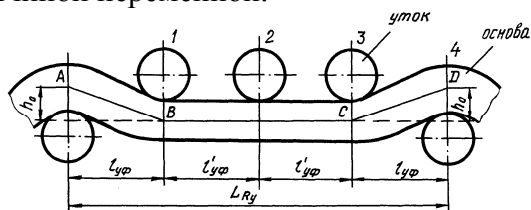


Рис. 1

Пусть A_{oi} – дополнительная уработка, получаемая нитью основы в ткани (%) после прибоа i -ой уточины ($i = 1, 2, \dots, R_y - 1$).

Порядковые номера уточных нитей в раппорте обозначены цифрами на рис. 1. Перед прибоем уточины 1 начальную уработку нити основы принимаем равной нулю.

Из рис.1 видно, что согласно [3], [1]:

$$\begin{aligned} A_{o1} &= 100f_o / \ell_{yф}, & A_{o2} &= A_{o3} = 0, \\ A_{o4} &= A_{o1} = 100f_o / \ell_{yф}, \end{aligned} \quad (10)$$

где

$$f_o = AB - \ell_{yф} = (A_o R_y) / (P_y t_o). \quad (11)$$

Средняя уработка нити основы в выделенном раппорте (рис.1) после прокладывания первых двух уточин:

$$\bar{A}_{o12} = (A_{o1} \ell_{y\phi} + A_{o2} \ell'_{y\phi}) / (\ell_{y\phi} + \ell'_{y\phi}) = A_{o1} \ell_{y\phi} / (\ell_{y\phi} + \ell'_{y\phi}). \quad (12)$$

В то же время уработка основы в рап-

порте ткани после прокладывания двух уточин

$$A_{o12} = 100f_o / (\ell_{y\phi} + \ell'_{y\phi}) = \frac{100f_o}{\ell_{y\phi}} \ell_{y\phi} / (\ell_{y\phi} + \ell'_{y\phi}) = A_{o1} \ell_{y\phi} / (\ell_{y\phi} + \ell'_{y\phi}). \quad (13)$$

Таким образом, уработка нити основы после прокладывания уточин 1 и 2 в раппорте ткани равна средней из дополнительных уработок за каждую уточную прокидку.

Аналогично получаем уработки после трех и четырех уточных прокидок:

$$\bar{A}_{o123} = A_{o123} = A_{o1} \ell_{y\phi} / (\ell_{y\phi} + 2\ell'_{y\phi}), \quad (14)$$

$$\bar{A}_{o1234} = A_{o1234} = A_o = A_{o1} \ell_{y\phi} / (\ell_{y\phi} + \ell'_{y\phi}). \quad (15)$$

Рассчитав по методике [1] расстояния $\ell_{y\phi}$ и $\ell'_{y\phi}$, по формулам (11)...(15) можно определить текущие значения уработки в пределах раппорта ткани. Для наглядности и упрощения расчетов примем здесь $\ell_{y\phi} \approx \ell'_{y\phi}$.

Тогда будем иметь: $A_{o12} = A_{o1} / 2$,

$$A_{o123} = A_{o1} / 3 \text{ и } A_{o1234} = A_o = A_{o1} / 2.$$

Заметим, что результаты расчета текущей уработки зависят от вида переплетения и выбора начала раппорта ткани. Причем, независимо от последнего, конечная уработка нити равна расчетной уработке в пределах всего раппорта. Вследствие этого с целью повышения точности экспериментального определения уработки основы необходимо набирать целое число раппортов переплетения, или же их количество должно быть достаточно большим.

Проведенные рассуждения, очевидно, можно повторить и в случае расчета уработки уточной нити в раппорте переплетения при переходе от одной (по ширине полотна) основной нити к другой.

ВЫВОДЫ

1. Предложена новая методика расчета уработки нитей основы и утка в однослойной суровой ткани по ее поверхностной плотности. Результаты расчета хорошо согласуются с фактическими (справочными) данными.

2. Уработка нитей в пределах раппорта переплетения является величиной переменной. Рассмотрен характер ее изменения в процессе выработки ткани.

ЛИТЕРАТУРА

1. Маховер В.Л., Ленец О.П., Толубеева Г.И. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2005, № 5. С.30...33.
2. Мартынова А.А., Слостина Г.Л., Власова Н.А. Строение и проектирование тканей. – М.: РИО МГТА, 1999.
3. Маховер В.Л., Ленец О.П., Толубеева Г.И. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2005, № 4. С.30...33.
4. Хлопчаткачество: Справочник, 2-е изд., перераб. и доп. /Букаев П.Т., Оников Э.А., Мальков Л.А. и др. Под ред. П.Т. Букаева. – М.: Легпромбытиздат, 1987.

Рекомендована кафедрой ткачества. Поступила 17.11.05.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАВНОВЕСИЯ ОСНОВНОЙ НИТИ В ЗОНЕ ФОРМИРОВАНИЯ ОДНОСЛОЙНОЙ ТКАНИ ПОЛОТНЯНОГО ПЕРЕПЛЕТЕНИЯ*

С.Г. СТЕПАНОВ

(Ивановская государственная текстильная академия)

В [1...5] для описания равновесия основной нити в зоне формирования ткани (ЗФТ) при прибое используется формула Эйлера для идеально гибкой нити, охватывающей цилиндрическую поверхность несопоставимо большего радиуса, чем поперечное сечение самой нити. Однако взаимодействие основных и уточных нитей в ЗФТ не может быть учтено в полной мере формулой Эйлера, так как последняя не учитывает изгибную жесткость нити и некруглость из-за смятия ее поперечного сечения. Кроме того, авторы задаются фазой строения ткани в зоне ее формирования, хотя этот параметр является искомым.

При решении задачи о силовом равновесии основной нити в ЗФТ принимаем следующие допущения.

1. Нить принимается жесткой на изгиб, кручение и растяжение.

2. Поперечные нормальные сечения нити, плоские до деформации, остаются плоскими и после деформации (гипотеза Бернулли), то есть сдвиги не учитываются.

3. Гипотеза сплошности – считаем, что геометрический объем нити не имеет пустот, она состоит из сплошного однородного вещества или ее сплошь заполняют тонкие однородные волокна.

4. Материал нити считаем однородным и изотропным – физико-механические свойства нити во всех точках и во всех направлениях одинаковы.

5. Взаимные перемещения сечений нити при малых упругих деформациях в общем случае конечны, то есть задача является геометрически нелинейной, а физически линейной (перемещение точек осевой линии нити могут быть большими, но материал нити работает в пределах закона Гу-

ка).

6. Силами инерции нитей при прибое пренебрегаем [2].

Рассмотрим равновесие основной нити в ЗФТ в случае равнатянутого зева в момент крайнего переднего положения берда (рис. 1). Считаем, что расстояния между уточинами изменяются не столько за счет скольжения уточин по нитям основы [4], [7], сколько за счет интенсивного изгиба нитей основы в ЗФТ в момент прибоя. Это, по нашему мнению, убедительно подтверждает фотография среза опушки ткани вдоль основы в момент крайнего переднего положения берда [2]. Последнее, однако, не означает, что скольжением и возникающими при этом силами трения можно пренебречь.

По нашему мнению, причины скольжения уточин следующие. Прибиваемая (первая) уточина изгибает нить основы и, как следствие этого, происходит перераспределение погонных сил давления со стороны основы на вторую уточину, в результате чего появляется горизонтальная составляющая равнодействующей от этих сил, которая, преодолевая силы трения, смещает вторую уточину по нитям основы по направлению к третьей уточине. При этом вторая уточина изгибает нить основы перед третьей уточинной, и процесс повторяется для третьей, четвертой и вплоть до n -й уточины. Учитывая, что при этом, в основном, имеет место упругая деформация, скорость распространения которой в нитях велика [6], принимаем, что обусловленное деформацией изгиба скольжение реализуется для всех n уточин в ЗФТ одновременно и практически мгновенно при крайнем переднем положении берда.

* Научный консультант – проф., докт. техн. наук Г.И. Чистобородов.

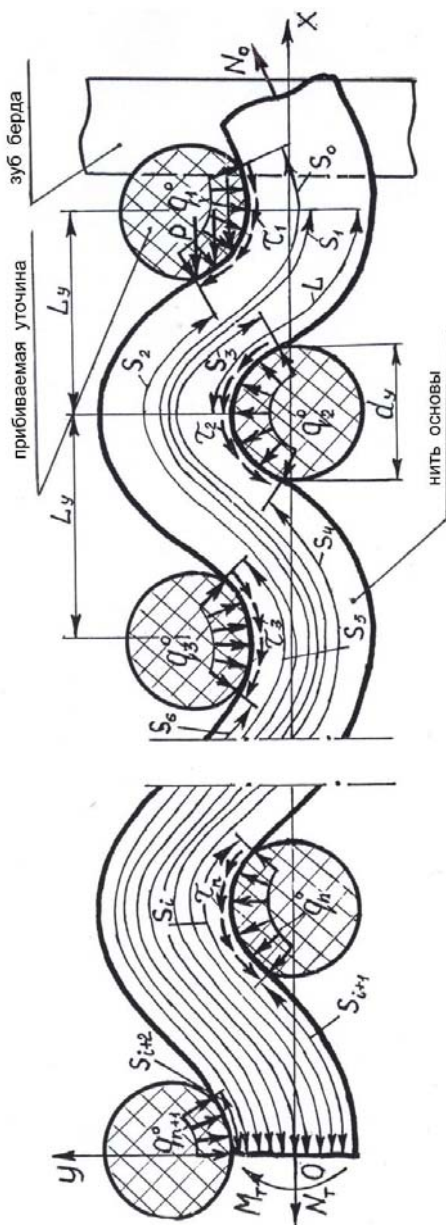


Рис. 1

Пусть ЗФТ включает n уточин, каждая из которых воздействует на основную нить равномерно распределенной нагрузкой интенсивностью q_i^0 ($i = 1, 2, 3, \dots, n$), которую считаем направленной по нормали к оси нити. Помимо силы натяжения у опушки N_0 и силы натяжения N_T в конце ЗФТ на нить основы будут действовать также равномерно распределенные по дугам контакта силы трения интенсивностью τ_i ($i = 1, 2, 3, \dots, n$) от скольжения уточин вдоль нитей

основы, которые принимаем направленными по касательным к оси нити (рис. 1).

Кроме указанных выше сил на нить основы будут действовать: изгибающий момент M_T – внутренний силовой фактор в сечении нити; равномерно распределенная нагрузка от $n + 1$ уточины – уточины, с которой начинается стабильный участок сформированной ткани; равномерно распределенная нагрузка интенсивностью p , действующая со стороны прибываемой уточины на нить основы, которую принимаем направленной параллельно оси X . Считаем, что на некотором расстоянии от прибываемой уточины (например, не превышающем диаметр основной нити) нить основы в направлении ремизки полностью принимает прямолинейную форму, а следовательно, все остальные внутренние силы, кроме растягивающей силы N_0 , будут равны нулю.

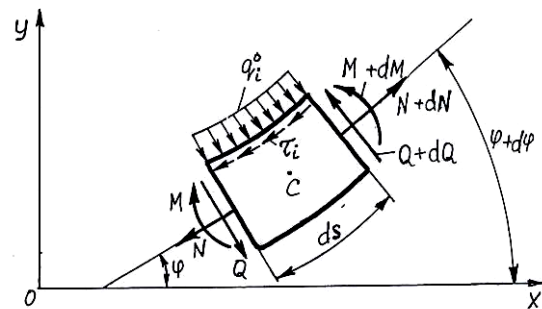


Рис. 2

Выделим на участке в зоне контакта с i -й уточиной элемент нити длиной ds (рис. 2) с распределенными нагрузками q_i и τ_i . В каждом из сечений нити действуют три силовых фактора:

- $M, M+dM$ – изгибающие моменты;
- $N, N+dN$ – продольные силы;
- $Q, Q+dQ$ – поперечные силы.

Углы между касательными к оси нити и осью абсцисс обозначим φ и $\varphi + d\varphi$.

Проецируя силы на оси X и Y , получим:

$$Q \sin \varphi - (Q + dQ) \sin(\varphi + d\varphi) - N \cos \varphi + (N + dN) \cos(\varphi + d\varphi) + q_{ix} ds - \tau_{ix} ds = 0, \quad (1)$$

$$- Q \cos \varphi + (Q + dQ) \cos(\varphi + d\varphi) - N \sin \varphi + (N + dN) \sin(\varphi + d\varphi) - q_{iy} ds - \tau_{iy} ds = 0. \quad (2)$$

Пренебрегая малыми величинами второго порядка и учитывая, что $\tau_i = \mu |q_i|$ (μ – коэффициент трения между нитями), $q_{ix} = q_i \sin \varphi$, $q_{iy} = q_i \cos \varphi$, $\tau_{ix} = \tau_i \cos \varphi =$

$= \mu |q_i| \cos \varphi$, $\tau_{iy} = \tau_i \sin \varphi = \mu |q_i| \sin \varphi$, после преобразований приводим уравнения (1) и (2) к виду:

$$\frac{dN}{ds} \cos \varphi - N \frac{d\varphi}{ds} \sin \varphi - \frac{dQ}{ds} \sin \varphi - Q \frac{d\varphi}{ds} \cos \varphi + q_i \sin \varphi - \mu |q_i| \cos \varphi = 0, \quad (3)$$

$$\frac{dN}{ds} \sin \varphi + N \frac{d\varphi}{ds} \cos \varphi + \frac{dQ}{ds} \cos \varphi - Q \frac{d\varphi}{ds} \sin \varphi - q_i \cos \varphi - \mu |q_i| \sin \varphi = 0. \quad (4)$$

Здесь

$$q_i = -q_i^0 [H(s - s_{2i}) - H(s - s_{2i-1})] (-1)^i, \quad i = 1, 2, 3, \dots, n. \quad (5)$$

В последнем выражении и ниже по тексту $H(s - s_j)$ – функции Хевисайда [8], в которых s_j – координаты, определяющие действия распределенных нагрузок на основную нить.

Для того чтобы (3) и (4) отражали рав-

$$F(s) = - \sum_{i=1}^n q_i^0 [H(s - s_{2i}) - H(s - s_{2i-1})] (-1)^i + q_{n+1}^0 [1 - H(s - s_{2n+1})] (-1)^n, \quad (6)$$

$$G(s) = \sum_{i=1}^n q_i^0 [H(s - s_{2i}) - H(s - s_{2i-1})], \quad (7)$$

$$T(s) = p [H(s - s_2) - H(s - s_0)]. \quad (8)$$

В (3), (4) величине q_i соответствует выражение (6), а $|q_i|$ – выражение (7). Заменим в (3), (4) q_i на (6). Учтем нагрузку p . Добавив в (3) выражение (8) со знаком минус (нагрузка p направлена против оси X (рис. 1)), учтем тем самым проекцию от p на ось X . Для учета нормальных состав-

новесие всего отрезка основной нити, необходимо учесть все действующие на основную в ЗФТ нагрузки (рис. 1). Для обобщения уравнений (3), (4) на всю основную нить введем функции:

ляющих к оси нити от p и обусловленных ими сил трения добавим в (7) $-T(s) \sin \varphi$ и подставим полученное выражение $G(s) - T(s) \sin \varphi$ вместо $|q_i|$ в (3), (4).

В итоге имеем:

$$\frac{dN}{ds} \cos \varphi - N \frac{d\varphi}{ds} \sin \varphi - \frac{dQ}{ds} \sin \varphi - Q \frac{d\varphi}{ds} \cos \varphi + F(s) \sin \varphi - \mu G(s) \cos \varphi + \mu T(s) \sin \varphi \cos \varphi - T(s) = 0, \quad (9)$$

$$\frac{dN}{ds} \sin \varphi + N \frac{d\varphi}{ds} \cos \varphi + \frac{dQ}{ds} \cos \varphi - Q \frac{d\varphi}{ds} \sin \varphi - F(s) \cos \varphi - \mu G(s) \sin \varphi + \mu T(s) \sin^2 \varphi = 0. \quad (10)$$

Умножив (9) на $\cos \varphi$, а (10) – на $\sin \varphi$ и сложив их, после преобразований с учетом

того, что $\cos^2 \varphi + \sin^2 \varphi = 1$ получим

$$\frac{dN}{ds} - Q \frac{d\varphi}{ds} - T(s)(\cos \varphi - \mu \sin \varphi) - \mu G(s) = 0. \quad (11)$$

Умножив (9) на $\sin \varphi$, а (10) на $-\cos \varphi$ и сложив, после домножения полученного выражения на -1 и преобразований имеем

$$\frac{dQ}{ds} + N \frac{d\varphi}{ds} - F(s) + T(s) \sin \varphi = 0. \quad (12)$$

$$M + dM - M + (Q + dQ) \frac{ds}{2} + Q \frac{ds}{2} + T(s) 0,5 d_0 \eta_{0B} \cos \varphi ds + 0,5 d_0 \eta_{0B} \tau_i ds = 0, \quad (13)$$

где d_0 , η_{0B} , – диаметр основной нити и коэффициент ее смятия в вертикальной плоскости.

Уравнение (13) получено для случая, когда интенсивность распределенной нагрузки $\tau_i = \mu |q_i|$, характеризующая силы трения в зоне контактного взаимодействия нитей, приложена к верхним волокнам участка основной нити (рис. 2). Однако в зоне контакта с другими уточными нитями распределенная нагрузка τ_i прикладывается уже к нижним волокнам основной нити. В этом случае последний член правой части уравнения (13), характеризующий изгибающий

Третье уравнение находим, приравняв нулю сумму моментов относительно точки С (рис. 2) и учитывая нагрузку p , характеризующуюся функцией $T(s)$:

момент от сил контактного трения, должен быть записан со знаком минус. Учитывая последнее и момент от сил трения, обусловленных нагрузкой p , имеем:

$$\tau_i = -\mu [W(s) + T(s) \sin \varphi], \quad (14)$$

где

$$W(s) = \sum_{i=1}^n q_i^0 [H(s - s_{2i}) - H(s - s_{2i-1})] (-1)^i. \quad (15)$$

Отбрасывая малые величины второго порядка в (13), с учетом (14) получаем

$$\frac{dM}{ds} + Q + 0,5 d_0 \eta_{0B} [T(s)(\cos \varphi - \mu \sin \varphi) - \mu W(s)] = 0. \quad (16)$$

Между изгибающим моментом в сечении и приращением угла φ поворота плоскости сечения имеет место зависимость

$$M = A_0 \frac{d\varphi}{ds}, \quad (17)$$

где A_0 – изгибная жесткость основной нити.

С учетом (17) уравнение (16) принимает вид:

$$A_0 \frac{d^2 \varphi}{ds^2} + Q + 0,5 d_0 \eta_{0B} [T(s)(\cos \varphi - \mu \sin \varphi) - \mu W(s)] = 0. \quad (18)$$

Для любой точки, лежащей на деформированной оси основной нити в ЗФТ справедливы следующие зависимости:

$$\frac{dy}{ds} = \sin \varphi, \quad \frac{dx}{ds} = \cos \varphi. \quad (19)$$

Объединяя (11), (12), (18), (19) в систему, получим

$$\frac{dN}{ds} - Q \frac{d\varphi}{ds} - T(s)(\cos \varphi - \mu \sin \varphi) - \mu G(s) = 0, \quad (20)$$

$$\frac{dQ}{ds} + N \frac{d\varphi}{ds} - F(s) + T(s) \sin \varphi = 0, \quad (21)$$

$$A_0 \frac{d^2\varphi}{ds^2} + Q + 0,5 d_0 \eta_{OB} [T(s)(\cos \varphi - \mu \sin \varphi) - \mu W(s)] = 0, \quad (22)$$

$$\frac{dy}{ds} = \sin \varphi, \quad (23)$$

$$\frac{dx}{ds} = \cos \varphi. \quad (24)$$

ВЫВОДЫ

1. Получена математическая модель равновесия основной нити в зоне формирования однослойной ткани полотняного переплетения, куда входят, помимо других параметров, подлежащие определению величины распределенных нагрузок, действующих со стороны уточных нитей.

2. Указанные величины распределенных нагрузок могут быть определены при совместном рассмотрении полученной математической модели и математической модели равновесия уточных нитей при учете особенностей взаимодействия двух систем нитей в ЗФТ.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Nosek S.* Cloth forming process // *Veda A Vyzkom v textilnim prumyslu.* – 1967 № 7. S.70...107.
2. *Васильченко В.Н.* Исследование процесса прибой утка. – М.: Гизлегпром, 1959.
3. *Васильченко В.Н.* Прибой уточной нити. – М.: Легпромбытиздат, 1993.
4. *Ямщиков С.В.* Развитие теории формирования ткани и методов прогнозирования технологических параметров процесса ткачества: Дис... докт. техн. наук. – Кострома, КГТУ, 1997.
5. *Чугин В.В.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1993, № 5. С. 41...44.
6. *Мишунов И.И.* Механика текстильной нити и ткани. – М.: Легкая индустрия, 1980.
7. *Ямщиков С.В., Крутикова В.Р.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1994, № 5. С. 35...39.
8. *Светлицкий В.А.* Механика гибких стержней и нитей. – М.: Машиностроение, 1978.

Рекомендована кафедрой начертательной геометрии и черчения. Поступила 01.12.05.

**МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ
"ОЦЕНОЧНОГО СРОДСТВА" ПРЯМЫХ КРАСИТЕЛЕЙ
К ЦЕЛЛЮЛОЗНЫМ ВОЛОКНАМ**

В.В. САФОНОВ, Н.Е. ЧАЛАЯ

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

Основной термодинамической характеристикой процессов крашения текстильных волокон является химическое сродство красителя к волокну [1]. Эта величина характеризует процесс взаимодействия красителя с волокном с учетом влияния таких сил, как электростатические, водородные, Ван-дер-ваальсовы, гидрофобные взаимодействия и др. С технологической точки зрения, знание этой величины характеризует эффективность использования красителей.

В литературе встречается весьма малое количество работ по определению численных значений величины химического сродства красителей к волокнам. Это связано с экспериментальными трудностями определения содержания красителя на волокне в равновесном состоянии, учитывая то, что волокно само по себе структурно неоднородно, краситель находится в аморфных областях и на границе с кристаллитами волокна [2].

Известно, что состояния равновесия в системе краситель–волокно в технологических условиях добиться трудно: оно может устанавливаться в период от нескольких часов до нескольких месяцев [1].

Для экспресс-оценки характеристики сорбции красителей можно ввести понятие "оценочное сродство" красителя, которое не претендует на точное термодинамиче-

ское понятие, но описывает сорбцию красителей на волокне в технологических (нестационарных) условиях крашения.

"Оценочное сродство" ($\Delta\mu^*$) можно рассчитать по предложенной ранее формуле [3]:

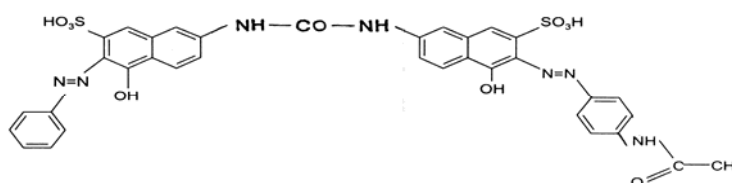
$$\Delta\mu^* = -RT \ln [M \Phi / 1 - \Phi], \quad (1)$$

где M – модуль красильной ванны; Φ – степень фиксации красителя в волокне; R – универсальная газовая постоянная; T – абсолютная температура, К.

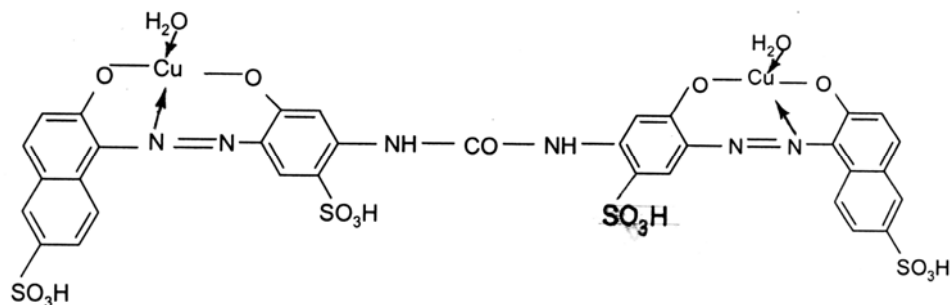
Экспериментально степень фиксации Φ можно определить как отношение содержания красителя на волокне к исходной массе красителя:

$$\Phi = (M_{\text{кр на волокне}} / M_{\text{исх. красителя}}) \cdot 100\%. \quad (2)$$

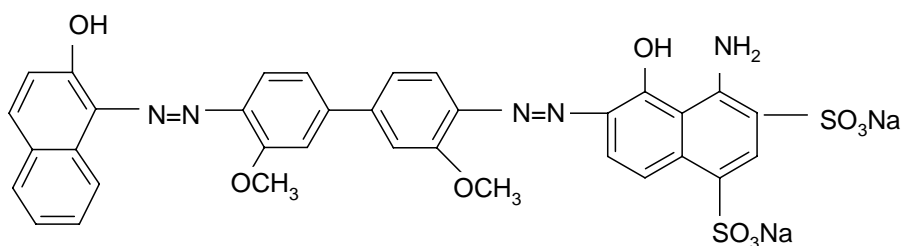
В данной работе предложена методика экспериментального определения оценочного сродства прямых красителей к целлюлозе. Крашение проводили периодическим способом в термостате в соответствии с прописью НИИОПиК [4]. В качестве волокна была выбрана целлофановая пленка толщиной 60 мкм, а в качестве технических красителей: прямой алай:



оптимальная $t_{\text{крашения}} = 90 \dots 95^\circ\text{C}$;
 прямой фиолетовый светопрочный 2КМ,
 оптимальная $t_{\text{крашения}} = 85 \dots 90^\circ\text{C}$:



прямой синий:



оптимальная $t_{\text{крашения}} = 90^\circ\text{C}$.

В основе определения лежали спектрофотометрический и гравиметрический методы, доступные фабричным лабораториям.

Исходная масса красителя оценивалась на аналитических весах с точностью 0,0001 г, с такой же точностью взвешивалась используемая для крашения пленка. Содержание красителя на волокне опреде-

ляли спектрофотометрически по величине оптической плотности окрашенной пленки, предварительно строя калибровочные кривые для каждого красителя.

В табл. 1 представлены полученные значения "оценочного сродства" некоторых прямых красителей к целлюлозной пленке при изменении модуля красильной ванны практически в два раза.

Таблица 1

№ п/п	Краситель	Показатели		Показатели	
		модуль	$-\Delta\mu^*$, КДж/моль	модуль	$-\Delta\mu^*$, КДж/моль
1	Прямой алый	34,53	8,53	64,60	11,34
2	Прямой фиолетовый светопрочный 2КМ	34,97	8,39	63,29	14,50
3	Прямой синий	34,11	9,89	64,94	14,09
4	Прямой зеленый ЖХ	-	-	72,80	18,23
5	Хризопенин	-	-	77,48	11,94

Из табл. 1 следует, что величина "оценочного сродства" зависит от модуля красильной ванны; с увеличением модуля величина $\Delta\mu^*$ возрастает для всех изученных прямых красителей: для прямого алого – с 8,53 до 11,34 КДж/моль; для прямого фиолетового светопрочного 2КМ – с 8,39 до

14,50 КДж/моль; для прямого синего – с 9,89 до 14,09 КДж/моль. В данном случае это может быть обусловлено влиянием повышения модуля на адсорбционные и диффузионные составляющие процесса крашения.

Добавка ПАВ в красильную ванну, с одной стороны, может способствовать улучшению смачиваемости волокна, а, с другой стороны, влиять на сорбцию красителя волокном, образуя либо комплексы с красителем (КПАВ), либо сольватную оболочку (НПАВ) [5]. Исходя из этого представляло интерес изучить влияние ПАВ на величину "оценочного сродства" прямых красителей к целлюлозной пленке.

В качестве ПАВ использовали синтанол ДС-10 (НПАВ), его концентрация в опытах составляла 1 г/л. синтанол добавляли в красильную ванну вместе с раствором красителя. Концентрация красителя в опыте составляла 0,5% от массы целлюлозной пленки. Модуль ванны составлял 65. Основные результаты опытов представлены в табл. 2, где показано влияние добавок ПАВ на величину сродства прямых красителей к целлюлозному волокну.

Т а б л и ц а 2

№ п/п	Краситель	– Δc^* , КДж/моль	
		без ПАВ	с ПАВ
1	Прямой алый	11,34	11,88
2	Прямой фиолетовый светопрочный 2 КМ	14,50	14,05
3	Прямой синий	14,09	14,01

Из табл. 2 видно, что для прямого алого добавка ПАВ особенно не изменяет величины "оценочного сродства" к целлюлозному волокну. Сродство составило 11,34 с ПАВ и 11,88 КДж/моль без ПАВ. То же самое наблюдается и в случае прямого синего красителя, у которого сродство составило 14,09 и 14,01 КДж/моль. Такое поведение красителей может быть связано с их строением молекул.

Представляло интерес проследить влияние добавок ферментов на поведение "оценочного сродства" в процессе крашения на примере также прямых красителей

и целлюлозного волокна [6]. В качестве добавки использовался сычужно-говяжий фермент, а в качестве технического красителя – прямой красно-фиолетовый. В опыте без участия фермента "оценочное сродство" прямого красно-фиолетового красителя к целлюлозной пленке составило 8,31 КДж/моль, при добавлении фермента "оценочное сродство" этого же красителя составило 7,83 КДж/моль.

В Ы В О Д Ы

1. Обоснована целесообразность "оценочного сродства" красителей к волокну и предложена экспресс-методика его определения на примере прямых красителей по отношению к целлюлозной пленке.

2. Изучено изменение "оценочного сродства" прямых красителей к целлюлозе при различных внешних условиях: модуль, добавки ПАВ и ферментов.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Петерс Р. Х. Текстильная химия (Физическая химия крашения). – Ч. 1. – М.: 1989. С.365.
2. Мельников Б.Н., Захарова Т.Д., Кириллова М.Н. Физико-химические основы процессов отделочного производства: Учебное пособие для вузов. – М.: Легкая и пищевая промышленность. – 1982. С.136,143.
3. Сафонов В.В. // Химическая промышленность. – 1997, №2. С.79...80.
4. Каталог "Прямые красители". – НИИОП и К, 1986.
5. Сафонов В.В. Химическая технология отделочного производства: Учебник для вузов. – М., 2002. С.265.
6. Шкурихин И.М. Разработка технологии крашения текстильных материалов из природных волокон с использованием ферментов: Дис...канд. техн. наук. – М., 2003.

Рекомендована кафедрой химической технологии волокнистых материалов. Поступила 01.11.05.

ПРИМЕНЕНИЕ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ В РОНГАЛИТНО-ПОТАШНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПЕЧАТАНИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ КУБОВЫМИ КРАСИТЕЛЯМИ

И.Ю. ВАШУРИНА, А.С. ПОГОРЕЛОВА, Ю.А. КАЛИННИКОВ

(Институт химии растворов РАН, г. Иваново)

При печатании текстильных материалов кубовыми красителями по ронгалитно-поташной технологии все процессы – восстановления кубового красителя, его диффузии в глубь волокнистого материала, его фиксации – протекают одновременно [1]. Известно, что лимитирующей стадией в указанном перечне является химическая реакция перехода кубового красителя из хинонной формы в гидрохинонную, и именно это обстоятельство обуславливает необходимость длительной тепловой обработки напечатанных тканей (порядка 8...12 мин) [1], [2].

Причиной низкой скорости восстановления кубовых красителей служит недостаточная реакционная способность ронгалита в условиях кратковременного запаривания. Наиболее действенным приемом интенсификации процесса печати ронгалитно-поташным способом служит введение в выпускные формы кубовых красителей (а иногда и непосредственно в печатные составы) катализаторов восстановления [1], [3], [4].

Базируясь на сделанных ранее выводах о высокой каталитической активности гуминовых кислот (ГК), выделенных из торфа, в реакции восстановления карбонильных группировок в молекулах органических красителей [5], [6], была исследована возможность использования указанных соединений как катализаторов восстановления кубовых красителей в условиях ронгалитно-поташной технологии печатания тканей. Таким выбором катализатора преследовалась цель не только добиться ускорения реакции восстановления, но сделать это с помощью природных соединений, полностью безопасных как в экологиче-

ском, так и в токсикологическом отношении.

Для экспериментов были выбраны два красителя с высокими значениями лейкопотенциалов (ЛП) – кубовый темно-синий О ($E_{лп} = -945$ мВ) и кубовый ярко-зеленый Ж ($E_{лп} = -855$ мВ). Печатание ткани проводили по стандартной методике [7]. ГК использовали в виде водного раствора, который вводили в готовую печатную краску с тем расчетом, чтобы в итоге содержание добавки по сухому веществу составляло 0,05...0,5 г/кг. При получении кинетических кривых фиксации названных красителей в волокне время запаривания ткани варьировали в интервале от 30 с до 10 мин.

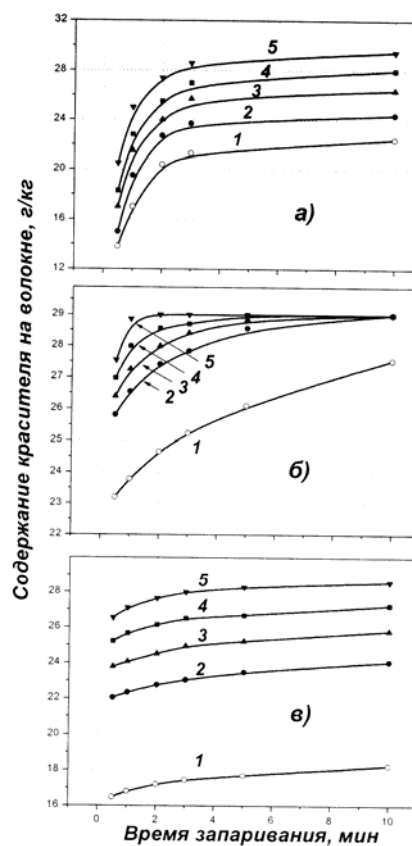


Рис. 1

Влияние концентрации ГК как компонентов печатных составов на количество кубовых красителей темно-синего О и ярко-зеленого Ж, зафиксированных в целлюлозном волокне, охарактеризовано данными на рис.1-а и рис.1-б соответственно. Кривые на рисунках относятся к составам: 1 – не содержащим ГК; 2 – содержащим 0,05 г/кг ГК; 3 – 0,1 г/кг ГК; 4 – 0,25 г/кг ГК; 5 – 0,5 г/кг ГК. В обоих представленных вариантах скорость фиксации красителей хорошо подчиняется кинетическому уравнению 1-го порядка, что позволяет оценить воздействие варьируемого параметра на константы скорости фиксации ($K_{\text{фикс}}$).

Итог такой оценки применительно к кубовому темно-синему О, представленный в виде кривой 1 на рис.2-а, свидетельствует об увеличении константы скорости фиксации красителя в волокне примерно в два раза. Кроме того, очень существенно – от 73 до 97,5% – повышается равновесное значение степени его фиксации (кривая 1 на рис. 2-б). Цифры приведены для 5-минутной обработки напечатанных тканей в паровой среде.

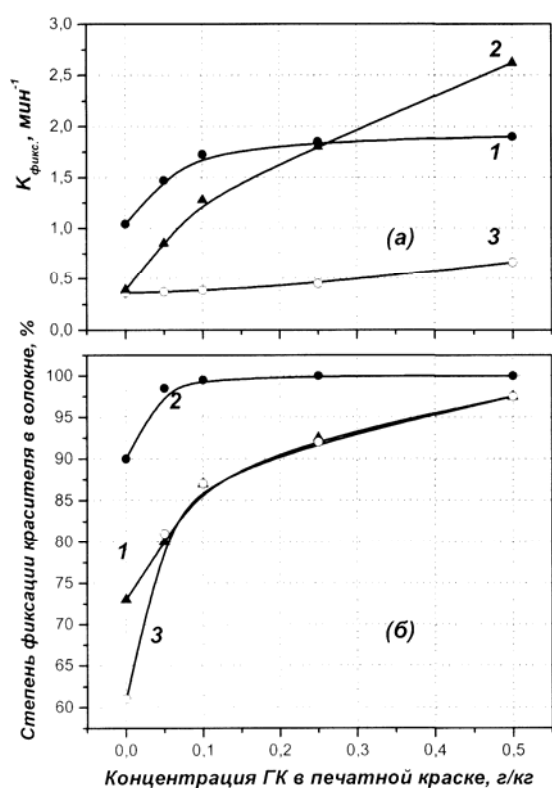


Рис. 2

Это означает, что наличие гуминовых кислот в печатном составе приводит к значительному возрастанию количества красителя, способного проникнуть в глубинные слои волокна, то есть облегчает диффузию красителя в субстрате. Причинами подобного влияния, на наш взгляд, могут быть как ускорение собственно химической реакции восстановления красителя, так и обнаруженное ранее при изучении красильных растворов диспергирование красителя в присутствии малых количеств ГК [6].

При печатании ткани кубовым ярко-зеленым Ж выход на максимальное содержание красителя происходит довольно медленно (кривая 1 на рис.1-б), несмотря на то, что ЛП данного красителя на 90 мВ ниже ЛП кубового темно-синего О: константа скорости процесса фиксации составляет всего 0,39 мин⁻¹ (кривая 2 на рис.2-а). Это, очевидно, обусловлено более низким сродством кубового ярко-зеленого Ж к волокну ($-\Delta\mu^\circ = 20,9$ кДж/моль) [1] и его большей молекулярной массой ($M = 674$) по сравнению с кубовым темно-синим О ($-\Delta\mu^\circ = 24,3$ кДж/моль, $M = 656$).

В данном случае влияние гуминовых соединений, добавленных в печатный состав, прежде всего проявляется в резком ускорении процесса фиксации красителя. Так, если количество кубового ярко-зеленого Ж на ткани, равное 27,5 г/кг, при печатании без катализатора достигается за 10 мин запаривания, то при содержании в краске гуминовых кислот, равном 0,05 г/кг – за 2,5 мин; 0,10 г/кг – за 1,5 мин; 0,50 г/кг – за 30 с.

Константа скорости фиксации красителя в волокне ($K_{\text{фикс}}$) в случае максимального содержания катализатора в печатном составе возрастает примерно в семь раз и достигает значения $\sim 2,63$ мин⁻¹ (рис.2-а – кривая 2). Что касается позитивного влияния катализатора на степень фиксации красителя, то оно невелико и другим быть не может, поскольку, как видно из рис.2-б, кривая 2, и при использовании стандартного состава СФ уже составляет порядка 90%.

То обстоятельство, что при печатании ткани составами, содержащими ГК в качестве катализатора, скорости и степени фиксации кубовых красителей высоки, позволяет рассчитывать на возможность сокращения концентрации восстановителя в красках. Это чрезвычайно привлекательно в плане снижения экологической нагрузки на стоки отделочного производства.

Результаты исследования кинетики фиксации на текстильном материале одного из исследуемых красителей, кубового ярко-зеленого Ж, при уменьшении вдвое содержания ронгалита в составах (до 50 г/кг) отражены на рис.1-в и кривыми 3 на рис. 2. Налицо аналогия между характером воздействия катализатора на показатели эффективности процесса печатания при использовании рассматриваемой системы с недостатком восстановителя (кубовый ярко-зеленый Ж, $E_{\text{лп}} = -855$ мВ, концентрация ронгалита – 50 г/кг) и системы, в которой восстановление красителя также затруднено, но по другой причине – вследствие очень высокого значения его ЛП (кубовый темно-синий О, $E_{\text{лп}} = -945$ мВ, концентрация ронгалита – 100 г/кг). И в том, и в другом случае константы скорости фиксации невысоки и увеличиваются в присутствии катализатора не более чем в два раза. При этом возрастание степени фиксации красителей, напротив, очень значительно: ~ 25% при печати кубовым темно-синим О и ~ 35% при печати кубовым ярко-зеленым Ж (цифры приведены для 5-минутной обработки напечатанных тканей в паровой среде).

На основании проведенного кинетического эксперимента можно сделать следующие практически важные выводы.

– Каталитическое влияние гуминовых кислот на процесс фиксации кубовых красителей в целлюлозном волокне проявляется в увеличении в 2...7 раз константы скорости процесса и возрастании на 10...35% степени фиксации красителей в волокне; следовательно, препарат на основе ГК может использоваться в качестве катализатора для повышения эффективности ронгалитно-поташного способа печатания тканей.

– При проведении реакции восстановления красителя в оптимальных условиях (высокое содержание восстановителя в краске, значение ЛП красителя на среднем уровне) превалирует влияние катализатора на скорость процесса фиксации. При наличии дополнительных затруднений для реакции восстановления красителя (недостаточное содержание восстановителя в краске и/или очень высокое значение ЛП красителя) добавки ГК в основном обеспечивают существенное возрастание степени фиксации красителя в волокне. На практике это дает возможность значительного сокращения времени зреления ткани с одновременным увеличением выхода красителя в волокно и степени его фиксации.

Кроме количественных показателей эффективности исследуемых печатных составов оценивались также и параметры качества окрасок – их устойчивость к физико-химическим воздействиям, а также колористические характеристики. Установлено, что гуминовые кислоты, вводимые в печатные композиции, не ухудшают устойчивости окрасок к сухому и мокрому трению и не вызывают изменения цветового тона и снижения чистоты оттенка.

Сделанные нами выводы о возможности использования ГК для повышения эффективности ронгалитно-поташной технологии печатания тканей проверены в производственных условиях "Большой Костромской льняной мануфактуры". В ходе испытаний были наработаны две экспериментальные партии хлопчатобумажной бязи (каждая объемом 1000 п/м). Печать шестецветного рисунка осуществлялась составами, включающими препарат на основе ГК в количестве 10 мл/кг печатной краски.

Первая партия ткани проходила обработку в запарной камере в среде насыщенного пара в течение 10 мин (согласно принятому регламенту), вторая – по сокращенному режиму, в течение 5,5 мин. Последующая оценка качества печати проводилась по колористическим показателям окрасок, измеренным с применением компьютерного сканирования и обработки данных с помощью специальной програм-

мы "Колорист", а также по содержанию зафиксированных в волокне красителей, установленному методом сернокислых зо-

лей [7], и устойчивости окрасок к мокрому и сухому трению [7].

Т а б л и ц а 1

Цвет, составляющие его красители	ЛП, мВ	Режим печати *	Светлота окраски, %	Содержание красителя в волокне, % по отношению к ходовому режиму
Зеленый Кубовый ярко-зеленый СП	920	1	53,9	100
		2	52,8	102
		3	51,9	109
Сине-зеленый Кубовый ярко-зеленый СП Кубовый ярко-фиолетовый КП	920 880	1	36,5	100
		2	36,0	102
		3	35,0	104
Синий Кубовый ярко-голубой ЗП Кубовый ярко-фиолетовый КП	700 880	1	45,5	100
		2	47,0	95
		3	45,2	104
Желтый Кубовый золотисто-желтый ЖХП Кубовый ярко-оранжевый КХП	740 750	1	61,8	100
		2	61,5	102
		3	61,3	104
Серый Тиюиндиго черный П	650	1	58,6	100
		2	62,8	90
		3	61,6	95
Голубой Кубовый ярко-голубой ЗП	700	1	54,8	100
		2	56,9	70
		3	55,7	85

П р и м е ч а н и е. * 1 – ходовой ($\tau_{\text{зап}} = 10$ мин); 2 – экспериментальный ($\tau_{\text{зап}} = 10$ мин); 3 – экспериментальный ($\tau_{\text{зап}} = 5,5$ мин).

Результаты анализов сведены в табл.1. Здесь же даны значения ЛП кубовых красителей, использовавшихся при печати. Значения показателей цветового тона и прочности окрасок не приведены, поскольку экспериментальные составы их не изменили.

Как видно из представленных данных, эффективность применения препарата на основе гуминовых кислот при печатании хлопчатобумажной ткани по ронгалитно-поташному способу коррелирует со значением лейкопотенциала кубового красителя. Чем оно выше, тем сильнее выражено повышение интенсивности окраски и содержания красителя в волокне под действием ГК.

Так, красители с низким ЛП (тиоиндиго черный и индантроновый краситель кубовый ярко-голубой 3) легко восстанавливаются в обычных условиях. Поэтому дополнительное стимулирование их восстановления введением катализатора в печатный состав не рекомендуется, поскольку приводит к перевосстановлению указан-

ных видов красителей и ухудшению колористических показателей окраски.

Напротив, введение катализатора в печатные краски на основе кубовых красителей с высоким ЛП позволило сократить время запаривания ткани с 10 до 5,5 мин, повысив при этом выход красителей в волокно на 2...9 % без ухудшения прочностных показателей окрасок и изменения цветового тона.

В Ы В О Д Ы

Доказана эффективность использования препарата на основе гуминовых кислот при печати тканей кубовыми красителями с высоким лейкопотенциалом (ЛП > 750 мВ). Это проявляется в возможности сокращения времени тепловой обработки напечатанных тканей с одновременным повышением выхода красителей в волокно и увеличением степени их фиксации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Якимчук Р.П., Мищенко А.В., Булушева Н.Е. Применение кубовых красителей (физико-химические основы). – М.: Легпромбытиздат, 1985.
2. Гордеева Н.В., Романова М.Г., Ратновская Е.Д. Кубовые красители в текстильной промышленности. – М.: Легкая индустрия, 1979.
3. Тоцкая Н.В., Долгат М.И., Романова М.Г. // Текстильная промышленность. – 1986, №3. С.43...44.
4. Проскина Н.Н. и др. // Текстильная промышленность. – 1982, №9. С.56...57.

5. Погорелова А.С., Вашурина И.Ю., Калинин Ю.А. // Изв. вузов. Химия и химическая технология. – 2002. Т. 45. Вып. 1. С.37...41.

6. Погорелова А.С. Разработка теоретических основ применения гуминовых кислот в крашении и печатании тканей кубовыми красителями: Дис...канд. техн. наук. – Иваново: ИГХТУ, 2002.

7. Корчагин М.В. и др. Лабораторный практикум по химической технологии волокнистых материалов. – М.: Легкая индустрия, 1976.

Рекомендована заседанием ученого совета. Поступила 31.05.05.

УДК 677.026.44

**НЕТКАНЫЕ ФИЛЬТРОВАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДНЫХ СРЕД
ОТ МЕХАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ
И ПОВЕРХНОСТНО- АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ**

Е.Б. МАЛЮКОВА, Е.Н. АНТИПОВА, В.Н. ФОМИН, В.М. ГОРЧАКОВА, О.А. ГОЛИКОВА

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

Цель работы заключалась в получении нетканых фильтровальных материалов, обладающих помимо фильтрующей сорбционной способностью к различным примесям из водных растворов.

Для введения в нетканый материал сорбента нами был выбран способ пропитки волокнистых холстов полимерными связующими. В качестве связующих обычно используются композиции на основе латексов [1]. Эксперименты по механическому воздействию на латексные про-

питочные композиции показали существование зависимости физико-механических характеристик нетканых материалов от вида воздействия.

Так, вибрационное воздействие на смесь латексов на основе сополимеров жесткоцепной (бутадиен-стирольный DL-940 и полиакриловый АК-252А) и гибкоцепной (полиакриловый латекс АК-252Б) природы приводит к изменению их разрывного напряжения.

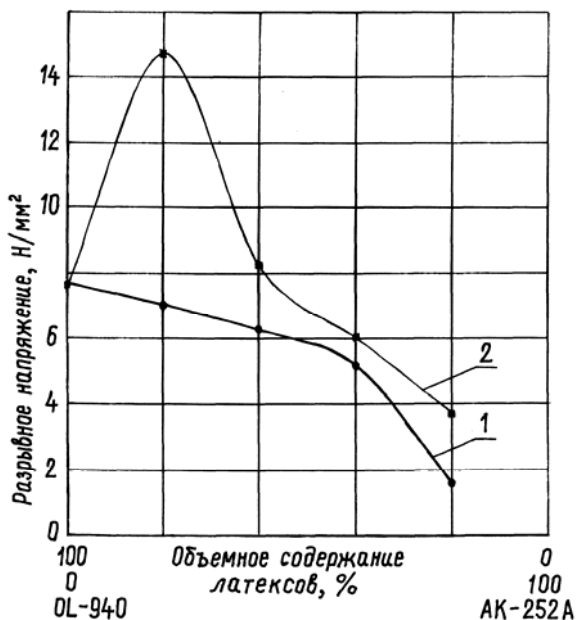


Рис. 1

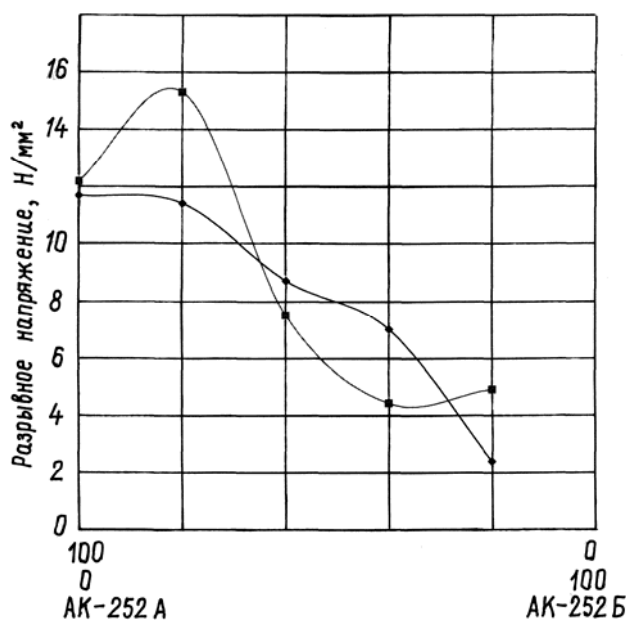


Рис. 2

На рис.1 и 2 представлены данные по изменению разрывного напряжения пленок, полученных из смеси латексов (рис. 1 – DL-940+АК-252Б; рис. 2 – АК-252А+АК-252Б), взятых в разных соотношениях (рис. 1 – кривая 1 – АК-252А + DL-940 – механическое перемешивание; 2 – АК-252А + DL-940 – виброперемешивание (150 Гц, 5 мин); рис. 2 – кривая 1 – АК-252А + АК-252Б – механическое перемешивание; 2 – АК-252А + АК-252Б – виброперемешивание (150 Гц, 5 мин)).

Использование для пропитки волокнистых холстов латексов, прошедших виброобработку, позволило получить нетканые материалы достаточной прочности без введения в композицию дополнительных структурирующих агентов.

Поскольку нетканые фильтровальные материалы, полученные с применением некоторых латексов, могут в процессе эксплуатации в водной среде выделять эмульгатор, используемый при синтезе латекса, нами проведен поиск способов получения связующих без применения латексов.

Были приготовлены пропиточные композиции на основе щелочных растворов полиакриловой кислоты (ПАК), в которые в качестве наполнителя вводили активированный уголь. Известно [2], что уголь является твердым активным наполнителем, обладающим сорбционной способностью.

Для равномерного распределения частиц наполнителя композицию подвергали различным видам перемешивания: с помощью магнитной мешалки и виброобработки (в звуковом и ультразвуковом диапазоне частот).

Анализ кинетики пропитки раствором ПАК волокнистых основ различной природы показал, что оптимальной пропитывающей способностью обладает волокнистый холст, полученный на основе полиэфирных и полипропиленовых волокон в соотношении 90:10.

Результаты исследования вязкости полиакриловой кислоты в зависимости от различных видов обработки связующих представлены в табл. 1.

Таблица 1

Концентрация раствора ПАК, % массовый	Вязкость полимера, Па·с
Обработка полиакриловой кислоты на магнитной мешалке	
0,1	40,3
0,2	886,1
Обработка полиакриловой кислоты ультразвуком	
0,1	10,4
0,2	29,1
Обработка полиакриловой кислоты на виброустановке	
0,2	100

Анализ данных табл. 1 показывает, что наиболее резкое снижение вязкости наблюдается при обработке полиакриловой кислоты ультразвуком. Это явление можно объяснить механодеструкцией полимера [3]. При обработке ПАК ультразвуком, по-видимому, происходит разрушение некоторых исходных сшивок и цепей полимера, в результате чего карбоксильные группы становятся более доступными, увеличивается количество водородных связей.

Данные физико-механических испытаний нетканых материалов, полученных на основе связующих, прошедших обработку с помощью различных воздействий, приведены в табл. 2.

Таблица 2

Концентрация ПАК, %	Время обработки, мин.	$R_{уд}$, Н·м/г	ϵ , %
Магнитная мешалка			
0,1	30	26,1	85,3
0,2	30	30,5	70,0
Виброперемешивание			
0,2	10	30,76	70,0
Ультразвуковая обработка			
0,1	1	31,2	56
	2	32,8	62,3
	3	30,3	41
0,15	1	32,4	44,7
	2	32,9	49,3
	3	32,8	54,3
0,2	1	34,03	43,3
	2	32,9	45
	3	33,2	33,3

При ультразвуковом перемешивании пропиточной композиции наблюдается наиболее существенное возрастание удельной разрывной нагрузки.

Варьирование концентрации ПАК в водном растворе и времени обработки пропиточной композиции ультразвуком позволило выбрать условия для получения нетканого материала с наилучшими физико-механическими характеристиками. Эксперимент проводили с использованием математического метода планирования и анализа эксперимента – плана КОНО-2. В результате были рассчитаны уравнения регрессии и построены графические зависимости, описывающие изменение исследуемых критериев оптимизации в зависимости от концентрации ПАК и времени обработки пропиточной композиции.

Оптимальное значение удельной разрывной нагрузки (32,506 Н·м/г) нетканого материала достигается при концентрации ПАК 0,15% и времени обработки пропиточной композиции 2 мин.

Исследование пористости полученных нетканых материалов показало, что минимальный размер пор наблюдается у материалов, полученных из связующих, прошедших обработку в оптимальном режиме. Данные материалы обладали и максималь-

ной фильтрующей способностью, которую исследовали по фильтрации суспензии каолина (с частицами размером 3...50 мкм).

Сорбционную способность нетканых материалов определяли на примере сорбции из водных растворов ПАВ разной природы – ионогенного (алкиларилсульфонат натрия – сульфонол) и неионогенного (ОС-20): R-O-(CH₂-CH₂-O)₂₀-H.

Для испытания были выбраны следующие образцы нетканых материалов:

1) образец нетканого материала, приготовленный с помощью пропиточной композиции, обработанной на ультразвуковой установке в оптимальных условиях;

2) образец нетканого материала, пропитанный композицией, обработанной в течение 20 мин на виброустановке при концентрации ПАК 0,2%.

Для сравнения определялись значения сорбционной емкости активированного угля, взятого в количестве, равном количеству угля, содержащегося в нетканом материале (табл. 3).

Т а б л и ц а 3

Вид образца	Первоначальная концентрация ПАВ (С _{р-ра})		Концентрация ПАВ после пропускания раствора через образцы нетканых материалов (С _{ф-та})		Динамическая сорбционная емкость, г/г		С _{р-ра} /С _{ф-та}	
	ОС-20	сульфонол	ОС-20	сульфонол	ОС-20	сульфонол	ОС-20	сульфонол
Образцы, пропитанные композицией, прошедшей ультразвуковую обработку	0,45	0,47	0,0124	0,135	0,995	0,971	35,3	34,7
Образцы, пропитанные композицией, обработанной виброперемешиванием	0,45	0,47	0,021	0,024	0,974	0,948	21,2	19,3
Активированный уголь	0,45	0,47	0,027	0,029	0,941	0,938	16,9	16,1
Волокнистый холст	0,45	-	0,1323	-	0,722	-	3,4	-

Из анализа полученных данных видно, что сорбция возрастает у нетканых материалов, полученных из композиций, подвергшихся виброволновой обработке, причем максимальное увеличение сорбционной способности наблюдается у образца, полученного с использованием ультразвуковой обработки в оптимальном режиме.

В Ы В О Д Ы

1. При исследовании влияния механического воздействия (с помощью магнитной мешалки и виброволновой обработки) на свойства пропиточных композиций, состоящих из водных растворов полиакриловой кислоты и активированного угля, и нетканых материалов, полученных с их ис-

пользованием, установлено, что более равномерная пропитка нетканых материалов и увеличение их прочностных характеристик достигается при обработке связующих виброволновым воздействием.

2. Исследование сорбции поверхностно-активных веществ ионогенного и неионогенного типов из водных растворов показало высокую сорбционную способность полученных нетканых материалов и их преимущества перед индивидуальным сорбентом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бершев Е.Н., Горчакова В.М. и др. Физико-химические и комбинированные способы производства нетканых материалов. – М.: Легпромбыт-издат, 1993.

2. Когановский А.М. Адсорбция и ионный обмен в процессах водоподготовки и очистки сточных вод. – Киев: Наукова думка, 1983.

3. Фомин В.Н. Влияние механических воздействий на формирование свойств многокомпонентных систем. – М.: Наука, 2004.

Рекомендована кафедрой технологии нетканых материалов. Поступила 22.04.05.

УДК 677.21.051:681.3(075.8)

НИЗКОЧАСТОТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ ДАВЛЕНИЯ В НИЖНЕЙ КАМЕРЕ ДВУХКАМЕРНОГО БУНКЕРНОГО ПИТАТЕЛЯ

А.П. БАШКОВ, В.Д. ФРОЛОВ

(Ивановская государственная текстильная академия)

При установившемся режиме работы в нижней, слоеформирующей камере двухкамерного бункерного питателя образуются устойчивые автоколебания давления воздуха. Частота колебаний различна, но преобладает периодичность в 50 и 30 с [1], что приводит к возникновению длинноволновой неровноты чесальной ленты с периодом 90 и 45 м.

Волокнистый слой представляет собой совокупность изгибающихся и сообщающихся каналов переменного сечения – лабиринт, состоящий из пор между волокнистыми телами и внутри самих волокнистых тел. Фильтрационный поток в лабиринте – это сложное нестационарное пульсирующее течение, состоящее из струй довольно большой скорости, затекающих в соседние звенья лабиринта и хаотизирующихся в них. Если пульсационная составляющая скорости в турбулентных течениях обычно не превышает нескольких процентов от средней величины, то при движении в лабиринте скорость пульсации может в несколько раз превышать ее. В этих условиях величину эффективной вяз-

кости воздуха следует считать несколько большей, чем обычно [2].

Закон сохранения импульса и массы для протекающего через поверхность пор потока на микроскопическом уровне запишем в следующем виде:

$$\frac{\partial}{\partial t} \int_{G_B} \rho u dG_B = \int_{S_B} P dS_B - \int_{S_B} \rho v_n u dS_B, \quad (1)$$

где G_B – суммарный объем пор; ρ – плотность воздуха; u – мгновенная скорость воздуха в малых пространственных масштабах; v_n – средняя скорость фильтрации в направлении по нормали к поверхности S_B , ограничивающей объем пор; $P dS_B$ – сила, приложенная к элементарной площадке dS_B .

Эта сила распределяется в некотором непрерывном поле вектора V в виде тензора напряжений P и складывается из нормальной и касательной составляющих:

$$P = -p_n S_B + \tau_n S_B, \quad (2)$$

где p_n – давление в потоке; n – внешняя нормаль к поверхности S_B ; τ_n – напряжение сил вязкости.

В трехмерном пространстве поле тензора касательных напряжений запишем в виде диад, отображающих градиент поля вектора скорости $\text{grad } V$:

$$\begin{aligned} \tau_{xx} &= 2\mu \frac{\partial v_x}{\partial x}; \quad \tau_{xy} = \tau_{yx} = \mu \left(\frac{\partial v_x}{\partial y} + \frac{\partial v_y}{\partial x} \right); \\ \tau_{yy} &= 2\mu \frac{\partial v_y}{\partial y}; \quad \tau_{xz} = \tau_{zx} = \mu \left(\frac{\partial v_x}{\partial z} + \frac{\partial v_z}{\partial x} \right); \\ \tau_{zz} &= 2\mu \frac{\partial v_z}{\partial z}; \quad \tau_{zy} = \tau_{yz} = \mu \left(\frac{\partial v_z}{\partial y} + \frac{\partial v_y}{\partial z} \right), \end{aligned} \quad (3)$$

$$\int_{S_B} PdS_B = \int_{S_B} [P_x \cos(nx) + P_y \cos(ny) + P_z \cos(nz)] dS_B = \int_{S_B} \left(\frac{\partial P_x}{\partial x} + \frac{\partial P_y}{\partial y} + \frac{\partial P_z}{\partial z} \right) dS_B, \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \int_{S_B} \rho v_n u dS_B &= \rho \int_{S_B} [v_x u \cos(nx) + v_y u \cos(ny) + v_z u \cos(nz)] dS_B = \\ &= \int_{S_B} \left(\frac{\partial v_x u}{\partial x} + \frac{\partial v_y u}{\partial y} + \frac{\partial v_z u}{\partial z} \right) dS_B, \end{aligned} \quad (6)$$

где P_x, P_y, P_z – силы, действующие в элементарных площадках с нормальными, параллельными осям x, y, z ; v_x, v_y, v_z – проекции скорости на те же оси; $\cos(nx), \cos(ny), \cos(nz)$ – косинус угла между направлением нормали и координатными осями.

Тензор давления в макрообъеме при общей направленности вектора фильтрации вдоль оси x будет соответствовать диаде:

$$P_i = P_{ix}i_x + P_{iy}i_y + P_{iz}i_z. \quad (7)$$

Тензор касательных напряжений в том же объеме будет:

$$\tau_i = \varepsilon_S (\tau_{ix}i_x + \tau_{iy}i_y + \tau_{iz}i_z), \quad (8)$$

где ε_S – поверхностная пористость материала, то есть отношение поверхности, ограничивающей объем пор в волокнистом материале S_B к поверхности всех струй, на которые разбивается поток; $i = 1, 2, \dots, k$, k

где μ – коэффициент динамической вязкости воздуха.

Сила, приложенная к жидкости в лабиринте пор, равняется

$$\int_{S_B} PdS_B = \varepsilon_G \int_G fdG, \quad (4)$$

где G – общий объем волокнисто-воздушной среды; $\varepsilon_G f$ – сила, действующая на единицу объема G со стороны твердого тела (волокна); ε_G – коэффициент объемной пористости, $\varepsilon_G = G_B / G$.

В свою очередь для трехмерного пространства с учетом формулы Гаусса – Остроградского запишем, что

– количество пор.

Диаду можно вычислить, используя оператор Гамильтона ∇ , то есть можно записать, что $\frac{\partial V}{\partial n} = \text{grad } V = \nabla V$.

Переходя к усреднению скоростей в макрообъеме, представим среднюю скорость фильтрации v_n как сумму средней по достаточно большому числу пор скорости \bar{v} и флуктуации v' , то есть $v_n = \bar{v} + v'$, и по аналогии мгновенную скорость как $u = \bar{u} + u'$. Тогда

$$\int_{S_B} \rho v_n u dS_B = \frac{1}{m_S} \int_S \rho \bar{v} u dS + \int_{S_B} \rho v' u dS_B, \quad (9)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} \int_{G_B} \rho u dG_B = \frac{\partial}{\partial t} \int_G \rho \bar{u} \frac{\varepsilon_G}{\varepsilon_S} dG. \quad (10)$$

С учетом всех перечисленных составляющих при переходе к объемному инте-

граву в трехмерных координатах после

суммирования получим:

$$\int_G \left[\rho \frac{\varepsilon_G}{\varepsilon_S} \frac{\partial \bar{u}}{\partial t} + \frac{\rho}{\varepsilon_S} \left(\frac{\partial v_x \bar{u}}{\partial x} + \frac{\partial v_y \bar{u}}{\partial y} + \frac{\partial v_z \bar{u}}{\partial z} \right) + \nabla p \varepsilon_S - \varepsilon_G f - \right. \\ \left. - \frac{1}{\varepsilon_S} \left(\frac{\partial P_x}{\partial x} + \frac{\partial P_y}{\partial y} + \frac{\partial P_z}{\partial z} \right) - \left(\frac{\partial \tau_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_y}{\partial y} + \frac{\partial \tau_z}{\partial z} \right) \right] dG = 0. \quad (11)$$

Тогда движение жидкости при фильтрации через рыхлый волокнистый слой в

проекции на ось x будет описываться следующим уравнением:

$$\rho \frac{\varepsilon_G}{\varepsilon_S^2} \frac{\partial v_x}{\partial t} + \frac{\rho}{\varepsilon_S} (\nabla V) v_x + \nabla p = \frac{\varepsilon_G}{\varepsilon_S} f_x + \frac{1}{\varepsilon_S^2} \left(\frac{\partial P_i}{\partial x} + \frac{\partial P_i}{\partial y} + \frac{\partial P_i}{\partial z} \right) + \\ + \frac{\mu}{\varepsilon_S} \frac{\partial^2 v_x}{\partial x^2} + \frac{\mu}{\varepsilon_S} \left(\frac{\partial^2 v_x}{\partial x \partial y} + \frac{\partial^2 v_x}{\partial x \partial z} + \frac{\partial^2 v_x}{\partial z \partial y} \right). \quad (12)$$

Аналогичные уравнения можно записать и для движения в проекциях на оси y и z. Если рассматривать фильтрующий слой волокна в ограниченном объеме камеры бункерного питателя, то можно отметить сильное искривление профиля скорости фильтрации во внутренних слоях материала. Связано это в первую очередь с неоднородностью пористости.

Плотность слоя также изменяется и в горизонтальном направлении. У стенок камеры за счет трения движение волокон замедляется, а следовательно, процесс уплотнения менее интенсивен, кроме того, и скорость потока у стенки близка к нулю (рис. 2 – искривление профиля поля вектора скорости V после прохождения волокнистого слоя).

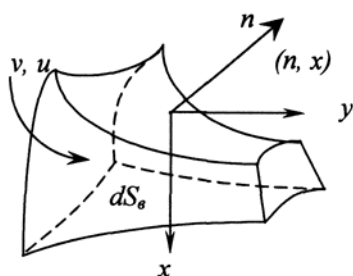


Рис. 1

Плотность материала увеличивается при переходе к более низким слоям. Размер пор (каналов лабиринта) (рис. 1 – элементарная пора – фрагмент пористого лабиринта) уменьшается, а следовательно, при сохранении расхода воздуха в сечении камеры увеличиваются мгновенные скорости отдельных струй, и соответственно усиливаются импульсные флуктуации скорости. Учитывать это явление можно, снижая коэффициент пористости ε с увеличением глубины слоя.

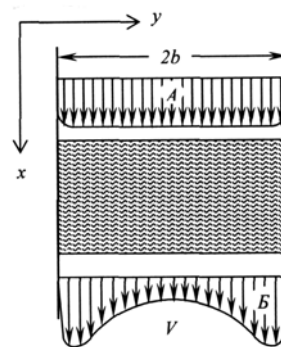


Рис. 2

Запишем одномерное уравнение движения стационарного потока в направлении оси x при фильтрации рыхлого пористого материала, находящегося в камере шириной $2bc$ с учетом зависимостей, полученных в уравнении (12):

$$\frac{dp}{dx} = \frac{\varepsilon_G}{\varepsilon_S} f_x + \frac{1}{\varepsilon_S^2} \frac{dP_{xb}}{db}. \quad (13)$$

При дозвуковых скоростях воздушного потока можно считать массовую силу f_x , как и в законе Дарси, пропорциональной скорости V с некоторым коэффициентом пропорциональности c :

$$\frac{\varepsilon_G}{\varepsilon_S} f_x \cong -cV. \quad (14)$$

Величину P_{xb} в порядке приближения заменим членом с эффективной вязкостью:

$$\frac{1}{\varepsilon_S^2} P_{xb} \equiv \mu_{\text{эф}} \frac{dV}{db}. \quad (15)$$

Тогда

$$\frac{dp}{dx} = -cV + \mu_{\text{эф}} \left(\frac{d^2V}{db^2} + \frac{1}{b} \frac{dV}{db} \right). \quad (16)$$

Члены уравнений (12) с обычной вязкостью μ упущены, поскольку они несущественны в рассматриваемых масштабах. В дальнейшем для упрощения согласно определению можно считать, что $\varepsilon_G \approx \varepsilon_S \approx \varepsilon$.

Коэффициент эффективной вязкости внутри волокнистой массы в камере питателя оценим как

$$\mu_{\text{эф}} \sim \frac{\rho u^2 2b}{V}. \quad (17)$$

При значениях $V = 5,0$ м/с; $u = 15,0$ м/с; $2b = 1,0$ м; $\rho = 1,2$ кг³/м коэффициент эффективной вязкости $\mu_{\text{эф}} \approx 360$ пуазам. Увеличение вязкости вследствие возрастания мгновенной скорости при прохождении лабиринта приводит к замедлению общей скорости фильтрации внутри ограниченного объема, то есть воздухопроницаемость слоя волокон уменьшается. Эффективная вязкость увеличивается пропорционально квадрату мгновенной скорости и обратно пропорциональна квадрату пористости ε .

Решение уравнения (16) при граничных условиях $b = 0$ имеет вид:

$$V = V^* + AI_0 \frac{b}{\alpha}, \quad (18)$$

где $V^* = -\frac{1}{c} \frac{dp}{dx}$; $\alpha^2 = \frac{\mu_{\text{эф}}}{B}$; I_0 – нулевая функция Бесселя мнимого аргумента, то есть монотонно растущая с ростом b/α положительная функция, не имеющая нулей; A и B – постоянные положительные величины (рис. 3 – график нулевой функции Бесселя I_0).

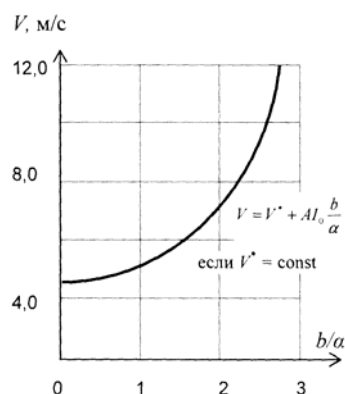


Рис. 3

Согласно закону Дарси $V = -\frac{K_n}{\mu} \frac{dp}{dx}$,

коэффициент пропорциональности $c = \frac{\mu}{K_n}$,

где K_n – коэффициент проницаемости слоя волокна; μ – вязкость воздуха. В свою очередь коэффициент проницаемости связан с пористостью уравнением Козени - Кармана [3]:

$$K_n = \frac{\varepsilon^3}{kS_B^2(1-\varepsilon)^2}, \quad (19)$$

где k – константа Козени.

Тогда

$$\frac{dp}{dx} = V \mu k S_B^2 \frac{(1-\varepsilon)^2}{\varepsilon^3}. \quad (20)$$

Исследования [4] показали, что при сжатии нижних слоев материала аэродинамическое сопротивление слоя фильтрата R зависит от давления нелинейно, то есть

$$R = \Omega p^\Psi, \quad (21)$$

$$R = \frac{k(1-\varepsilon)^2 S^2}{\varepsilon^3}. \quad (22)$$

где Ω и Ψ – экспериментальные параметры.

Поскольку $R = \frac{1}{K_n}$, то

$$\frac{d\varepsilon}{dx} = \Omega \Psi p^{\Psi-1} \left[\frac{1}{kS^2(-3\varepsilon^{-4} + 4\varepsilon^{-3} - \varepsilon^{-2})} \right] \frac{dp}{dx}. \quad (23)$$

С уменьшением пористости и возрастанием плотности слоя масса волокна в нем увеличивается:

$$\frac{dm}{dx} = (1-\varepsilon)S\rho_v, \quad (24)$$

где S – площадь сечения камеры питателя; ρ_v – плотность волокна.

Уравнения (20), (23), (24) можно решить численным методом Рунге – Кутты в символьном виде в системе MathCAD при следующих начальных условиях: $x=0$; $p=0$; $m=0$; $\varepsilon = \varepsilon_0$. При параметре сжимаемости $n = 1,5$ [5] увеличение перепада давления в слое (рис. 4), а следовательно и его плотности, при малых скоростях имеет почти линейный характер (график 1, рис. 4), при больших скоростях – гиперболический характер (график 2, рис. 4).

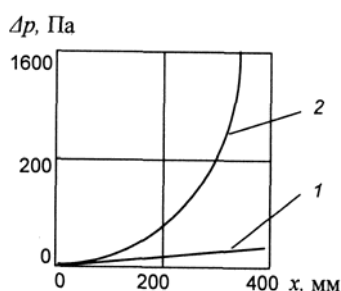


Рис. 4

Известно, что энергетическим условием существования автоколебаний является баланс притока энергии в систему от внешнего источника и потерь энергии в системе за период колебания. Если приток энергии больше ее потерь, то колебания

будут самовозбуждающимися. В некоторых случаях, а именно в системах, обладающих массой, вязким трением или нелинейной зависимостью, восстанавливающей силы от переменной массы (волокнистого слоя), возникает резонанс со скачком, после чего происходит затухание колебаний.

Возникновение колебаний с периодом 30...50 с можно связать с уплотнением материала. Приток энергии, как импульсное периодическое возмущающее воздействие, обеспечивается работой уплотняющего вентилятора и разрыхляющего барабана, подающего в нижнюю камеру разрыхленный материал. Новый период начинается со сжатия следующей порции материала, при этом происходит уменьшение ее воздухопроницаемости и скачок давления, который периодически повторяется, постепенно затухая.

Постепенное уплотнение материала снижает расход воздуха через волокнистый слой, тем самым, способствуя демпфированию любых колебаний давления и скорости. Подобный процесс можно рассматривать как линейную систему второго порядка. В простейшем случае она описывается выражением:

$$\frac{d^2 p}{dt^2} + \omega_0 p = 0, \quad (25)$$

где p – давление; t – время; ω_0 – характеристическая для системы константа.

Решение уравнения (25) имеет вид:

$$p = a_p \sin(\omega_0 t + \varphi_0), \quad (26)$$

где a_p – амплитуда колебаний; φ_0 – фазовый сдвиг.

Для анализа подобных автоколебаний можно использовать упрощенную имита-

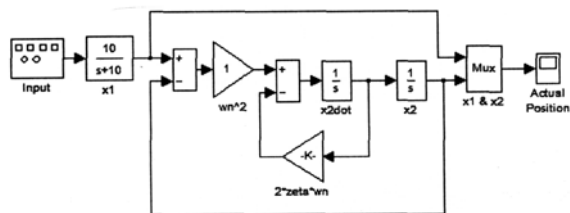


Рис. 5

Блок-схема такой модели составлена из типовых элементов пакета расширения системы MATLAB 6.5 – Simulink 4.0 (рис. 5). Импульсные возмущения (рис. 6 – осциллограмма колебаний давления) генерируются с заданной периодичностью (кривая 1, рис. 6), после чего в модели рассчитываются затухающие в каждом периоде за счет демпфирования колебания (кривая 2) с заметным в начале резонансным пиком. Характер колебаний близок к диаграмме изменения давления, полученного экспериментальным путем (усредненная кривая 3).

ВЫВОДЫ

1. Предложена модель фильтрации воздуха через рыхлый волокнистый слой и математические зависимости плотности волокнистого настила в нижней камере двухкамерного бункерного питателя от давления воздуха и толщины слоя.

ционную модель колебательной системы, в которой задается частота, амплитуда и характер возбуждающих колебаний. Отклик системы получается в виде гармоник собственных автоколебаний.

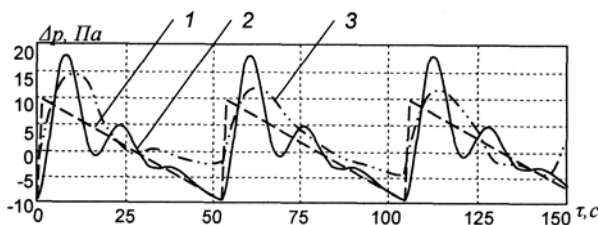


Рис. 6

2. Рассмотрены причины возникновения автоколебаний давления в нижней камере.

3. Предложена имитационная модель автоколебаний.

ЛИТЕРАТУРА

1. Башков А.П. Исследование работы двухкамерного бункерного питателя для чесальных машин // Межвуз. сб. научн. тр.: Совершенствование техники и технологии прядильного производства – Иваново: ИвТИ, 1991. С. 19...27.
2. Аэродинамика в технологических процессах / Под ред. В.В. Струминского. – М.: Наука, 1981.
3. Романков П.Г., Курочкина М.И. Гидромеханические процессы химической технологии. – Л.: Химия, 1982.
4. Кленов В.Б. Фильтрация жидкости через слой деформируемого текстильного материала. – М.: Легкая индустрия, 1972.
5. Шульчишин В.А. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1991, №2. С.77...80.

Рекомендована кафедрой механической технологии текстильных материалов. Поступила 28.11.05.

ДЕФОРМАЦИЯ ОДНОРОДНОЙ СФЕРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ ИЗ ВОЛОКОН, СВЯЗАННЫХ МЕЖДУ СОБОЙ

Д.ЭНХТУЯ

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

Технологический процесс обработки волокнистого сырья представляет собой регенерацию смеси, способствует отделению от нее остевых волокон и увеличивает концентрацию пуха при непрерывной циркуляции потока из волокон. Обычно циркуляцией называется криволинейный интеграл векторного поля, взятый по замкнутому контуру. Если же контур не замкнут, то этот интеграл называется линейным.

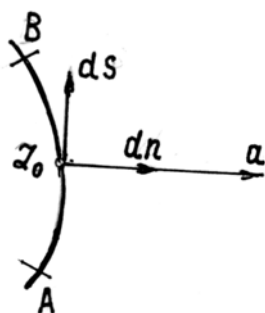


Рис. 1

Пусть M – переменная точка дуги AB (рис.1); n – векторная функция точки M . Циркуляцией вектора n по дуге AB является значение криволинейного интеграла $\int_A^B adn$ (криволинейный интеграл берется от A скалярного произведения). Пусть $F(\zeta)$ – аналитическая функция и

$$z = f(\zeta), \quad \omega = F(\zeta) = \varphi + i\Psi. \quad (1)$$

Тогда ω – аналитическая функция z . Следовательно, φ и ψ , как функции от x и y , удовлетворяют двумерному уравнению Лапласа. Если одна из них постоянна на преобразованной кривой в плоскости ζ , то она постоянна и на преобразованной кривой в плоскости z . Найдя решение уравнения Лапласа в какой-нибудь области плоскости ξ, η , постоянное на ее границе, и выразив ту же функцию через x и y , получаем

решение уравнения Лапласа, постоянное на преобразованной границе. Благодаря этому с помощью конформных отображений решается множество задач; каждая аналитическая функция увеличивает их число.

Если через $d\sigma$ обозначить элемент площадки на плоскости ζ , а через ds – на плоскости z , то из соотношений Коши Римано следует

$$ds = \frac{(x, y)}{\partial(\xi, \eta)}, \quad d\sigma = \left| \frac{dz}{d\zeta} \right|^2 d\sigma.$$

Величина $|dz/d\zeta|$ называется модулем, или коэффициентом растяжения этого отображения.

Если ζ описывает кривую, то близким точкам, находящимся слева и справа от нее, на плоскости z соответствуют точки, находящиеся соответственно слева и справа от кривой z . Это следует из того, что отображение сохраняет направление вращения. Расстояния этих точек от кривой умножаются на $|dz/d\zeta|$. Если ω имеет логарифмическую особенность в обыкновенной точке ζ_0 плоскости ζ , то

$$\omega = A \ln(\zeta - \zeta_0) + g(\zeta) = A \ln \frac{z - z_0}{f'(\zeta)} + G(z),$$

где $g(\zeta)$ и $G(z)$ – аналитические функции. Поэтому ω имеет и в плоскости z логарифмическую особенность с тем же коэффициентом.

При интерпретации комплексного потенциала исходим из аналитической функции (1):

$$\omega = \varphi + i\psi,$$

где φ – потенциал скорости; ψ – функция тока.

Тогда

$$\frac{d\omega}{dz} = \frac{\partial\varphi}{\partial x} + i \frac{\partial\varphi}{\partial y} = \frac{\partial\varphi}{\partial x} - i \frac{\partial\varphi}{\partial y} = u - iv,$$

где u и v – компоненты скорости, а

$$\left| \frac{d\omega}{dz} \right| = (u^2 + v^2)^{1/2} = v_p,$$

откуда имеем результирующую скорость.

Рассматривая кривую, соединяющую А и В, получим

$$\int_A^B \frac{\partial\varphi}{\partial n} ds = \int_A^B \frac{\partial\psi}{\partial s} ds = \left| \psi \right|_A^B = \int_A^B u dy - v dx,$$

где $\left| \psi \right|_A^B$ представляет собой поток волоконвоздушной смеси через кривую, отнесенный к единице длины цилиндра с образующими, перпендикулярными к плоскости x, y .

Направления ds и dn ориентированы в соответствии с рис. 1, а линейный источник в точке z_0 , выпускающий волоконвоздушную смесь со скоростью $2\pi m$ на единицу длины, равный образующей цилиндра, имеет комплексный потенциал $m \ln(z - z_0)$.

В случае линейного источника волоконвоздушной смеси при $z = z_0$ в области, ограниченной двугранным углом $n\pi$, комплексный потенциал, соответствующий такому источнику волоконвоздушной смеси, равен

$$\omega_0 = -\frac{m}{2\pi} \ln(z - z_0),$$

при этом комплексный потенциал для ζ :

$$\omega\zeta = -\frac{m}{2\pi} \ln(\zeta - \zeta_0),$$

поскольку z_0 – обыкновенная точка преобразования.

Тогда функция тока:

$$\psi_0 = -\frac{m}{2\pi} \operatorname{arctg} \frac{\eta - \eta_0}{\xi - \xi_0}.$$

Необходимо, чтобы полная функция тока была постоянна при $\eta_0 = 0$.

Но функция тока будет удовлетворять этому условию, если прибавить к ней функцию, которая получится из нее заменой η_0 на $-\eta_0$, тогда

$$\omega = -\frac{m}{2\pi} \ln[(\zeta - \zeta_0 - i\eta_0)(\zeta - \zeta_0 + i\eta_0)]$$

удовлетворяет всем условиям:

$$\omega = -\frac{m}{2\pi} \ln\left[\left(z^{1/n} - z_0^{1/n} \right) \left(z^{1/n} - z_0^{*1/n} \right) \right],$$

где $z_0^* = x_0 - iy_0$.

В том случае, если число n – обратное целому, этот результат можно получить методом изображений.

При этом вектор сопряженной скорости

$$u - iv = \frac{d\omega}{dz} = \frac{d\omega}{d\zeta} / \frac{dz}{d\zeta}.$$

При $z = \zeta^n$ (n действительно, $n \neq 1$). Преобразование не является конформным в начале координат. Поскольку $|z| = |\zeta|^n$, $\arg z = n \arg \zeta$, то лучи, выходящие из O на плоскости z , соответствуют лучам, выходящим из O на плоскости ζ , а окружности с центром O на плоскости z соответствуют окружностям с центром O на плоскости ζ . Вследствие этого преобразование применимо к областям, границы которых – двугранные углы. Если фигура на плоскости ζ – пара лучей, образующих угол π и отделяющих верхнюю полуплоскость, то лучи

на плоскости z образуют угол π . Это преобразование применимо к двугранным углам величины $\leq 2\pi$.

Функция $d\omega/d\zeta$ аналитична при $z=0$, но $dz/d\zeta$ при этом ведет себя как $\zeta^{n-1} = z^{1-(1/n)}$, что стремится к 0 при $n > 0$ и к ∞ при $n < 1$. Отсюда скорость в вершине угла стремится к 0 или к ∞ в зависимости от того, $n > 0$ или $n < 1$, то есть угол больше или меньше, чем π .

Во втором случае классическая теория дает недостаточное приближение из-за значительной концентрации волоконвоздушной смеси, реальная смесь проходит выступающие углы неплавно. В связи с этим выбор пыльчатой гарнитуры в зависимости от волоконвоздушной смеси в оболочке имеет существенное значение при рассортировке ости и пуха в процессе очистки.

В плоских потоках, у которых все векторные и скалярные величины зависят только от двух координат и времени, плоскость течения совпадает с плоскостью xy .

Тогда получим

$$\omega = \omega_z = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial \varphi}{\partial x} - \frac{\partial v_x}{\partial y} \right) = 0, \quad \frac{\partial v_y}{\partial x} = \frac{\partial v_x}{\partial y}. \quad (2)$$

В случае плоского безвихревого течения условие (2) будет выполняться в любой момент времени. При плоском течении функция φ зависит от x, y, t . Тогда

$$v_x = \frac{\partial \varphi}{\partial x}, \quad v_y = \frac{\partial \varphi}{\partial y}. \quad (3)$$

Еще одна функция координат и времени $\psi(x, y, t)$ определяет скоростное поле течения функции тока с частными производными по координатам от нее при тчении

$$\frac{\partial \psi}{\partial y} = v_x, \quad \frac{\partial \psi}{\partial x} = v_y. \quad (4)$$

Необходимым и достаточным условием существования такой функции является

выполнение уравнения неразрывности течения, то есть когда во всех точках потока

$$\frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} = 0. \quad (5)$$

Подставляя в (5) значения скоростей из равенства (4), получаем

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x \partial y} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y \partial x} = 0,$$

то есть уравнение неразрывности удовлетворяется тождественно.

Уравнение линий тока тогда имеет вид:

$$\frac{dx}{v_x} = \frac{dy}{v_y}.$$

Откуда

$$-v_y dx + v_x dy = 0. \quad (6)$$

После подстановки в уравнение (6) значений скоростей из уравнения (4) имеем

$$\frac{\partial \psi}{\partial x} dx + \frac{\partial \psi}{\partial y} dy = d\psi = 0. \quad (7)$$

Следовательно, на линии тока $\varphi = \text{const}$ во всех точках одной и той же линии тока функции тока будут одинаковы (рис.2).

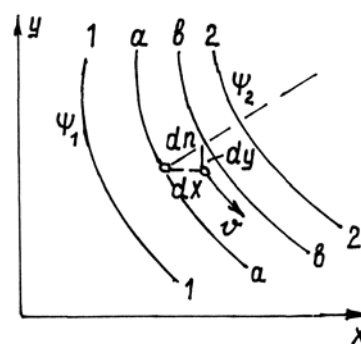


Рис. 2

Расход волоконвоздушной смеси между линиями тока, рассчитанный на единицу ширины потока (в направлении, нормальном к плоскости течения) $dq = v dn$, равен

$$dn = -dx \cos(v, y) / dy \cos(v, x).$$

В этом случае запишем:

$$dq = -v_y dx + v_x dy. \quad (8)$$

После подстановки значения проекций из уравнения (4) в (8) имеем:

$$dq = \frac{\partial \psi}{\partial x} dx + \frac{\partial \psi}{\partial y} dy,$$

откуда после интегрирования между линиями тока 1-1 и 2-2 получаем:

$$q_{1-2} = \psi_2 - \psi_1, \quad (9)$$

то есть разность между функциями тока двух разных линий тока равняется расходу волоконвоздушной смеси между ними, рассчитанной на единицу ширины потока.

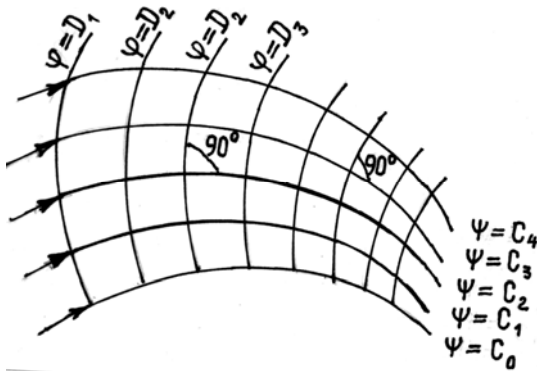


Рис. 3

В плоском потоке линии тока, на которых $\varphi=D_i$, являются эквипотенциальными или линиями равного потенциала скорости. Совокупность линий тока и линий равного потенциала называют сеткой течения плоского потенциального потока (рис.3). Действительно, из уравнений (3) и (4) получим

$$\frac{\partial \varphi}{\partial x} = \frac{\partial \psi}{\partial y}, \quad \frac{\partial \psi}{\partial x} = -\frac{\partial \varphi}{\partial y}. \quad (10)$$

После преобразований (10) имеем

$$\frac{\partial \varphi}{\partial x} \frac{\partial \psi}{\partial x} + \frac{\partial \varphi}{\partial y} \frac{\partial \psi}{\partial y} = 0. \quad (11)$$

Вследствие того, что $\frac{\partial \varphi}{\partial x}$ и $\frac{\partial \varphi}{\partial y}$ про-

порциональны направляющим косинусам нормали к линии равного потенциала, а $\frac{\partial \psi}{\partial x}$ и $\frac{\partial \psi}{\partial y}$ пропорциональны направляющим косинусам нормали к линии тока, то

$$\cos(n, x) / \cos(n, x) + \cos(n, y) / \cos(n, y) = 0,$$

где $n\varphi$ и $n\psi$ – орты нормалей к эквипотенциальной линии. Следовательно,

$$\cos(n\varphi, n\psi) = 0,$$

что и доказывает ортогональность сетки течения.

Таким образом, потенциал скорости и функция тока течения волоконвоздушной смеси удовлетворяют уравнению Лапласа.

Подставляя значения проекций скорости из выражения (3) в уравнение неразрывности (5), получаем

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} = 0, \quad (12)$$

а, подставив значения проекций скорости из (4) в (2), будем иметь

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} = 0. \quad (13)$$

Решение уравнений (12) и (13) для практических задач можно получить при заданных граничных условиях потока.

Поскольку в плоском потенциальном потоке согласно уравнениям (3) и (4) зависимость между функцией потенциала скорости и функцией тока (10) аналогична известным условиям Коши-Римона аналитичности комплексной функции, то можно образовать следующую аналитическую

функцию комплексного переменного $z = x - iy$:

$$W(z) = \varphi + i\Psi, \quad (14)$$

где $i = \sqrt{-1}$.

Производная от функции комплексного потенциала (14) не зависит от направления, по которому она вычисляется и называется комплексной скоростью:

$$\frac{\partial W(z)}{\partial x} = \frac{\partial W(z)}{\partial(iy)} = \frac{dW(z)}{dz} = v_x - iv_y. \quad (15)$$

Модуль комплексной скорости определяет величину самой скорости:

$$\left| \frac{dW}{dz} \right| = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = v, \quad (16)$$

а вектор комплексной скорости $v_x - iv_y$ является зеркальным отображением вектора $v_z = v_x + iv_y$.

В силу линейности уравнения (14) комплексный потенциал также удовлетворяет уравнению Лапласа:

$$\frac{\partial^2 W(z)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 W(z)}{\partial y^2} = 0. \quad (17)$$

Графический метод решения уравнения Лапласа для плоского течения основан на свойствах сетки течения (рис. 3).

После решения уравнения Лапласа и определения функции φ и ψ по формулам (3) и (4) вычисляются проекции скорости течения волоконвоздушного потока. Аэродинамическое давление в волоконвоздушном потоке определяется по уравнениям Эйлера, Бернулли и Лагранжа, согласно которым

$$P_{из} + \rho \frac{v^2}{2} = \text{const в потоке,}$$

$$P_{из} + \rho \frac{v^2}{2} = -\rho \frac{\partial \varphi_1}{\partial t},$$

где $P_{из}$ – избыточное давление.

Для того, чтобы силовое воздействие волоконвоздушного потока на твердое волокнистое тело, необходимо просуммировать давления на его поверхности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ричардсон Э. Динамика реальных жидкостей. – 1965. С.29...31.

Рекомендована кафедрой механической технологии текстильных материалов ИГТА. Поступила 28.11.05.

УДК 677.025:539.3

**ТЕОРИЯ ДЕФОРМИРОВАНИЯ И РАСЧЕТ УПРУГИХ ПОСТОЯННЫХ
МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ТРИКОТАЖНОГО СЕТЕПОЛОТНА***

В.П. ЩЕРБАКОВ, В.А. ЗАВАРУЕВ, О.С. КОТОВИЧ

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

Трикотажное сетеполотно, выработанное на основязальной машине из проволоки, используется в дальнейшем для изготовления элементов конструкций, в частности, антенн наземной и космической связи. Конструктивное решение антенны предусматривает формирование отражающей поверхности из нескольких десятков плоскостных деталей различных конфигураций и размеров.

Для расчета и проектирования антенны необходимо знать упругие константы проволоочной сетки. При большом числе ячеек ее можно рассматривать как сплошную непрерывную среду, обладающую свойствами анизотропии (рис.1 – структура сетеполотна ; рис. 2 – схема ортотропного сетеполотна).

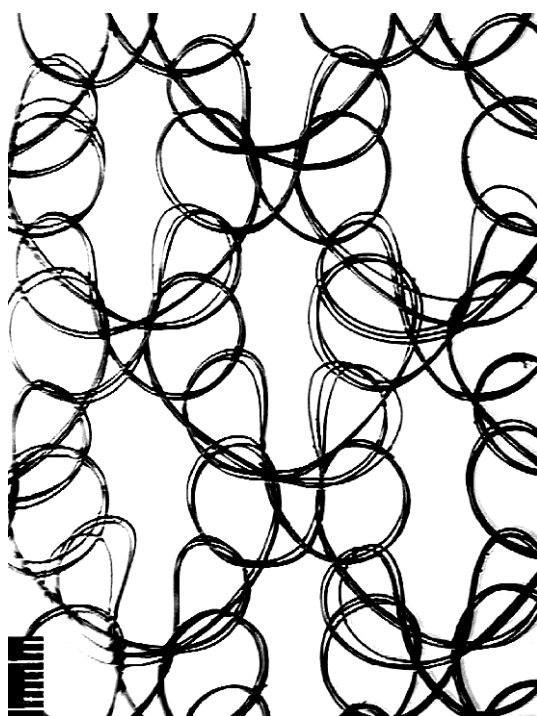


Рис. 1

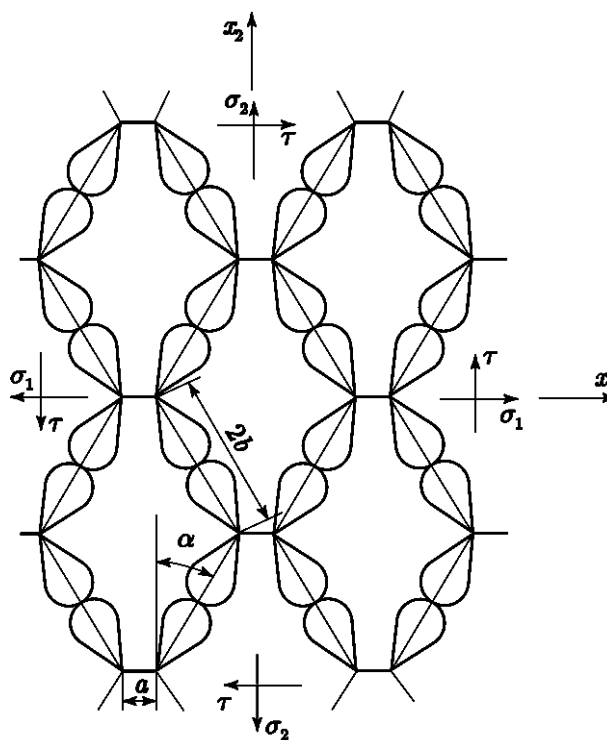


Рис. 2

Если свойства образца, вырезанного из материала, не зависят от его ориентации,

то материал называется изотропным. В противном случае материал называют ани-

* Начало.

зотропным. В анизотропной среде под действием одного напряжения σ_{11} могут возникнуть все компоненты деформаций ε_{ij} .

Обобщенный закон Гука для анизотропного материала записывается в виде [1]:

$$\begin{aligned} \sigma_{11} = & C_{1111}\varepsilon_{11} + C_{1112}\varepsilon_{12} + C_{1113}\varepsilon_{13} + C_{1121}\varepsilon_{21} + C_{1122}\varepsilon_{22} + \\ & + C_{1123}\varepsilon_{23} + C_{1131}\varepsilon_{31} + C_{1132}\varepsilon_{32} + C_{1133}\varepsilon_{33}; \end{aligned} \quad (2)$$

.....

Можно поступить иначе и выразить из уравнений (1) деформации через напряжения. Разрешая эту систему, имеем уравнение

$$\varepsilon_{ij} = c_{ijkl}\sigma_{kl}. \quad (3)$$

Число независимых констант в действительности будет меньше 81. В случае если через каждую точку тела проходят три ортогональные плоскости упругой симметрии, получаем вид анизотропии, называемой ортотропией. Упругие свойства ортотропной среды описываются девятью независимыми постоянными. Проволочная сетка является плоской и для нее, пользуясь обычными обозначениями упругих констант E , ν , G , уравнения (3) можно записать в виде:

$$\begin{aligned} \varepsilon_1 = & \frac{1}{E_1}\sigma_1 - \frac{\nu_{21}}{E_2}\sigma_2, \\ \varepsilon_2 = & \frac{\nu_{12}}{E_1}\sigma_1 + \frac{1}{E_2}\sigma_2, \\ \gamma = & \frac{1}{G}\tau. \end{aligned} \quad (4)$$

Здесь E_1 , E_2 – модули упругости, соответствующие двум осям симметрии. Коэффициенты Пуассона ν снабжены двумя индексами: первый – соответствует той оси, по которой сетка растягивается силой, а второй – той оси, по которой происходит поперечное сужение. Модуль сдвига

$$\sigma_{ij} = C_{ijkl}\varepsilon_{kl}; \quad i, j, k, l = 1, 2, 3. \quad (1)$$

Здесь C_{ijkl} – константы упругости материала, число которых равно 81.

В развернутом виде уравнения выглядят следующим образом:

$G_{12}=G$ соответствует двум осям, лежащим в плоскости сдвига.

Решение подобной и, надо сказать, весьма трудной задачи с предельной ясностью физической стороны проблемы дано в книге В.И. Феодосьева [3].

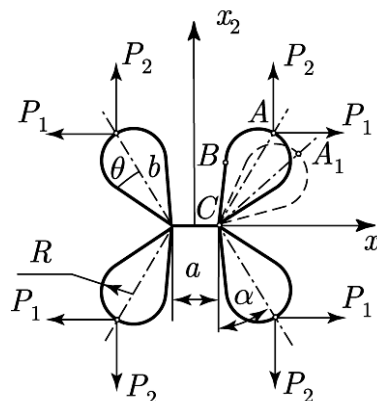


Рис. 3

Будем рассматривать элементарную ячейку, изображенную на рис. 3 – нагружение и перемещения в элементарной ячейке. К ней по осям x_1 и x_2 приложены силы P_1 и P_2 . Заметим сразу, что в соответствии с требованиями, которые предъявляются к эксплуатации антенны, сетка должна полностью восстанавливать свои первоначальные размеры и форму после устранения внешних сил. Следовательно, упругие свойства сетеполотна определяют линейную зависимость между перемещениями и силами, то есть к рассматриваемой системе применим принцип суперпозиции или принцип независимости действия сил.

Перемещение определяется как сумма результатов независимых действий сил P_1 и P_2 . Растяжение вдоль указанных осей не вызывает сдвига. Тогда можно независимо рассмотреть деформации ε_1 и ε_2 , обусловленные напряжениями σ_1 и σ_2 , и затем отдельно – сдвиг, обусловленный напряжением τ . Здесь же следует указать, что принцип суперпозиции не применим при решении вопросов, связанных с вязанием проволоки. При исследовании больших перемещений при упругом изгибе металлической нити в процессе петлеобразования оказываются несправедливыми основные предположения сопротивления материалов о действии сил при изгибе.

В нашей задаче форма и размеры петли считаются известными из решения задач формирования петли на основе геометрически нелинейной, но физически линейной теории деформирования упругой нити. Получаем сплошное полотно, элементами которого являются плоские кривые и прямолинейные упругие нити (рис. 3).

Схема решения состоит в следующем. Определяются изгибные перемещения криволинейного элемента ячейки ABC, вызванные силами P_1 и P_2 ; вычисляются относительные удлинения ε_1 и ε_2 этого элемента по осям x_1 и x_2 ; силы P_1 и P_2 выражаются через условные напряжения σ_1 и σ_2 ; деформации ε_1 , ε_2 приводятся к структуре уравнений (4); устанавливаются выражения для модулей упругости сетеполотна E_1 и E_2 . Аналогично находится и модуль сдвига G проволоочной сетки.

Исходя из условий образования петли, принимая во внимание структуру сетеполотна, связанного переплетением атлас-атлас, форму петли можно принять в виде, изображенном на рис. 3, 5 [2].

Длина нити в петле ℓ , протяженность петли b вычисляются по формулам:

$$\ell = \pi R + 2R\theta + \frac{2R}{\operatorname{tg}\theta}, \quad (5)$$

$$b = R + \frac{R}{\sin\theta}. \quad (6)$$

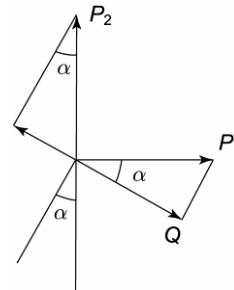


Рис. 4

Силы P_1 и P_2 , действующие в точке A петли, приведем к поперечной силе Q , направленной перпендикулярно оси петли, которая ориентирована под углом α относительно оси полотна x_2 (рис. 4 – силы в точке A):

$$Q = P_1 \cos\alpha - P_2 \sin\alpha. \quad (7)$$

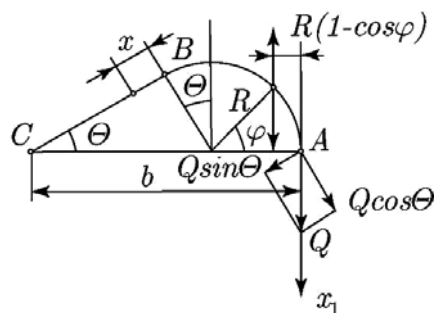


Рис. 5

Получим схему нагружения полупетли, изображенную на рис. 5. Сила Q вызывает изгибное перемещение AA_1 (см. рис. 3), которое будем определять энергетическим методом по формуле Максвелла – Мора.

Геометрическая ось нити на участке AB представляет собой окружность радиуса R . В сопротивлении материалов принято различать брус малой и большой кривизны. Если отношение высоты сечения h (в данном случае диаметра нити α) к радиусу кривизны оси бруса R существенно меньше единицы $\left(\frac{h}{R} = 0,2 \text{ и меньше}\right)$, считается, что брус имеет малую кривизну. Здесь изучается сетка из стальной, молибденовой и вольфрамовой проволоки с большой жесткостью диаметра 30 микрон и

меньше. Поэтому можно считать, что петля включает элементы малой кривизны.

Определим перемещение точки А в направлении оси x_1 для полупетли, показанной на рис. 5. Основную роль играют изгибные перемещения. Поэтому из шести интегралов Мора берем один – для изгиба, интегрирование производим по длине каждого участка АВ и ВС, суммирование – по обоим участкам.

Изгибающие моменты в произвольных сечениях нити имеют значения:

от действия заданной силы Q:

$$M_{QAB} = QR(1 - \cos \varphi),$$

$$M_{QBC} = Q \cos \theta (R \cos \theta + x) + QR \sin \theta (1 + \sin \theta) = \\ = QR(1 + \sin \theta) + Qx \cos \theta;$$

от действия единичной силы:

$$\delta_A = \frac{QR^3}{EI} \left[\frac{3}{4} \pi + \frac{3}{2} \theta - 2 \cos \theta - \frac{1}{4} \sin 2\theta + \frac{1}{3} \frac{\cos^2 \theta}{\operatorname{tg}^3 \theta} + \right. \\ \left. + \frac{\cos \theta}{\operatorname{tg}^2 \theta} (1 + \sin \theta) + \frac{(1 + \sin \theta)^2}{\operatorname{tg} \theta} \right]. \quad (8)$$

На эту же величину δ_A перемещается вторая, правая ветвь петли. Происходит изгиб двух проволок, расположенных симметрично относительно оси петли. Кроме того, петля включает протяжку, соединяющую остовы соседних петель. Конечно, форма протяжки отличается от формы нити в петле, но в то же время надо учесть различие в петлях, образующих сетку.

Рассматривается переплетение атлас-атлас, в котором и форма, и длина нити в петле в некоторой степени отличаются

$$\beta = \left[\frac{3}{4} \pi + \frac{3}{2} \theta - 2 \cos \theta - \frac{1}{4} \sin 2\theta + \frac{1}{3} \frac{\cos^2 \theta}{\operatorname{tg}^3 \theta} + \right. \\ \left. + \frac{\cos \theta}{\operatorname{tg}^2 \theta} (1 + \sin \theta) + \frac{(1 + \sin \theta)^2}{\operatorname{tg} \theta} \right]. \quad (9)$$

Тогда перемещение δ крайней точки

друг от друга. Принимая сетеполотно ортотропным материалом, состоящим из симметричных элементарных ячеек, мы допускаем одинаковость петель. Часть протяжки образует горизонтальную сторону ячейки длиной a . Остальная ее часть принята по форме и длине совпадающей с рассмотренной полупетлей. Поэтому жесткость петли при изгибе примем втрое большей, чем для проволоки.

Обозначим выражение в квадратных скобках через β :

петли определится по формуле

$$M_{1AB} = R(1 - \cos \varphi),$$

$$M_{1BC} = R(1 + \sin \theta) + x \cos \theta.$$

Учтем, что длина элемента оси криволинейного участка $ds = R d\varphi$. Находим величину перемещения точки А:

$$\delta_A = \frac{1}{EI} \int_0^{\frac{\pi}{2} + \theta} QR(1 - \cos \varphi) R(1 - \cos \varphi) R d\varphi + \\ + \frac{R}{EI} \int_0^{\operatorname{tg} \theta} [QR(1 + \sin \theta) + Qx \cos \theta] \times \\ \times [R(1 + \sin \theta) + x \cos \theta] dx.$$

После интегрирования получаем:

$$\delta = \frac{\beta QR^3}{3EI}. \quad (10)$$

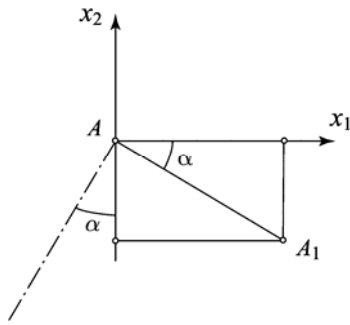


Рис. 6

Ось симметрии петли наклонена к оси x_2 под углом α (см. рис.2). Проекции перемещения $AA_1 = \delta$ на оси x_1 и x_2 равны (рис. 6):

$$(AA_1)_{x_1} = \delta_1 = \delta \cos \alpha = \frac{\beta QR^3}{3EI} \cos \alpha,$$

$$(AA_1)_{x_2} = \delta_2 = -\delta \sin \alpha = -\frac{\beta QR^3}{3EI} \sin \alpha.$$

Деформации ε_1 и ε_2 определим как отношение написанных проекций перемещения δ_1 и δ_2 к протяженности отрезков ячейки по осям x_1 и x_2 , приходящихся на

$$\varepsilon_1 = \sigma_1 \beta \frac{4R^3 d}{3EI} \frac{b \cos^3 \alpha}{a + 2b \sin \alpha} - \sigma_2 \beta \frac{R^3 d}{3EI} \sin 2\alpha, \quad (15)$$

$$\varepsilon_2 = -\sigma_1 \beta \frac{R^3 d}{3EI} \sin 2\alpha + \sigma_2 \beta \frac{R^3 d}{3EI} \left(\frac{a}{b} + 2 \sin \alpha \right) \frac{\sin^2 \alpha}{\cos \alpha}. \quad (16)$$

Обратимся к уравнениям (4), сравним их с двумя последними и установим значения упругих постоянных:

$$E_1 = \frac{3EI}{4R^3 d} \frac{a}{b} \frac{1}{\cos^3 \alpha} \left[\frac{3}{4} \pi + \frac{3}{2} \theta - 2 \cos \theta - \frac{1}{4} \sin 2\theta + \frac{1}{3} \frac{\cos^2 \theta}{\operatorname{tg}^3 \theta} + \frac{\cos \theta}{\operatorname{tg}^2 \theta} (1 + \sin \theta) + \frac{(1 + \sin \theta)^2}{\operatorname{tg} \theta} \right]^{-1}, \quad (17)$$

одну силу: по оси x_1 - $\ell_1 = \frac{a}{2} + b \sin \alpha$, по оси x_2 - $\ell_2 = b \cos \alpha$. Получим:

$$\varepsilon_1 = \frac{\delta_1}{\frac{a}{2} + b \sin \alpha} = \frac{2 \beta QR^3}{3 EI} \frac{\cos \alpha}{a + 2b \sin \alpha}, \quad (11)$$

$$\varepsilon_2 = -\frac{\delta_2}{b \cos \alpha} = -\frac{\beta QR^3}{3EI} \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}. \quad (12)$$

Выразим силы P_1 и P_2 через условные напряжения σ_1 и σ_2 . За толщину сетеплотна с учетом петель и протяжек примем два диаметра нити $2d$. Протяженности ℓ_1 и ℓ_2 отрезков ячейки по осям x_1 и x_2 уже написаны. Следовательно,

$$P_1 = 2\sigma_1 b d \cos \alpha, \quad (13)$$

$$P_2 = \sigma_2 d (a + 2b \sin \alpha). \quad (14)$$

В выражениях для ε_1 и ε_2 поперечную силу Q заменим в соответствии с (7) силами P_1 и P_2 , выразим их через условные напряжения и взамен соотношений (11) и (12) получим:

$$E_2 = \frac{3EI}{R^3 d} \frac{\cos \alpha}{\left(\frac{a}{b} + 2 \sin \alpha\right) \sin^2 \alpha} \left[\frac{3}{4} \pi + \frac{3}{2} \theta - 2 \cos \theta - \frac{1}{4} \sin 2\theta + \frac{1}{3} \frac{\cos^2 \theta}{\operatorname{tg}^3 \theta} + \frac{\cos \theta}{\operatorname{tg}^2 \theta} (1 + \sin \theta) + \frac{(1 + \sin \theta)^2}{\operatorname{tg} \theta} \right]^{-1}, \quad (18)$$

$$v_{21} = \frac{2 \cos^2 \alpha}{\left(\frac{a}{b} + 2 \sin \alpha\right) \sin \alpha}, \quad (19)$$

$$v_{12} = \frac{\sin \alpha}{2 \cos^2 \alpha} \left(\frac{a}{b} + 2 \sin \alpha\right). \quad (20)$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Малмейстер А.К., Тамуж В.П., Тетерс Г.А. Сопrotивление жестких полимерных материалов. – Рига: Зинатне, 1967.

2. Hearle J.W.S., Grosberg P., Backer S. Structural Mechanics of Fibers, Yarns and Fabrics. – New York, 1969.

3. Феодосьев В.И. Избранные задачи и вопросы по сопротивлению материалов. – М.: Наука. 1996.

Рекомендована кафедрой механической технологии волокнистых материалов. Поступила 14.11.05.

УДК 677.025

РАЗРАБОТКА НОВЫХ СТРУКТУР ДВУХСЛОЙНЫХ ОСНОВОВЯЗАНЫХ ПЕРЕПЛЕТЕНИЙ

Л.В. МОРОЗОВА, В.А. ЗИНОВЬЕВА

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

В последние годы появились новые структуры трикотажа, не отраженные в существующих классификациях трикотажных переплетений. К ним относится, например, трикотаж двухслойных переплетений, многочисленные структуры которого разработаны Е.П. Поспеловым [1].

Особенностью строения этого трикотажа является наличие двух слоев петель, каждый из которых представляет собой самостоятельное полотно, соединенных в процессе вязания изнаночными сторонами посредством каких-либо элементов петельной структуры. Большая часть трикотажных переплетений, разработанных автором, представляет собой комбинированные переплетения. Но вместе с тем имеет несколько структур основовязаного трикотажа, которые необходимо отнести к главным основовязанным переплетениям.

В [1] приведены структуры трикотажа, в которых соединяются два полотна переплетений однослойная цепочка, однослойное трико и однослойное сукно. Соединение слоев выполняется путем перекрещивания протяжек нитей двух систем. Эти переплетения относятся к классу главных переплетений, так как коэффициент связи по петельному столбику у них равен 1, то есть протяжки соединяют два соседних петельных ряда [2].

В известных классификациях трикотажа основовязанных переплетений место этого вида трикотажа не определено, а в усовершенствованной классификации [2] его название совпадает с названием одного из подклассов основовязанных переплетений. Таким образом, возникает необходимость найти место такого трикотажа в классификации и терминологически разде-

лить его название и названия других видов двухслойного трикотажа.

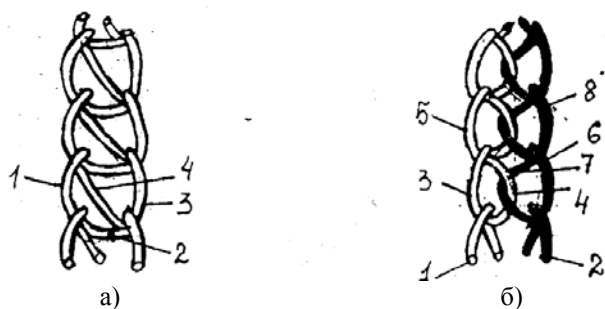


Рис. 1

Для того чтобы выявить существенное различие между разными видами двухслойного трикотажа, рассмотрим поперечные разрезы двух видов трикотажа переплетения двухслойная цепочка. На рис.1-а показан поперечный разрез двухслойной цепочки. Остов лицевой петли 1 связан протяжкой 2 с изнаночным остовом петли 3, который, в свою очередь, протяжкой 4 связан с лицевым остовом следующего петельного ряда. Трикотаж этого переплетения вырабатывается из нитей одной основы.

На рис.1-б показан поперечный разрез двухслойной цепочки, связанный из нитей двух основ 1 и 2. Остов лицевой петли 3 соединяется протяжкой 4 с остовом лицевой петли следующего ряда 5. Остов изнаночной петли 6 соединяется протяжкой 7 с остовом изнаночной петли 8 следующего петельного ряда. Как видно на рисунке, соединение цепочек происходит за счет перекрещивания протяжек 4 и 7.

Приведенные структуры отличаются характером связи между петельными слоями трикотажа: в первом случае протяжки соединяют остовы петель в разных слоях трикотажа, во втором – остовы петель в одном слое трикотажа. Оба эти вида трикотажа переплетения цепочка являются двухслойными, но называть их необходимо по-разному.

Назовем трикотаж первой структуры "моно", так как лицевой и изнаночный слои этого трикотажа связаны из нитей одной основы. Трикотаж второй структуры назовем "дубль" в связи с тем, что лицевой

и изнаночный слои в нем связаны из нитей двух основ.

Таким образом, в зависимости от характера связи между слоями двухслойный трикотаж можно разделить на два рода. Этот признак является качественной характеристикой трикотажа.

Кроме известных структур трикотажа двухслойной цепочки-дубль (ДЦд), двухслойного трико-дубль (ДТд) и двухслойного сукно-дубль (ДСд) должны существовать и другие главные переплетения, имеющие дубль-структуру.

По аналогии с семейством двухслойных триковок переплетений, имеющих моноструктуру, можно предположить, что должно существовать и переплетение двухслойное шарме-дубль (ДШд). В нем остовы петель в каждой из его сторон должны соединяться протяжками через два петельных столбика.

Как и другие переплетения этого рода, переплетение шарме-дубль (ДШд) должно состоять из нитей двух систем, каждая из которых должна провязывать переплетение однослойное шарме. Соединение слоев выполняется при провязывании иглами задней игольницы нитей передней гребенки, а иглами передней игольницы – нитей задней гребенки, а также при относительных сдвигах этих гребенок за иглами.

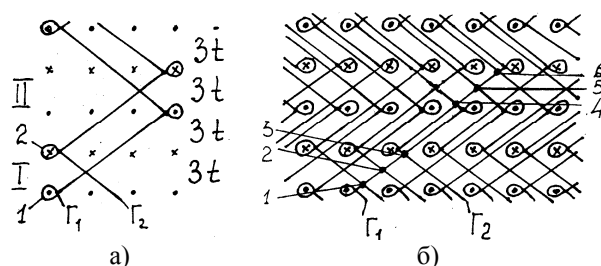


Рис. 2

На рис.2-а показана графическая запись трикотажа переплетения ДШд при использовании параллельной кладки нитей на иглы. Структура трикотажа содержит закрытые петли 1 переплетения шарме на лицевой стороне из нитей задней гребенки Г1 и закрытые петли 2 переплетения шарме на изнаночной стороне трикотажа из нитей передней гребенки Г2. Соединение

обеспечивается перекрещиванием протяжек нитей двух систем.

Относительный сдвиг гребенок за иглами равен трем игольным шагам после провязывания петель и на лицевой стороне, и на изнаночной стороне трикотажа. Для двухслойного трикотажа-дубль важно знать взаимное расположение протяжек петель, так как от него зависит надежность и равномерность соединения слоев. Для определения характера соединения слоев используем метод наложения графических записей, изложенный в [3].

На рис.2-б приведено взаимное расположение нитей гребенок Г1 и Г2 при их наложении друг на друга. Пересечение линий кладок означает пересечение протяжек петель одной и другой стороны трикотажа. Сначала проанализируем наложение кладки нити гребенки Г1 на запись кладок нитей гребенки Г2, а затем наоборот. Как видим, в первом случае имеется по три точки пересечения линий кладок, обозначенные цифрами 1,2 и 3, при этом в каждом ряду число точек пересечения одинаково. Во втором случае при наложении записи кладки нитей гребенки Г2 на запись кладок нитей гребенки Г1 также имеется по три перекрещивания линий кладок на один ряд – это точки 4,5 и 6.

Таким образом, в каждом ряду трикотажа за протяжками лицевых петель будут лежать по три протяжки изнаночных петель, а за протяжками изнаночных петель – по три протяжки лицевых петель. Такое соединение приемлемо.

Переплетение имеет равномерную структуру вследствие одинакового числа протяжек за петлями. Остовы петель лицевой и изнаночной сторон трикотажа имеют зигзагообразное строение благодаря наклону остовов петель с односторонними протяжками.

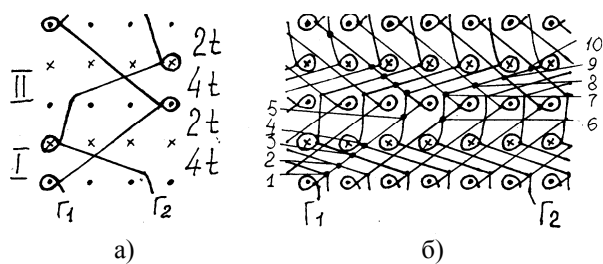


Рис. 3

На рис.3-а показан другой вариант параллельной кладки нитей у переплетения ДШд. В нем кладка нитей гребенки Г2 отличается от первого варианта тем, что сдвиг гребенки за спинками игл выполняется сначала на один игольный шаг после образования петель на задней игольнице, а затем еще на 2 игольных шага после образования петель гребенкой Г1 на передней игольнице. Относительный сдвиг гребенок равен то четырем, то двум игольным шагам.

При наложении графических записей гребенок Г1 и Г2 (рис.3-б) видно, что протяжка петли лицевой стороны трикотажа из нити гребенки Г1 перекрещивается с пятью протяжками петель из нитей гребенки Г2 в точках 1,2,3,4 и 5. Протяжка петли изнаночной стороны из нити гребенки Г2 охватывает пять протяжек петель лицевой стороны из нитей гребенки Г1 в точках 6,7,8,9 и 10. Высота петельных рядов одинаковая. Петли лица и изнанки имеют зигзагообразное строение.

При увеличении количества перекрещивающихся протяжек увеличивается поверхностное заполнение трикотажа, его внешний вид, параметры и свойства.

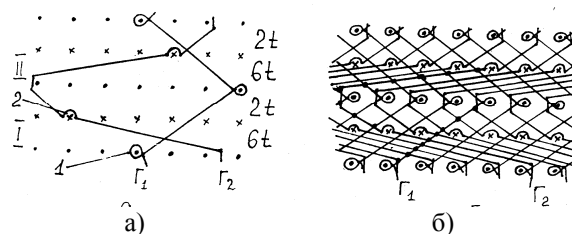


Рис. 4

Для повышения поверхностного заполнения трикотажа переплетения ДШд гребенки могут делать дополнительные сдвиги. Графическая запись переплетения ДШд при использовании встречной кладки нитей и с дополнительными сдвигами за иглами одной из гребенок приведена на рис.4-а.

Структура трикотажа содержит закрытые петли 1 на лицевой стороне из нитей задней гребенки Г1 и открытые петли 2 на изнаночной стороне из нитей передней гребенки Г2. После образования петель на

задней игольнице гребенка Г2 делает дополнительные сдвиги на один игольный шаг. Относительный сдвиг гребенок равен шести игольным шагам после провязывания петель лицевой стороны трикотажа и двум игольным шагам после провязывания петель изнаночной стороны.

На рис.4-б показана схема наложения графических записей гребенок, необходимая для определения характера соединения слоев трикотажа. Как видно на рисунке, при наложении кладки нитей гребенки Г1 на записи кладок нитей гребенки Г2 имеется по девять точек пересечения линий кладок на один лицевой ряд. Это означает, что в каждом ряду между лицевыми петлями и протяжками из нити гребенки Г1 будут лежать по девять протяжек из нитей гребенки Г2. При наложении кладки нити гребенки Г2 на графические записи кладок нитей гребенки Г1 видно наличие также девяти точек пересечения протяжек на один ряд изнанки, то есть за протяжками изнаночных петель из нити гребенки Г2 будут располагаться по девять протяжек из нитей гребенки Г1.

Следовательно, соединение по рядам равномерное, все петли имеют одинаковый размер. Петельные столбики лицевой стороны имеют зигзагообразное строение, петельные столбики изнаночной стороны меньше наклонены, так как петли в них содержат двухсторонние протяжки.

Таким образом, строение и внешний вид переплетения ДШд зависит от вида петель, относительного сдвига гребенок за иглами и числа дополнительных сдвигов обеих гребенок. Изменение структуры

трикотажа приведет, в свою очередь, к изменению его параметров и свойств.

Аналогичным образом можно разработать структуры трикотажа-дубль других главных и производных основываемых переплетений. На основе этих базовых переплетений можно получить разнообразные виды рисунчатых и комбинированных переплетений, что позволит расширить ассортимент полотен с основываемых машин.

ВЫВОДЫ

1. Доказано существование основываемого трикотажа главных двухслойных дубль-структур.

2. Определено место двухслойного трикотажа дубль-структур в усовершенствованной классификации трикотажных переплетений.

3. Разработаны три варианта структуры двухслойного трикотажа переплетения шарме-дубль и исследовано их строение.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Поспелов Е.П.* Двухслойный трикотаж. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982.
2. *Зиновьева В.А., Морозова Л.В.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2002, №2. С.79...82.
3. *Поспелов Е.П., Данилов Б.Д., Филаретов В.К.* Метод анализа строения уточного трикотажа // Тематич. сб. научн. тр. Трикотажное производство. – М.: МТИ. Вып.2, 1979. С.49...53.

Рекомендована кафедрой технологии трикотажных переплетений. Поступила 28.11.05.

УДК 687.016.5:687.17

**ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ
ОПОРНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ВЕРХНЕЙ ПЛЕЧЕВОЙ ОДЕЖДЫ**

А.Е. ГОРЕЛОВА, Н.Л. КОРНИЛОВА

(Ивановская государственная текстильная академия)

При проектировании методов построения конструкций одежды возникают сложности формализации перехода от поверхности фигуры человека к развертке лекал, поскольку одежда, хотя изначально и зависит от формы тела человека, имеет свою пространственную форму. Вследствие этого математическое описание взаимосвязи плоской и пространственной форм одежды с поверхностью фигуры является актуальным при использовании систем как трехмерного, так и плоскостного конструирования.

Форма поверхности фигуры является сложной и неразвертываемой. Однако существующие методы кроя и преобразования плоских деталей в объемные говорят о том, что поверхность одежды является все-таки развертываемой, но при наличии следующих допущений:

- рационального количества линий членения объемной формы;
- использования способности материала к формообразованию за счет сетчатой структуры и других свойств;
- возможности принудительного изменения формы плоских деталей за счет влажно-тепловой обработки.

В процессе пошива изделия образуется гибкая оболочка, имеющая собственную пространственную форму, которая в процессе одевания несколько приближается к форме фигуры под действием изгибающих моментов. Результатом воздействия этих моментов является изометрическое преобразование гибкой оболочки, выраженное в виде образования того или иного рода складок, папороток и фалд.

При таком рассмотрении процесса формообразования поверхность гибкой оболочки получается путем деформации плоских сегментов (деталей изделия). Следовательно, для построения развертки заданного сегмента поверхности требуется найти развертываемое тело или плоскую деталь такой формы, чтобы из нее путем деформации можно было получить исходный сегмент [1].

Искомая развертываемая поверхность может быть задана вектор-функцией:

$$\bar{r}_0(u, v) = \bar{p}(u) + v\bar{\ell}(u), \quad (1)$$

где $\bar{p}(u)$ – направляющая; $\bar{\ell}(u)$ – вектор образующей.

Задачей исследования является определение на поверхности одежды минимального набора развертываемых тел. На первом этапе проведен поиск линий членения опорной поверхности на сегменты. Линии членения поверхности одежды на тела, подвергающиеся развертке, должны располагаться на поверхности контакта изделия и фигуры, быть едиными для описания изделий разных видов из разных материалов, проходить через легко определяемые антропометрические точки, их количество должно быть минимально.

Известно, что поверхности одежды и фигуры имеют контакт на участках опорной поверхности, на других же участках степень гомологичности поверхностей зависит от величин конструктивных прибавок, изменяющих исходную форму поверхности фигуры. Топология опорной поверхности неоднозначна для всех изделий

и зависит от формовочных свойств материалов и степени прилегания изделия к фигуре.

Но есть минимальная область опорной поверхности, которая может быть выделена в любом плечевом изделии из любого материала: область шеи, плеча, экстремальных выпуклостей (выступающей точки лопатки сзади, выступающей точки груди спереди). В изделиях с рукавами зона контакта формируется также в области заднего и переднего углов подмышечной впадины или на незначительном расстоянии от них (рис. 1).

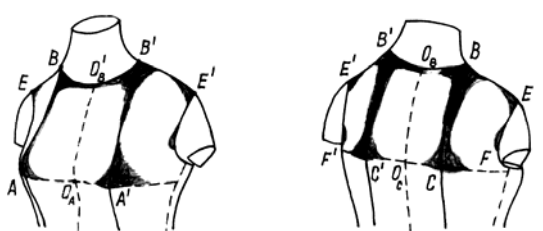


Рис. 1

Таким образом, можно выделить ограниченное число линий контакта:

1) линия, соединяющая выступающую точку груди, точку основания шеи, выступающую точку лопатки (линия А-В-С рис. 1);

2) линия, соединяющая передний и задний углы подмышечной впадины через область плеча (линия D-E-F рис. 1).

Данные линии выбраны в качестве линий членения поверхности одежды для построения разверток. Они делят опорную поверхность на центральную и боковую часть.

При твердотельном моделировании центральную поверхность принято описывать набором боковых поверхностей цилиндров или конусов [2]. Но такой подход имеет ряд недостатков: во-первых, предполагается разное количество примитивов для изделий разной степени прилегания; во-вторых, остается невозможным описать складчатую форму.

В связи с этим более рационально использовать геометрическое представление центральной части спинки в виде плоскости, состоящей из взаимно перпендику-

лярных отрезков, расположенных в соответствии с направлениями нитей основы и утка в ткани. Процесс формообразования детали осуществляется путем изгибания вертикальных отрезков в соответствии с формой линий контакта А-В-С (рис. 2).

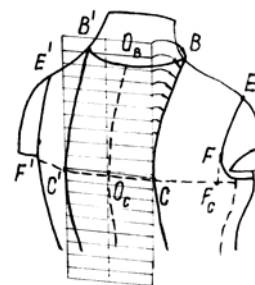


Рис. 2

Если форма одежды мягкая, то, кроме описанной деформации, изделие подвергается сжатию между линиями контакта, в результате которого нити утка изгибаются и образуется зона мелких вертикальных складок.

При таком представлении центральной части направляющая и образующая в формуле (1) – прямые линии:

$$\bar{r}_0(u, v) = (a_p \bar{u} + b_p) + v(a_\ell \bar{u} + b_\ell), \quad (2)$$

Боковая часть опорной поверхности одежды при твердотельном моделировании может быть представлена совокупностью от четырех до двадцати боковых конических и цилиндрических поверхностей в зависимости от типа фигуры, вида одежды, точности получения развертки [2].

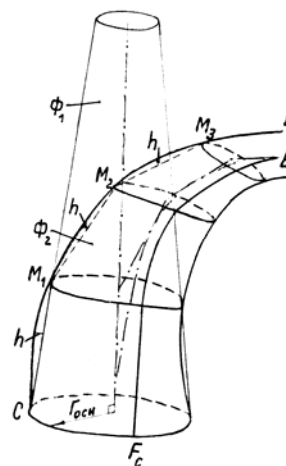


Рис. 3

Наиболее рациональным является представление боковой части поверхностью усеченного конуса, подвергнутого неизометрическому преобразованию изгиба оси конуса, сопровождающегося изменением кривизны и длины образующих (одни становятся выпуклые, другие – вогнутые) [3]. Предпочтение отдано усеченному конусу с вертикальной осью (рис. 3).

Исходный усеченный конус имеет следующие параметры: радиус основания равен радиусу кривизны бокового участка горизонтального сечения через выступающую точку лопатки длина образующей равна длине линии контакта от выступающей точки лопатки до точки основания шеи. Неизометрическое преобразование приводит к тому, что ранее разворачивающаяся фигура К1 становится неразворачивающейся К2.

Однако, как говорилось ранее, поверхность фигуры подлежит разворачиванию. Разворачивание обеспечивается способностью материала к формообразованию, которая позволяет в некоторых пределах не-

изометрическое преобразование представить изометрическим.

Тогда исходную поверхность К2 можно задать уравнением:

$$\bar{r}(u, v) = \bar{p}(u) + v\bar{l}(u) + \bar{\varphi}(u, v), \quad (3)$$

где вектор-функция $\bar{\varphi}(u, v)$ – уклонение [4].

Пригодность к разворачиванию определяется $\bar{\varphi}(u, v)$ – уклонением, определяемым способностью материала к формообразованию. В рассматриваемом случае формовочные свойства материала определяют критическую величину стрелы прогиба между линией контакта ($\cup M_i M_{i-1}$) и образующей разворачиваемой поверхностью ($M_i M_{i-1}$) – h , а также критическую разницу длин этих линий ($\cup M_i M_{i-1} - M_i M_{i-1}$) (рис. 3). Поверхности $M_i M_{i-1} N_i N_{i-1}$ являются разворачиваемыми.

Таким образом, боковая поверхность может быть представлена формулой (1), где направляющая – прямая, а образующая – окружность или эллипс:

$$\bar{r}(u, v) = (a_p \bar{u} + b_p) + v(\sqrt{r_{\text{осн}}^2 - (\bar{u} - a_\ell)^2} + b_\ell). \quad (4)$$

ВЫВОДЫ

1. Показано, что описание поверхности одежды с использованием твердотельного моделирования нерационально.

2. Представлена возможность описания поверхности одежды деформируемыми участками гибкой оболочки, образованной разворачивающимися поверхностями.

3. Предложена геометрическая интерпретация опорной поверхности одежды в виде гибкой плоскости и конуса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фроловский В.Д. Математические модели и оптимизационные методы автоматизированного проектирования и подготовки производства кор-

пусных изделий // Сб. научн. тр. НГТУ. – Новосибирск, 1997, № 1(6). С. 71...78.

2. Горелова А.Е. Исследование способа задания трехмерной поверхности фигуры и одежды совокупностью примитивов // Мат. 56-й межвуз. научн.-техн. конф. молодых ученых и студентов: Студенты и молодые ученые КГТУ – производству. – Кострома, 2004. С. 188.

3. Погорелов А.В. Геометрическая теория устойчивости оболочек. – М., 1966.

4. Завьялов Ю.С., Овчиникова Т. Отображение на плоскость поверхностей, близких к разворачиваемым // Вычислительные системы. – 1986. Вып. 15. С. 116...125.

Рекомендована кафедрой технологии швейных изделий. Поступила 24.11.05.

УДК 677.054.756.001.5

**РАСЧЕТ СТРЕЛЫ ПРОГИБА ГАЛЕВА
ОТ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С ОСНОВНОЙ НИТЬЮ
ПРИ ТКАНЕОБРАЗОВАНИИ**

Л.А. СЕКОВАНОВА, В.А. МАРТЫШЕНКО

(Костромской государственной технологической университет)

Для оценки интенсивности воздействия галев на основную нить в [1] использовалась величина суммарного пути трения нити относительно глазка за период образования одного элемента ткани. Величина пути трения зависит от величины горизонтального смещения глазка галева.

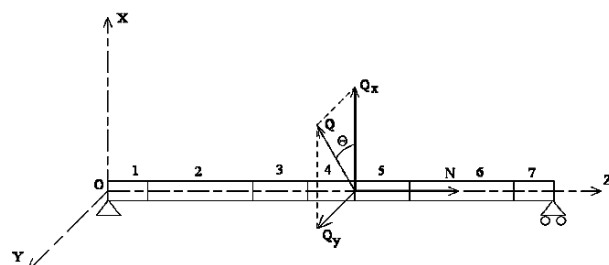
При зевобразовании и прибое глазок галева, взаимодействуя с движущейся нитью, отклоняется от своего вертикального положения на некоторую величину. В результате такой "игры" натяжения в передней и задней ветвях зева несколько выравниваются, путь трения нити через глазок уменьшается. В связи с этим для определения величины пути трения нужно знать величину смещения глазка. Глазок может смещаться за счет выбора горизонтального зазора между ушком галева и галевоносителем, а также за счет изгиба галева.

Будем рассматривать квазистатический режим взаимодействия нити с галевом в процессе вращения главного вала.

Взаимодействуя с основной нитью в процессе тканеобразования, галево подвергается воздействию контактных сил: изгибающей силы $\bar{Q} = \bar{Q}(\varphi)$ и продольной растягивающей силы $\bar{N} = \bar{N}(\varphi)$, которые ввиду малости участка контакта можно считать сосредоточенными и приложенными в центре тяжести поперечного сечения. Силы Q и N вычисляются как горизонтальная и вертикальная проекции равнодействующей сил натяжения в передней

и задней ветвях зева и являются функциями угла поворота главного вала φ .

Будем рассматривать галево как двухопорный стержень прямоугольного сечения или прямоугольного сечения с ослаблениями (глазок и ушки). Поместим начало системы координат в точку пересечения главных осей инерции поперечного сечения, оси Ox и Oy направим вдоль главных осей инерции, ось Oz – вдоль продольной оси галева (рис.1 – схема силового нагружения галева).



Поскольку изгибающая сила \bar{Q} расположена в плоскости xOy под углом θ к оси Ox , то изгиб происходит по двум осям под действием проекций Q_x и Q_y этой силы на оси Ox и Oy соответственно. Если V_x и V_y изгибы галева в направлении координатных осей, то изгиб в направлении действия силы \bar{Q} будет равен

$$V = V_y \cos \theta + V_x \sin \theta, \text{ если } Q > 0$$

и

$$V = V_y \sin(\pi - \theta) + V_x \cos(\pi - \theta), \text{ если } Q < 0.$$

Для вычисления стрелы прогиба галева V в точке приложения сил \bar{Q} и \bar{N} , взятых для данного угла поворота главного вала, воспользуемся методом автоматизированного расчета уравнений состояния стержневых систем сложной конструкции [2].

Данный расчет можно выполнить, основываясь на принципе независимости действия сил. Предполагается, что влиянием деформаций, вызванных одной из приложенных сил, на результаты действия остальных сил можно пренебречь. Это предположение справедливо при малых деформациях, что имеет место в рассматриваемой задаче для технологически допустимых режимов ткачества [3].

Разобьем галево на участки 1...7, на каждом из которых оно имеет одно и то же поперечное сечение и, следовательно, постоянную жесткость (рис.1). При вычислении прогиба в направлении оси Ox на участках 1...4 действуют две силы – изгибающая \bar{Q}_x и растягивающая \bar{N} , на участках 5...7 – только изгибающая \bar{Q}_x .

В результате получим стержневую систему, участки которой соединены между собой жестко. Будем считать систему XOZ глобальной системой координат, а систему из участков – локальной системой координат.

Для расчета величины прогиба галева в направлении оси Ox (или Oy) нужно:

– составить матрицу состояния каждого элемента системы в локальной системе координат;

– составить матрицу состояния всей стержневой системы в глобальной системе координат;

– составить и решить уравнение активного состояния системы соединенных элементов и сформировать вектор узловых перемещений узлов системы.

Применим общий метод определения матрицы состояния элемента стержневой

системы, изложенный в [2], для случая растянуто-изогнутого элемента.

Воспользуемся известным дифференциальным уравнением упругой линии при прямом изгибе для малых перемещений:

$$\frac{d^2V}{dz^2} = \frac{M_x}{EI_x}, \quad (1)$$

где E – модуль упругости материала галева; I_x – осевой момент инерции.

Пока ось стержня прямолинейна, продольная сила вызывает только растяжение, как только она изогнулась на величину V , растягивающая сила N создает в сечении z изгибающий момент. Следовательно, в уравнении (1) полный изгибающий момент будет складываться из изгибающего момента $M_x(Q)$ от поперечной нагрузки Q и изгибающего момента $M_x(N) = VN$ от продольной растягивающей силы N .

Уравнение (1) примет вид:

$$\frac{d^2V}{dz^2} = \frac{VN + M_x}{EI_x}. \quad (2)$$

Дифференцируя дважды уравнение (2) по переменной z и учитывая, что $\frac{d^2M_x}{dz^2} = q_y$ (где q_y – интенсивность поперечной нагрузки, приведенная к плоскости uOz и изменяющаяся по линейному закону $q_y = q_{y1}\left(1 - \frac{z}{\ell}\right) + q_{y2}\frac{z}{\ell}$; q_{y1} , q_{y2} – нагрузки в первом и втором узлах; ℓ – длина элемента), получим дифференциальное уравнение упругой линии растянуто-изогнутого стержня:

$$\frac{d^4V}{dz^4} - k^2 \frac{d^2V}{dz^2} = \frac{q_{y1}}{EI_x} \left(1 - \frac{z}{\ell}\right) + \frac{q_{y2}}{EI_x} \frac{z}{\ell}. \quad (3)$$

В уравнении (3) обозначено: $k^2 = \frac{N}{EI_x}$.

Общее решение уравнения имеет вид:

$$V = C_1 e^{kz} + C_2 e^{-kz} + C_3 z + C_4 + \frac{q_{y1}}{k^2 EI_x} \left(\frac{z^3}{6\ell} - \frac{z^2}{z} \right) - \frac{q_{y2} z^3}{6k^2 EI_x \ell}. \quad (4)$$

Краевые кинематические условия задачи:

1) линейное перемещение узла 1 при $z=0$ равно V_1 ;

2) угловое перемещение узла 1 при $z=0$ равно $\frac{dV}{dz} = \varphi_{x1}$;

3) линейное перемещение узла 2 при $z=\ell$ равно V_2 ;

4) угловое перемещение узла 2 при $z=\ell$ равно $\frac{dV}{dz} = \varphi_{x2}$.

Краевые статические условия задачи:

$$1) EI_x \left(\frac{d^3 V}{dz^3} - k^2 \frac{dV}{dz} \right) = F_{y1} \text{ при } z=0;$$

$$2) EI_x \left(\frac{d^2 V}{dz^2} \right) = M_{x1} \text{ при } z=0;$$

$$3) EI_x \left(\frac{d^3 V}{dz^3} - k^2 \frac{dV}{dz} \right) = -F_{y2} \text{ при } z=\ell;$$

$$4) EI_x \left(\frac{d^2 V}{dz^2} \right) = -M_{x2} \text{ при } z=\ell.$$

Подчиняя решение (4) краевым кинематическим и статическим условиям зада-

чи, получим систему матричных уравнений:

$$\begin{cases} W = AC + BG \\ F = SC + DG \end{cases}, \quad (5)$$

где $W = (V_1, \varphi_{x1}, V_2, \varphi_{x2})^T$ – вектор узловых перемещений; $F = (F_{y1}, M_{x1}, F_{y2}, M_{x2})^T$ – вектор узловых силовых факторов; $G = (q_{y1}, q_{y2})^T$ – вектор узловых интенсивностей; $C = (C_1, C_2, C_3, C_4)^T$ – вектор постоянных интегрирования; A, B, S, D – матрицы числовых коэффициентов.

Решая систему (5) с целью исключения вектора постоянных интегрирования C и учитывая, что на галево действуют только сосредоточенные силы, то есть вектор $G = 0$, получим уравнение состояния элемента системы $F = SA^{-1}V$ или $F = MV$, где $M = SA^{-1}$ – матрица состояния элемента системы:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 & 1 \\ k & -k & 1 & 0 \\ e^{k\ell} & e^{-k\ell} & \ell & 1 \\ ke^{k\ell} & -ke^{-k\ell} & 1 & 0 \end{pmatrix} S = EI_x \begin{pmatrix} 0 & 0 & -k^2 & 0 \\ k^2 & k^2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & k^2 & 0 \\ -k^2 e^{k\ell} & -k^2 e^{-k\ell} & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

Определитель матрицы A равен : $|A| = 2k(2(1 - \text{ch}(p)) + \text{psh}(p))$, где $p = k\ell$;

A^{-1} – матрица, обратная матрице A , которая является невырожденной при $p \neq 0$.

Выполнив умножение матриц, получим матрицу состояния элемента системы в локальной системе координат:

$$M = \frac{k^2 EI_x}{a} \begin{pmatrix} ksh(p) & \frac{ch(p)-1}{sh(p)-pch(p)} & -ksh(p) & \frac{ch(p)-1}{p-sh(p)} \\ 1-ch(p) & k & ch(p)-1 & k \\ -ksh(p) & 1-ch(p) & ksh(p) & 1-ch(p) \\ ch(p)-1 & \frac{p-sh(p)}{k} & 1-ch(p) & \frac{sh(p)-pch(p)}{k} \end{pmatrix},$$

где $a = 2(1 - ch(p)) + ph(p)$.

Матрица состояния M используется для вычисления стрелы прогиба галева по деформационной схеме стержня, имеющего несколько участков, отличающихся жесткостью, длиной и характером силового нагружения.

Изложенный метод расчета стрелы прогиба галева является частью математической модели процесса взаимодействия нити с галевом, реализованной в виде программы для ЭВМ [3]. Эта программа позволяет для каждого угла поворота главно-

го вала φ производить корректировку параметров процесса с учетом величины отклонения глазка и пути трения нити, вычисленных на предыдущем этапе, то есть для угла $(\varphi - 1)$. Поэтому для технологически допустимых значений входных параметров (заправочное натяжение, величина прибойной полосы и др.) максимальная величина стрелы прогиба галева не превосходит 1...2 мм, что соответствует реальному процессу на ткацком станке.

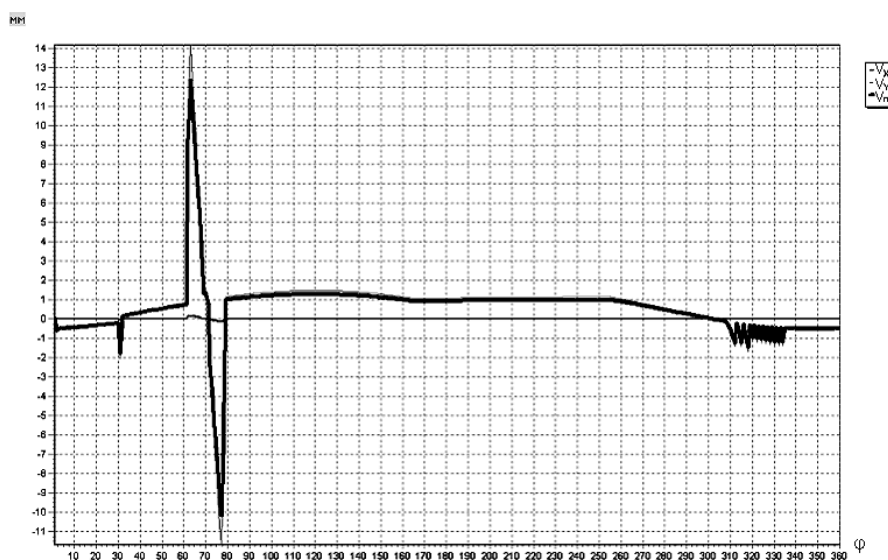


Рис. 2

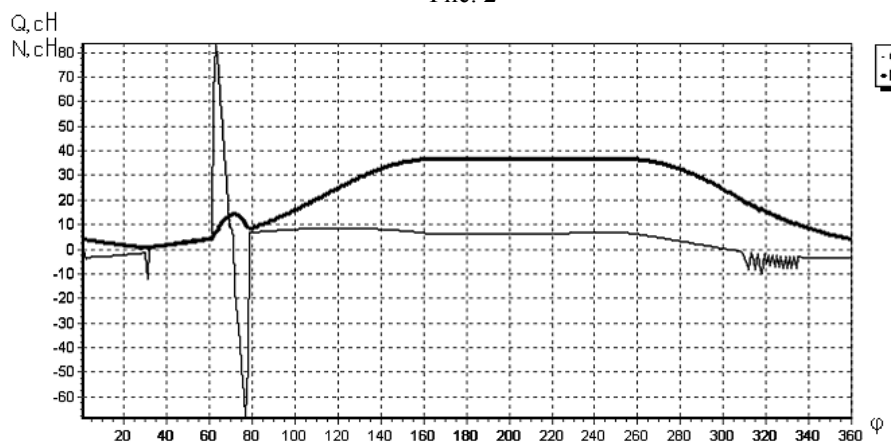


Рис. 3

На рис. 2 показан пример расчетного графика стрелы прогиба галева под действием сил $Q(\varphi)$ и $N(\varphi)$, которые, для большей наглядности работы метода, вычислены при некотором наборе входных параметров без учета выравнивания натяжений в передней и задней ветвях зева (рис.3

– изменение величины поперечной Q и продольной N сил в процессе вращения главного вала).

Для оценки адекватности реагирования метода на изменение входных параметров проведен машинный эксперимент.

Т а б л и ц а 1

h_{vm} , мм	T_o , сН	λ_o , мм	θ , град.	b , мм	Величина прогиба V_{max} мм	
					V_n , мм	V_z , мм
32	30	2,25	60	0,4	12,40	10,20
40	- // -	- // -	- // -	- // -	12,80	9,40
20	- // -	- // -	- // -	- // -	11,80	11,00
32	50	- // -	- // -	- // -	12,34	10,20
- // -	20	- // -	- // -	- // -	11,70	10,28
- // -	30	0,5	- // -	- // -	5,58	4,24
- // -	- // -	2,25	50	- // -	9,70	8,40
- // -	- // -	- // -	60	0,8	1,58	1,34

Результаты расчета максимальной величины смещения глазка в переднюю V_n и заднюю V_z часть зева представлены в табл. 1, в зависимости от изменения: h_m – максимальной величины полузева; T_o – заправочного натяжения; λ_o – величины приборной полоски; θ – угла разворота глазка относительно плоскости ушек; b – толщины пластинчатого галева.

ВЫВОДЫ

1. Предложен метод автоматизированного расчета стрелы прогиба галева как растянуто-изогнутого стержня переменной жесткости, учитывающий угол поворота глазка относительно плоскости ушек.

2. Рассмотренный метод позволяет уточнить величину пути трения нити относительно глазка и тем самым способствует совершенствованию модели взаимодействия нити с галевом при тканеобразовании, приближая ее к реальному процессу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Секованова Л.А. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2004. №3.
2. Секованова Л.А. Исследование процесса взаимодействия основной нити с галевом и его имитационное моделирование: Дис....канд. техн. наук. – Кострома. 1995.
3. Мартышенко В.А. Автоматизированный расчет и исследование типовых рабочих органов текстильных машин: Дис....докт. техн. наук. – Москва, 1995.

Рекомендована кафедрой высшей математики.
Поступила 01.12.05.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВАРИАТОРОВ СКОРОСТЕЙ С ПРЯМОЛИНЕЙНЫМИ КОНОИДАМИ ДЛЯ РОВНИЧНЫХ МАШИН

В.Т. УСЕНКО

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

Изменение частоты вращения катушек и скорости перемещения верхней каретки в ровничных машинах, как известно, осуществляется коноидным вариатором скоростей.

Для обеспечения постоянного натяжения ровницы от начала до конца намотки необходимо, чтобы передаточное отношение вариатора i_v по мере увеличения диаметра катушки d осуществлялось в строгом соответствии с первым условием правильного наматывания, которое можно записать в виде [1]:

$$i_v d = C = \text{const}. \quad (1)$$

Выполнить условие (1) можно двумя путями: либо принять коноиды с прямолинейными образующими и найти закон перемещения ремня, либо задаваться этим законом и спроектировать коноиды.

В ровничных машинах, выпускаемых ранее в СССР, шли исключительно по второму пути: при переходе к намотке каждого следующего слоя ремень равномерно перемещается вдоль криволинейных образующих коноидов на величину, постоянную для данной заправки машины.

В современных ровничных машинах, выпускаемых различными зарубежными фирмами, используются вариаторы, выполненные по первому варианту: перемещение ремня вдоль прямолинейных образующих коноидов по заданному закону осуществляется с помощью специального кулачка.

Как следует из уравнения (1), для нахождения численных значений i_v необходимо знать постоянную C и зависимость для определения диаметра намотки d .

В существующей технической литературе постоянная вычисляется по кинематическим параметрам передач от главного вала машины к исполнительным механизмам, которые в начале проектирования не известны. Без этого нельзя приступить к конструкторской разработке коноидного вариатора скоростей, при которой решаются вопросы расчета передаточного отношения, профилирования коноидов, выбора чисел зубьев храповика, сменных замковых шестерен и т.д.

В связи с вышесказанным постоянную удобно вычислить исходя из граничных условий наматывания. В начале намотки, когда $x = 0$, $d = d_k$ (диаметру пустой катушки) и $i_v = i_{v \max} = d_{b \max} / d_{h \min}$, а в конце – при $x = \ell_p$ (рабочей длине коноида), $d = d_m$ (диаметру полной катушки) и $i_v = i_{v \min} = d_{b \min} / d_{h \max}$. Здесь d_b и d_h – диаметры верхнего и нижнего коноидов (рис. 1 – схема коноидного вариатора скоростей).

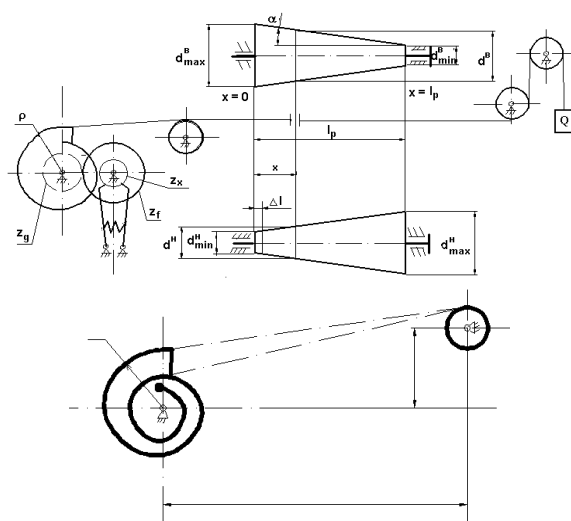


Рис. 1

Наиболее часто в вариаторах используют симметричное регулирование, дающее наибольший диапазон регулирования при меньших габаритах коноидов. Для них $d_{в\max} = d_{н\max}$ и $d_{в\min} = d_{н\min}$ [2].

Подставляя в условие (1) сначала предельные значения i_v и d для обоих крайних положений, находим:

$$i_{v\max} = d_{в\max}/d_{н\min} = \sqrt{d_m/d_k},$$

а затем, рассматривая ремень в его начальном положении, определяем постоянную:

$$C = i_{v\max}d_k = \sqrt{d_md_k}.$$

Наконец, подставляя C в условие (1), приходим к уравнению

$$i_v = \sqrt{d_md_k}/d. \quad (2)$$

Уравнение (2) представляет собой уравнение равносторонней гиперболы, которое используется для профилирования кулачка.

Изменение i_v осуществляется перемещением ремня вдоль коноидов. Свяжем координату положения ремня x с передаточным отношением вариатора i_v .

Пользуясь рис. 1, выразим радиусы верхнего $r_в = d_в/2$ и нижнего $r_н = d_н/2$ коноидов через смещение ремня от начального положения ($x = 0$):

$$r_в = r_{в\max} - x\text{tg}\alpha, \quad (3)$$

$$r_н = r_{н\min} + x\text{tg}\alpha, \quad (4)$$

где α – угол наклона образующих коноидов.

Сложив (3) и (4), получим

$$r_в + r_н = r_{в\max} + r_{н\min} = B = \text{const}. \quad (5)$$

Отсюда следует, что при любом положении ремня сумма радиусов коноида должна оставаться постоянной величиной.

Выражая передаточное отношение вариатора через отношение радиусов коноидов $i_v = r_в/r_н$ и подставляя в него $r_в$ из (3) и $r_н$ из (4), получим

$$x = \frac{r_{в\max} - i_v r_{н\min}}{(i_v + 1)\text{tg}\alpha}. \quad (6)$$

Входящий в выражение (2) диаметр намотки d можно выразить через диаметр пустой катушки d_k и число слоев k , наматываемых на катушку.

Согласно формуле, полученной на основании опытов и теоретических исследований, проводимых в Бельгийском институте текстиля [3], имеем

$$d - d_k = 96 \frac{k}{m} + 5,75 \left(\frac{k}{m} \right)^3 \left(1 + \frac{k}{m} \right), \quad (7)$$

где m – полное число слоев ровницы на катушке.

Эта формула справедлива при расчете d для ровниц, вырабатываемых из натуральных волокон и их смесей с химическими волокнами.

В начале наработки съема $k = 1$, а в конце – $k = m = (d_m - d_k)S_x/2$, где S_x – число слоев ровницы укладываемых на 1 см радиуса намотки, равное $S_x = C_x \sqrt{1000/T}$; T – линейная плотность ровницы; C_x – коэффициент, зависящий от T , рода волокна, плотности намотки и т.д.

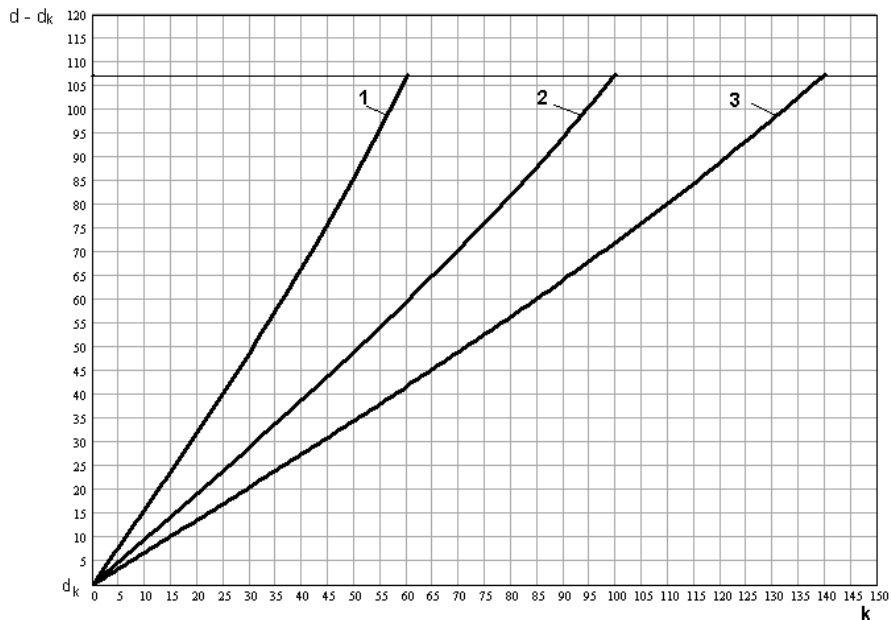


Рис. 2

Семейства кривых, подсчитанные по формуле (7) при $d_k=47$ см и трех значениях S_x , построены на рис. 2 (зависимости $d-d_k = f(k)$). При $S_x=11,1$ полное число витков $m=60$; при $S_x=18,5$ - $m=100$ и при $S_x=25,9$ - $m=140$.

Если изменить масштаб по оси абсцисс для кривых 1 и 3 по отношению к кривой 2 соответственно в 100/60 и 100/140 раз, то получим одну общую кривую (рис. 3 – обобщенная зависимость $d-d_k=f(k/m)$). Из графика видно, что зависимость (7) в зоне до $d-d_k=70$ мм практически линейная.

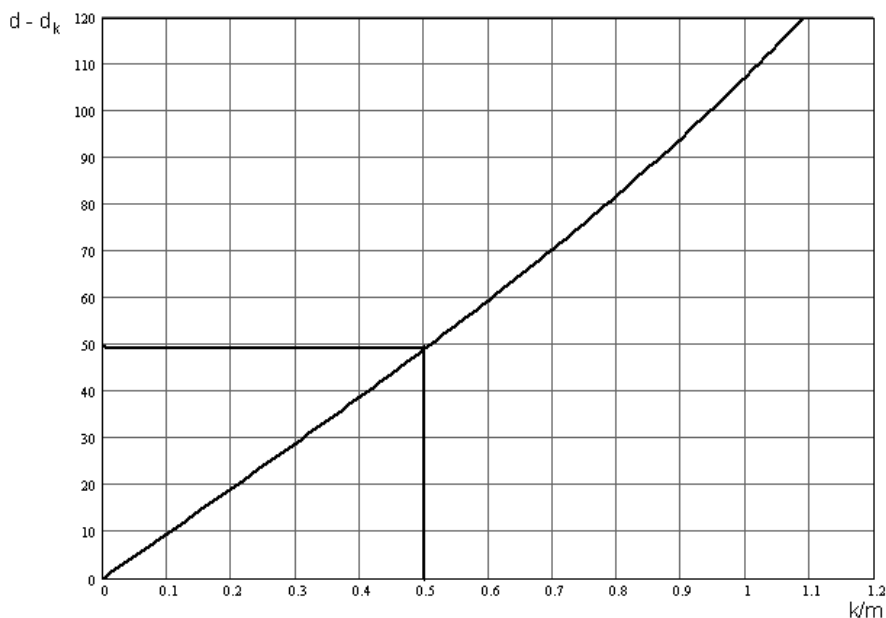


Рис. 3

Единая кривая позволяет по известному диаметру катушки d также установить ве-

личину m для любых значений плотностей катушки ровницы.

Пусть, например, при намотке 30 слоев ровницы диаметр катушки составляет $d - d_k = 50$ мм. В этом случае согласно рис. 3 имеем $k/m = 0,5$ и $m = 30/0,5 = 60$.

Решая совместно (1), (5), (6), найдем зависимость перемещения x ремня от диаметра намотки d :

$$\operatorname{tg} \alpha x d - r_{\text{вmax}} d + C \operatorname{tg} \alpha x + C(B - r_{\text{вmax}}) = 0. \quad (8)$$

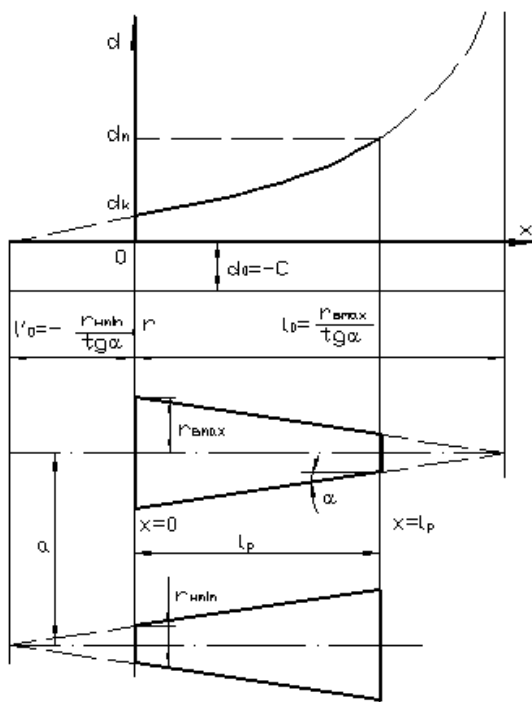


Рис. 4

Полученное уравнение представляет собой гиперболу второй степени, асимптотами которой являются (рис. 4 – к определению параметров коноидов):

$$\begin{aligned} f'_x &= x \operatorname{tg} \alpha - r_{\text{вmax}} = 0, \\ x = l_0 &= r_{\text{вmax}} / \operatorname{tg} \alpha, \\ f'_d &= d \operatorname{tg} \alpha + C \operatorname{tg} \alpha = 0, \quad d = d_0 = -C. \end{aligned}$$

В соответствии с этим законом кулачок должен осуществлять перемещение ремня вдоль прямолинейных образующих коноидов. При этом угол поворота кулачка при переходе к намотке каждого следующего слоя остается постоянным.

Из рассмотрения уравнения (8) вытекает, что изменение технологических пара-

метров при перезаправках ровничной машины не влияет на профиль кулачка. Следовательно, при принятых на данной машине d_k и d_m один кулачок позволяет обеспечить выработку ровницы для всего требуемого диапазона линейных плотностей.

При проектировании вариатора необходимо решить следующие вопросы: установить наименьший и наибольший диаметры коноидов; выбрать угол наклона образующих коноидов.

Меньший диаметр, в данном случае это $d_{\text{н min}}$, выбирается в зависимости от отношения к толщине ремня t исходя из нормативных требований, устанавливаемых соотношением [4]:

$$d_{\text{н min}} \geq (25 \dots 35)t,$$

а соответствующий ему наибольший размер верхнего коноида $d_{\text{в max}}$ вычисляется по формуле

$$d_{\text{в max}} = i_{\text{в max}} d_{\text{н min}}.$$

Ремень, охватывая коноиды, испытывает напряжения, которые возрастают по направлению к большему диаметру. Тангенциальная составляющая равнодействующей этих напряжений заставляет ремень перемещаться на больший диаметр коноидов, и ремень автоматически при равновесии занимает наклонное положение [2].

Практикой установлено, что для уменьшения перекоса ремня и сопротивления при его перемещениях угол наклона образующих коноидов не должен превышать $\alpha = 8 \dots 10^\circ$.

Для того чтобы предотвратить возможность подъема ремня на больший диаметр, коноиды смещают друг относительно друга на величину [5]:

$$\Delta l \approx a \operatorname{tg} \alpha / 2,$$

где a – межцентровое расстояние.

Угол наклона образующей к его оси (рис. 1):

$$\operatorname{tg} \alpha = (r_{\text{в max}} - r_{\text{в min}}) / \ell_p,$$

где ℓ_p – рабочая длина коноидов.

Расчетная величина угла α не должна превосходить рекомендуемых значений, что достигается соответствующим подбором рабочей длины коноидов ℓ_p .

По мере увеличения диаметра намотки смещение ремня x согласно формуле (8) уменьшается. Если длина ℓ_p недостаточна, то в конце намотки, особенно при выработке тонкой ровницы, величина x может оказаться соизмеримой с зазорами между направляющими и ремнем. С увеличением ℓ_p снижается влияние зазоров на точность работы вариатора. Обычно принимают $\ell_p = 600$ мм и более.

Величина смещения ремня регулируется храповым механизмом (см. рис. 1). При этом число сдвигов ремня на коноидах должно быть равно полному числу слоев m ровницы. При перезаправке машины на выработку ровницы другой линейной плотности это достигается сменой храповика Z_x или замковых зубчатых колес Z_f и Z_g . В рассматриваемом случае сменными являются зубчатые колеса Z_f и Z_g .

В ровничных машинах, выпускаемых различными фирмами, при каждом переключении под действием усилия, создаваемого грузом, храповик совершает поворот на ползуба или на угол $\varphi_x = 360^\circ / 2Z_x$, где Z_x – число зубьев храповика.

Движение от храповика через зубчатую передачу Z_f и Z_g передается кулачку, вызывая поворот последнего на угол

$$\varphi_k = 360^\circ i_x / 2Z_x, \quad (9)$$

где $i_x = Z_f / Z_g$.

Благодаря этому вращению часть троса, к которому крепится отводка, сматывается с кулачка и ремень смещается на величину x .

В то же время величина φ_k может быть определена по полному углу поворота ку-

лачка φ_{k0} и соответствующему ему числу витков ровницы m :

$$\varphi_k = \varphi_{k0} / m. \quad (10)$$

Значение φ_{k0} устанавливается по конструктивным соображениям при разработке узла крепления троса к кулачку.

Приравняв выражения (9) и (10), находим

$$i_x = Z_x \varphi_{k0} / 180m. \quad (11)$$

Если кулачок не является сменным, то $Z_x \geq 0,5m$. В противном случае угол поворота кулачка окажется больше φ_{k0} .

Знание Z_x и диапазона линейных плотностей ровницы позволяет вычислить i_x , а по ним подобрать Z_f и Z_g .

Если считать, что на каждом углу поворота φ_k является дугой окружности, то ее радиус будет

$$\rho = x / \varphi_k. \quad (12)$$

Подставляя в (8) вместо d его значение из выражения (7), находим x , а по ним по формуле (12) вычисляем текущие радиусы ρ кулачка.

Изложенный выше материал дает возможность конструктору по полученным зависимостям спроектировать коноидный вариатор скоростей.

Однако следует учесть, что формулы для подсчета передаточного отношения i_v , а также радиуса кулачка ρ являются в той или иной степени приближенными, так как фактические значения коэффициента скольжения ремня на коноидах, диаметров намотки и толщины каждого слоя паковки не известны.

Все это приводит к тому, что намотка ровницы на катушку будет происходить либо с излишним, либо с недостаточным натяжением.

В связи с этим для получения практического профиля кулачка, обеспечивающего заданные перемещения ремня x на коноидах, требуется экспериментальное

уточнение передаточного отношения вариатора.

ВЫВОДЫ

1. Разработана методика, позволяющая спроектировать коноидный вариатор скоростей с прямолинейными коноидами по заданным размерам паковки и числу слоев ровницы.

2. Полученные аналитические зависимости могут быть использованы для расчета профиля кулачка ρ и числа зубьев сменных замочных зубчатых колес Z_f и Z_g .

ЛИТЕРАТУРА

1. Усенко В.Т., Раков М.М., Исаков Т. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1994, №1. С. 78...81.
2. Воробьев И.И. Ременные передачи. – М.: Машиностроение, 1979.
3. Fiers A. // Annales textiles. – №4-12/65 P.7...30.
4. Эфрос Л.Е. Механика и конструктивные расчеты ровничных машин. – М.: Машиностроение, 1967.
5. Basquin R. Mecanique, 2e Partie. Paris, Librairie Delagrave, 1971.

Рекомендована кафедрой проектирования текстильных машин. Поступила 18.11.05.

УДК 677.057.001

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВАЛКОВОГО МОДУЛЯ НА ДЕФОРМАЦИОННУЮ ХАРАКТЕРИСТИКУ ПОКРЫТИЯ ВАЛА

А.В. ПОДБЯЧЕВ

(Костромской государственной технологической университет)

Для проведения технологических испытаний с тканью [1] были изготовлены оригинальные кольцевые образцы (рис. 1).

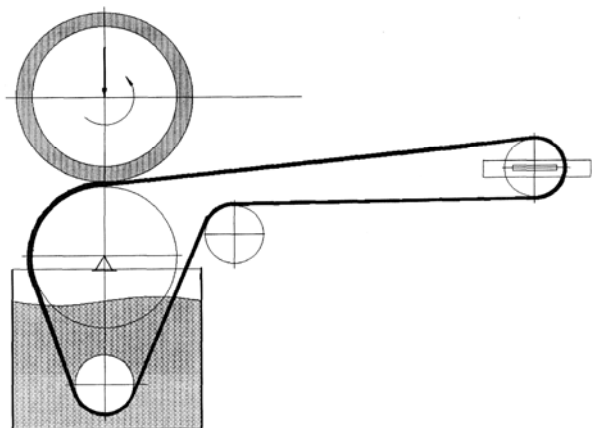


Рис. 1

На первом этапе эксперимента ширина образцов была равна рабочей части валковой пары. При движении ткани в сухом состоянии процесс проходил стабильно. Однако при наличии в ванне воды (мокрая ткань) происходило сползание образца с направляющих валиков и, как следствие,

увод ткани в сторону от оси движения; ткань перекручивалась, и процесс нарушался. Тогда ширина образцов была уменьшена на 2 см по сравнению с рабочей шириной валков (имитация реального процесса обработки ткани).

Термин "кольцевые образцы" означает, что длина образцов была бесконечная (замкнутый контур общей длиной около 3 м).

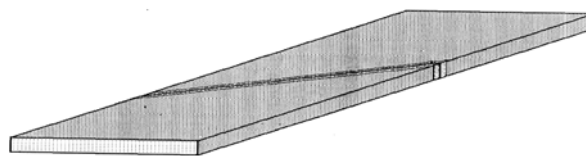


Рис. 2

Соединение ткани в кольцо показано на рис 2 под углом 45° , что позволило исключить циклические ударные нагрузки при пропуске шва.

Испытания проводились при следующих режимах:

– ткань артикулов 052143, 052347, 052344;

- приведенный диаметр 0,1187 и 0,1449 (d3, d1);
- покрытие одного вала резиной марки 60-330;
- скорость проводки ткани 0,69 и 1,51 м/с (v1, v2);
- температура воды 20 и 70°C (t1, t2);
- нагрузка в жале 20; 35 и 50 кН/м.

При указанных параметрах измерялась деформация упругого слоя одного из валов с тканью [2]. Каждое измерение деформации (сближение осей валов) проводилось 3 раза с целью исключения случайных показаний.

Для каждого сочетания параметров работы станда получена зависимость вида:

$$q = A\delta^m + 20, \quad (1)$$

где q – интенсивность нагрузки в жале, кН/м; δ – сближение осей валов, мм; A и m – коэффициенты, зависящие от параметров эксперимента; 20 – начальная нагрузка (кН/м).

Значения коэффициентов A и m рассчитаны с помощью пакета MathCad и представлены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Код эксперимента	Коэффициенты степенной функции		Код эксперимента	Коэффициенты степенной функции		Код эксперимента	Коэффициенты степенной функции	
	A	m		A	m		A	m
334d1t1v1	31,964	1,911	347d1t1v1	15,828	2,107	143d1t1v1	46,398	1,382
334d1t1v2	6,846	2,477	347d1t1v2	9,479	2,674	143d1t1v2	21,090	1,948
334d1t2v1	50,24	1,500	347d1t2v1	28,710	1,696	143d1t2v1	76,694	1,040
334d1t2v2	24,933	2,066	347d1t2v2	3,403	2,232	143d1t2v2	51,387	1,530
334d3t1v1	25,894	2,274	347d3t1v1	9,768	2,470	143d3t1v1	40,338	1,745
334d3t1v2	18,967	2,265	347d3t1v2	2,842	2,431	143d3t1v2	33,411	1,728
334d3t2v1	29,53	2,100	347d3t2v1	8,000	2,410	143d3t2v1	54,984	1,685
334d3t2v2	22,603	2,205	347d3t2v2	1,073	2,401	143d3t2v2	49,157	1,675

Без ткани коэффициенты функции имеют значения: $A = 43,099$ и $m = 1,061$ с $D_{пр} = 0,1187$ при статическом нагружении.

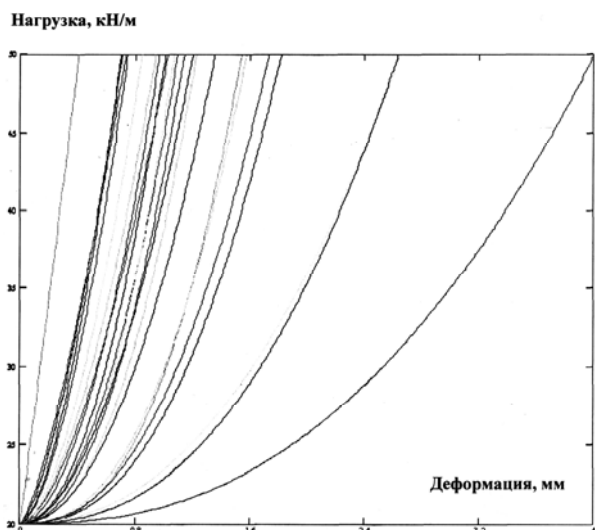


Рис. 3

На рис. 3 представлены графические зависимости вида (1) с использованием коэффициентов табл. 1. Очевидно значительное отличие деформационных характеристик покрытия с тканью при различных технологических режимах работы оборудования.

Для того чтобы полученные значения коэффициентов были полезны при различных вариантах параметров, необходимо построить зависимости вида:

$$A = A(K_{пт}, D_{пр}, V, t^\circ), \quad (2)$$

$$m = m(K_{пт}, D_{пр}, V, t^\circ).$$

Для получения моделей (2) воспользовались аппаратом регрессионного анализа [3]. Проверялись модели разного вида: степенная второй и третьей степени, экспоненциальная и логарифмическая. Луч-

шие результаты получены со степенной функцией второй степени.

В результате проведенных вычислений получили две модели вида:

$$A = a_1 + a_2 D_{\text{пр}} + a_3 t + a_4 V + a_5 K_{\text{пт}} + a_6 K_{\text{пт}}^2 + a_7 D_{\text{пр}} t + a_8 D_{\text{пр}} V + a_9 t K_{\text{пт}},$$

$$m = b_1 + b_2 D_{\text{пр}} + b_3 t + b_4 V + b_5 K_{\text{пт}} + b_6 K_{\text{пт}}^2 + b_7 D_{\text{пр}} t + b_8 D_{\text{пр}} V + b_9 t K_{\text{пт}}.$$
(3)

Значения коэффициентов a_i и b_i представлены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Коэффициент	1	2	3	4	5	6	7	8	9
a_i	-660,27	262,49	-0,17	137,05	134,85	-7,59	5,01	-373,93	-0,16
b_i	1,09	-11,11	0,04	-4,26	0,75	-0,02	-0,11	10,99	-0,02

ВЫВОДЫ

1. На характер деформации покрытия вала влияет вид прослойки с другим валом и наличие жидкости.

2. Коэффициенты деформационной характеристики резины с тканью зависят от типа ткани, а также от технологических и конструктивных параметров валкового модуля.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Подъячев А.В.* Использование комплексного параметра ткани при определении остаточной влажности после обработки в валковых устройствах // Междунар. научн.-техн. конф.: Лен. – Кострома, 2002.

2. ГОСТ 10953–64. Метод определения динамического модуля и модуля внутреннего трения при качении.

3. *Тихомиров В.В.* Планирование и анализ эксперимента. М.: Легкая индустрия, 1974.

Рекомендована кафедрой теоретической механики и сопротивления материалов. Поступила 24.06.05.

УДК 677.027.075

ВОЗМОЖНОСТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ОТЖИМНЫХ ВАЛОВ КРАСИЛЬНОЙ ПЛЮСОВКИ

А.И. ЩЕГОЛЕВ

(ОАО "НИЭКМИ")

Ранее в [1] установлена количественная зависимость неравномерности отжима по ширине хлопчатобумажной ткани от характера распределения нагрузки по длине жала отжимных валов с покрытием из полиуретана. На основе этих материалов нами рассчитаны максимально допустимые изменения величины суммарной деформации обечаек отжимных валов по длине жала.

В частности, для красильной плюсовки, с целью ограничения неравномерности отжима величиной 1%, такие колебания величины суммарной деформации не должны превышать:

- 0,06 мм при распределенной нагрузке 30 кН/м;
- 0,07 мм при распределенной нагрузке 40 кН/м;
- 0,08 мм при распределенной нагрузке 50 кН/м.

У использованных в работе валов серийной конструкции эти показатели были в два раза хуже.

В настоящей работе проведено изучение путей улучшения конструкции отжимных валов с целью:

- обеспечения возможности их применения в процессах крашения при номинальной ширине до 2200 мм;
- повышения эффективности отжима за счет увеличения распределенной нагрузки в жале до 70 кН/м.

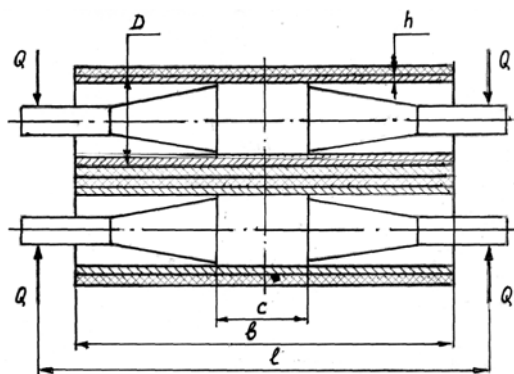


Рис. 1

Для изучения выбрано устройство с двумя отжимными валами, обечайки которых закреплены на выступах центральных стержней, схематично представленное на рис. 1.

Основные параметры отжима:

- номинальная ширина $b = 2200$ мм;
- расстояние между нагрузочными силами $l = 2470$ мм;
- диаметр стальных обечаек $d = 290$ мм;
- эластичное покрытие обечаек – полиуретан твердостью 95 ед. по Шору А;
- толщина покрытия 25 мм;
- величина распределенной нагрузки в жале валов $q = 70$ кН/м.

Вычислялись величины деформаций каждого вала, и на этой основе определялась суммарная деформация рабочих поверхностей обечаек и ее распределение по длине жала валов при различных величинах толщины h обечаек и длины c жесткого центра (опорной поверхности обечайки) каждого вала. По результатам расчетов определялись оптимальные значения величин h и c , обеспечивающие минимальную неравномерность отжима.

Расчеты проводились с учетом упругого сплющивания рабочих поверхностей обечаек на основе исследований [1], [2]. Таким образом, для каждого участка жала валов деформация каждой обечайки равнялась сумме встречно направленных деформаций $y_{из}$ изгиба и $y_{спл}$ сплющивания.

На первом этапе определялись величины h и c , при которых величина деформации поперечного изгиба минимально изменяется по длине консольной части обечайки вала, а выбранная толщина обечайки обеспечивает примерное равенство $y_{из}$ и $y_{спл}$.

В результате проведенных исследований выбраны $h = 25$ мм и $c = 510$ мм.

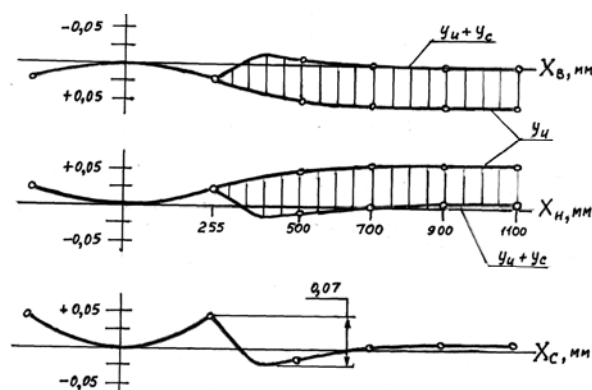


Рис. 2

Соответствующие этим параметрам эпюры деформаций приведены на рис. 2, где построены отдельно:

- по оси $x_{в}$ – деформации обечайки верхнего вала;
- по оси $x_{н}$ – деформации обечайки нижнего вала;
- по оси $x_{с}$ – суммарные деформации обечаек.

На эпюрах $x_{в}$ и $x_{н}$ деформация сплющивания обечаек выделена вертикальной штриховкой.

Эпюра на оси $x_{с}$ показывает вполне удовлетворительную величину суммарной деформации валов на консольных участках (0,035 мм), однако у краев жестких центров, где сплющивание отсутствует, а деформация определяется изгибом центральных стержней валов, суммарная деформация достигает 0,07 мм, что близко к предельно допустимому значению.

С целью снижения суммарной деформации на среднем участке валов проведено изучение влияния на суммарную деформацию обечаек различной длины опорных поверхностей c_1 и c_2 [3].

Ведомый вал нагружен меньше ведущего на величину крутящего момента, поэтому длина его жесткого центра может быть меньше, чем у ведущего вала. Это позволяет существенно снизить суммарную деформацию средних участков обечаек, поскольку:

- против краев короткого жесткого центра возможно выполнение проточек как на поверхности центра большей длины, так и на внутренней поверхности обечайки, а это приведет к сплющиванию ведущего вала на длине проточки;

- край жесткого центра ведущего вала в результате увеличения длины оказывается в зоне, где обечайка ведомого вала подвергается сплющиванию.

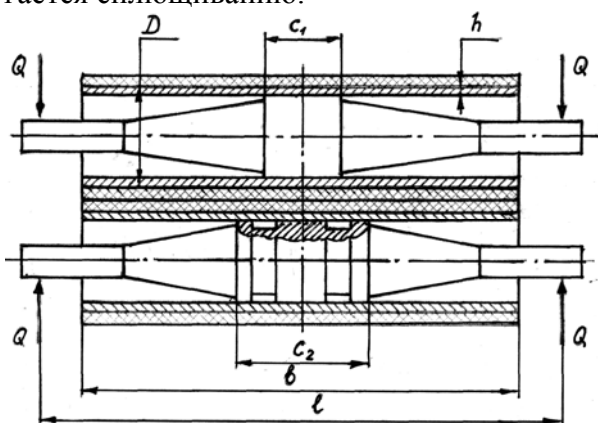


Рис. 3

Схема такого отжима представлена на рис.3.

На этом этапе исследований толщина обечаек сохранялась неизменной, а длины жестких центров варьировались от 400 до 600 мм. В результате выявлено, что расчетную суммарную деформацию на средних участках обечаек возможно снизить до 0,04...0,05 мм.

Это показано на рис. 4, где приведены эпюры деформаций:

- на оси x_B - вала с длиной жесткого центра 430 мм;

- на оси x_H - вала с длиной жесткого центра 600 мм;

– на оси x_C - суммарная деформация обечаек.

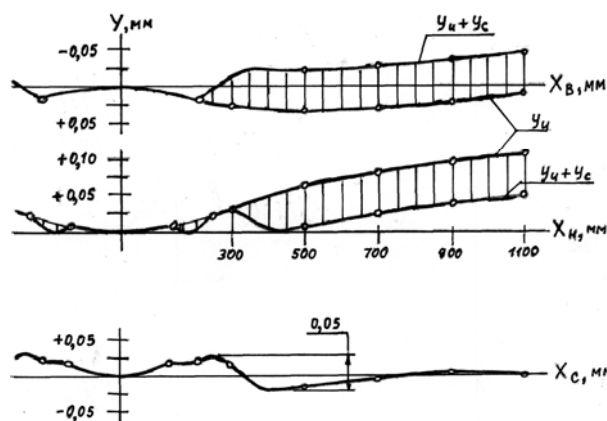


Рис. 4

На эпюре x_H показаны деформации сплющивания обечайки в зоне краев жесткого центра верхнего вала.

Результаты проведенных исследований могут быть использованы для совершенствования отжимных валов меньшей номинальной ширины. При этом за счет снижения усилий Q (при сохранении распределенной нагрузки в жале) будет достигнуто более равномерное распределение деформаций обечаек по длине жала и появится возможность применения эластичных покрытий меньшей толщины.

ВЫВОДЫ

Показана возможность создания отжимных валов для оборудования с номинальной шириной до 2200 мм, обеспечивающих равномерный отжим по ширине обрабатываемых полотен, требуемый для современных технологических процессов крашения. При этом также достигается экономия красителя и энергозатрат за счет применения синтетических покрытий валов и увеличения распределенной нагрузки в жале до 70 кН/м.

ЛИТЕРАТУРА

1. Провести НИР и разработать исходные данные для разработки КУР пропиточных и отжимных машин: Отчет по теме 40-15-85/ Ивановский НИ-ЭКМИ. Руководитель Щеголев А. И., № г. р. 01.85.0043187, Иваново, 1985.

Поступила 28.11.05.

УДК 677.057.615

ВЛИЯНИЕ СЖИМАЮЩИХ НАГРУЗОК НА ДЕФОРМАЦИЮ ТКАНИ

Л. УДВАЛ, Т.П. ТУЦКАЯ, Ю.Г. ФОМИН

(Монгольский государственный университет науки и технологий,
Ивановская государственная текстильная академия)

При обработке текстильного материала на валковых машинах одним из основных является процесс его сжатия под действием нагрузки. Большинство текстильных изделий легко деформируются сжимающими силами, уменьшая при этом свою толщину без существенных изменений размеров по ширине и длине. Это является следствием наличия в текстильных материалах значительного объема воздуха.

В процессе прохождения ткани через зону контакта валковых модулей имеют место циклы ее нагружения и разгрузки.

Контактные задачи по деформированию волокнистого материала между металлическим и эластичным валами и определению формы области контакта решаются с помощью метода Колосова-Мухелишвили на основе специальных программ [1]. В основу таких программ положен системнообусловленный принцип начального смещения, то есть в качестве исходной величины задается взаимное перемещение жестких сердечников контактирующих тел после их первоначального контакта с обрабатываемым материалом в точках А и В (рис.1).

Величина сближения валов ℓ в сечении 1-1 с координатой X_i определяется выражением:

$$\ell = L_1 - L_2 = \ell_1 + \ell_2 = \ell_{\text{тк}} + \ell_c + \ell_n, \quad (1)$$

где ℓ_1 и ℓ_2 – сближения точек 1 и 2 на поверхностях валов соответственно; $\ell_{\text{тк}} = (\ell_{\text{тк.1}} + \ell_{\text{тк.2}})$ – деформация ткани; $\ell_c = (\ell_{c1} + \ell_{c2})$ – свободное сближение валов; ℓ_n – деформация покрытия вала.

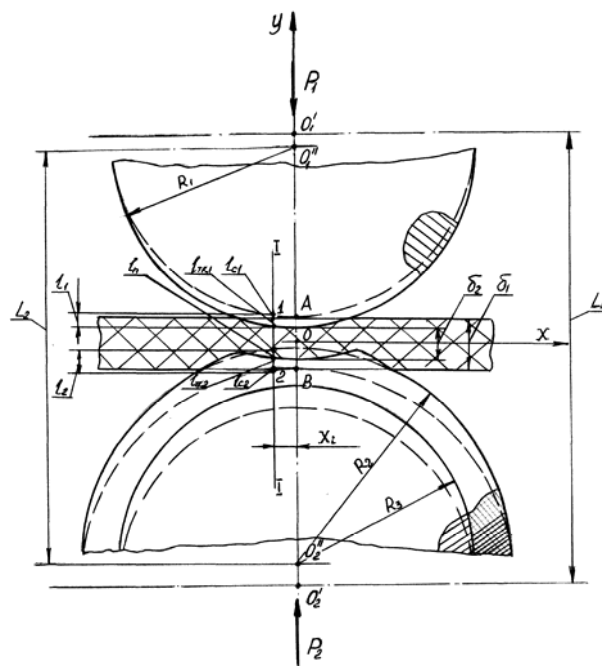


Рис. 1

Выражение (1) для произвольного сечения в зоне контакта с координатой X_i является уравнением деформаций и сближений.

Свободное сближение находим по известным уравнениям для зоны контакта поверхностей валов:

$$l_c = R_1 - (R_1^2 - X_i^2)^{1/2} + R_2 - (R_2^2 - X_i^2)^{1/2}. \quad (2)$$

Зависимость l_c от координаты X_i , которая коррелируется с нагрузкой, имеет нелинейный характер и получена при следующих исходных данных: $R_1=132,5$ мм; $R_2=160,0$ мм; $X_i=0...15$ мм (рис. 2)

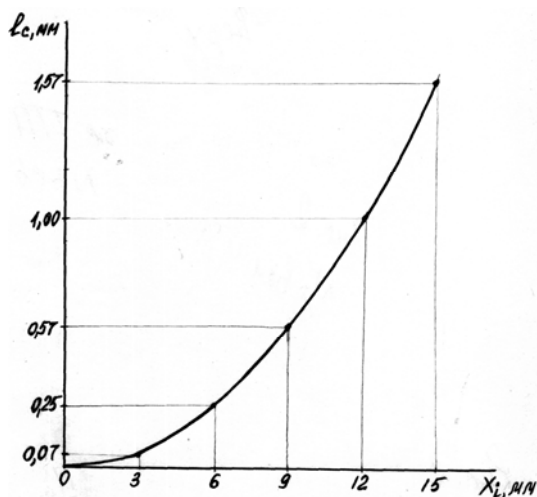


Рис. 2

Деформацию ткани определим как функцию от напряжения (удельного давления), деформирующего материал:

$$l_{\text{тк}} = f(\sigma_{\text{тк}}) = f(P_1). \quad (3)$$

Относительную деформацию сжатия ткани в сечении по оси симметрии валов вычисляем по формуле:

$$\varepsilon = \frac{\delta_1 - \delta_2}{\delta_1} 100\%, \quad (4)$$

где δ_1 и δ_2 – начальная и конечная (в сжатом состоянии) толщина ткани соответственно.

Деформирование хлопчатобумажных тканей исследовалось авторами экспериментально [2], [3].

Для измерения толщины шерстяных тканей (производство предприятий Мон-

голии) массой до 715 г/м^2 при сжатии давлением до 20 МПа использовался тензометрический прибор, разработанный в Ивановском НИЭКМИ [4]. Эксперименты проводились на сухих образцах при скорости нагружения $0,3...10^{-3} \text{ м/с}$.

Образцы тканей отбирались в соответствии с правилами, установленными ГОСТами 20566–83 и 3811–72.

Анализ полученных результатов показал, что при увеличении давления до 3 и 12 МПа происходит сжатие тканей в среднем на 40 и 56% соответственно, а при дальнейшем росте нагрузки этот параметр уменьшается незначительно (до 3%) (рис. 2).

При увеличении скорости нагружения толщина ткани увеличивается в среднем на 2%, поэтому оптимальное давление можно определить на малых скоростях. Для сухих и влажных тканей зависимость изменения их толщины от давления идентична [3].

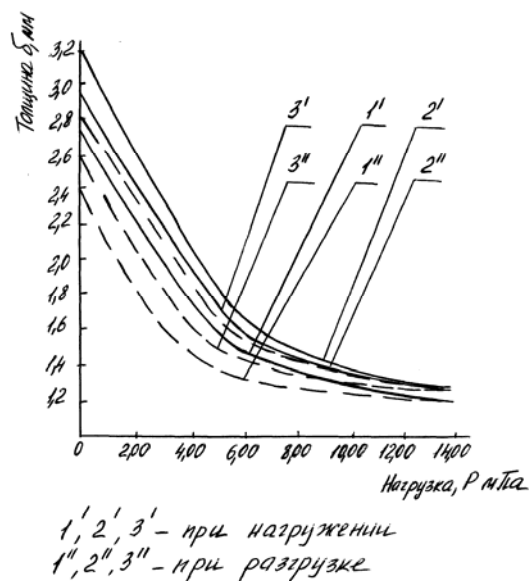


Рис. 3

Параметры тканей и результаты замеров ее толщины при нагружении до 20 МПа и разгрузке представлены в табл. 1 и в виде графиков (рис. 3).

Вид ткани	Толщина δ_1 , мм	Линейная плотность m_L , г/м ²	Поверхностная плотность m_a , г/м ²	Объемная плотность, m_o , г/см ³	Максимальное сжатие δ_2 , мм	δ_3 (мм) после снятия нагрузки	Относительная деформация сжатия ϵ , %
Ногоон цэмбэ	2,66	205,3	478,9	179,6	1,23	2,31	54
Мороодол	3,21	626,9	715,1	307,5	1,34	2,71	58
Ягаан одончуу	2,83	279,1	545,4	193,5	1,22	2,57	57

Связь между толщиной ткани и давлением выражается гиперболической зависимостью. Асимптотой гиперболы является значение толщины предельно сжатой ткани [5].

Для определения толщины ткани $\delta_{\text{тк}}$ при разных давлениях применяем формулу, использующую указанную гиперболическую зависимость [5]:

$$\delta_{\text{тк}} = \delta_p + \frac{p - p_k}{A + B p_k}, \quad (5)$$

где δ_p – толщина ткани, измеренная при давлении p ; p_k – давление, для которого рассчитывается толщина; A – коэффициент, характеризующий начальную сопротивляемость сжатию (жесткость при сжатии); B – коэффициент, определяющий конечную несминаемость ткани.

Наиболее полно свойства исследуемых шерстяных тканей при их статическом нагружении отражает модель Кукина-Соловьева, содержащая три звена Кельвина-Фойгта, представляющих упругую, высокоэластическую и пластическую составляющие деформации [6].

Результаты экспериментов показали, что в нашем случае преобладает ярко выраженная упругая составляющая (табл.1). Соотношение пластической и упругой деформаций колеблется в пределах от 1:3 до 1:6.

В этой связи приобретает особую актуальность разработка методики учета упругих свойств материала при сжатии шерстяных тканей в концептуальных моделях валковых модулей, отражающих основные особенности процессов их деформации.

ВЫВОДЫ

1. В результате исследований сжатия шерстяных тканей массой от 0,47 до $0,72 \cdot 10^3$ г/м² (производство предприятий Монголии) давлением до 20 МПа установлено, что связь между толщиной тканей и давлением выражается гиперболической зависимостью.

2. При нагрузке 3 и 12 МПа толщина тканей снижается в среднем на 40 и 56% соответственно. Дальнейший рост нагрузки уменьшает этот параметр на 3%.

3. Пластическая деформация тканей колеблется в среднем от 9 до 13%, а ее соотношение с упругой деформацией находится в пределах 1:3...1:6.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Мухелишвили Н.И.* Некоторые основные задачи математической теории упругости. – М.: Наука, 1966.
 2. *Соловьев А.Н.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1964, №2. С.8...12.
 3. *Кузнецов В.А., Полумисков С.А., Неелова С.Б.* Исследование закономерности сжимаемости плоских текстильных материалов // Оборудование для ткацкого красильно-отделочного производства / Экспресс-информация. – ЦНИИТЭИлегпищмаш. – М., 1980. С.11...16.
 4. *Кузнецов В.А., Полумисков С.А.* Прибор для исследования сжимаемости плоских пористых материалов при давлении до 20 МПа // Оборудование для ткацкого и красильно-отделочного производства / Науч. тех. ред. сб. – ЦНИИТЭИлегпищмаш. – М., 1979. Вып. 5ю С.12...14.
 5. *Кукин Г.К., Соловьев А.Н.* Текстильное материаловедение. – Ч. 3. – М.: Легкая индустрия. 1967.
 6. *Кукин Г.К., Соловьев А.Н.* Текстильное материаловедение. – Ч. 2. – М.: Легкая индустрия. 1964.
- Рекомендована кафедрой проектирования текстильного отделочного оборудования. Поступила 27.01.06.

УДК 677.05:62-83

**МОДЕЛИРОВАНИЕ АНАЛОГОВОЙ СИСТЕМЫ
УПРАВЛЕНИЯ НАМОТКОЙ
С УЧЕТОМ ИЗМЕНЕНИЯ РАДИУСА РУЛОНА**

В.Ф. ГЛАЗУНОВ, М.А. СОЛОМАНИЧЕВ

(Ивановский государственный энергетический университет им. В. И. Ленина)

Как показали результаты моделирования [1], [2], в системе управления (СУ) взаимосвязанным электроприводом (ЭП) двухмашинного перематывающего агрегата с регуляторами частоты вращения исполнительных двигателей и положения ролика петлеобразователя с заданными значениями коэффициента усиления и постоянной времени не удастся обеспечить

требуемую точность стабилизации параметров намотки. В связи с этим здесь рассматривается математическая модель СУ перематывающего агрегата, в которой реализованы структуры регуляторов линейной скорости намотки ткани и положения ролика петлеобразователя с учетом переменного радиуса намотки.

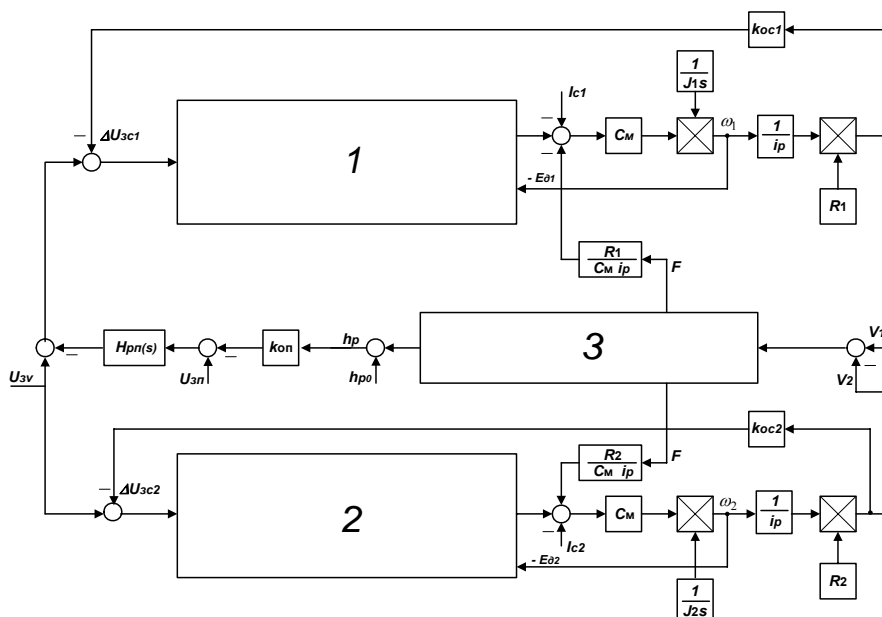


Рис. 1

линеаризованная структура указанной математической модели агрегата (рис. 1) содержит функциональные блоки ведущего 1, ведомого 2 электропривода, а также зоны транспортирования ткани 3.

Блоки 1 и 2 включают двухконтурные оптимизированные системы подчиненного регулирования линейной скорости намотки с ПИ-регулятором тока и П- или ПИ-

регуляторами скорости. Двигатели ведущего и ведомого ЭП имеют одинаковые параметры. СУ имеет внешний оптимизированный контур с ПИ-регулятором положения ролика петлеобразователя.

На рис. 1 обозначено: J_1, J_2 – приведенные к валам двигателей моменты инерции, $кг \cdot м^2$; i_p – передаточное отношение

редукторов ведущего и ведомого ЭП; $\frac{R_{1,2}}{c_m i_p}$

– коэффициенты передачи силовых перекрестных связей, обусловленных натяжением ткани при намотке, А/Н; I_{c1}, I_{c2} – токи нагрузки ведущего и ведомого двигателей, зависящие от сил трения в механических частях привода, ткани о направляющие ролики и радиуса намотки, А [1]; c_m – постоянная двигателей, Н·м/А; $\omega_{1,2}$ – угловые частоты вращения двигателей, рад/с; $k_{оп}$ – коэффициент усиления датчика положения ролика петлеобразователя, В/м; $H_{рп}(s)$ – передаточная функция регулятора положения; $U_{zv}, U_{зп}$ – напряжения задания по скорости намотки и положению ролика петлеобразователя, В; k_{oc1}, k_{oc2} – коэффициенты усиления датчиков линейной скорости намотки для ведущего и ведомого ЭП, В·с/м; h_{p0} – задание начального положения измерительного ролика петлеобразователя, м; F – натяжение ткани, Н.

Блок зоны транспортирования содержит модель ткани, учитывающую ее вязкоупругие свойства, и известную модель петлеобразователя [3] с вязкоупругим элементом.

Блоки задания текущих значений радиусов намотки ведомого R_1 и ведущего R_2 барабанов и суммарных приведенных моментов инерции J_1 и J_2 [1] обеспечивают формирование рулонов по Архимедовой спирали [2]. Переменные составляющие статических моментов сопротивления на валах двигателей учитываются соотношениями, приведенными в [1].

Реализация в рассматриваемой модели регуляторов скорости намотки ткани в рулон и положения ролика петлеобразователя с учетом переменного радиуса намотки обеспечивает с достаточной точностью стабилизацию линейной скорости намотки в заданном диапазоне изменения радиусов намотки и повышает точность регулирования величины натяжения ткани.

Синтез регуляторов выполнен методом последовательной коррекции при настройке на модульный оптимум [4]. При этом передаточные функции (ПФ) регуляторов скорости намотки ткани и положения ро-

лика содержат переменные величины радиусов намотки $R_{1,2}$ и приведенных моментов инерции $J_{1,2}$.

При синтезе регуляторов в качестве желаемых ПФ разомкнутых контуров тока, линейной скорости намотки и положения ролика петлеобразователя приняты ПФ фильтров Баттерворта [5].

Из условия последовательной коррекции получены следующие ПФ регуляторов:

– тока:

$$H_{PT}(S) = \frac{T_я s + 1}{2T_μ s k_{п} k_{от} / R_Σ}, \quad (1)$$

– скорости:

$$H_{PV}^I(S) = \frac{J_{1,2} k_{от} i_p}{4T_μ c_m k_{oc1,2} R_{1,2}}, \quad (2)$$

$$H_{PV}^{II}(S) = \frac{J_{1,2} k_{от} i_p}{c_m k_{oc1,2} R_{1,2}} \frac{1 + 8T_μ s}{32T_μ^2 s}, \quad (3)$$

– положения:

$$H_{PI}(S) = \frac{T_h s + 1}{8T_μ s k_h / k_{oc1,2}}, \quad (4)$$

$$H'_{PI}(S) = \frac{T_h s + 1}{16T_μ s k_h}, \quad (5)$$

где $T_я$ – постоянная времени якорной цепи двигателей, с; $T_μ$ – малая некомпенсированная постоянная времени, принятая равной постоянной времени силового преобразователя [5] (СП), с; $k_{п}$ – коэффициент передачи СП; $k_{от}$ – коэффициент передачи обратной связи по току якоря двигателей, В/А; $R_Σ$ – сопротивление якорной цепи двигателей, Ом; $k_{oc1,2}$ – коэффициенты передачи обратных связей по току якоря ведущего (ведомого) двигателей, В·с/м; k_h – коэффициент передачи обратной связи по положению ролика петлеобразователя; T_h – постоянная времени натяжения ткани, учитывающая параметры петлеобразователя, с.

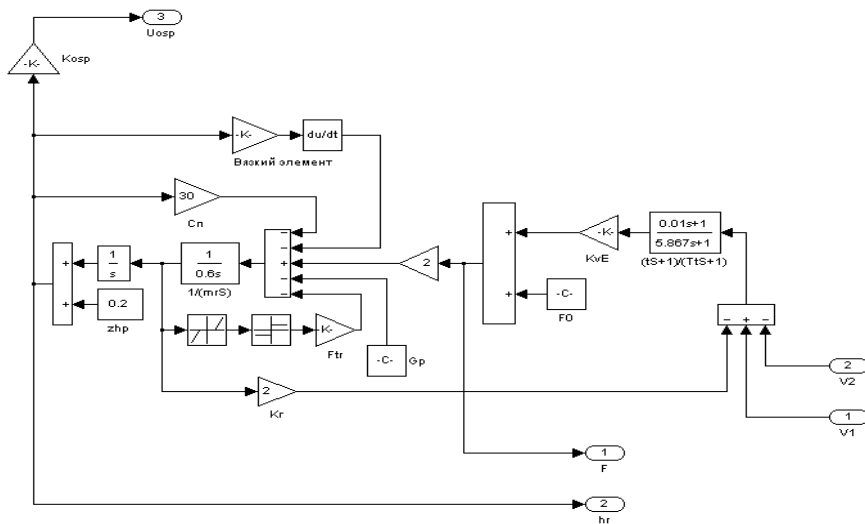


Рис. 2

Следует отметить, что при синтезе регуляторов положения (для СУ с П- и ПИ-регуляторами скорости катушки) использование ПФ объекта регулирования, полученной в результате свертки структурной схемы (рис. 2), представляет определенные трудности в связи с ее высоким порядком. В связи с этим целесообразно ее упрощение [4], которое выполнено в результате анализа логарифмической амплитудно-частотной характеристики (ЛАЧХ) исход-

ной ПФ объекта.

Анализ показал, что в окрестности частоты среза наклон исходной ЛАЧХ объекта составляет -20 дБ/дек, поэтому в динамике данный объект близок по своим свойствам к аperiodическому звену с коэффициентом передачи k_h и постоянной времени T_h , которые определяются в результате сопряжения низко- и среднечастотных участков исходной и упрощенной ЛАЧХ объекта.

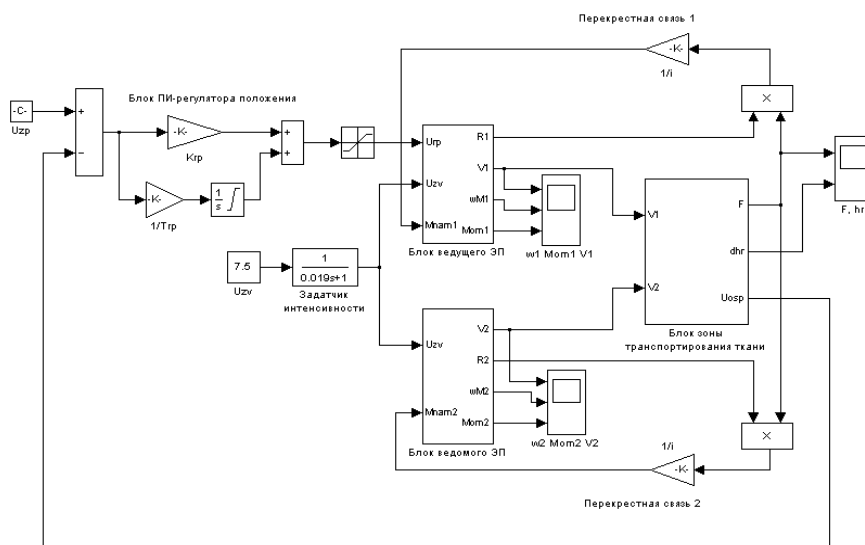


Рис. 3

В соответствии с приведенной на рис. 1 линеаризованной структурой математической модели разработана нелинейная макро-модель (рис. 3). Она включает в себя

указанные выше функциональные блоки, а также блоки напряжений задания по скорости катушки для блоков ведущего и ведомого ЭП U_{zv} и по положению ролика

$U_{зр}$, датчика интенсивности ZI , обеспечивающего аperiodический характер изменения линейной скорости намотки при пуске агрегата, блок ПИ-регулятора положения и силовые перекрестные связи по натяжению ткани.

Данная макро модель позволяет получить временные зависимости линейной скорости ткани на входе и выходе зоны транспортирования, натяжения ткани и координаты положения ролика петлеобразователя.

вателя.

Также имеется возможность получить временные зависимости изменения частоты вращения и моментов на валах ведущего и ведомого двигателей в процессе намотки, что позволяет оценить уровень стабилизации скорости намотки ткани и точность регулирования ее натяжения. Указанные факторы являются одними из определяющих при исследовании качества процесса намотки ткани в рулон.

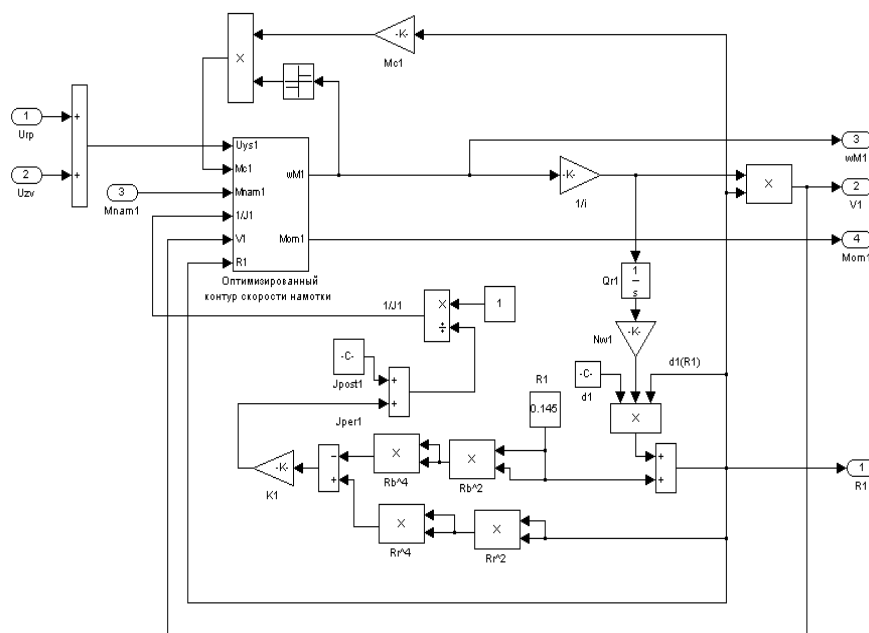


Рис. 4

Структура блока ведущего ЭП представлена на рис. 4. Здесь $U_{пр}$ – сигнал управления на выходе ПИ-регулятора положения, B ; $M_{нам1}$, $M_{с1}$ – моменты сопротивления на валу ведомого двигателя, обусловленные натяжением ткани при намотке и трением в механических частях привода, а также трением ткани о направляющие ролики, Н·м; ω_{M1} , $Mom1$, $V1$, $R1$ – соответственно выходные сигналы скорости (рад/с) и момента на валу ведомого двигателя (Н·м), линейной скорости движения ткани (м/с) и величины радиуса намотки (м).

В данном блоке также учтено изменение толщины ткани от радиуса намотки

$\delta_r(R_1)$, обусловленное давлением слоев ткани друг на друга. Блок ведомого ЭП имеет структуру, аналогичную приведенной на рис. 4.

Анализ переходных процессов показал, что модель СУ с ПИ-регулятором скорости намотки ткани обеспечивает более высокую степень стабилизации ее скорости намотки и точность регулирования натяжения ткани. Это иллюстрируют представленные ниже графики временных зависимостей ее линейной скорости намотки, натяжения ткани и положения ролика петлеобразователя (рис. 5-а и б) в начале и в конце процесса намотки.

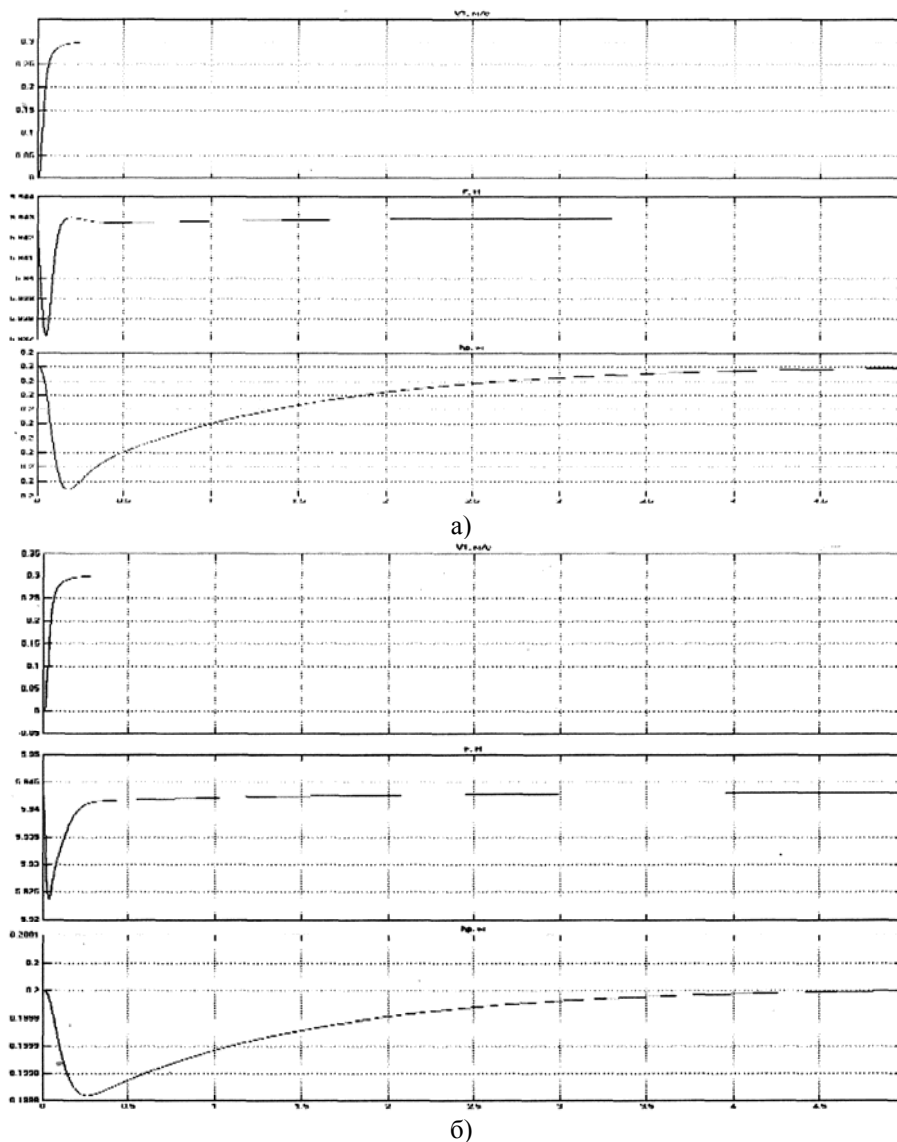


Рис. 5

Графики переходных процессов на рис. 5-а и б соответствуют заданной скорости намотки $V_1 = 0,3$ м/с (а – линейная скорость намотки, натяжение ткани и положение ролика петлеобразователя при $R_{\min} = 0,06$ м; б – то же для $R_1 = 0,145$ м).

Переходные процессы (рис. 5-а и б), а также ПФ регуляторов (1)...(5) получены при следующих значениях параметров макромодели (рис. 3): $E=78,5$ Н; $c_n=30$ Н/м; $m_p = 0,6$ кг; $k_r = 2$; $k_v = 3,33$ с/м; $\tau = 0,01$ с; $T_T = 5,87$ с; $L_T = 1,76$ м; $R_{\min} = 0,06$ м; $R_{\max}=0,15$ м; $k_{oc1,2} = 25$ В·с/м; $\delta_T = 0,001$ м; $B_T = 0,8$ м; $\rho_T = 0,25$ кг·м³; $i_p = 19,5$; $T_{я} = 0,017$ с; $T_{\mu} = 0,0033$ с; $k_{от} = 4,97$ В/А; $R_{\Sigma} = 19,67$ Ом; $c_m = 0,52$ Н·м; $k_h = 219,8$; $T_h = 40$ с; $k_{п} = 6,3$.

ВЫВОДЫ

Разработаны математические модели аналоговой системы управления намоткой ткани с П- и ПИ-регуляторами скорости намотки, учитывающие изменение радиуса рулона в процессе намотки и обеспечивающие стабилизацию скорости намотки ткани и заданную точность регулирования ее натяжения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Глазунов В.Ф., Соломаничев М.А. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2004, №6. С.105...109.
2. Глазунов В.Ф., Литвинский А.Н., Колесова А.И. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1981, №1. С.64...67.

3. Тарарыкин С.В., Глазунов В.Ф., Спичков Ю.П. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1994, №2.

4. Глазунов В.Ф., Литвинский А.Н. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1980, №6. С.62...65.

5. Баширин А.В., Новиков В.А., Соколовский Г.Г.

Управление электроприводами.– Л.: Энергоатомиздат, 1982.

Рекомендована кафедрой электропривода и автоматизации промышленных установок. Поступила 29.11.05.

УДК 539.3:536.24.083

АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК КВАРЦЕВЫХ ДИССИПАТИВНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

В.Е. САВЧЕНКО, Л.К. ГРИБОВА, М.А. ПОПОВ

(Ивановская государственная текстильная академия, ОАО "НИЭКМИ")

Кварцевые диссипативные преобразователи электрической энергии (КДП-Э) применяются в так называемом кварцевом диэлькометре (КД) для контроля неэлектрических величин диэлектриков, например, влажности текстильных материалов, зерновых культур, жидкого топлива и др. [1].

КДП-Э представляет собой электрическую цепь, составленную из последовательно или параллельно включенных вакуумного кварцевого резонатора (КР) и диэлектрического, например, емкостного датчика. При последовательном соединении режим работы КДП-Э назван последовательным управлением, а при параллельном – параллельным управлением. Выходным параметром КД является эквивалентное электрическое сопротивление КДП-Э.

Для разработки конструкции конкретного датчика и выбора оптимальной частоты работы прибора важно знать зависимости выходного параметра КД от информативного параметра. Информативными параметрами, изменяющимися от влажности контролируемого материала и определяющими чувствительность прибора, являются сопротивление потерь и емкость емкостного датчика.

Приведем выражение для расчета выходного параметра КД при измерении емкости датчика R_q' :

$$R_q' = \frac{A}{B}, \quad (1)$$

$$\text{где } A = \frac{R_q}{\omega_1^2 C_0^2};$$

$$B = R_q^2 + \left(\omega_1 L_q - \frac{C_0 + C_q}{\omega_1 C_0 C_q} \right)^2.$$

Здесь R_q, L_q, C_q, C_0 – эквивалентные электрические: сопротивление, индуктивность, емкость и статическая емкость КР; ω_1 – резонансная круговая частота КР, полученная при подключении последовательно или параллельно к кварцевому резонатору емкостного датчика емкостью C_d .

Резонансная круговая частота $\omega_1 = 2\pi f_1$ связана с номинальной резонансной частотой КР $\omega = 2\pi f$ при последовательном и параллельном управлении выражением:

$$\omega_1 = \omega \sqrt{1 + \frac{C_q}{C_0 + C_d}}. \quad (2)$$

Для практических расчетов выражение (1) можно преобразовать в более простое:

$$R_q' = R_q \left(1 + \frac{C_0}{C_d} \right)^2. \quad (3)$$

Существуют приборы контроля влажности диэлектрических материалов по из-

менению частоты – так называемый частотный метод, в отличие и от энергетического метода измерения, по которому работает КД.

Проведем сравнительный анализ этих методов по чувствительности к изменению емкости датчика с контролируемым материалом.

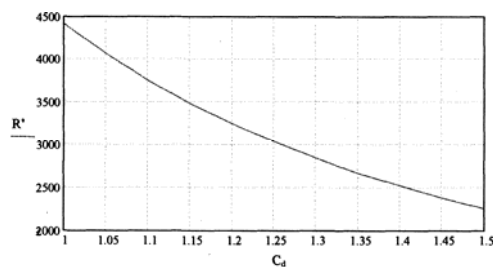
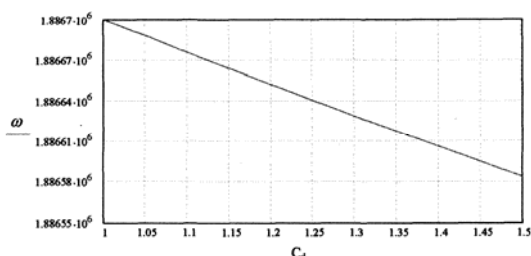


Рис. 1 Рис. 2

Примеры зависимостей приведены на рис.1 (изменение частоты, Гц, от емкости датчика, пФ) и 2 (изменение сопротивления, Ом, от емкости датчика, пФ). Расчеты проводились по формулам (1) и (2). Эквивалентные параметры кварцевых резона-

торов определялись экспериментально по методике, описанной в [2].

Параметры КР с резонансной частотой 300 кГц приведены в табл.1.

Таблица 1

№ п/п	Параметр, размерность	Значение
1	Резонансная частота f_0 , Гц	300000,0
2	Междуэлектродная (статическая) емкость КР C_0 , пФ	6,0
3	Эквивалентная электрическая индуктивность L_q , Гн	21,713412
4	Эквивалентная электрическая емкость C_q , пФ	0,01296193
5	Эквивалентное электрическое сопротивление R , Ом	90,0

Чувствительности КД к емкости по сопротивлению S_{CR} и по частоте S_{Cf} рассчитывались по выражениям:

$$S_{CR} = \frac{R'_{q(max)} - R'_{q(min)}}{C_{d(max)} - C_{d(min)}}, \quad (4)$$

$$S_{Cf} = \frac{f_{l(max)} - f_{l(min)}}{C_{d(max)} - C_{d(min)}}. \quad (5)$$

Оценивалась относительная чувствительность КД к емкости по сопротивлению и по частоте по формулам:

$$S_{CR} (\%) = \frac{S_{CR} \cdot 100}{r},$$

$$S_{Cf} (\%) = \frac{S_{Cf} \cdot 100}{f_{l(max)}}. \quad (6)$$

Таблица 2

№ п/п	Интервал емкостей датчика C_d , пФ	Чувствительность КД к емкости по активному сопротивлению S_{CR}		Чувствительность КД к емкости по частоте S_{Cf}	
		Ом/пФ	%	Гц/пФ	%
1	1...2	970	22,0	34,7	0,0116
2	10...20	7,8	3,4	4,7	$1,56 \cdot 10^{-3}$
3	50...60	0,4	0,3	0,5	$0,18 \cdot 10^{-3}$

В табл. 2 приведены чувствительности КД с резонансной частотой КР 300 кГц к изменению емкости датчика на 1 пФ для выходного параметра КД - R_q' и для частоты f_1 в разных диапазонах изменения емкости датчика, рассчитанные по формулам (4)...(6).

Как видно из табл.1, чувствительность КД к емкости по сопротивлению на несколько порядков превышает чувствительность КД по частоте, что подтверждает выбор выходного параметра КД – эквивалентное активное сопротивление КДП-Э. С уменьшением емкости датчика чувстви-

тельность к изменению емкости КД повышается.

ЛИТЕРАТУРА

1. Савченко В.Е., Грибова Л.К. Кварцевый диссипативный преобразователь и его применение // Измерительная техника. – 2003, №10. С. 60...64.
2. Савченко В.Е., Грибова Л.К. Измерение эквивалентных электрических параметров кварцевых диссипативных преобразователей // Измерительная техника. – 2002, №6. С. 49...50.

Рекомендована кафедрой автоматики и радиоэлектроники ИГТА. Поступила 17.10.05.

УДК 687.052.2-831:517.9

ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УНИВЕРСАЛЬНОЙ РАСКРОЙНОЙ МАШИНЫ*

А.А. МАКАРОВ, А.В. ЧЕРВЯКОВ

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

Раскройная машина Р-12 [1] предназначена для чистового вырезания деталей швейных изделий из уложенных в настил тканей и трикотажа всех видов волокон. Для наглядного представления работы машины приведем упрощенную кинематическую схему (рис.1).

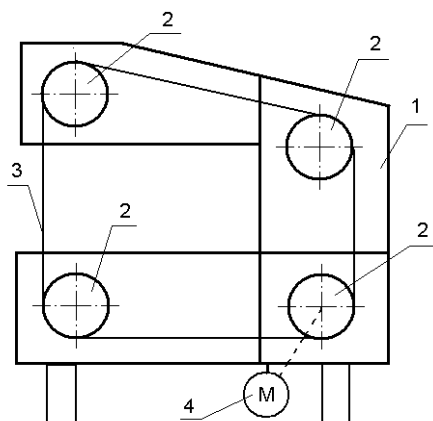


Рис. 1

Машина состоит из каркаса 1, на котором смонтирован механизм привода 4, четырех валов 2, ленточного ножа 3. Поступательное движение ленточного ножа обеспечивает процесс резания настила.

Неоднородность химического состава ткани, ее плотности, величины настила, угла заточки режущей кромки ленточного ножа – факторы, влияющие на качество кроя.

Неправильный выбор скоростного режима при крое приводит к нежелательным последствиям, таким как чрезмерный оплав кромки раскраиваемого материала (в состав ткани входит значительная часть синтетики), чрезмерное "мохрение" кромок, избыточный нагрев ножа (плотные ткани при большой высоте настила). Все это и многое другое приводит к выходу из строя режущего элемента, связанного с чрезмерным нагревом.

На основе сказанного можно заключить, что качество кроя настила на раскройной ленточной машине напрямую за-

* Начало.

висит от скорости вращения главного вала электропривода, то есть от скорости движения ленточного ножа. Следовательно, необходима плавная регулировка скорости вращения главного вала электропривода для достижения оптимальной скорости резания. Достичь этого можно с помощью применения системы управления электроприводом универсальной раскройной машины, для чего на начальном этапе необходимо построение математической модели электромеханической системы (ЭМС).

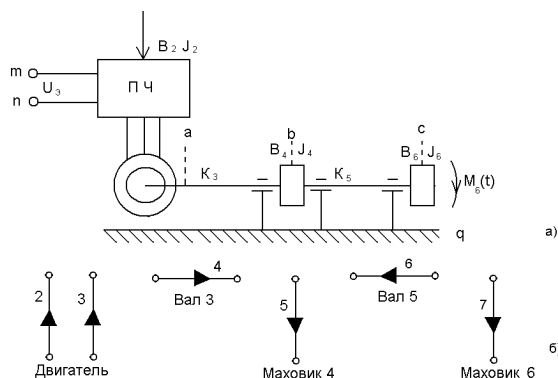


Рис. 2

ЭМС универсальной раскройной машины состоит из короткозамкнутого трехфазного асинхронного двигателя, двух валов и двух маховиков (рис. 2-а).

Известны все параметры системы – номинальное скольжение на естественной характеристике $s_{не}$, синхронная скорость при номинальной частоте ω_{0e} ; номинальный момент M_H ; сопротивление якорной цепи двигателя R ; коэффициент пропорциональности между моментом двигателя и током якорной цепи c ; коэффициенты упругости валов k_3, k_5 (моментами инерции валов можно пренебречь); моменты инерции маховиков J_4, J_6 ; коэффициенты демпфирования B_4 и B_6 ; напряжение, приложенное к обмоткам статора двигателя U_3 , и момент нагрузки M_6 , приложенный ко второму маховику.

В качестве выходного параметра модели необходимо рассмотреть угол поворота (скорость) маховика 6. В связи с тем, что искомые переменные являются параллельными, то логично воспользоваться

для вывода уравнений системы методом ветвей [2].

Первым этапом является разбиение системы на компоненты (рис. 2-б), поскольку электромеханическая система раскройной машины состоит из набора двухполюсников – валов и маховиков и неприводимого четырехполюсника – двигателя, питающегося от управляемого источника переменной частоты.

Если источник обеспечивает изменение напряжения, пропорциональное частоте, то характеристики двигателя имеют линейный вид. Полагая, что частота и, следовательно, синхронная скорость двигателя пропорциональны току управления преобразователя частоты, и полагая характеристики линейными, полюсное уравнение двигателя будет иметь вид (1):

Двигатель:

$$\begin{bmatrix} U_3 \\ M_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_{21} & y_{22} \\ y_{31} & y_{32} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} i_3 \\ \phi_2 \end{bmatrix}. \quad (1)$$

$$\text{Здесь } y_{21} = \frac{1}{K_{дв}} \frac{d}{dt}; \quad y_{22} = 0; \quad y_{31} = \frac{c}{R};$$

$$y_{33} = \left(\frac{1}{K_{дв}} + B_{дв} \right) \frac{d}{dt} + J_{дв} \frac{d^2}{dt^2},$$

где $K_{дв} = \frac{s_{не} \omega_{0e}}{M_H}$; $s_{не}$ – номинальное

скольжение на естественной характеристике; R – сопротивление якорной цепи двигателя; c – коэффициент пропорциональности между моментом двигателя и током якоря; ω_{0e} – синхронная скорость при номинальной частоте; M_H – номинальный момент; i_3 и U_3 – полюсные переменные – ток и напряжение на обмотках двигателя; M_2 и ϕ_2 – полюсные переменные – момент нагрузки и угол поворота вала двигателя; α – коэффициент пропорциональности между моментом двигателя и током якоря; $B_{дв}$ – коэффициент трения в двигателе; $J_{дв}$ – момент инерции двигателя.

Упругие валы:

$$M_i = k_i \varphi_i, \quad (2)$$

где M_i – моменты, скручивающие валы; k_i – коэффициенты упругости валов; φ_i – углы скручивания валов.

Маховик:

$$M_j = B_j \frac{d\varphi_j}{dt} + J_j \frac{d^2\varphi_j}{dt^2}, \quad (3)$$

где J_j – моменты инерции (измеряется относительно "земли"); φ_i – угол поворота маховика относительно неподвижной точки; B_j – сопротивление трения.

Величины J_i , φ_i отсчитываются (измеряются) относительно концов валов, а J_j , φ_j – относительно "земли".

Вторым этапом является получение графа электромеханической системы. Искомый граф с выделенным деревом и отсечениями (рис. 3) системы получается путем объединения вершин полюсных графов компонент и добавления к полюс-

ному графу элементов 1 и 8, соответствующих приложенным к системе внешним воздействиям U_3 и M_6 .

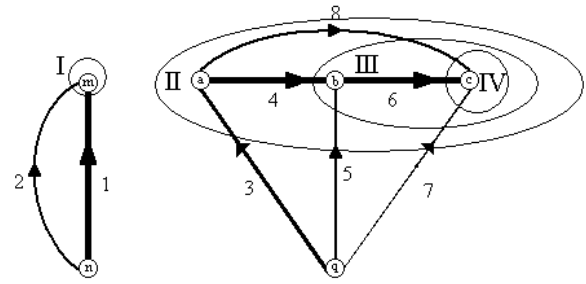


Рис. 3

Третьим этапом является выбор дерева графа системы, то есть дерева, являющегося основой для записи уравнений контуров и отсечений (элементы 2, 4, 5 и 6 графа системы).

Четвертым этапом является запись по графу (рис. 3) системы уравнений отсечений A_0 :

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{matrix} \text{I} \\ \text{II} \\ \text{III} \\ \text{IV} \end{matrix} = A_0 = \begin{bmatrix} 1 & \Pi_{ey} & \Pi_{ej} \\ 0 & \Pi_{yy} & \Pi_{yj} \end{bmatrix}, \quad (4)$$

где $\Pi_{ey} = [1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0]$, $\Pi_{yy} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}$, $\Pi_{ej} = 0$, $\Pi_{yj} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}$.

Пятый этап представляет собой формиро

вание компонентных уравнений.

$$Y = \Pi_{yy} Y_{\Delta} \Pi_{yy}^T, \quad (5)$$

$$Y' = \Pi_{yy} Y_{\Delta} \Pi_{ey}^T, \quad (6)$$

$$Y = -\Pi_{yj} M_c - Y' e_{дв}, \quad (7)$$

где $Y_{\Delta} = \begin{bmatrix} Y_{21} & Y_{22} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ Y_{31} & Y_{32} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & k_3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & M_4 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & k_5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & M_6 \end{bmatrix}$, Π_{yy}^T – транспонированная Π_{yy} ,

где k_3, k_5 – коэффициенты упругости вала 3 и 5 соответственно; M_4, M_6 – момент нагрузки маховика 4 и 6 соответственно.

$$\begin{bmatrix} y_{32} + M_4 + M_6 & M_4 + M_6 & M_6 \\ M_4 + M_6 & k_3 + M_4 + M_6 & M_6 \\ M_6 & M_6 & k_5 + M_6 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \varphi_2 \\ \varphi_4 \\ \varphi_6 \end{bmatrix} = - \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} M_c - \begin{bmatrix} y_{31} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} e_{дв}. \quad (8)$$

Подставим значения коэффициентов из уравнений (1), (2), (3) в (8) и, выполнив преобразования, получим систему уравнений,

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & J_{дв} + J_4 + J_6 & J_4 + J_6 & J_6 \\ 0 & 0 & 0 & J_4 + J_6 & J_4 + J_6 & J_6 \\ 0 & 0 & 0 & J_6 & J_6 & J_6 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{\varphi}_2 \\ \dot{\varphi}_4 \\ \dot{\varphi}_6 \\ \ddot{\varphi}_2 \\ \ddot{\varphi}_4 \\ \ddot{\varphi}_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ -\frac{c}{R} & 0 & 0 & -(B_3 + B_4 + B_6) & -(B_4 + B_6) & -B_6 \\ 0 & -k_3 & 0 & -(B_4 + B_6) & -(B_4 + B_6) & -B_6 \\ 0 & 0 & -k_5 & -B_6 & -B_6 & -B_6 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varphi_2 \\ \varphi_4 \\ \varphi_6 \\ \dot{\varphi}_2 \\ \dot{\varphi}_4 \\ \dot{\varphi}_6 \end{bmatrix}$$

$$- \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} M_c - \begin{bmatrix} \frac{c}{R} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} e_{дв}. \quad (9)$$

Система уравнений (9) может быть записана в следующем виде:

$$W_1 \dot{x} = W_2 x + W_3 e_{дв} + W_4 M_c. \quad (10)$$

Здесь $x = \begin{bmatrix} \varphi_2 \\ \varphi_4 \\ \varphi_6 \\ \dot{\varphi}_2 \\ \dot{\varphi}_4 \\ \dot{\varphi}_6 \end{bmatrix}$, где φ_2 – угол поворота

вала двигателя; φ_4, φ_6 – угол поворота маховиков 4 и 6 соответственно; $\dot{\varphi}_2$ – угловая скорость вала двигателя; $\dot{\varphi}_4, \dot{\varphi}_6$ – угловая скорость маховиков 4 и 6.

Уравнения (5) и (6) являются компонентами уравнения (7). В результате получим

представляющих собой модель ЭМС. Данная система может быть представлена в виде (9):

Для получения уравнения вида (11) помножим правую и левую части уравнения (10) на W_1^{-1} , в результате получим:

$$\begin{cases} \dot{x} = A_c x + B_c u + f_c M_c, \\ y = c_c x \end{cases} \quad (11)$$

где $A_c = W_1^{-1} W_2$ – матрица размерностью (6×6) ; $B_c = W_1^{-1} W_3$ – вектор размерностью (6×1) ; $f_c = W_1^{-1} W_4$ – вектор размерностью (6×1) ; $c_c = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1]$.

Уравнение (11) представляет собой математическую модель ЭМС в непрерывной форме.

ВЫВОДЫ

1. Рассмотрено построение математической модели ЭМС универсальной раскройной машины в непрерывной форме и показан возможный переход к построению модели ЭМС универсальной раскройной машины в дискретной форме.

2. Возможно использование полученной модели при построении системы управления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Паспорт на раскройную ленточную машину Р-12. – 1998.

2. Ильинский Н.Ф., Цаценкин В.К. Приложение к теории графов к задачам электромеханики. – М.: Энергия, 1968.

Рекомендована кафедрой автоматики и промышленной электроники. Поступила 29.11.05.

УДК 534.833: 621

**МЕТОДИКА РАСЧЕТА РЕЗИНОВЫХ ВИБРОИЗОЛЯТОРОВ
ДЛЯ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ ТКАЦКИХ СТАНКОВ**

Б.С. САЖИН, О.С. КОЧЕТОВ, А.В. ШЕСТЕРНИНОВ, Т.Д. ХОДАКОВА

(Московский государственный текстильный университет им.А.Н. Косыгина,
Ульяновский государственный технический университет)

При размещении нового оборудования или модернизации существующего, связанной с увеличением рабочих скоростей, на старых производственных площадях приходится идти либо путем увеличения жесткости межэтажного перекрытия, либо установкой оборудования на виброизолирующие системы. Последний путь зачастую более предпочтителен, так как не требует больших затрат на реконструкцию зданий [1].

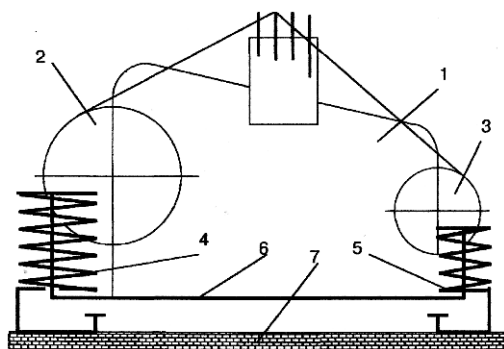


Рис. 1

Рассмотрим расчет резиновых виброизоляторов для пневматических ткацких станков типа PN 130 (производства ЧССР), установленных в ткацком корпусе АОЗТ "Красная Роза". На рис.1 представлена расчетная схема системы виброизоляции для пневматических ткацких станков типа PN 130 (1 – станок; 2 – навой; 3 – товарный валик; 4, 5 – резиновые виброи-

золяторы со стороны навоя станка и со стороны грудницы; 6 – опорная поверхность станка; 7 – межэтажное перекрытие). Параметры станка: вес станка с навоем $Q = 1760$ кгс; число опорных точек станка $m = 4$; частота вращения главного вала $n_1 = 350$ мин⁻¹. Статические (по опорным точкам) и динамические (в вертикальном направлении) нагрузки (кгс) от станка представлены в табл.1 и 2 соответственно.

Таблица 1

P_1	P_2	P_3	P_4
360	606	464	330

Таблица 2

Частота вращения, мин ⁻¹	Частота возмущающей силы, Гц	Номер гармоники				
			1	2	3	4
350	5,83	1	20,6	42,6	33,6	34,2
350	11,7	2	31,7	103,3	30,6	39,4
350	17,5	3	19,7	22,2	15,6	14,3

Анализируя динамические нагрузки станка в вертикальном направлении, можно сделать вывод о том, что расчет системы виброизоляции следует вести по второй возмущающей гармонике (11,7 Гц), так как максимум спектра возмущения приходится именно на вторую опору станка (103,3 кгс) во второй гармонической составляющей спектра возмущающих сил станка.

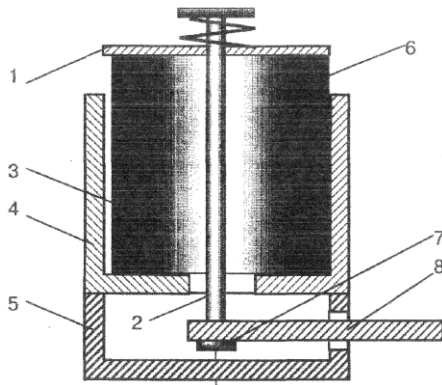


Рис. 2

Таким требованиям могут удовлетворять виброизоляторы, представленные на рис.2 и 3. На рис.2 изображена конструктивная схема резинового виброизолятора подвесного типа, содержащая резиновый упругий элемент 6, размещенный между крышкой 1 и корпусом 5; кроме того: 2 – стержень; 3 – зазор; 4 – кожух; 7 – головка стержня; 8 – кронштейн для крепления к опорной поверхности станка.

На рис.3 представлена конструктивная схема резинового виброизолятора обычного типа с S-образным кронштейном – 2, опирающимся на резиновый упругий элемент 3 [2], [3]; кроме того 1 – лапа станка; 4 – опорная поверхность; 5 – межэтажное перекрытие.

Рассчитаем систему виброизоляции для ткацкого станка и определим ее эффективность для первых 3-х гармоник. Примем: количество резиновых элементов в каждом виброisolаторе $n=2$; форма поперечного сечения резинового виброизолятора – квадратная; схема расположения резиновых элементов – двоянная.

Геометрические размеры упругого элемента и форма его поперечного сечения представлены соответственно на рис.4: а) –

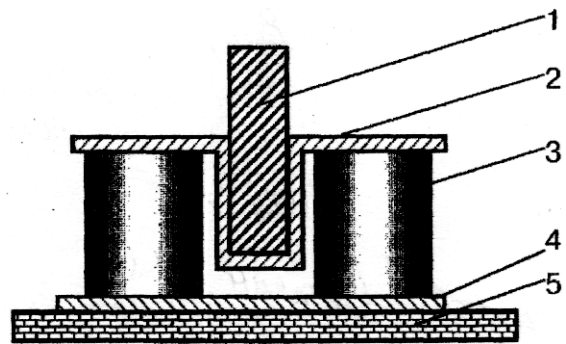


Рис. 3

для призматического; б) – для цилиндрического.

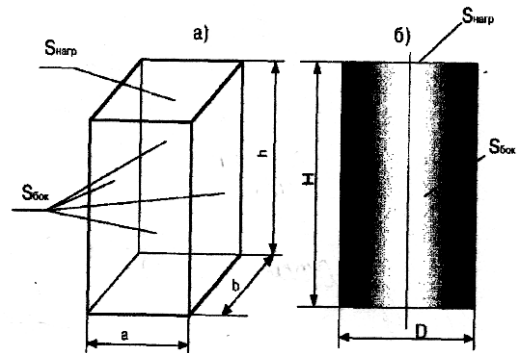


Рис. 4

В качестве материала резинового виброизолятора выбираем резину марки ТМКЦ-С со следующими физико-механическими свойствами: объемный вес резины $\gamma = 1,26 \text{ г/см}^3$; модуль упругости резины при коэффициенте формы $K_\phi=1,0$ равен $E_{c0} = 194,3 \text{ кгс/см}^2$; допустимое рабочее напряжение $[\sigma] = 8 \text{ кгс/см}^2$; модуль сдвига $G = 12 \text{ кгс/см}^2$.

Расчет начинаем с определения площадей поперечных сечений под каждую опорную точку станка S_i и отдельного резинового элемента S_i' .

$$\begin{aligned} \text{Опора № 1: } S_1 &= P_1 / [\sigma] = 360 / 8 = 45 \text{ см}^2, & S_1' &= S_1 / n = 45 / 2 \text{ см}^2 = 22,5 \text{ см}^2. \\ \text{Опора № 2: } S_2 &= P_2 / [\sigma] = 606 / 8 = 75,75 \text{ см}^2, & S_2' &= S_2 / n = 75,75 / 2 \text{ см}^2 = 37,86 \text{ см}^2. \\ \text{Опора № 3: } S_3 &= P_3 / [\sigma] = 464 / 8 = 58 \text{ см}^2, & S_3' &= S_3 / n = 58 / 2 \text{ см}^2 = 29 \text{ см}^2. \\ \text{Опора № 4: } S_4 &= P_4 / [\sigma] = 330 / 8 = 41,25 \text{ см}^2, & S_4' &= S_4 / n = 41,25 / 2 \text{ см}^2 = 20,63 \text{ см}^2. \end{aligned}$$

Определим размеры поперечных сечений резиновых виброизоляторов под

каждой опорной точкой станка:

$$a_1 = \sqrt{S_1'} = \sqrt{22,5} = 4,74 \text{ см}; a_2 = \sqrt{S_2'} = \sqrt{37,86} = 6,15 \text{ см};$$

$$a_3 = \sqrt{S_3'} = \sqrt{29} = 5,39 \text{ см}; a_4 = \sqrt{S_4'} = \sqrt{20,63} = 4,54 \text{ см}.$$

Для определения коэффициента неупругого сопротивления виброизоляторов γ необходимо построить для опытного образца диаграмму статической деформации в осях "Р- ε ", которая представляет из себя петлю гистерезиса резины и характеризует количество энергии, рассеиваемой в материале при его деформировании и идущей

на нагрев образца, на активацию химических процессов и т.д.

Нагружение образца проводили до $P = 900 \text{ кгс}$ с шагом 100 кгс , затем разгрузка до 0. Коэффициент Пуассона получился равным $\mu=0,5$; коэффициент $\gamma=0,037$.

Определим коэффициенты формы K_ϕ каждого виброизолятора, приняв предварительно высоту всех резиновых элементов равной 10 см :

$$K_{\phi 1} = S_{1\text{нагр}} / S_{1\text{бок}} = a_1^2 / (4a_1 \times h_1) = 22,5 / (4 \times 4,74 \times 10) = 0,12,$$

$$K_{\phi 2} = S_{2\text{нагр}} / S_{2\text{бок}} = a_2^2 / (4a_2 \times h_2) = 37,86 / (4 \times 6,15 \times 10) = 0,15,$$

$$K_{\phi 3} = S_{3\text{нагр}} / S_{3\text{бок}} = a_3^2 / (4a_3 \times h_3) = 29 / (4 \times 5,39 \times 10) = 0,13,$$

$$K_{\phi 4} = S_{4\text{нагр}} / S_{4\text{бок}} = a_4^2 / (4a_4 \times h_4) = 20,63 / (4 \times 4,54 \times 10) = 0,11.$$

Определим условный модуль упругости E_u для каждого виброизолятора:

$$E_{u1} = K_{\phi 1} \times E_{c0} = 0,12 \times 194,3 = 23,3 \text{ кгс/см}^2,$$

$$E_{u2} = K_{\phi 2} \times E_{c0} = 0,15 \times 194,3 = 29,1 \text{ кгс/см}^2,$$

$$E_{u3} = K_{\phi 3} \times E_{c0} = 0,13 \times 194,3 = 25,3 \text{ кгс/см}^2,$$

$$E_{u4} = K_{\phi 4} \times E_{c0} = 0,11 \times 194,3 = 21,4 \text{ кгс/см}^2.$$

Определим статическую осадку виброизоляторов под нагрузкой в каждой опорной точке:

$$X_{ст1} = h_1 \times [\sigma] / E_{u1} = 10 \times 8 / 23,3 = 3,43 \text{ см},$$

$$X_{ст2} = h_2 \times [\sigma] / E_{u2} = 10 \times 8 / 29,1 = 2,75 \text{ см},$$

$$X_{ст3} = h_3 \times [\sigma] / E_{u3} = 10 \times 8 / 25,3 = 3,16 \text{ см},$$

$$X_{ст4} = h_4 \times [\sigma] / E_{u4} = 10 \times 8 / 21,4 = 3,74 \text{ см}.$$

Приняв наибольшую статическую осадку в четвертой опоре ($X_{ст4} = 3,74 \text{ см}$) за нулевой уровень, вычислим скорректированные высоты остальных резиновых виброизоляторов для того, чтобы станок был установлен горизонтально, без перекосов. В нашем случае $h_4 = h_4' = 10 \text{ см}$.

$$h_1' = X_{ст4} \times E_{u1} / [\sigma] = 3,74 \times 23,3 / 8 = 10,89 \text{ см},$$

$$h_2' = X_{ст4} \times E_{u2} / [\sigma] = 3,74 \times 29,1 / 8 = 13,6 \text{ см},$$

$$h_3' = X_{ст4} \times E_{u3} / [\sigma] = 3,74 \times 25,3 / 8 = 11,8 \text{ см}.$$

Определяем скорректированные значения коэффициента формы и условного модуля упругости каждого виброизолятора (далее расчет приведен для 1-й опоры):

$$K_{\phi 1}' = S_{1\text{нагр}} / S_{1\text{бок}} = a_1^2 / (4a_1 \times h_1') = 22,5 / (4 \times 4,74 \times 10,89) = 0,109.$$

Скорректированный модуль упругости E_u' для каждого виброизолятора определим так:

$$E_{u1}' = K_{\phi 1}' \times E_{c0} = 0,109 \times 194,3 = 21,18 \text{ кгс/см}^2.$$

Рассчитаем жесткость каждого виброизолятора в вертикальном и горизонтальном направлениях:

$$C_{Z1} = \frac{E_{u1}' S_1'}{h_1} = \frac{21,18 \cdot 22,5}{10,89} = 43,76 \frac{\text{кгс}}{\text{см}},$$

$$C_{XY1} = \frac{GS_1'}{h_1} = \frac{12 \cdot 22,5}{10,89} = 24,8 \frac{\text{кгс}}{\text{см}}.$$

Определим суммарную жесткость системы виброизоляции в вертикальном и горизонтальном направлениях:

$$C_Z = 2C_{Z_1} + 2C_{Z_2} + 2C_{Z_3} + 2C_{Z_4} = 2 \times 43,76 + 2 \times 61,13 + 2 \times 54,44 + 2 \times 44,09 = 406,84 \frac{\text{кГс}}{\text{см}},$$

$$C_{XY} = 2C_{XY_1} + 2C_{XY_2} + 2C_{XY_3} + 2C_{XY_4} = 2 \times 24,8 + 2 \times 33,4 + 2 \times 29,5 + 2 \times 24,76 = 224,92 \frac{\text{кГс}}{\text{см}}.$$

Найдем собственную частоту колебаний системы "станок на виброизоляторах"

в вертикальном и горизонтальном направлениях:

$$f_Z = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{C_Z g}{Q}} = \frac{1}{2 \times 3,14} \sqrt{\frac{406,84 \times 981}{1760}} = 2,4 \text{ Гц},$$

$$f_{XY} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{C_{XY} g}{Q}} = \frac{1}{2 \times 3,14} \sqrt{\frac{224,92 \times 981}{1760}} = 1,78 \text{ Гц}.$$

Вычислим коэффициент передачи силы на частоте вынужденных колебаний станка в вертикальном и горизонтальном направ-

лениях при числе оборотов главного вала $n_1 = 350 \text{ мин}^{-1}$ для первых трех гармоник:

$$f_{B1} = \frac{n_1}{60} = \frac{350}{60} = 5,83 \text{ Гц}, \quad f_{B2} = 11,7 \text{ Гц}, \quad f_{B3} = 17,5 \text{ Гц},$$

$$\eta_{я}^1 = \frac{1 + \gamma^2}{\sqrt{\left(1 - \frac{f_{B1}^2}{f_Z^2}\right)^2 + \gamma^2}} = \frac{1 + 0,037^2}{\sqrt{\left(1 - \frac{5,83^2}{2,4^2}\right)^2 + 0,037^2}} = 0,2,$$

$$\eta_{XY}^1 = \frac{1 + \gamma^2}{\sqrt{\left(1 - \frac{f_{B1}^2}{f_{XY}^2}\right)^2 + \gamma^2}} = \frac{1 + 0,037^2}{\sqrt{\left(1 - \frac{5,83^2}{1,78^2}\right)^2 + 0,037^2}} = 0,1.$$

Аналогично были определены коэффи-

циенты виброизоляции для 2-й и 3-й гармоник:

$$\eta_Z^2 = 0,044, \eta_Z^3 = 0,019, \eta_{XY}^2 = 0,024, \eta_{XY}^3 = 0,01.$$

Результаты экспериментальных проверок при частоте вращения главного вала станка $n_1 = 350 \text{ мин}^{-1}$ показали снижение уровней вибрации на рабочих местах станков, установленных на резиновые виброизоляторы, в 1,5...2 раза по всему спектру частот.

ВЫВОДЫ

1. Разработана методика расчета резиновых виброизоляторов для пневматических ткацких станков типа PN 130 с учетом статических и динамических реакций

станка в опорных точках, а также с учетом физико-механических свойств материала образца виброизоляторов, полученных на стенде для определения статической жесткости.

2. Разработана и испытана система виброизоляции для ткацких станков, включающая в себя резиновые элементы, расположенные по обе стороны от опорной плоскости станка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кочетов О.С. // Изв.вузов. Технология текстильной промышленности. – 1995, №1.С.88...92.

2. А.с. СССР № 1668773. Виброизолирующая система Кочетова для ткацких станков / О.С.Кочетов. – Опул. 1991. Бюл. № 29.

3. А.с. СССР № 1737181. Эластичный виброизолятор Кочетова / О.С.Кочетов.– Опул. 1992. Бюл. № 20.

4. Кочетов О.С., Поляковский Л.Ю., Турбин Л.Т., Кобельков Н.К. Устройство для определения стати-

ческих характеристик виброизоляторов - И.Л.МГЦНТИ. – №13-87,1987.

Рекомендована кафедрой процессов и аппаратов химической технологии и безопасности жизнедеятельности. Поступила 25.04.05.

УДК 677.016.253

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОТДЕЛОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА ХЛОПЧАТОБУМАЖНЫХ ФАБРИК

М.К. КОШЕЛЕВА, А.А. ЩЕГОЛЕВ, М.И. ЛИСТОВА

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

Целью работы является совершенствование производственной и экологической безопасности в цехах мокрой отделки ситценабивной фабрики за счет усовершенствования технологического режима, оценки экономической эффективности предлагаемого инженерного решения по улучшению производственной и экологической безопасности.

Именно такое инженерное решение – усовершенствование процесса промывки

хлопчатобумажных тканей после мерсеризации, являющегося одним из самых энерго- и водоемких процессов и связанного с повышенной производственной и экологической опасностью, в частности, из-за использования поверхностно-активных веществ (ПАВ), оказывающих негативное воздействие на работающих и на окружающую среду, исследовалось в настоящей работе.

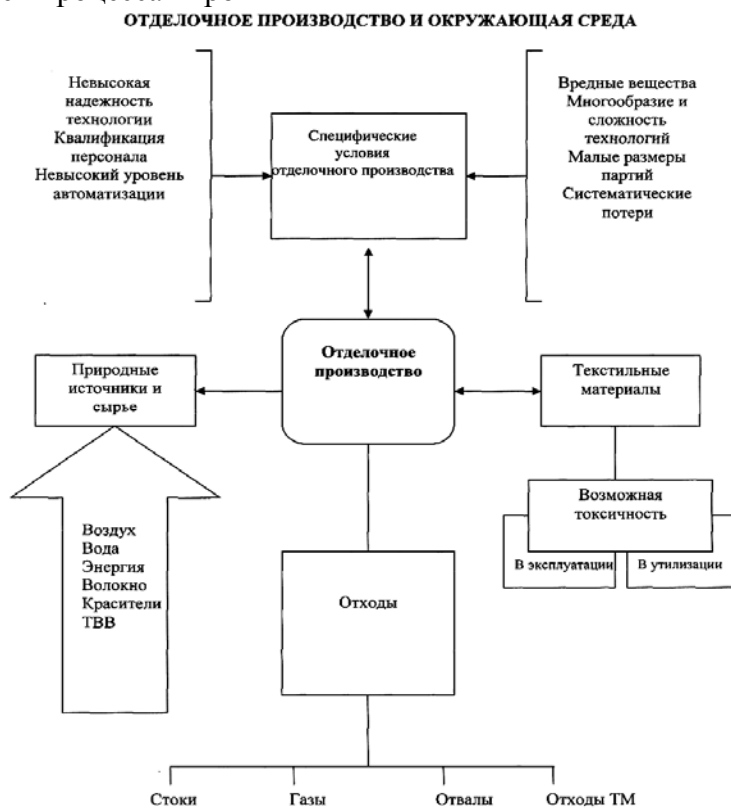


Рис. 1

На рис. 1 представлена схема воздействия основных факторов промышленности на окружающую среду, предложенная проф. Г.Е. Кричевским [1].

Выбор инженерного решения по интенсификации процесса промывки хлопчатобумажной ткани после мерсеризации осуществлялся на основе рекомендаций, разработанных проф. Б.С. Сажиним с соавторами, показавшими, что для выбора способа интенсификации технологического процесса необходимо определить лимитирующее сопротивление, то есть знать, какова технологическая задача массообмена. Проф. Б.С. Сажиним предложена характеристика диффузионного сопротивления – критический размер пор [2].

Выбор наложения физического поля – ультразвукового для интенсификации обоснован, поскольку задача массообмена при промывке хлопчатобумажных тканей является смешанной.

Исследования проводились с учетом реальных условий промывки хлопчатобумажных тканей после мерсеризации при скорости движения ткани 100 м/мин и модуле ванны 100; при этом необходимо бы-

ло уточнить влияние расстояния от источника ультразвука до ткани на эффективность процесса промывки. Подтверждено, что оптимальным является расстояние 5 мм. Объектом исследования служила хлопчатобумажная ткань с поверхностной плотностью 100 г/м².

На основании данных Московской ситценабивной фабрики и рекомендаций НТЦ "Техносоник" для осуществления интенсификации промывки ткани на одной башенной промывной машине ВМБ-120-10 с помощью ультразвука предложено использование в технологическом процессе 2-х погруженных пьезоэлектрических излучателей типа ПП-25/8.

В табл. 1 представлены уравнения, полученные при математическом описании кривых кинетики промывки хлопчатобумажной ткани на основе предположения экспоненциальной зависимости и использования метода наименьших квадратов. Промывку осуществляли при ультразвуковом воздействии при различных расстояниях излучателей от обрабатываемого образца.

Т а б л и ц а 1

$\ell = 5 \text{ мм}$	$\ell = 15 \text{ мм}$	$\ell = 30 \text{ мм}$
$C' = e^{-0,017\tau+4,62}$	$C' = e^{-0,014\tau+4,57}$	$C' = e^{-0,013\tau+4,63}$

П р и м е ч а н и е. a, b – параметры, зависящие от свойств обрабатываемого материала и условий проведения процесса.

Использование ультразвука для интенсификации позволяет сократить время промывки хлопчатобумажной ткани на 33,9 % при расстоянии 5 мм, при этом сокращается расход промывной и сточной воды, расход электроэнергии, загрязнен-

ность сточной воды (так как можно сократить концентрацию ПАВ[3]), тем самым снижается время вредного воздействия в рабочей зоне, выбросы в окружающую среду.

Т а б л и ц а 2

Показатель	До внедрения ультразвука	После внедрения ультразвука	Сокращение на
Концентрация ПАВ в промывном растворе, кг/м ³	1,5	1,2	0,3
Фактическая масса годового сброса ПАВ, т/год	10,458	8,366	2,092
Приведенная масса годового сброса ПАВ, усл. т/год	95,063	76,047	19,016
Расход воды, м ³ /ч	21	17,5	3,5
Фактическая масса годового сброса сточных вод, м ³ /год	41832	34860	6972

Таблица 4

Оценка экономического ущерба от загрязнения водоемов, руб./год $УВ = \gamma \sigma_k M$					
ПАВ МЕТЕКС			ПАВ СУЛЬФОСИД-61		
до внедрения ультразвука		после внедрения ультразвука	до внедрения ультразвука		после внедрения ультразвука
γ – удельная стоимость одной условной тонны загрязняющего вещества, руб./усл. т $\gamma = 9045$ руб./год					
σ_k – безразмерный коэффициент относительной опасности загрязнения для различных водохозяйственных участков, $\sigma_k = 1,16$ – для Москвы					
M – приведенная масса годового сброса примесей данного предприятия, усл. т/год $M = \sum_{i=1}^N A_i m_i$					
m_i – фактическая масса годового сброса i-го вещества до внедрения ультразвука, т/год $m_i = \frac{TP_i W_1}{1000}$	A_i – коэффициент относительной опасности сброса i-го вещества в водоемы, усл. т/год $A_i = \frac{1 \Gamma / M^3}{ПДК_{p/x_i} \Gamma / M^3}$	m_i – фактическая масса годового сброса i-го вещества после внедрения ультразвука, т/год $m'_{метекс} = \frac{TP'_{метекс} W_1}{1000}$	m_i – фактическая масса годового сброса i-го вещества до внедрения ультразвука, т/год $m_i = \frac{TP_i W_1}{1000}$	A_i – коэффициент относительной опасности сброса i-го вещества в водоемы, усл. т/год $A_i = \frac{1 \Gamma / M^3}{ПДК_{p/x_i} \Gamma / M^3}$	m_i – фактическая масса годового сброса i-го вещества после внедрения ультразвука, т/год $m'_{сульфосид-61} = \frac{TP'_{сульфосид-61} W_1}{1000}$
T – количество рабочих часов в году, ч; T = 1992 ч $P_{метекс}$ – расход ПАВа метекс при старом режиме промывки, кг/м ³ ; по полученным данным на Московской ситценабивной фабрике: $P_{метекс} = 1,5$ кг/м ³ ; W_1 – расход воды на 1 машину, м ³ /час. В данном случае: $W_1 = 3,5$ м ³ /ч	ПДК _{p/x i} – предельно допустимая концентрация i-го вещества в воде водных объектов, используемых для рыбохозяйственных целей, г/м ³ ПДК _{p/x метекс} = 0,11 г/м ³	T – количество рабочих часов в году, ч; T = 1992 ч. $P'_{метекс}$ – расход ПАВа Метекс при новом режиме промывки, кг/м ³ $P'_{метекс} = 1,2$ кг/м ³ ; W_1 – расход воды на 1 машину, м ³ /час. В данном случае: $W_1 = 3,5$ м ³ /ч	T – количество рабочих часов в году, ч; T = 1992 ч. $P_{сульфосид-61}$ – расход ПАВа сульфосид-61 при старом режиме промывки, кг/м ³ по полученным на Московской ситценабивной фабрике данным: $P_{сульфосид-61} = 1,0$ кг/м ³ ; W_1 – расход воды на 1 машину, м ³ /ч. В данном случае: $W_1 = 3,5$ м ³ /ч	ПДК _{p/x i} – предельно допустимая концентрация i-го вещества в воде водных объектов, используемых для рыбохозяйственных целей, г/м ³ ПДК _{p/x сульфосид-61} = 0,1 г/м ³	T – количество рабочих часов в году, ч; T = 1992 ч; $P'_{сульфосид-61}$ – расход ПАВа сульфосид-61 при новом режиме промывки, кг/м ³ ; $P'_{метекс} = 0,7$ кг/м ³ ; W_1 – расход воды на 1 машину, м ³ /ч. В данном случае: $W_1 = 3,5$ м ³ /ч
$m_{метекс} = 10,458$ т/год	$A_{метекс} = 9,09$ усл. т/год	$m'_{метекс} = 8,366$ т/год	$m_{сульфосид-61} = 6,972$ т/год	$A_{сульфосид-61} = 10$ усл. т/год	$m'_{сульфосид-61} = 4,880$ т/год
$M = A_{метекс} m_{метекс}$ $M = 95,063$ усл. т/год		$M' = A_{метекс} m'_{метекс}$ $M' = 76,047$ усл. т/год	$M = A_{сульфосид-61} m_{сульфосид-61}$ $M = 69,72$ усл. т/год		$M' = A_{сульфосид-61} m'_{сульфосид-61}$ $M' = 48,8$ усл. т/год
$УВ = 997420$ руб./год		$У'В = 797900,333$ руб./год	$УВ = 731516,184$ руб./год		$У'В = 512019,36$ руб./год
Экономический эффект от снижения загрязнения сточных вод (анионоактивным ПАВ метекс) при усовершенствовании технологического режима промывки $\Delta УВ = УВ - У'В$ $\Delta УВ = 199519,667$ руб./год			Экономический эффект от снижения загрязнения сточных вод (ПАВ сульфосид-61) при усовершенствовании технологического режима промывки $\Delta УВ = УВ - У'В$ $\Delta УВ = 219496,824$ руб./год		

В табл. 2 представлены данные, свидетельствующие об улучшении экологической и производственной безопасности за счет интенсификации процесса промывки (с помощью ультразвука).

Проведена оценка экономической эффективности инженерного решения по улучшению производственной и экологической безопасности в цехе мокрой отделки Московской ситценабивной фабрики

при совершенствовании технологии процесса промывки легких хлопчатобумажных тканей после мерсеризации за счет использования ультразвука.

Основные результаты экономической эффективности, которые могут быть достигнуты за счет внедрения в технологический режим промывки (при совершенствовании технологии процесса) интенсификатора (ультразвука), представлены в табл. 3.

Таблица 3

Затраты расходных показателей, руб		Сокращение затрат расходных показателей, руб	Затраты от внедрения ультразвуковой установки, руб	Экономия от усовершенствования технологического режима промывки, руб
до внедрения ультразвука	после внедрения ультразвука			
амортизация				229627,82
216000	180000	36000	–	
капитальный ремонт машин башенного типа ВМБ-120-10			амортизация	
324000	270000	54000	20250	
текущий ремонт машин башенного типа ВМБ-120-10			капитальный ремонт	
32400	27000	5400	30375	
электроэнергия			текущий ремонт	
227088	189240	37848	3037,5	
поверхностно-активные вещества (ПАВ), применяемые в технологическом режиме промывки			электроэнергия	
600812	480649,68	120162,32	39840	
технологическая вода				
418320	348600	69720	–	

Данные, сведенные в табл. 4 (расчет экономической эффективности), свидетельствуют об улучшении экологической и производственной безопасности за счет интенсификации процесса промывки, при внедрении нового технологического режима.

ВЫВОДЫ

1. Показано, что использование физических, в частности, ультразвуковых полей, является перспективным при совершенствовании технологических режимов с целью повышения производственной и экологической безопасности.

2. Полученные результаты свидетельствуют, что предлагаемое инженерное ре-

шение является экономически выгодным, а производственная и экологическая безопасность при его реализации повышаются.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кричевский Г.Е. Химическая технология текстильных материалов: Учеб. для вузов в 3-х т. – Т.3. – М., 2001.
2. Сажин Б.С. Основы техники сушки. – М.: Химия, 1984.
3. Патент РФ №2163650. Способ жидкостной обработки шерстяных тканей // Кошелева М.К. и др. – Оpubл. 2001г. Бюл. №6.

Рекомендована кафедрой процессов и аппаратов химической технологии и безопасности жизнедеятельности. Поступила 31.10.05.

УДК 658.512.6

**ВЫБОР СИСТЕМЫ КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ
ДЛЯ ТЕКСТИЛЬНОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ
ПРИ МОДЕРНИЗАЦИИ ТЕКСТИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

Е.А.ДЕМЧИНОВА, Ю.Л.ЛУСТГАРТЕН

(Костромской государственной технологической университет)

Экономическая ситуация в России такова, что текстильное машиностроение перестает быть сегодня чисто серийным. Значительное количество заказов связано с ремонтом и модернизацией оборудования [1]. В этих условиях заводы текстильного машиностроения должны внедрять организационные принципы мелкосерийного или даже индивидуального производства. Все это приводит к невозможности использования старых наработанных методов планирования.

В настоящее время на рынке представлено значительное количество универсальных и специализированных программных пакетов для ПК, автоматизирующих функции планирования и контроля календарного графика выполнения работ.

Для того чтобы выяснить, насколько эти системы применимы в условиях мелкосерийного и единичного машиностроения, сформулируем ряд требований к календарному планированию, отражающих специфику данного производства.

1. Поддержка дискретного вида производства.
2. Учет различных видов ресурсов (оборудование, трудовые ресурсы, материалы, комплектующие, финансы).
3. Поддержка временных характеристик технологических операций (штучное время обработки, подготовительно-заключительное время, межоперационное время).
4. Поддержка следующих характеристик оборудования: мощность, плановые и внеплановые простои, стоимость использования в зависимости от загрузки.

5. Оптимизация размера партии обработки деталей на каждой операции с целью эффективного использования оборудования.

6. Оперативное изменение плана при отклонениях по ресурсам.

7. Оперативное изменение плана при конструктивных и/или технологических изменениях (например, замене материала).

8. Получение и сравнение различных версий планов.

9. Возможность расстановки приоритетов при производстве изделий.

10. Поддержка различных критериев оптимальности плана: время выполнения, загрузка оборудования, использования трудовых ресурсов, устойчивость плана к отклонениям и т.д.

11. Интеграция с модулем диспетчеризации производства.

Теперь несколько подробнее остановимся на возможностях конкретных пакетов.

Как правило, универсальные системы календарного планирования обеспечивают основной набор функциональных возможностей, которые включают в себя: средства проектирования структуры работ проекта, средства планирования по методу критического пути, средства ресурсного планирования (описание, назначение и оптимизация загрузки ресурсов), некоторые возможности стоимостного анализа, средства контроля за ходом исполнения проекта, средства создания отчетов и графических диаграмм [2].

Наряду с системами календарного планирования в последнее время широкое

распространение получили программные проекты, дополняющие возможности универсальных систем. Как правило, дополнительное программное обеспечение позволяет:

- добавить или улучшить отдельные функции управления проектами, например, анализ рисков (Palisade Corp. @RISK), учет рабочего времени исполнителей (HMS Software TimeControl), расчет расписания при ограниченных ресурсах (Parsifal Systems Inc. BestSchedule for Projects);

- интегрировать системы управления проектами в корпоративные управленческие системы (например, Marin Research Inc. Project Gateway для Lotus Notes, Time Line Solutions Corp. Project Management Integrator для Novell GroupWise, Project Updater для Oracle);

- настроить универсальное программное обеспечение на специфику управления проектами в конкретной предметной области (например, интеграция со сметными системами для строительных проектов).

Программное обеспечение для управления проектами разделяется на профессиональные системы и системы для массового пользователя.

Профессиональные системы предоставляют более гибкие средства реализации функций планирования и контроля, но требуют больших затрат времени на подготовку и анализ данных и, соответственно, высокой квалификации пользователей.

Второй тип пакетов адресован пользователям-непрофессионалам, для которых управление проектами не является основным видом деятельности.

Основные различия между системами проявляются в реализации функций ресурсного планирования и многопроектного планирования и контроля.

В табл. 1 представлены наиболее известные профессиональные пакеты календарного планирования и системы, популярные среди массовых пользователей [3].

Т а б л и ц а 1

Профессиональные пакеты календарного планирования		
Пакет	Производитель	Уровень цен
Artemis Project View	Artemis International	От \$50000
Open Plan Professional	Welcom Software Technology	6000\$
Primavera Project Planner	Primavera Systems, Inc.	Лицензии с огранич. правами от \$250 до \$500. С полн. правами от \$995 до \$2500
Aspen ORION	Aspen ORION XT	От 1000\$
Системы календарного планирования для массового пользования		
Пакет	Производитель	Уровень цен
Open Plan Desktop	Welcom Software Technology	1000\$
Project 2003	Microsoft	500\$
Project Scheduler	Scitor Corp.	795\$
SureTrak	Primavera Systems, Inc	500\$
Time Line	Time Line Solutions Corp.	695\$
МОНОЛИТ SQL.	МОНОЛИТ SQL.	До 1000\$
Spider Project	Российская консалтинговая компания "Технологии управления Спайдер".	До 1000\$
Фобос	Consistent Software Воронеж	До 1000\$
Milestones Professional 2002	KIDASA Software Inc. Austin, Texas, USA	\$219-\$229 за одну лицензию

Анализ систем показал, что многие из них ориентированы на конкретные типы или области производства.

Так, например, отличительными чертами профессиональной системы Open Plan Professional являются мощные средства ресурсного и стоимостного планирования

в строительстве; при этом ресурсы классифицируются по типам (возобновляемый, расходуемый, с ограниченным сроком годности) и классам (людские, оборудование, материалы, затраты).

Встроенные в Open Plan аналитические инструменты анализа рисков позволяют

определить возможные риски; учитывая потенциальные задержки в доставке материалов, выпадения из графика работ и превышения бюджета, просчитать их вероятность и возможные негативные последствия.

Open Plan содержит средства планирования и контроля затрат, включая средства анализа и отчетности по фактической выработке. К основным преимуществам Open Plan относится то, что он может работать с данными любого профиля, имеющими отношение к жизнедеятельности предприятия [2].

Пакет Spider Project также ориентирован на строительство. Его основным отличием от зарубежных аналогов является адаптированность к российским условиям и нормам.

Система ORION компании Aspen является комплексом, обеспечивающим всеобъемлющее календарное планирование деятельности нефтеперерабатывающих заводов, то есть он ориентирован на непрерывное производство [4].

Настольные системы календарного планирования, такие как Time Line, Microsoft Project 2003 и др., имеют серьезные ограничения, которые не позволяют использовать их для оперативного планирования в машиностроении. Эти ограничения

проявляются как в недостаточности типов поддерживаемых ресурсов, так и в отсутствии гибкости в назначении ресурсов, выборе критериев оптимальности и т.д.

Project 2003 работает с двумя типами ресурсов: люди/оборудование и деньги. Приоритетными областями применения Project 2003 являются проекты, связанные с планированием офисной деятельности, где основными ресурсами являются конкретные исполнители, а основной задачей менеджера – назначение исполнителей на работы и координация выполнения отдельных заданий. Отсутствие возможности описывать материальные ресурсы в явном виде ограничивает использование пакета.

В Time Line реализованы решения для расчета объемов и стоимости работ, сроков реализации строительных проектов. В то же время Time Line не позволяет формировать иерархическую структуру ресурсов, производить назначение исполнителей в соответствии с их квалификацией, что снижает гибкость при планировании загрузки ресурсов и оптимизации плана работ [2].

В табл. 2, где представлен сравнительный анализ систем календарного планирования, продемонстрировано соответствие выдвинутых выше требований возможностям рассмотренных пакетов.

Таблица 2

Требования	Open Plan	Aspen ORION	Project 2003	Time Line	МОНОЛИТ SQL	Spider Project	Фобос	Планирование производства ФИНЭКС Консалтинг
1	+	-	+	+	+	+	+	+
2	+	+	+	-	-	+		-
3	-	-	-	-	-	-	+	-
4	+	+	-	-	+	-	+	+
5	-	-	-	-	-	-	+	-
6	+	-	-	-	Нет сведений	-	+	-
7	+	-	+	+	Нет сведений	+	-	-
8	-	-	-	-	Нет сведений	+	+	+
9	+	-	-+	-	-	+	-	-
10	+	+	+	+-	+	+	+	+
11	-	+	+	-	+	+	+	-

Таким образом, из табл. 2 следует, что ни одна из наиболее известных систем календарного планирования полностью не отражает специфику машиностроительного производства вообще и текстильного в частности, что приводит к необходимости разработки математических моделей, адекватных предметной области, на базе которых можно строить эффективные методы планирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Травин М.М., Григорьев Н.Н.* Место конструкторско-технологической подготовки в системе стратегического маркетинга модернизации ткацких станков // Мат. Междунар. научн.-практ. конф.: Высокоэффективные технологии производства и переработки льна. – Вологда, 2002. С.63...66.
2. *Полковников А.* Западные системы управления проектами: тенденции развития, опыт применения в России / www.zodchiy.ru/S-info/current
3. Информационные системы / www.pmi.ru/infosystem.
4. Описание системы календарного планирования Aspen Orion / www.aspenteck.ru/RU/solutions/inteng/.

Рекомендована кафедрой экономики и управления. Поступила 02.12.05.

УДК 677.054

РАЗРАБОТКА МЕТОДА КОМПЬЮТЕРНОГО ИЗМЕРЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕЛИЗНЫ ТЕКСТИЛЬНЫХ ПОЛОТЕН

И.В. АЛЕКСЕЕВ, А.Ю. МАТРОХИН, Б.Н. ГУСЕВ

(Ивановская государственная текстильная академия)

Наиболее распространенный на практике метод измерения [1] показателей белизны текстильных материалов включает следующие операции: формирования пробы, настройки прибора ЭКЦ-1 и определения коэффициента отражения ρ .

Для данного метода необходимы специальные средства освещения пробы и преобразования аналоговой информации, которые, в свою очередь, требуют конструктивного оформления и индивидуальной настройки.

С интенсивным развитием информационных технологий относительно доступными становятся оптические устройства для считывания и воспроизведения графической информации (оптические сканеры, цифровые фото- и видеокамеры). В связи с этим актуальной становится задача по изучению возможностей этой техники в целях определения показателей белизны двумерных текстильных материалов.

Для реализации нового метода определена последовательность операций компьютерного измерения, включающего операции: формирование пробы, получение и

обработка цифрового изображения, вычисление абсолютных и относительных показателей белизны.

Для формирования пробы (образца ткани или нетканого полотна) его необходимо отгладить при температуре не более 100°C и сложить в такое количество раз, которое дает стабильную яркость ("стабильная яркость" означает, что дальнейшее увеличение слоев пробы не приведет к изменению ее средней яркости).

При получении цифрового изображения пробы ее укладывают на рабочую поверхность сканера и подвергают сканированию в режиме отраженного света в палитре RGB (в качестве устройства использовался сканер марки Epson Perfection 1240 Photo).

Обработка полученного изображения заключалась в построении выборочного распределения яркости пикселей и последующем пороговом отсечении тех деталей изображения, элементы которых резко отличались по своей яркости от общего фона (яркость фона определялась как среднее

арифметическое значение яркости всех пикселей изображения).

Для вычисления абсолютных и относительных характеристик белизны предварительно уточнили существующие характеристики белизны текстильных материалов. В частности, предложено на уровень качественной характеристики дополнительно вынести термины в комплементарной форме записи "белизна-чернота" и в контрарном представлении "белизна-серота-чернота".

На уровне количественных характеристик в дополнении к [1] предложено ввести абсолютные и относительные показате-

тели белизны, а именно: абсолютное отклонение коэффициента отражения от эталона $\Delta\rho = |\rho| - \rho$; показатель соответствия белизны образца эталону $K_\rho = \rho/|\rho|$ и относительное отклонение коэффициента отражения от эталона $\delta\rho = 1 - (\rho/|\rho|)$.

Заключительная операция нового метода состояла в получении итогового протокола (при его формировании (рис. 1) преследовалась цель по использованию результатов для сертификационных испытаний).

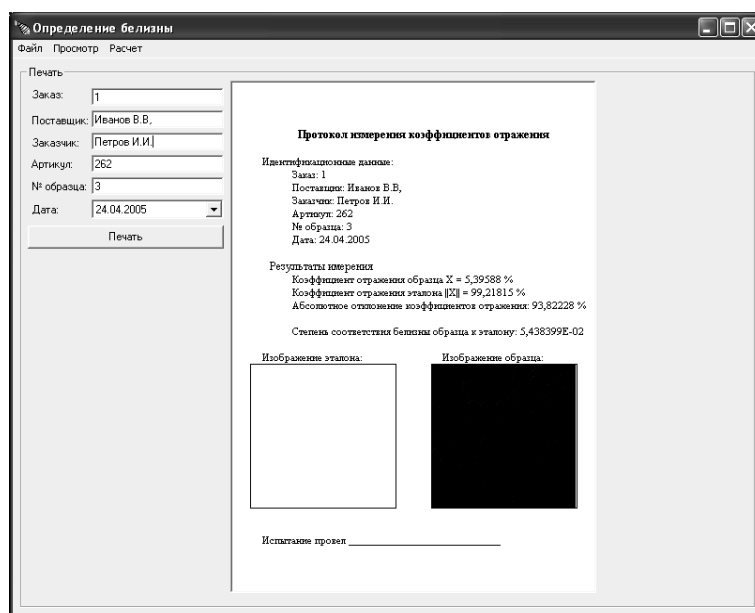


Рис. 1

Для определения метрологических характеристик компьютерного метода измерения показателей белизны текстильных

материалов в качестве базового использовали метод [1], результаты многократных испытаний приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Вид пробы	Значение коэффициента отражения по методу		Систематическая погрешность относительно базового метода, %
	базовому	предлагаемому	
Бязь арт. 262 (отбеленная ткань)	91,1	92,0	0,99
Бязь арт. 142 (суровая ткань)	15,2	18,0	18,42
Хлопчатобумажное трико арт. 3124 (черная ткань)	3,2	6,2	93,75
Эталонный образец (керамическая плитка белого цвета)	98,2	99,7	1,53

Анализ данных, приведенных в табл. 1, показывает, что предлагаемый метод дает несколько завышенные результаты и различную систематическую погрешность в зависимости от интенсивности окраски проб ткани (наибольшая погрешность соответствует черному образцу, что ставит под сомнение дальнейшее использование метода применительно к серым и черным образцам). В диапазоне от белого до естественного сурового цвета систематическая погрешность также должна быть оговорена дополнительно и учтена.

ВЫВОДЫ

Относительно [1] предложен, методически проработан и апробирован компьютерный метод измерения показателей белизны материалов, основанный на серийно выпускаемой технике.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 18054–72. Материалы текстильные не-люминесцирующие. Метод определения белизны.

Рекомендована кафедрой материаловедения и товароведения. Поступила 22.11.05.

УДК 677.017

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМНОГО ВЛИЯНИЯ
КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ
ТЕКСТИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ
И СВОЙСТВ ОБРАБАТЫВАЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ***Г.К. КУЗНЕЦОВ***(Костромской государственной технологической университет)**

Текстильная технология по преимуществу технология машинная. Она реализуется на машинах, специализированных для выполнения отдельных операций и применительно к тому или иному виду обрабатываемого материала – сырья, полуфабрикатов, а также к виду волокон, лежащих в их основе. В основании большинства технологических процессов лежат механические взаимодействия рабочих органов машины и обрабатываемого материала.

Машины и механизмы рассматриваются в большинстве случаев как механические системы с жесткими звеньями и с одним входным звеном. В этом случае система имеет одну степень свободы, движение всех звеньев определяется одной обобщенной координатой и имеет строго заданные закономерности [1].

Иногда в схему механизма включаются упругие звенья, что осложняет анализ движения, прежде всего, рабочих органов [1], [2].

Во многих случаях в текстильных машинах взаимодействие осуществляется через промежуточный обрабатываемый материал, имеющий упруговязкие, а иногда и пластические свойства.

В некоторых случаях при анализе возможно рассматривать находящийся в машине материал как звено механизма с присущими ему свойствами. Механизм с упругими и упруговязкими звеньями имеет две или более степеней свободы и для описания его движения необходимо соответствующее количество обобщенных коор-

динат. Кроме того, текстильный материал часто представляет собой гибкое тело (лента, ровница, пряжа, ткань) и для анализа должна использоваться теория механизмов с гибкими звеньями [3].

Включение обрабатываемого материала в состав механизма в качестве звена, имеющего сложные свойства, уже было предложено рядом авторов [4...6]. Однако серьезных исследований этого направления нет, что, по моему мнению, связано с неопределенностью некоторых свойств материалов на разных ступенях технологии. Очевидно, что без знания свойств обрабатываемого материала строгий анализ и синтез таких механизмов просто невозможен. Кроме того, надо иметь в виду, что даже в процессе одной операции свойства материала могут изменяться вследствие неравномерности объекта обработки. Например, неровнота по линейной плотности волокнистой ленты, масса звена при намотке и размотке бобин, навоев, а также и свойства тела намотки. Все эти обстоятельства оказывают свое влияние на динамику машины и требуют для проектирования технологии и рабочих органов машины целенаправленной материаловедческой информации.

Характерным примером механизма, когда он перестает существовать без обрабатываемого материала, является ткацкий станок. Именно "упругая заправка" является звеном, которое связывает весь комплекс устройств для формирования ткани.

Влияние свойств основных нитей, а затем и ткани, на работу механизмов ткацкого станка описано в работе [7]. Упруговязкие свойства, прокатываемого в любых валках продукта, определяют характер вибраций в валковых узлах [8], [9]. Возбудителем колебаний в мотальных механизмах, наряду с другими причинами, часто является несовершенство формы наматываемой бобины (эксцентриситет, овальность, огранка). При больших скоростяхмотки возможен отрыв бобины от валика, то есть нарушение технологического процесса и работы механизма.

Говоря о том, что обрабатываемый продукт может быть возбудителем колебаний, нельзя не учитывать того, что, при его вязких характеристиках, он имеет и демпфирующие свойства. Такой симбиоз свойств затрудняет решение задач технологии и проектирования механизмов [10].

Если рассмотреть вынужденные колебания механизма с одной степенью свободы с помощью классических уравнений

$$aq'' + bq' + cq = F(t) + R,$$

то в правой части, наряду с возмущениями по разным причинам $F(t)$, могут возникать возмущения от обрабатываемого материала R (неровнота, засоренность, огранка и др.). Возмущающая сила R зависит от многих факторов и часто является случайной функцией.

Второе слагаемое левой части несет в себе демпфирующий эффект, в том числе и от обрабатываемого материала. При спонтанно возникающих колебаниях рабочих органов нарушаются параметры технологического режима, возникают динамические изменения нагрузки, натяжения, что может привести к потере прочности материала, вплоть до разрушения (например, обрывность).

При проектировании машин недостаточно знания некоторых свойств волокнистых материалов; их изменение в ходе технологического процесса приводит к искусственному завышению характеристик механизмов – масс, жесткостей, нагрузок, демпферов. Все описанные обстоятельства приводят к низкому технологическому уровню технологии, несовершенству конструкций машин и, в конце концов, к отрицательному влиянию на качество выпускаемой продукции.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Левитский Н.И.* Теория механизмов и машин. – М.: Наука, 1979.
2. *Аносов В.Н.* Основы методики проектирования боевых механизмов ткацких станков // Сб. науч.-исслед. тр. Костромского текстильного института. – М.: Гизлегпром, 1958, вып. 12.
3. *Куровский Ф.М.* Теория плоских механизмов с гибкими звеньями. – М.: Машгиз, 1963.
4. *Мигушов И.И.* Механика текстильной нити и ткани. – М.: Легкая индустрия, 1980.
5. *Кузнецов Г.К., Кваченок К.А.* //Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. –1981, №2.
6. *Титов С.Н.* Комплексный анализ и усовершенствование мотального механизма ПСК-225-ЛО: Дис...канд.техн.наук. – Кострома, КТИ, 1994.
7. *Титов С.Н.* Нелинейная механика текстильных процессов. Монография. – Кострома, КГТУ, 2004.
8. *Калинин Е.Н.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. –2000, №2.
9. *Кузнецов Г.К., Титов С.Н., Фомин Ю.Г., Белов С.В.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. –2004, №3.
10. *Гусев В.А.* Обеспечение стабильности технического состояния кардочесальных машин. Монография. – Кострома, КГТУ, 2001.

Рекомендована кафедрой материаловедения и товароведения ИГТА. Поступила 28.11.05.

ДИАМАГНИТНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ИЗДЕЛИЯХ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

В.С. ИВАНОВА, В.В. ВЕСЕЛОВ, Б.Л. ГОРБЕРГ

(Ивановская государственная текстильная академия,
Ивановский государственный химико-технологический университет)

В последнее время произошли коренные изменения в структуре ассортимента текстильных материалов, применяемых для изготовления одежды военнослужащих, в том числе маскировочной. Этот процесс особенно актуален в связи с использованием в арсенале военнослужащих прицелов ночного видения.

Изменения в структуре ассортимента обусловлены тем, что традиционно применяемые ткани (типа "Флора", "Лес", "Тропики") обладают низкими показателями маскировочных свойств, а зарубежные материалы на основе термопласта и микропористых мембран, несмотря на высокий уровень данных показателей, не нашли у нас широкого применения вследствие их высокой стоимости и трудностей организации производства.

Сложившаяся ситуация стимулирует поиск и разработку новых видов защитных текстильных материалов, в которых оптимальный комплекс технических характеристик сочетался бы с невысокой стоимостью и доступностью в отечественном производстве.

Так, на базе ИГТА и ИГХТУ разработан композиционный материал для маскировочной одежды. Материал представляет собой камуфлированную полиэфирную основу с нанесенным на изнаночную сторону металлизированным покрытием. Композиционный материал выгодно отличается от традиционных тканей повышенной износостойкостью, а наличие на текстильной основе металлизированного покрытия придает основе маскировочные свойства.

Отсутствие научно обоснованного подхода к использованию свойств этих материалов в процессах проектирования и изготовления маскировочной одежды сдерживает возможность их применения для

массового производства данного вида одежды.

В связи с этим возникла необходимость разработки комплексной методики выбора металлизированных покрытий, позволяющей обосновывать их применение.

Тепловое излучение свойственно всем телам и каждое из них излучает энергию в окружающее пространство. При попадании на другие тела эта энергия частью поглощается, частью отражается и частью проходит сквозь тело. Та часть лучистой энергии, которая поглощается другим телом, снова превращается в тепловую. На этом принципе основана работа прицелов ночного видения.

Расчет снижения теплового излучения от человека производится согласно закону Стефана-Больцмана. Он устанавливает зависимость плотности потока интегрального излучения от температуры. Для абсолютно черного тела:

$$E_0 = \int E_{0\lambda} d\lambda = \int c_1 d\lambda / \lambda^5 (e^{c_2/\lambda T} - 1). \quad (1)$$

В результате интегрирования уравнения (1) получим:

$$E_0 = \sigma_0 T^4, \quad (2)$$

где σ_0 – постоянная Стефана-Больцмана; она равна $5,67 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м²·К⁴).

В технических расчетах этот закон применяется в более удобной форме:

$$E = \varepsilon C_0 (T/100), \quad (3)$$

где E – плотность потока излучения Вт/м²; ε – степень черноты тела; C_0 – коэффициент излучения абсолютно черного тела; он равен $5,67$ Вт/м²·К⁴; T – температура в °К.

Для человека ε в среднем составляет 0,8 при температуре тела $t=36,6^\circ\text{C}$ или $T=309,6\text{ K}$; $E_{\text{ч}}=0,8 \cdot 5,67(309,6/100)^4=416,75\text{ Вт/м}^2$.

С целью уменьшения потока излучения необходимо снизить температуру излучающего тела и уменьшить степень черноты ε . В тех же случаях, когда температуру снизить нельзя, для снижения теплового излучения применяют экраны с низкой степенью черноты:

$$E_{\text{ч}} = \varepsilon_n C_0 (T/100)^4, \quad (4)$$

где

$$\varepsilon_n = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_3} + \frac{1}{\varepsilon - 1}}, \quad (5)$$

где ε_3 – степень черноты металла.

В качестве объектов исследования было выбрано три диамагнитных металла, наиболее приемлемых для массового выпуска вариантов композиционных текстильных материалов: алюминия, титана, нитрида титана.

Степени черноты металлов приведены в табл. 1

Т а б л и ц а 1

Наименование металла	ε_0
Алюминий	0,055
Титан	0,035
Нитрид титана	0,022

Из представленных результатов хорошо видно, что человек без одежды практически остается не защищенным от снайперов, винтовки которых оснащены прицелами ночного видения. В то же время использование металлизированных покрытий

на ткани значительно снижает возможности видения человека.

Произведенные расчеты показывают, что наивысшие результаты достигаются с помощью нитрида титана (табл.2).

Т а б л и ц а 2

Вид покрытия	Значение $\varepsilon_{\text{ч}}$, Вт/м ²
Для человека без одежды	416,75
Для человека в одежде с напылением из алюминия	28,65
Для человека в одежде с напылением из титана	18,23
Для человека в одежде с напылением из нитрида титана	11,46

Как видно из результатов, приведенных в табл.2, применение на композиционном материале напыления из алюминия позволяет снизить излучение от тела человека в 14,5 раза; титан снижает поток в 23 раза, а нитрид титана – в 36,3 раза.

В Ы В О Д Ы

1. На основании проведенных исследований разработана методика выбора композиционных материалов с металлизированным покрытием, позволяющая оценить применимость этих материалов для целей массового производства маскировочной одежды.

2. Показано, что наилучшие результаты для защиты человека обеспечивает нитрид титана.

Рекомендована кафедрой технологии швейных изделий. Поступила 14.11.05.

УДК 62-523.2:621.3.013

АНАЛИЗ СТАЦИОНАРНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ УСТРОЙСТВА ОБНАРУЖЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЧАСТИЦ

С.В. ЛЮБИМЦЕВ

(Ивановская государственная текстильная академия)

При изготовлении полюсных наконечников устройств обнаружения металлочастиц с целью недопущения повреждения

текстильных полотен или валов отделочного оборудования снимается фаска под углом 45° . Это приводит к изменению па-

раметров магнитного поля по отношению к идеальной форме наконечников с углом между его гранями, равным 90° , при отсутствии фаски между гранями полюсов или их скругления [1].

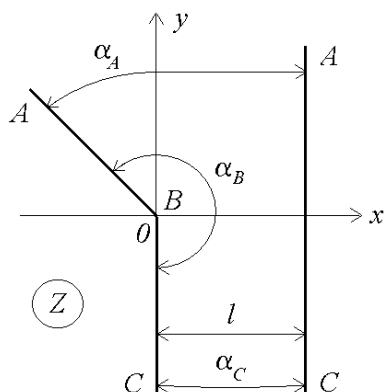


Рис. 1

Для использования интеграла Кристоффеля-Шварца при отображении поля сложной конфигурации Z в поле верхней полуплоскости R (рис. 2) имеем: $p_A = \infty$, $p_B = -1$, $p_C = 0$ и соответственно $\alpha_A = \pi/4$, $\alpha_B = 5\pi/4$, $\alpha_C = 0$.

Интеграл Кристоффеля-Шварца в таком случае примет вид:

$$Z = a \left(\begin{array}{l} 4\sqrt[4]{R+1} - \frac{1}{\sqrt{2}} \ln \frac{1 + \sqrt{R+1} + \sqrt{2}\sqrt[4]{R+1}}{1 + \sqrt{R+1} - \sqrt{2}\sqrt[4]{R+1}} \\ -\sqrt{2} \operatorname{arctg} \frac{\sqrt{2}\sqrt[4]{R+1}}{1 - \sqrt{R+1}} \end{array} \right) + b. \quad (2)$$

Точка B на плоскости Z имеет координату $Z_B = 0$, что соответствует координате $R_B = -1$ на верхней полуплоскости R . Исходя из этого соответствия получаем $b = 0$.

Значение постоянной интегрирования a определим при переходе с луча CA на луч CB в плоскости R при $R \rightarrow 0$ и соответствующем переходе в плоскости Z . Тогда $a = -j\ell/\pi$.

В таком случае конфигурация магнитного поля в рабочей зоне полюсного наконечника в комплексной плоскости $Z=X+jY$ будет иметь вид, изображенный на рис. 1.

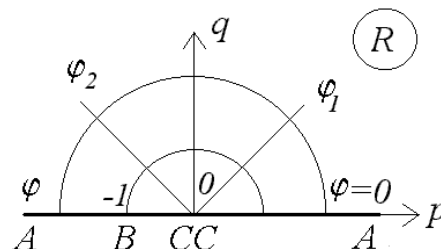


Рис. 2

$$Z = a \int_{-1}^R \frac{\sqrt[4]{R+1}}{R} dR + b. \quad (1)$$

Интеграл (1) содержит иррациональную функцию. Его решение возможно с использованием теоремы Чебышева [2] об интегрировании биномиальных дифференциалов.

Решение интеграла (1) имеет вид:

Преобразование поля верхней полуплоскости R в плоскопараллельное поле комплексной плоскости W осуществляется при помощи известной функции [3]: $R=e^{\pi W/\varphi}$, где $W = U + jV$, а φ – скалярный магнитный потенциал.

Переходя к относительным значениям $Z = Z/\ell$ и $W = W/\varphi$, имеем:

$$Z = -\frac{j}{\pi} \left(\begin{array}{l} 4\sqrt[4]{e^{\pi W} + 1} - \frac{1}{\sqrt{2}} \ln \frac{1 + \sqrt{e^{\pi W} + 1} + \sqrt{2}\sqrt[4]{e^{\pi W} + 1}}{1 + \sqrt{e^{\pi W} + 1} - \sqrt{2}\sqrt[4]{e^{\pi W} + 1}} \\ -\sqrt{2} \operatorname{arctg} \frac{\sqrt{2}\sqrt[4]{e^{\pi W} + 1}}{1 - \sqrt{e^{\pi W} + 1}} \end{array} \right) + b. \quad (3)$$

$$k_2 = k - 2\sqrt{2}\sqrt[4]{k} \cos \frac{\alpha(\sqrt{k} + 1)}{4} +$$

Уравнения функций комплексного переменного [3]: $\ln S = \ln |S| + j \arg(S)$ и $\operatorname{arctg} S = -\frac{j}{2} \ln \frac{j-S}{j+S}$ позволяют проанализировать выражение (3).

Преобразуя $e^{\pi W}$ к виду $ke^{j\alpha}$, где

$$k = \sqrt{e^{2\pi U} + 2e^{\pi U} + 1}, \quad (4)$$

$$\alpha = \operatorname{arctg} \frac{e^{\pi U} \sin \pi V}{e^{\pi U} \sin \pi V + 1}, \quad (5)$$

получаем

$$k_1 = k + 2\sqrt{2}\sqrt[4]{k} \cos \frac{\alpha(\sqrt{k} + 1)}{4} + 2\sqrt{k} \left(1 + \cos \frac{\alpha}{2} \right) + 1, \quad (6)$$

$$\beta = \operatorname{arctg} \frac{\sqrt{2}\sqrt[4]{k} \sin \frac{\alpha}{4} + \sqrt{k} \sin \frac{\alpha}{2}}{\sqrt{2}\sqrt[4]{k} \cos \frac{\alpha}{4} + \sqrt{k} \cos \frac{\alpha}{2} + 1}, \quad (7)$$

$$m = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{k_4^2(\sin 2\alpha_4 + 1) - 2k_4(\sin \alpha_4 + \cos \alpha_4) + 1}{k_4^2(\sin 2\alpha_4 + 1) + 2k_4(\sin \alpha_4 + \cos \alpha_4) + 1}}, \quad (14)$$

$$\delta = \operatorname{arctg} \frac{k_4 \sin \alpha_4 - 1}{k_4 \cos \alpha_4} - \operatorname{arctg} \frac{k_4 \sin \alpha_4 + 1}{k_4 \cos \alpha_4} - \frac{\pi}{2}. \quad (15)$$

Тогда с учетом уравнений (6)...(15) имеем возможность записать выражение, связывающее координаты исходного кри-

волинейного поля $Z = X + jY$ с координатами плоскопараллельного поля $W = U + jV$:

$$X = \frac{1}{\pi} \left(4\sqrt[4]{k} \sin \frac{\alpha}{4} - \frac{\beta - \gamma}{\sqrt{2}} - \sqrt{2}m \sin \delta \right), \quad (16)$$

$$Y = -\frac{1}{\pi} \left(4\sqrt[4]{k} \cos \frac{\alpha}{4} - \frac{1}{\sqrt{2}} \ln \left| \frac{\beta}{\gamma} \right| - \sqrt{2}m \cos \delta \right). \quad (17)$$

Напряженность поля $H = H e^{j\varphi^H}$ определяется выражением [4]:

$$H = \frac{e^{j3\alpha}}{n}, \quad (18)$$

откуда

$$H = \frac{1}{\sqrt[8]{(e^{2\pi U} + 2e^{\pi U} + 1)^3}}, \quad (19)$$

$$\varphi^H = \frac{3}{4} \operatorname{arctg} \frac{e^{\pi U} \sin \pi V}{e^{\pi U} \cos \pi V + 1}. \quad (20)$$

ВЫВОДЫ

Исследовано стационарное поле реальной конфигурации полюсного наконечника устройства обнаружения металлических частиц в текстильных полотнах и валах отделочного оборудования, в результате

чего получены уравнения, связывающие координаты криволинейного рабочего поля, модуль и направление вектора напряженности с координатами плоскопараллельного поля.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Расторгуев А.К., Любимцев В.В.* Теоретические основы расчета элементов текстильной автоматики: Учебное пособие. – Иваново: ИХТИ, 1985.
2. *Бронштейн И.Н., Семендяев К.А.* Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов. – М.: Наука, 1986.
3. *Лаврентьев М.А., Шабат Б.В.* Методы теории функций комплексного переменного. – М.: Наука, 1973.
4. *Любимцев С.В.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2005, №3. С.114...116.

Рекомендована кафедрой прикладной математики и информационных технологий. Поступила 22.11.05.

УДК 658.628

РАЗВИТИЕ АССОРТИМЕНТА НАПОЛЬНЫХ ТАФТИНГОВЫХ ПОКРЫТИЙ

О.Н. ЗУЕВА, Л.И. ВИШНЕВСКАЯ, О.В. ПЕЧУРА

(Уральский государственный экономический университет)

К перспективным сравнительно новым видам ковровых изделий относятся тафтинговые покрытия, принцип получения которых состоит в прошивке ворсовыми нитями текстильной основы. Популярность этой технологии обусловлена не только высокой производительностью применяемых машин, но и разнообразием конструкций и внешнего вида вырабатываемых изделий, их хорошими тепло- и звукоизоляционными свойствами, длительными сроками эксплуатации.

Они не имеют такого богатого прошлого, как ковры, но получили широкое распространение и признание как доступные, практичные, заслуживающие внимания материалы для оформления полов, способствующие созданию здоровой среды обитания благодаря прочному удержанию

осевшей пыли и снижению уровня аллергических реакций. Эти покрытия воплотили в себе "мечту" о доступном по цене, не обременительном в уходе, достаточно удобном при использовании материале.

Для выявления соответствия структуры ассортимента тафтинговых покрытий, предлагаемых предприятиями розничной торговли г. Екатеринбурга, требованиям покупателей, был проведен анкетный опрос репрезентативной выборки, объем которой, согласно расчетам, составил 92 человека. В ее состав вошли респонденты в возрасте от 18 до 60 лет, среднедушевой доход которых колебался от 2000 до 20000 руб. в месяц, что позволило распространить результаты исследования на генеральную совокупность, то есть на население города Екатеринбурга. Коэффициент

конкордации по ключевым вопросам составил 0,73...0,81, что свидетельствует о высокой согласованности мнений респондентов.

При обработке результатов анкетного опроса с помощью программного пакета Microsoft Excel были выявлены взаимосвязи между распределением покупательских предпочтений и различными характеристиками тафтинговых покрытий. Графоаналитически они описываются полиномиальными уравнениями, что позволяет использовать полученные тренды покупательского спроса в практической деятельности розничных предприятий для дальнейшего совершенствования ассортимента.

В частности, из структуры предпочтений потребителями ковровых покрытий с различной фактурой поверхности, обусловленной типом ворса, следует, что 39,5% респондентов намерены приобрести изделия с петлевым, 28,4% – с разрезным, 31,1% – с комбинированным ворсом.

Использование при опросе иллюстрационного материала позволило установить, что из покрытий с петлевым ворсом у опрошенных примерно одинаково попу-

лярны "скрол", "бербер", "мультибербер"; с разрезным – велюровые (велюр, плюш, псевдоплюш), "фризе", "соксони", "шэг".

Для установления влияния доходов и возраста респондентов на результаты потребительской оценки в работе применен метод однофакторного дисперсионного анализа, позволяющий оценить степень воздействия данных группировочных признаков на результативный с определением уровня значимости статистических связей на основе критерия Фишера (F-критерия).

В частности, установлена тесная статистическая зависимость между уровнем душевого дохода и намерениями респондентов по приобретению тафтинговых покрытий с ворсом различного волокнистого состава, высоты, типа, фактуры, колористического оформления. Подтверждением ее является превышение во всех случаях экспериментального значения критерия Фишера над табличным.

Например, данные анкетного опроса, характеризующие зависимость между уровнем доходов опрошенных и выбором ими покрытий различного волокнистого состава, представлены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Группа покрытий по волокнистому составу	Предпочтения покрытий ковров различного волокнистого состава при душевом доходе в месяц, руб								Итого	
	менее 2200		2201...4500		4501...6500		более 6500		количество ответов	доля, %
	количество ответов	доля, %	количество ответов	доля, %	количество ответов	доля, %	количество ответов	доля, %		
Полиамидный	-	-	9	34,6	8	20,5	4	30,8	21	25,9
Полипропиленовый	2	66,7	1	3,8	-	-	-	-	3	3,7
Натуральный	-	-	6	23,1	16	41,0	9	69,2	31	38,3
Смешанный	-	-	3	11,5	6	15,4	-	-	9	11,1
Не имеет значения	1	33,3	7	26,9	9	23,1	-	-	17	21,0
Итого	3	100	26	100	39	100	13	100	81	100

Эмпирический критерий Фишера, рассчитанный с вероятностью 0,95 по цифровому массиву табл. 1, составил 3,67, в то время как табличное значение данного параметра при заданных условиях не превышает 3,23. Следовательно, влияние уровня доходов покупателей на распределение их

предпочтений можно признать статистически значимым.

Согласно результатам исследований предпочитаемая потребителями структура ассортимента ковровых покрытий, выявленная путем анкетирования, отличается от фактической, что свидетельствует о не-

обходимости корректировки последней по ряду позиций.

Целесообразно:

– сократить в предложении торговых предприятий долю изделий с полипропиленовым ворсом, характеризующихся недостаточно высокими эксплуатационными свойствами;

– увеличить удельный вес покрытий с ворсом из полиамидных волокон антрон, отличающихся высокими износостойкостью и противопожарными показателями, широкой цветовой гаммой, устойчивостью к смятию, антистатическим и грязеотталкивающими свойствами, способностью маскировать пятна различного происхождения;

– ввести в ассортимент тафтинговые покрытия с шерстяным ворсом, доля которых по данным за 2003 г. [1] в общем объеме мирового сбыта составляет 41% и которые намерены приобрести 38,3% опрошенных (см. табл. 1);

– удовлетворить спрос потребителей на покрытия с популярными в настоящее время рисунками, выполненными в стиле "сафари", имитирующими шкуры зебры, тигра, леопарда и похожие по структуре на гальку или циновку;

– увеличить объем в поставках покрытий с комбинированным и петлевым низким ворсом, обеспечивающим максимум удобств при использовании и уходе, и с разноуровневым ворсом, отличающимся высокими эстетическими свойствами и повышенной комфортабельностью;

– расширить ассортимент за счет комплектных изделий, на которые появился повышенный спрос, с модным рисунком медальонного, вазонного, сюжетно-тематического характера;

– организовать рекламу и выявить спрос на модульную ковровую плитку, отвечающую требованиям обеспечения мобильности интерьерера, создания безграничных возможностей для дизайна пола, экономичностью, технологичностью при установке, легкостью замены в местах повреждений и доступа к проводам и коммуникациям, уложенным под покрытием.

Результатом отмеченных изменений будет совершенствование ассортимента, привлечение потенциальных покупателей, стимулирование спроса на тафтинговые покрытия, рост товарооборота магазина и, как следствие, увеличение его чистой прибыли.

ВЫВОДЫ

Исследована структура ассортимента тафтинговых покрытий на предприятиях г. Екатеринбурга и на основе полученных данных разработаны рекомендации по ее совершенствованию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Храмов Б. // Новости мирового рынка // Текстильная промышленность. –2004, №11. С.58.

Рекомендована кафедрой товароведения и экспертизы непродовольственных товаров. Поступила 28.11.05.

УДК 382

ВЛИЯНИЕ ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИНОВ НА МЕЖДУНАРОДНУЮ ТЕКСТИЛЬНУЮ ТОРГОВЛЮ

МИХАЙ СКАРЛАТ, МИХАЙ ЧОКОИ

(Технический университет г. Яссы, Румыния)

Развитие электронной торговли через Интернет предлагает новую коммерческую среду, используемую для общения, снижения затрат, управления поставщиками, оптимальной логистики и поиска потреби-

лей. Интернет позволяет компаниям налаживать связи непосредственно с потребителями, поставщиками [1].

Конечно, все еще существует большое количество сделок, которые заключаются

непосредственно при встрече. По этой причине Интернет не является основной единицей информации некоторых сделок. Большим препятствием для них в текстильном секторе является и тот факт, что предлагаемую продукцию нельзя взять в руки, примерить, и даже переданные цвета могут не соответствовать подлинным [2].

Сделки B2B в сфере текстильной и швейной промышленности с помощью Интернета дают возможность компаниям снизить закупочные цены, количество оборудования, уменьшить время оборота товара и снизить стоимость маркетинга [1]. Аргументом за распространение такой системы является то, что независимое международное сотрудничество торговых промоуторских организаций насчитывает 48 интернет-магазинов этого сектора (www.emarketservices.com).

Интернет-магазин – это сайт с торговыми функциями для нескольких компаний, занимающихся покупкой и продажей. Их провайдер не контролирует цены на продукцию, так как покупатели и продавцы занимаются коммерцией друг с другом и оплачивают услуги интернет-магазину, который имеет и некоторые торговые функции, такие как переговоры по поводу цен, по поводу аукциона или каталога продукции с возможностью назначить цену или заказать продукцию on-line [3].

В исследовании, опубликованном в декабре 2003 г. Итальянской торговой комиссией, показано, что число европейских интернет-магазинов текстильной и швейной промышленности выросло на 66% в период с июня 2001 по декабрь 2003 гг. [4...10]. Их географическое распределение в Европе представлено следующим образом: Бельгия, Болгария, Венгрия, Голландия, Польша, Россия, Румыния – по одному; Великобритания, Португалия и Франция – по два, Испания и Турция – по три, Германия – четыре, Италия – семь. Из 31 интернет-магазина в Европе шесть из них были разработаны с финансовой помощью итальянской компании ItalianModa.

Более 16% европейских интернет-магазинов находятся в восточно-европейских странах. На сегодняшний

день негативным фактором является то, что большинство восточно-европейских текстильных компаний работают в системе, где субподрядчики отвечают за предоставление работы и оборудования, например, по пошиву одежды для производителей, оптовиков и дизайнеров.

Оптовый покупатель предоставляет сырье, лекала и сбыт. Готовые товары возвращаются компаниям-подрядчикам для контроля качества и отправки, а затем продаются под их фирменным знаком с большой прибылью. Например, в Румынии за женское пальто английская компания платит своему субподрядчику 10\$ за штуку, а продает в Англии за 200£.

Большинство восточно-европейских интернет-магазинов желают продвигать текстильные товары, сконструированные и произведенные в их странах. Этот факт улучшает экспорт текстильной продукции, смоделированной, а не просто произведенной в Восточной Европе.

Реализованный весной 2000 г. проект ItalianModa (www.italianmoda.com) был передовой B2B (business to business) электронной торговой площадкой, целью которой была помощь итальянским текстильным и швейным компаниям делать бизнес с профессионалами всего мира.

Интернет-магазин – это центр общения на английском языке между местными компаниями, производящими или поставляющими текстильную, швейную и кожаную продукцию, и покупателями.

Вопреки кризису итальянской текстильной промышленности ItalianModa искала партнеров для создания интернет-магазинов, основанных на франчайзинге внутри страны. В этом партнерстве итальянская компания берет на себя все расходы по установке, оплате Интернет-услуг и рекламе.

Местные партнеры поставляют базу данных от текстильных компаний, в которых будет использоваться e-Marketplace. И после официального запуска программы продают возможность использовать ее, а также управляют базой данных. Прибыль от этого распределяется между ItalianModa и местным партнером в виде процентов,

оговоренных в соглашении о франчайзинге.

В сентябре 2001 г. ItalianModa начала переговоры с факультетом текстиля и кожи Технологического университета г. Яссы (Румыния) с целью установки профессионального портала, который под названием RomTextiles (www.romtextiles.com) был официально введен 1 декабря 2001 г. Его интерфейс проще, чем интерфейс основного портала, и содержит следующую информацию.

- О нас (информация о том, кто руководит торговой площадкой).
- Контакты (как связаться с менеджерами).
- Часто задаваемые вопросы и ответы.
- Регистрация (информация о покупателях и регистрация в базе данных для получения новостей и услуг).
- Присоединение (только для продавцов информации о процессе регистрации).

Интерфейс RomTextiles стал стандартным для будущих интернет-магазинов, разработанных при поддержке ItalianModa для Восточной Европы. Через полгода после запуска RomTextiles систему отметили почти все румынские газеты и 10 румынских компаний присоединились к portalу, используя его успешный опыт.

В апреле 2002 г. Болгария запустила аналогичную программу (www.bgtextiles.com). Все рабочие места интернет-магазина укомплектованы единой основой на английском языке, запущенной и протестированной сначала в Румынии. В июле 2002 г. к сети подклю-

лась Венгрия: Hungaro Tex/com (<http://www.hungarotex.com>).

Существует два основных набора сервисных программ, поставляемых интернет-магазином.

1. Перечисление компаний в поисковой системе и справочнике электронной торговой площадки.

2. Электронная витрина (мини веб-сайт), демонстрирующая компанию и ее предложения.

Каждая компания регистрируется на портале и ее данные публикуются:

- название;
- краткое описание на английском языке;
- адрес, телефон, факс, E-mail;
- кнопка электронной витрины.

Электронная витрина – это первая страница веб-сайта, которая представляет компанию, присоединяющуюся к электронной торговой сети. Это позволяет покупателям быстро и безошибочно получить представление о том, что предлагает компания.

Электронные каталоги – это продвинутые B2B инструменты, специально разработанные для текстильной, швейной и кожевенной промышленности. Компании, имеющие такой каталог, выставляют свою продукцию, собирают заявки на образцы, а затем заказы на продукцию. Электронные каталоги самостоятельно разработаны каждой компанией, входящей в электронно-торговую сеть. Это означает, что покупатель, который заходит на страничку компании, получает информацию о продуктах только этой компании.

Еще одна особенность интернет-магазина в том, что он присутствует во всех основных поисковых системах и может быть найден с любого слова из текстильной области по стране, в которой существует интернет-магазин.

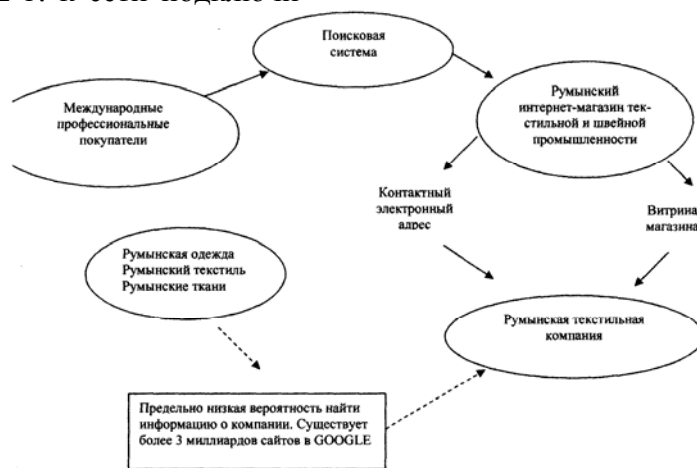


Рис. 1.

На рис. 1 показано, как международные покупатели могут найти в Интернете румынских поставщиков текстильной продукции.

ВЫВОДЫ

1. Восточно-европейская сеть – это пример того, как небольшая частная компания или учебная организация может развивать бизнес-инструменты в Интернете, используя инновационную платформу, разработанную факультетом текстиля и кожи Технологического университета г. Яссы при финансовой поддержке со стороны ItalianModa.

2. Электронная торговая сеть поможет текстильным компаниям Восточной Европы продавать свой товар на международном рынке и увеличить прибыль. Продвинутые B2B инструменты из электронной торговой сети дают возможность компаниям выжить во время кризиса текстильной и швейной промышленности.

3. Использование английского языка как основного языка сотрудничества помогает текстильным компаниям из Восточной Европы не только найти друг друга, но и дает возможность иностранным покупателям использовать репутацию этого региона для швейной продукции высшего качества в целях контактов с поставщиками.

4. Главный фактор, сдерживающий текстильные компании от участия в проекте интернет-магазина – недостаточные знания

персоналом основ маркетинга при использовании нового инструмента торговли.

ЛИТЕРАТУРА

1. Lucy Daly, Margaret Bruce “The Use of E-Commerce in the Textile and Apparel Supply Chain”, JTAM. – Volume 2, Issue 2, Spring 2002.

2. Bruno Amable, Philippe Askenazy, Daniel Cohen (co-ordinator), “Internet: The exclusive Quest of a Frictionless Economy”.

3. Introduction to eMarkets – by eMarketServices (<http://www.emarketservices.com>).

4. Letizia Gallacci, Giovanni Luca Atena, “E-marketplace in the Textile and Leather Sector”, special report compiled for eMarketServices. – December 2003.

5. “La tua Azienda, Internet ed il Mondo”, Como. – Italia, 2002, © ItalianModa, 2002.

6. “10 Driving Principles of the New Economy”, In “Business” 2.0. – March 2001, pg. 193-280.

7. Domenico Ruta, “Internet per l’industria tessile”, In *Tecnologie Tessili*, Gennaio/Febbraio. 2001, pg. 32.

8. Sarah Parkes “European Online Portal Cuts a Dash in Fashion World”, In “Financial Times”. – March 13, 2002.

9. Scarlet M., Danila G.L., Verga M., „Interactive Internet Business Tools for Promoting „Made in Romania“ Textile and Apparel products“, in “Journal of Textile and Apparel, Technology and Management”. North Carolina State University. – SUA, Summer Issue, 2004.

10. Scarlet M., Verga V., “Multinational Network of B2B Marketplaces for Textile and Fashion Industry”, In “Emerging Temes in E-business Research”. Erasmus University. – Rotterdam, 2003.

Рекомендована ЦНИТ ИГТА. Поступила 28.03.05

УДК 338.23:336.72

ОЦЕНКА РИСКА ПОТЕРИ ОРГАНИЗОВАННЫХ БАНКОВСКИХ СБЕРЕЖЕНИЙ В ТЕКСТИЛЬНОМ КРАЕ

А.М. КАБЕШЕВА

(Ивановский государственный химико-технологический университет)

Важным этапом управления риском потери организованных банковских сбережений, по нашему мнению, является его оценка. С этой целью нами разработана

методика оценки риска, включающая четыре модуля:

1 модуль – оценка рискообразующих факторов макроуровня;

2 модуль – оценка рискообразующих факторов микроуровня;

3 модуль – оценка рискообразующих факторов наноуровня;

4 модуль – оценка совокупного риска потери организованных банковских сбережений.

Предлагаемая методика апробирована в ряде регионов ЦФО, в частности, в Ивановской области. По результатам проведенного исследования удалось оценить риск потери организованных банковских сбережений, выявить состояние и перспективы развития организованного сберегательного процесса в названном регионе.

Для оценки рискообразующих факторов макроуровня нами использовались кредитные рейтинги независимых агентств Standard & Poor's, Moody's Investor Services, Fitch. Несмотря на то, что в определенной степени эти рейтинги носят субъективный характер и отличаются высокой инерционностью, воспользовавшись ими, мы определили влияние макроэкономического фактора на риск потери организованных банковских сбережений в исследуемом регионе.

Полученное значение является внешним по отношению к региону и составляет 61,38 балла. По модифицированной шкале оценки риска это означает, что в настоящее время в России складывается благоприятная ситуация для регионального организованного сберегательного процесса, обеспечивающего достаточно хорошую защиту от риска потери организованных банковских сбережений.

Для оценки же микроэкономических факторов риска нами был применен интегральный показатель надежности сберегательных институтов по банковской системе. С этой целью из всей совокупности сберегательных институтов были выявлены те, которые зарегистрированы на территории Ивановской области или имеют там филиалы. В круг обследуемых объектов были включены 17 кредитных организаций, в том числе банк Авангард, банк Акция, Башэкономбанк, Евроальянс, банк Иваново, Ивановский областной банк, ИМПЕКСБАНК, Кранбанк, МДМ-Банк,

Москомприват банк, Промсвязьбанк, Росбанк, Россельхозбанк, Сбербанк России, Севергазбанк, Национальный банк Траст (бывший Менатеп СПБ), Юниаструм банк. В итоге интегральный показатель банковской надежности в Ивановской области равен 52,35 балла, что соответствует общенациональному интегральному показателю надежности – 52,26 балла.

Для оценки рискообразующих факторов наноуровня был проведен опрос, в котором приняли участие 400 респондентов региона. Результаты опроса показали высокую степень участия населения Ивановской области в сберегательном процессе (79%). Свои предпочтения сберегатели в наибольшей степени отдают вкладам до востребования, приобретению недвижимости и неорганизованным сбережениям – рублям и валюте на руках; менее интересны, с точки зрения сберегателей, срочные вклады; население практически не прибегает к таким формам, как покупка ценных бумаг и паев в инвестиционных фондах. Оценив удельный вес организованных банковских сбережений (вкладов до востребования и срочных вкладов) в совокупных формах сбережения, мы установили, что данный показатель составил 37,2%.

Анкетирование показало, что население Ивановской области по-прежнему доверяет Сбербанку России (61%). На втором месте находятся банки – участники системы страхования вкладов – им готовы доверить свои денежные средства 18% респондентов. Население текстильного края также готово аккумулировать свои сбережения в банках с государственным участием и в банках с иностранным капиталом (варьируется в пределах 9...11%). Любому коммерческому банку готовы доверить свои сбережения только 1% жителей области.

Кроме того, нами было выявлено, что большая группа опрошенных не задумывается о проблеме выбора банка, с точки зрения его надежности и качества обслуживания, предпочитая наиболее близкий и удобный по месторасположению банк. Так, 56...66% опрошенных по региону предпочитают сберегательные институты один

раз в месяц и реже; около 30% респондентов признали банковское обслуживание удовлетворительным.

Анализ состояния организованного сберегательного процесса в регионе свидетельствует о низких финансовых возможностях населения и нежелании нести крупные суммы в сберегательные институты, например, около 83% вкладов приходится на суммы до 50 тыс. рублей. Была также выявлена не только низкая информированность опрошенного населения, но и отсутствие стремления получить необходимую информацию о состоянии развития банковской системы.

По итогам оценки ответов респондентов на вопросы, включенные в оценку риска потери организованных банковских сбережений, был сформирован ряд положений.

1. Следует отметить тот факт, что опрошенная часть населения достаточно рационально подходит к ответам на поведенческие вопросы, поскольку явно выражена тенденция к ответам, снижающим совокупный уровень риска. Например, о готовности сделать вклад в малоизвестном банке подавляющее большинство респондентов ответили отрицательно (86%); большая часть опрошенных боится потерять организованные банковские сбережения (81%); готовность не изымать вклад в течение всего срока договора и о готовности разместить денежные средства на срок свыше одного года подтвердили 61 и 56% соответственно.

2. Вместе с тем, ответы на группу информационных вопросов показали низкую степень информированности населения, так как значительным, с нашей точки зрения, признается удельный вес ответов «затрудняюсь ответить». Особенно явно эта тенденция проявилась в ответах на вопрос о безотзывных вкладах – так, затруднились ответить 47% респондентов. Вошел ли их сберегательный институт в систему страхования вкладов – знает примерно половина опрошенных граждан; о целях создания системы страхования вкладов имеют представление 60%.

3. Недостаточная информированность опрошенного населения отразилась в ответах на высказывания критериальной группы. Дело в том, что высокий удельный вес респондентов неправильно оценили предложенные высказывания или затруднились ответить, что позволило нам сделать вывод о их некомпетентности в сфере финансов, банковского дела и инвестиций. В частности, только 48% респондентов задумались, что не стоит делать вклад в банке, где процент установлен на 5...10% выше, чем в среднем по банковской системе, поскольку это может не только свидетельствовать о желании привлечь дополнительные источники финансирования, но также сигнализировать и о проведении рискованной банковской политики.

Приблизительно половина опрошенного населения правильно оценила тот или иной сберегательный продукт, остальная половина либо ответила не вполне адекватно, либо затруднилась ответить. Тем не менее, в высказывании относительно связи между процентной политикой банка и его надежностью правильно установили эту связь 59% респондентов, что может нами оцениваться как достаточно высокий удельный вес, учитывая установленную ранее низкую информированность населения региона.

4. Наконец, нами была выявлена низкая психологическая зависимость опрошенной части населения от мнения близких людей и рекламы. В частности, немногим более 80% респондентов отреагировали отрицательно на высказывание о поведении, аналогичном поведению друзей, коллег, родственников и т. д. От 79 до 90% анкетированных лиц сказали, что на них реклама не повлияла и повлиять в отношении выбора сберегательного института не может.

Итак, оценка рискообразующих факторов наноуровня показала, что риск потери организованных банковских сбережений в Ивановской области составляет 68 баллов. Полученные результаты расцениваются нами положительно – как умеренная склонность населения к провоцированию банковских паник и массовых изъятий

средств со счетов сберегательных институтов (банков).

Предельное минимальное значение риска потери организованных банковских сбережений предлагаемой методикой установлено на уровне 300 баллов (100 баллов по каждому уровню), поэтому полученное совокупное значение риска по Ивановской области в размере 181,73 балла можно расценивать как значение ниже среднего.

ВЫВОДЫ

Апробация данной методики на примере Ивановской области показала, что в настоящее время ситуация в сберегательной системе стабилизируется, повышается доверие населения к ней, создаются предпосылки для аккумуляции в сберегательных институтах значительных объемов денежных средств и предоставляются более широкие возможности для инвестирования их в реальную экономику.

Рекомендована кафедрой . Поступила

УДК 677.01

ОГНЕЗАЩИТНАЯ МОДИФИКАЦИЯ СИНТЕТИЧЕСКИХ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

*В.И. БЕСШАПОШНИКОВА, Т.В. КУЛИКОВА, О.А. ГРИШИНА, Т.Г. НИКИТИНА,
С.Е. АРТЕМЕНКО, Л.Г. ПАНОВА*

(Энгельский технологический институт (филиал)
Саратовского государственного технического университета)

В настоящее время текстильные материалы широко используются не только в производстве одежды, но также для оформления интерьера общественных зданий и транспорта, для изготовления спецодежды и туристических палаток, утеплителей и обивки мебели и для других целей.

В зависимости от назначения к текстильным материалам предъявляются требования по пожарной безопасности: кислородный индекс должен быть не менее 27% объем; устойчивость к воздействию теплового потока 5 кВт/м^2 не менее 200 с; остаточное горение и тление должно быть не более 2с; уменьшения линейных размеров не более чем на 10 % и другие [1], [2]. При этом материалы должны быть прочными, износостойкими и обладать дополнительно комплексом других свойств, например, водонепроницаемостью.

Традиционные многотоннажные волокнистые материалы характеризуются низким показателем кислородного индекса, менее 21% объем, легкой воспламеняе-

мостью и повышенной скоростью распространения пламени.

Известно [3...5], что для снижения горючести синтетических материалов эффективными являются фосфоразотсодержащие замедлители горения. Однако их использование зачастую приводит к ухудшению физико-механических и гигиенических свойств текстильных материалов. В связи с этим поиск эффективных замедлителей горения, обеспечивающих материалам пониженную горючесть и высокие показатели свойств, является актуальной задачей.

Вследствие этого нами исследовалась возможность применения в качестве замедлителя горения (ЗГ) синтетических материалов диметилметилфосфоната (ДММР) формулы $(\text{CH}_3\text{O})_2\text{POCH}_3$, содержащего 25 % фосфора, хорошо растворимого в воде.

Модификацию полиамидных (ПА), полиэфирных (ПЭ) и полиакрилонитрильных (ПАН) текстильных материалов в виде волокон и нетканых полотен осуществляли

водным раствором ДММР с последующей сушкой и термообработкой при температуре $80 \pm 2^\circ\text{C}$. Концентрацию ДММР изменяли от 3 до 50% масс, модуль ванны 10, температура модифицирующего раствора $20 \pm 2^\circ\text{C}$, продолжительность процесса модификации 120 с.

Модифицированные образцы испытывали на определение показателей горючести, физико-механических и эксплуатационных свойств по стандартным методикам.

Для определения способности синтетических материалов сорбировать исследуемый ЗГ из пропиточных растворов весовым методом определили его содержание в волокне.

Установлено, рис. 1, где масса ДММР в волокне: 1 – ПАН; 2 – ПА; 3 – ПЭ, что привес ЗГ на волокнах невысокий и при обработке 50%-ным раствором ДММР не превышает: на ПЭ – 3% масс, ПА – 2,5% масс и ПАН – 1,8% масс.

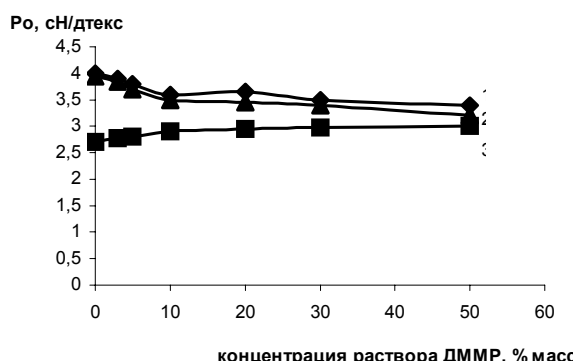


Рис. 2

Возрастание прочности ПАН волокна на 10%, может быть связано с изменением структуры волокна при модификации раствором ДММР, что подтверждается данными рентгеноструктурного анализа (рис. 3, где рентгенограммы волокон состава, % масс: 1 – ПА 100; 2 – ПА 97,5 + 2,5 ДММР; 3 – ПАН 98,2 + 1,8 ДММР; 4 – ПАН 100; 5 – ПЭ 100; 6 – ПЭ 97 + 3 ДММР).

Степень кристалличности модифицированного ПАН волокна возрастает с 39,9 до 53,8%. В то же время у модифицированных ПЭ и ПА волокон степень кристалличности снижается на 2,3 и 4,3% соответственно.

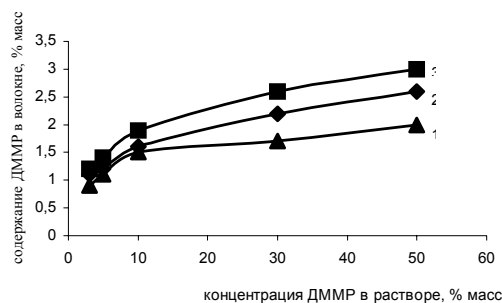


Рис. 1

Дальнейшее увеличение концентрации раствора ДММР нежелательно, так как приводит к снижению прочности волокон: ПЭ на 15% и ПА на 19%, по сравнению с немодифицированным волокном (рис. 2, где изменение прочности модифицированных волокон: 1 – ПЭ; 2 – ПА; 3 – ПАН в зависимости от концентрации ДММР).

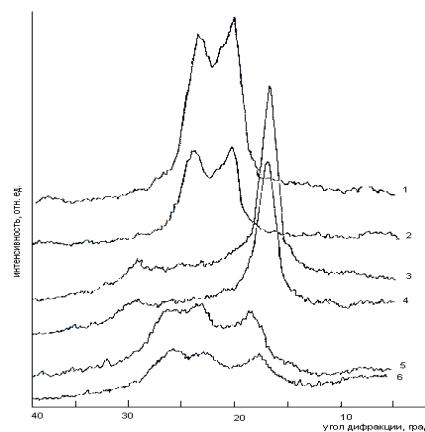


Рис. 3

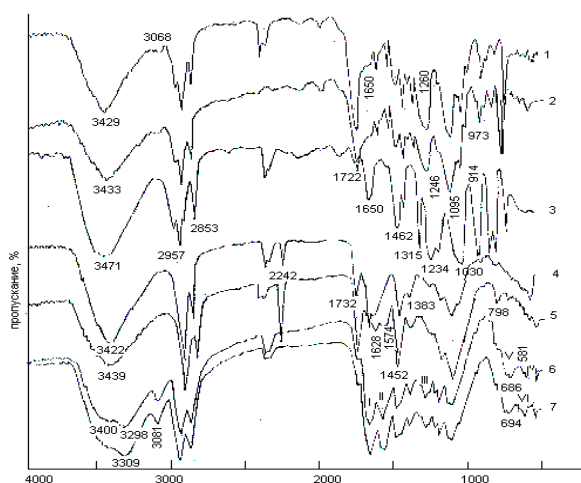


Рис. 4

Изменения в структуре и взаимодействии ДММР с волокнами изучали с помощью ИК-спектроскопии на приборе SreCORD (рис. 4, где ИК-спектры образцов состава, % масс: 1 – ПЭ 97 + 3 ДММР; 2 – ПЭ 100; 3 – 100 ДММР; 4 – ПАН 100; 5 – ПАН 98,2 + 1,8 ДММР; 6 – ПА 100; 7 – ПА 97,5 + 2,5 ДММР).

Для ДММР характерными полосами поглощения являются 1030 см^{-1} , соответствующие валентным колебаниям связи $\text{P}=\text{O}$ в области $2853\text{--}2997$, 1462 и $823\text{--}914\text{ см}^{-1}$, полосы, характерные валентным и деформационным колебаниям связей CH_2 -групп.

В спектрах модифицированного ПЭ-волокна появляется полоса в области 1650 см^{-1} , соответствующая колебаниям $\text{P}-\text{O}$ – связи ДММР. Незначительно увеличивается интенсивность полосы 1504 см^{-1} , характерной колебаниям CH_2 -групп.

Полоса 1095 см^{-1} , указывающая на колебания кольца ПЭ волокна, смещается в область более высоких частот до 1099 см^{-1} , а также увеличивается интенсивность полосы 1018 см^{-1} за счет наложения спектра ДММР валентных колебаний $\text{P}=\text{O}$ связи.

В ИК-спектрах модифицированного ПА волокна наблюдаются изменения в интенсивности и положении максимума пиков амида V и амида VI. Полоса спектра 3298 см^{-1} , характерная колебаниям связи NH -групп, смещается в область больших волновых чисел 3308 см^{-1} .

В ИК-спектрах ПАН волокна модифицированного ДММР изменяется положение максимума полосы 3422 см^{-1} , она смещается в область больших волновых чисел и соответствует 3439 см^{-1} ; увеличивается интенсивность полосы колебаний связей $\text{C}\equiv\text{N}$ 2242 см^{-1} и полосы 1736 см^{-1} , соответствующей колебаниям связи $\text{C}=\text{O}$.

Полоса 1660 см^{-1} , характерная колебаниям связей группировки COO^- , значительно уменьшается и смещается в область меньших волновых чисел 1628 см^{-1} . Появляется полоса 1574 см^{-1} , отсутствующая в спектрах исходных образцов. Увеличивается интенсивность полосы 1452 см^{-1} , соответствующей колебаниям связей CH_2 групп.

Полоса 1383 см^{-1} становится более выраженной и смещается в область 1366 см^{-1} . Увеличивается площадь полосы 1088 см^{-1} , по-видимому, за счет наложения полосы 1030 см^{-1} колебания связи $\text{P}=\text{O}$ ДММР. Увеличивается интенсивность полос 798 и 720 см^{-1} , характерных ДММР.

Выявленные в спектрах изменения положения пиков и интенсивности полос поглощения, характерных для ПЭ, ПА и ПАН волокон при модификации раствором ДММР, свидетельствуют о влиянии модификатора на структуру волокон и о взаимодействии исследуемых объектов.

Выявленные изменения в структуре модифицированных волокон влияют не только на прочностные свойства волокон, но и на показатели горючести.

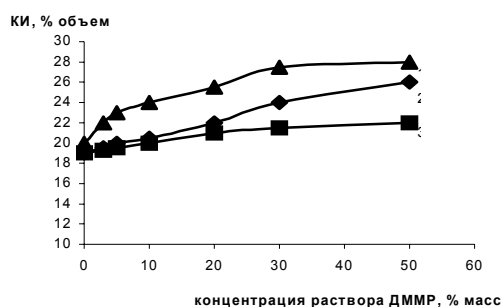


Рис. 5

Горючесть оценивали по показателю воспламеняемости полимеров кислородному индексу (КИ) (ГОСТ 12.1.044–89), – рис. 5, где представлена зависимость кислородного индекса от концентрации раствора ДММР и природы волокон: 1 – ПЭ; 2 – ПА; 3 – ПАН.

Установлено возрастание КИ волокнистых материалов, модифицированных ДММР: ПЭ с 20 до 27,5–28% объем, ПА с 18 до 24–26% объем и ПАН с 18 до 21,5–22% объем.

Таким образом, результаты исследований показали высокую эффективность использования ДММР для снижения горючести ПЭ волокон. КИ превышает 27%, что позволяет отнести огнезащищенные ПЭ материалы в категорию трудногорючих полимеров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Специальная защитная одежда пожарных изолирующего типа. Общие технические требования. Методы испытания. НПБ 162-2002. – М., 2003.
2. Константинова Н.И., Зайцев А.А., Зубкова Н.С., Стрекалова Ю.В. // Текстильная промышленность. – 2002, №11. С. 34...37.
3. Зубкова Н.С., Бутылкина Н.Г., Гальбрайт Л.С. // Химические волокна. – 1999, № 4. С.17...21.

4. Асеева Р.М., Заиков Г.Е. Горение полимерных материалов. – М.: Наука, 1981.

5. Кузнецова О.Г., Зубкова Н.С., Бутылкина Н.Г., Свистунов В.С., Нагановский Ю.К. // Химические волокна. – 2001, № 6. С. 25...26.

Рекомендована кафедрой технологии и конструирования швейных изделий. Поступила 30.06.05.

УДК 677.74.114.001

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА И ВЫБОР БАЗИСНЫХ ВЕКТОРОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ФАСОННЫХ ЭФФЕКТОВ УТОЧНОЙ НИТИ ПО ПОВЕРХНОСТИ ТКАНИ

И.В. ЗЕМЛЯКОВА

(Костромской государственной технологической университет)

Использование фасонных нитей позволяет придать ткани интересное колористическое оформление, своеобразную рельефную поверхность. Как правило, оформление ткани достигается за счет наличия в структуре нити фасонного эффекта, а в льняной промышленности в основном применяются фасонные нити с ровничным эффектом.

Расположение эффектов по ткани, вырабатываемой с использованием фасонной нити в качестве утка, определяется шагом a эффектов на нити, длиной b уточной нити, шириной проборки по берду B_3 , шириной кромок $b_{кр}$, технологической плотностью ткани по утку P_y , законом чередования фасонных и гладких уточных нитей.

Математическая модель распределения эффектов по ткани, основанная на теории чисел, позволяет найти середины всех фасонных эффектов на ткани [1].

Закон размещения элементов в рисунке называется ритмом, причем применительно к тканям и тканым изделиям – это закон размещения элементов внутри раппорта. Во всех рисунках на тканях ритм описывается уравнением прямой [2].

Соединяя элементы рисунка разными способами, получим несколько различных прямых. В качестве уравнения, описы-

вающего закон размещения элементов, предлагается только одна прямая, а именно прямая, соединяющая точки при $x=0$ и $x=1$ [2]. Для построения рисунка можно использовать эту прямую, но зрительно может восприниматься рисунок, элементы которого расположены вдоль другой прямой.

Например, рисунок расположения элементов задан уравнением $y_{5/5} = 4x$ [2].

Внутри раппорта имеем пять точек $M_1(0,0)$, $M_2(1,4)$, $M_3(2,3)$, $M_4(3,2)$, $M_5(4,1)$.

Уравнение $y = 4x$ определяет прямую с направляющим вектором $\overrightarrow{M_1M_2}$, хотя на ткани зрительно воспринимается рисунок вдоль прямой $y = -x + 5$ с направляющим вектором $\overrightarrow{M_4M_5}$. Это объясняется тем, что расстояния между элементами на прямой $y = -x + 5$ меньше, чем на прямой $y = 4x$.

При равношаговом распределении эффектов на нити рисунок расположения их на ткани может быть также описан с помощью уравнения прямых, проходящих через середины фасонных эффектов (ФЭ).

В первую очередь расположение ФЭ по ткани определяется отношением шага a

эффектов на нити к длине b уточной нити, зарабатываемой в ткань [1]:

$$\frac{a}{b} = \frac{n_1}{n_2} = [0, m_2, m_3, \dots, m_k],$$

где n_1, n_2 – натуральные числа, не имеющие общих делителей, кроме 1; $[0, m_2, m_3, \dots, m_k]$ – конечная непрерывная дробь.

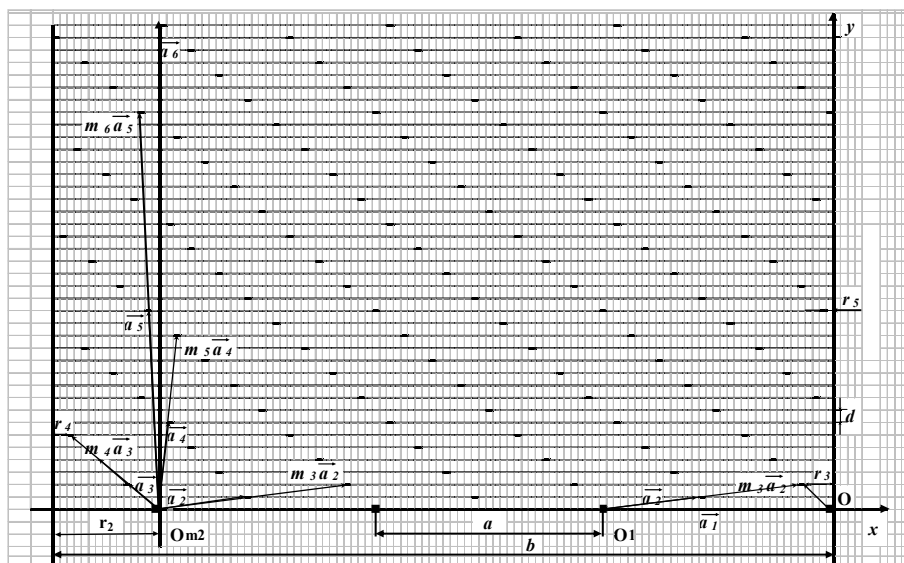


Рис. 1

Проведем ось Ox вдоль оси первой фасонной уточной нити, а начало координат поместим в середину первого ФЭ (рис. 1 – расположение ФЭ на ткани при равношаговом распределении их на уточной нити). Если уточные нити считать распрямленными, то раппорт по ширине и раппорт по высоте соответственно равны:

$$R_0 = a, R_y = n_1 \frac{10}{P_y} (N_r + 1),$$

где N_r – число гладких нитей, расположенных между фасонными нитями.

В направлении справа налево в прямоугольниках размером $R_0 \times R_y$ расположение ФЭ повторяется.

Число таких прямоугольников по ширине равно m_2 , то есть целой части от деления длины уточной нити b на шаг a . Последний (m_2+1) -й прямоугольник является неполным, его размер $r_2 \times R_y$.

Аналогично можно выделить прямоугольники в направлении слева направо, в которых повторяется распределение ФЭ по ткани. В любом случае около середин 2-го,

3-го, ..., (m_2+1) -го эффекта, то есть около точек O_1, O_2, \dots, O_{m_2} (рис. 1) можно выделить прямоугольные области с одинаковым распределением ФЭ по ткани.

В связи со сказанным выбор характерного распределения ФЭ для ткани достаточно провести около одного из эффектов первой фасонной уточной нити.

Выделим отдельно эффекты первой фасонной уточной нити и выберем один из них, то есть или O_1 , или O_2, \dots , или O_{m_2} (поскольку т. 0 является крайней правой точкой, то ее желательно не выбирать).

$O_{1ут} = \{O, O_1, \dots, O_{m_2}\}$ – множество середин эффектов первой уточной нити.

$O' = O_2$ или $O_3 \dots$ или O_{m_2} – выбранная точка на 1-й фасонной уточной нити.

Рассмотрим множество M фасонных эффектов на поверхности ткани, образованной фасонными уточными нитями с номерами 2, 3, ..., (n_1+1) . Каждому фасонному эффекту соответствует середина эффекта, то есть точка M_{ij} с двумя координатами.

$$M = \{M_{ij} | i=1, \dots, m_2 \text{ или } 1, \dots, (m_2 + 1), j=2, 3, \dots, (n_1 + 1)\}$$

– множество середин ФЭ 2, 3, ..., (n₁+1)-й фасонной уточной нити.

В качестве количественной оценки распределения ФЭ по ткани выберем расстояние от т. O' до множества M.

Расстоянием от т. O' до множества M называется число

$$\rho(M, O') = \inf_{M_{ij} \in M} \rho(M_{ij}, O').$$

Если $M = \{M_{ij}\}$ – конечное множество, то точная нижняя грань равна минимуму:

$$\rho(M, O') = \inf_{M_{ij} \in M} \rho(M_{ij}, O') = \min_{i,j} \{\rho(M_{ij}, O')\}.$$

$$\rho_{\min} = \min \{|\vec{a}_j|, |\vec{a}_{ni}| | j=1, \dots, k; n=3, \dots, k; i=1, 2, \dots, m_n - 1\}. \quad (1)$$

Векторы \vec{a}_j, \vec{a}_{ni} определяются по формулам:

$$\vec{a}_j = \left((-1)^j r_j, p_j R \right),$$

где r_j – совокупность остатков при переводе дроби $\frac{a}{b}$ в непрерывную дробь; p_j – числители подходящих дробей;

$R = \frac{10}{P_y} (N_r + 1)$ – расстояние между центрами двух соседних фасонных уточных нитей; $a_{ni} = i a_{n-1} + a_{n-2}$.

Выбрав по формуле (1) минимальную длину вектора, определим первый базисный вектор $\vec{a}_{6.1}$, где

Поскольку рисунок расположения ФЭ по ткани повторяется, то т. M_{ij} будем рассматривать только в прямоугольной области D размером R₀ × R_y, содержащей т. O'.

Найдем

$$\rho_{\min} = \min_{M_{ij} \in D} \{\rho(M_{ij}, O')\}.$$

Каждой т. M_{ij} соответствует вектор с началом в т. O', а концом в т. M_{ij}; это соответствие взаимно однозначно. Вследствие этого вместо расстояний $\rho(M_{ij}, O')$ можно рассматривать длины векторов.

В качестве количественной оценки распределения ФЭ уточной нити по ткани предлагается минимальная длина вектора (минимальное расстояние):

$$|\vec{a}_{6.1}| = \min_{i,j,n} \{|\vec{a}_j|, |\vec{a}_{ni}|\}.$$

Распределение вдоль прямых с направляющим вектором $\vec{a}_{6.1}$ будет основным, характерным распределением ФЭ по ткани. Это распределение воспринимается и зрительно, поскольку расстояние между ФЭ прямых этого семейства наименьшее по сравнению с другими семействами.

В зависимости от номера базисного вектора на ткани получаем распределение вдоль наклонных прямых (диагональное распределение) или вдоль вертикальных прямых (вертикальные полосы) или идеальное равномерное распределение (табл.1).

Базисные векторы	Характер распределения
$\vec{a}_{6.1} = \vec{a}_3$ или \vec{a}_5 или \vec{a}_7, \dots (нечетный номер)	наклонные прямые $\alpha > \frac{\pi}{2}$
$\vec{a}_{6.1} = \vec{a}_2$ или \vec{a}_4 или \vec{a}_6, \dots (четный номер)	наклонные прямые $\alpha < \frac{\pi}{2}$
$\vec{a}_{6.1} = \vec{a}_k$	вертикальные прямые $\alpha = \frac{\pi}{2}$
$ \vec{a}_{6.1} = \vec{a}_{6.2} $ $\vec{a}_{6.1} \vec{a}_{6.2} = 0$	идеальное равномерное распределение

Поверхность ткани рассматриваем как двумерное пространство. В связи с этим необходимо найти еще один базисный вектор, имеющий наименьшую длину из множества векторов, из которого исключен выбранный ранее первый базисный вектор:

$$|\vec{a}_{6.2}| = \min_{i,j,n \neq N_{6.1}} \{|\vec{a}_j|, |\vec{a}_{ni}|\}.$$

Векторы $\vec{a}_{6.1}$ и $\vec{a}_{6.2}$ линейно независимы.

Если $\vec{a}_{6.1}$ имеет нечетный номер, то на ткани получаем распределение вдоль наклонных прямых, угол наклона α которых к первой уточной нити больше $\frac{\pi}{2}$ (рис. 1),

если $\vec{a}_{6.1}$ имеет четный номер, то $\alpha < \frac{\pi}{2}$.

В случае если минимальную длину имеет вектор, соединяющий соответствующие эффекты в каждом цикле, то есть

$\vec{a}_{6.1} = \vec{a}_k$, то на ткани имеем вертикальные столбцы из эффектов.

Если оба базисных вектора имеют одинаковую длину и они взаимно перпендикулярны, то на ткани получим распределение, которое назовем идеальным равномерным распределением.

ВЫВОДЫ

Предложена количественная оценка характера расположения эффектов фасонной уточной нити по поверхности ткани.

ЛИТЕРАТУРА

1. Землякова И.В. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2005, №1. С.144...146.
2. Никитин М.Н. Художественное оформление тканей. – М.: Легкая индустрия, 1971.

Рекомендована кафедрой высшей математики.
Поступила 27.01.06.

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ РАВНОМЕРНОСТИ ШТАПЕЛЬНОГО СОСТАВА ЛЬНЯНОГО ВОЛОКНА, ПОЛУЧАЕМОГО НА НОВОЙ ШТАПЕЛИРУЮЩЕЙ УСТАНОВКЕ

А.Р. КОРАБЕЛЬНИКОВ, М.А. ЧЕРНЫШЕВ

(Костромской государственный технологический университет)

В разработанной новой установке для штапелирования ленты короткого льняного волокна используется принцип контролируемого разрыва волокон поперечной сосредоточенной силой [1], [2].

Установка, оснащенная колковыми рабочими органами, позволяет получать волокно со следующими качественными показателями: 0...15 мм – 8%, 15...45 мм – 47%, 45...75 мм – 30%, более 75 мм – 15%; средняя линейная плотность $T_{cp} = 4,5$ текс; засоренность $Q = 3\%$.

Основным качественным недостатком такого волокна является большое содержание волокон с длиной более 45 мм (45%), которые значительно ухудшают процесс прядения хлопкольняных смесей.

Нами были проанализированы причины образования длинных волокон, главной из которых является неравномерность зажима отдельных комплексов волокон между тумбочками питающего вала и прижимными педалями. Неравномерность зажима приводит к тому, что часть волокон не разрушается разволокняющими органами, а вытягивается из зажима.

Исключить это явление можно различными способами: увеличить усилие прижима педалей к тумбочкам питающего вала, снизить прочность волокнистых комплексов перед обработкой, уменьшить толщину слоя волокна, зажатого между педалью и тумбочкой питающего вала, использовать разволокняющие рабочие органы, которые в месте контакта их с волокном создавали бы значительные напряжения, разрушающие волокнистые комплексы.

Увеличение усилия прижима педалей к тумбочкам нецелесообразно, так как при-

водит к увеличению габаритов установки и увеличению энергоемкости процесса получения волокна.

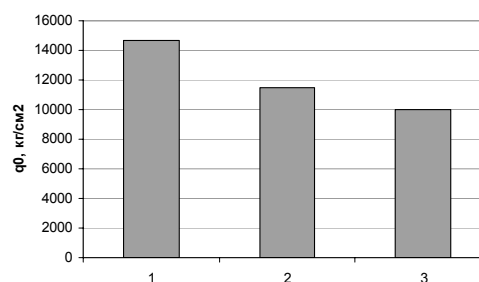


Рис. 1

Нами исследовалось влияние конструкции рабочего органа штапелирующей установки на штапельный состав получаемого волокна. В качестве разволокняющих рабочих органов можно использовать гладкие диски, пильчатые диски и диски с колками.

Воспользовавшись известными методами оценки контактных напряжений, мы проанализировали уровень контактных напряжений в волокне при взаимодействии с различными разволокняющими рабочими органами (рис.1: 1 – пильчатые рабочие органы; 2 – рабочие органы без гарнитуры; 3 – рабочие органы с колками), [3]. Анализ показал, что наибольшие напряжения в волокне создаются рабочими органами, имеющими пильчатую гарнитуру ($q_{0пил} = 14660$ кг/см²).

В ходе экспериментальных исследований нами было получено волокно с помощью всех трех видов рабочих органов. Результаты штапельного анализа и оценки линейной плотности получаемого волокна в виде диаграмм представлены на рис.2.

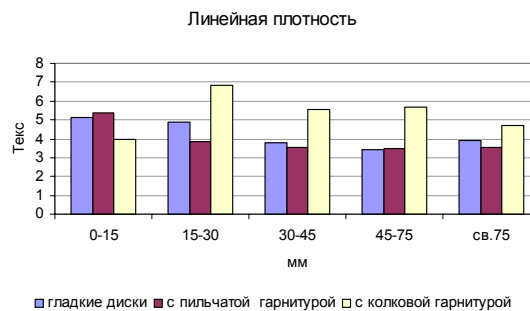
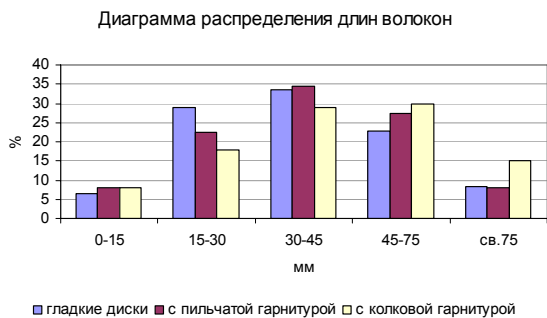


Рис. 2

Полученные данные позволяют сказать, что наилучшее по качеству волокно получается при использовании рабочих органов с пильчатой гарнитурой, так как они создают более высокие контактные напряжения в волокне при его разрыве.

Применив предварительную прокатку питающей установку ленты в гладких вальцах, имеющих регулируемое усилие сжатия, можно добиться дополнительного снижения количества длинных волокон за счет уменьшения толщины слоя волокна, питающего установку, и снижения прочности комплексов волокна после такой обработки.

путем ее прокатывания в вальцах, а в качестве разволокняющих рабочих органов штапелирующей установки использовать диски с пильчатой гарнитурой.

ВЫВОДЫ

Установлено, что для повышения качества короткоштапельного льняного волокна необходимо предварительно обрабатывать питающую ленту путем проката ее в гладких вальцах, а также использовать разволокняющие рабочие органы с пильчатой гарнитурой в штапелирующей установке. Эти меры позволяют снизить количество длинных волокон и среднюю линейную плотность волокнистых комплексов в получаемом после штапелирования продукте.

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент RU 2178021. Устройство для штапелирования льняного волокна. / Р.В. Корабельников, А.В. Ширяев, А.Р. Корабельников. – Оpubл. 2000.
2. Ширяев А.В., Корабельников Р.В. Разработка новой установки для штапелирования и очистки льняного волокна // Сб. научн. тр. молодых ученых КГТУ. – Кострома, 2001, №2. С.21...24.
3. Чернышев М.А. Влияние схемы нагружения волокна при различных рабочих органах на контактные напряжения. Костромской государственной технологической университет. – Кострома, 2006. 12 с. Депон. в ВИНТИ, №78-В2006.

Рекомендована кафедрой теории механизмов и машин и проектирования текстильных машин. Поступила 24.01.06.

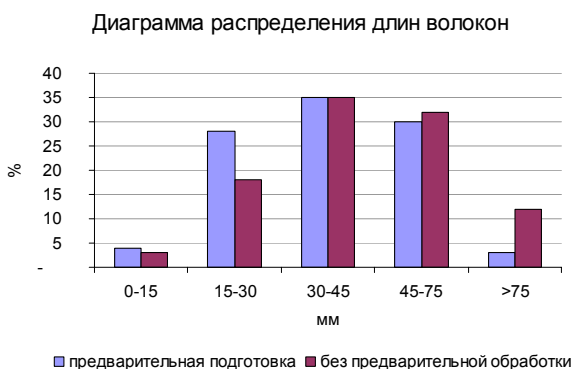


Рис. 3

На рис. 3 приведены результаты штапельного анализа волокна, полученного на штапелирующей установке, после обработки в гладких вальцах и без нее.

В результате проведенных исследований для снижения количества длинного волокна и повышения количества прядомого волокна можно рекомендовать проводить предварительную обработку ленты

К 80-ЛЕТИЮ ГЕОРГИЯ КОНСТАНТИНОВИЧА КУЗНЕЦОВА

26 апреля исполнилось 80 лет со дня рождения заслуженного деятеля науки Российской Федерации, доктора технических наук, профессора Костромского государственного технологического университета Кузнецова Георгия Константиновича – видного ученого в области исследования и проектирования текстильных машин.



Георгий Константинович родился в г. Костроме. В годы войны работал на оборонном заводе в Челябинске газосварщиком, технологом цеха. Там же в 1947 г. окончил машиностроительный техникум.

В 1947-1952 гг. учился в Костромском текстильном институте по специальности "Первичная обработка лубяных волокон". Окончив институт с отличием, работал главным инженером Джамбайского джутового завода в Самаркандской области Узбекской ССР.

Свою педагогическую деятельность в вузе Г.К. Кузнецов начал ассистентом кафедры первичной обработки лубяных волокон в 1956 г. Занимался изучением процессов отжима и промывки льняной тресты и механикой валковых механизмов, на основе исследования которых защитил в 1960 г. кандидатскую, а в 1970 г. докторскую диссертации. В разные годы Г.К. Кузнецов работал деканом технологического факультета, заведующим кафедрой теоретической механики, проректором по научной работе, заведующим кафедрой

теории механизмов и машин и проектирования текстильных машин.

На протяжении всей своей трудовой деятельности в институте много сил и времени Георгий Константинович отдает воспитанию научной молодежи и высококвалифицированных специалистов для текстильной промышленности. Широкий диапазон научной эрудиции, глубокие

инженерные знания позволили Георгию Константиновичу много сделать для повышения качества выпускаемых специалистов, совершенствования учебного процесса и его методического обеспечения.

Впервые в истории высшей школы на основе разработанного нового учебного курса Г.К. Кузнецовым в соавторстве с Б.И. Смирновым был написан и издан учебник для вузов "Проектирование машин первичной обработки лубяных волокон".

В последнее время Г.К. Кузнецовым в соавторстве со своими учениками – сотрудниками КГТУ и ИГТА – подготовлены и изданы многочисленные учебные пособия по механике текстильных машин.

Выполненные профессором Г.К. Кузнецовым и под его руководством исследования послужили основой совершенствования технологических процессов и машин первичной обработки льна, трепания, прядения, крашения и отделки тканей. Полученные результаты используются конструкторскими организациями при проектировании машин для различных отраслей

текстильного производства. Г.К. Кузнецов – автор множества научных работ. Им подготовлены 24 кандидата и 5 докторов наук.

Будучи учеником замечательного человека и ученого профессора В.Н. Аносова, принадлежа к его научной школе, Георгий Константинович стал его достойным преемником в руководстве Костромским филиалом семинара по Теории механизмов и машин Института машиноведения Российской АН.

Много лет профессор Г.К. Кузнецов – член ряда специализированных советов по защите диссертаций, член редколлегии журнала "Известия вузов. Технология текстильной промышленности", почетный

профессор ИвГТА и МГТУ им. А.Н. Косыгина.

Известные принципиальность и требовательность проф. Г.К. Кузнецова, строгость, тактичность и деликатность нашли признание студентов, аспирантов, преподавателей, ученых. К нему на кафедру и домой идут за советом и поддержкой. Его личность и сегодня продолжает многое определять в профессиональном уровне и морально-нравственном климате коллектива университета.

Сердечно поздравляем Георгия Константиновича с 80-летним юбилеем и желаем здоровья, успехов во всех делах, благополучия и счастья.

Ректорат Костромского государственного технологического университета.

Ректорат Ивановской государственной текстильной академии.

Редакция и редколлегия журнала "Известия вузов. Технология текстильной промышленности".