

Федеральное агентство по образованию

**ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ**

**ТЕХНОЛОГИЯ  
ТЕКСТИЛЬНОЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ОСНОВАН В ДЕКАБРЕ 1957 ГОДА, ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД

**№ 2 (289)  
2006**

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор *В.В. ЗРЮКИН*.

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

Члены редколлегии: *Н.М. АШНИН, В.С. БЕЛГОРОДСКИЙ, В.Н. БЛИНИЧЕВ, В.В. ВЕСЕЛОВ, В.Ф. ГЛАЗУНОВ, В.М. ЗАРУБИН, С.М. КИРЮХИН, А.М. КИСЕЛЕВ, А.Б. КОЗЛОВ, В.Н. КРОТОВ, Г.К. КУЗНЕЦОВ, Н.В. ЛУСТГАРТЕН, В.В. ЛЮБИМЦЕВ, Р.М. МАЛАФЕЕВ, Б.Н. МЕЛЬНИКОВ, С.Д. НИКОЛАЕВ, Ю.В. ПАВЛОВ, Е.Л. ПАШИН, К.М. ПИРОГОВ, К.Э. РАЗУМЕЕВ, А.Г. РЕПИН, Л.П.РОВИНСКАЯ, В.Е. РОМАНОВ, В.В. САФОНОВ, А.Г. СЕВОСТЬЯНОВ, П.А. СЕВОСТЬЯНОВ, Н.А. СМИРНОВА, А.П. СОРКИН, Б.Б. СТРОГАНОВ, В.И. ТЕРЕНТЬЕВ, Н.Н. ТРУЕВЦЕВ, В.А. УГЛОВ, В.Д. ФРОЛОВ, И.Г. ЦИТОВИЧ, Л.П. ШЕРШНЕВА, Ю.С. ШУСТОВ, В.П. ЩЕРБАКОВ, С.С. ЮХИН, Ф.Н. ЯСИНСКИЙ.*

Ответственный секретарь *С.Л. ХАЛЕЗОВ*.

*Адрес редакции: 153000, г. Иваново, пр. Ф. Энгельса, 21.*

*Тел.: (0932) 35-78-87. Факс: (0932) 41-50-88.*

*E-mail: [ttp@igta.ru](mailto:ttp@igta.ru)*

*<http://www.igta.ru>*

---

Издание зарегистрировано в Министерстве печати РФ. Регистрационный №796. Сдано в набор 06.03.2006. Подписано в печать 03.04.2006. Формат 60x84 1/8. Бум. кн.-журн. Печать офсетная. 18,13 усл.-печ. л.; 18,38 усл. кр.-отт. Заказ 2529.

Тираж 450 экз.

---

ОАО "Ивановская областная типография"  
153008, г. Иваново, ул. Типографская, 6.  
E-mail: [091-018@adminet.ivanovo.ru](mailto:091-018@adminet.ivanovo.ru)

УДК 65.012.2

**МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ  
КОММУНИКАТИВНЫХ СТРАТЕГИЙ В БИЗНЕСЕ***А.С. ТРОФИМОВ, С.В. ГОРИНОВА***(Ивановская государственная текстильная академия)**

В российской и мировой экономиках наблюдаются процессы, свидетельствующие о пользе взаимодействия, взаимопонимания и сотрудничества, которые могут рассматриваться как примеры реализуемых коммуникативных стратегий на уровнях компаний, территорий и государств.

С целью эффективного удовлетворения потребностей рынка при использовании синергии совместной деятельности развиваются новые формы экономических структур, такие как территориально-корпоративные объединения, кластеры, информационно-экономические логистические комплексы, виртуальные корпорации и др.

Взаимовыгодные экономические связи возникают между компаниями, отдельными звеньями отраслевой цепочки и операторами разных рынков, и не только между организациями без экономических противоречий, а также между конкурентами [1].

В организационном развитии компаний отражается необходимость реагирования на нужды персонала, на потребности в переориентации управления, на простоту и демократичность межличностных отношений, на формирование новых ценностей. Создаются кодексы этики и ведения бизнеса; развиваются корпоративное управление, информационные технологии и коммуникации.

Не случайно интерес к данной теме возник в текстильном крае, где производится 60...70% отечественных хлопчатобумажных тканей. Обладая по сравнению с другими отраслями (также находящимися

в депрессии, как, например, машиностроение) коротким финансово-производственным циклом и огромным потенциальным потребительским рынком, легкая и текстильная промышленность имеют большие возможности, реализация которых связана с разработкой стратегий.

При общем низком уровне стратегического менеджмента в России пока только единичные крупные промышленно-торговые корпорации, такие, например, как "Альянс "Русский текстиль", "Ассоциация ТДЛ", создают современный стратегический менеджмент.

В корпоративном управлении текстильные компании России характеризуются низкими рейтингами, и лишь отдельные из них публикуют квартальные отчеты для рынка ценных бумаг и являются его реальными участниками. Руководители предприятий пока еще слабо восприимчивы к инновациям. Информационные технологии используются очень ограниченно.

Несмотря на отставание текстильщиков в стратегическом управлении компаниями, стратегии, связанные с коммуникациями, проявляются и в маркетинге, и в связях с общественностью, и в лоббировании. Но они разрознены и потому недостаточно эффективны.

Следует отметить, что слабое использование возможностей деловых коммуникаций, связанное с отдельными детализированными тактическими действиями коммуникационного характера, не сводимыми в единый план, касающийся деятельности бизнеса в целом, отмечается и

для западных компаний [2]. В связи с финансовыми сложностями текстильной отрасли эту стратегическую возможность, не требующую больших расходов, нужно активно использовать.

Вследствие отсутствия должного внимания по отношению к коммуникативным бизнес-стратегиям в специальной литературе и при очевидной необходимости в них мы разработали теоретическую базу и методику стратегического планирования коммуникативного пространства бизнес-среды промышленно-торговых компаний. Она охватывает две области изучения: коммуникативное пространство и стратегическое планирование.

Для решения управленческих задач коммуникативное пространство компании делится на коммуникативные поля, границы и размеры которых определяются в зависимости от стратегических целей и задач в корпоративной, рыночной и социальной сферах. Между ними нет жестких границ, они взаимосвязаны в единой системе.

После того, как сформирована система пространства, для каждого поля разрабатывается своя стратегия. Общая стратегия компании состоит из двух различных по форме исполнения блоков: стратегического плана и коммуникативного кодекса.

Коммуникативный кодекс компании – это ее слабо формализованная часть. Кодекс содержит разделы, посвященные информации и отношениям, конфликту интересов, обеспечению выполнения положений кодекса, и, как система норм и правил поведения сотрудников, позволяет сократить формализм управления, излишнюю детализацию, обозначить желаемый уровень качества деловых связей вне и внутри компании.

Сводный стратегический коммуникативный план в отличие от кодекса более формализован и разрабатывается для конкретного упорядочения взаимодействия должностных лиц и подразделений компании.

Таким образом, процесс стратегического планирования предусматривает: анализ пространства; постановку целей и задач; формирование полей; разработку стратегий и выбор инструментов; увязку отдельных стратегий в единую систему; формирование бюджета; соответствие организационных форм и стратегий, техническую поддержку в информации, телекоммуникационных и компьютерных технологиях и др.

В качестве инструментов исследования применяются типовые инструменты стратегического анализа, такие как анализ ключевых факторов среды; анализ сильных и слабых сторон и др., а также специально разработанные инструменты, как классификаторы, инструмент мониторинга коммуникативных связей и др.

Установленные нами последовательность этапов разработки коммуникативной стратегии и структура планирования не отличаются от последовательности разработки рыночных стратегий и структуры планов, которых придерживались И.Ансофф и М.Фридман – как представители раннего и современного этапов развития стратегического менеджмента, а также М.Мак-Дональд, Д.Джонсон и др.[3...6].

Однако коммуникативные стратегии выделяются среди прочих тесной их связью с коммуникативным пространством. Следовательно, для них необходимо вести процесс стратегического планирования в единой системе стратегического планирования коммуникативного пространства, координируя и соединяя их с рыночными стратегиями.

Согласно созданной нами пространственно-стратегической модели компания рассматривается как элемент макрокоммуникативного пространства бизнес-среды. В нее входят участники как внешней (власть, общество, экономические системы, рыночные сегменты, покупатели, конкуренты и др.), так и внутренней (подразделения, менеджеры, сотрудники, и др.) бизнес-среды.



Рис. 1

Для систематизации и упорядочения системы деловых связей между ними создана модель интегрированной коммуникативной стратегии промышленно-торговой компании, изображенная на рис. 1. Здесь выделены внутренние участники.

Таким образом, объединив существующие и запланированные коммуникативные связи в единую систему на базе рыночной стратегии, интегрированная коммуникативная стратегия позволяет, благодаря масштабной систематизации и эффекту синергии, улучшать экономические показатели, личностные и деловые отношения, культуру компании.

Система интегрированных коммуникативных стратегий является серьезным стратегическим преимуществом в конкурентоспособности. Мы считаем, что по своей значимости данное преимущество превосходит точки стратегического контроля, предложенные А.Сливотски в [7], к наиболее важным из которых относятся владение стандартом (Microsoft, Oracle); управление цепочками ценности (Intel, Coke); занятие очень выгодных, взаимосвязанных доминирующих позиций (Coke, в международном масштабе). Последний пункт наиболее близок по смыслу нашим позициям. И хотя он представлен как результат маркетинговых стратегий компании "Coke", мы полагаем, что его следует рассматривать как пример использования интегрированной коммуникативной стратегии.

Применение промышленно-торговой компанией интегрированной коммуникативной стратегии позволит ей обеспечивать развитие рынка сбыта, сохранять лояльность клиентов, избегать разрушительного воздействия конкурентных войн; поможет развитию новых рынков и продукции, занятию и поддержанию желаемой позиции в обществе в расчете на его благоприятную реакцию на деятельность компании. В конечном итоге это означает более рациональное и успешное ведение конкурентоспособного бизнеса.

Кроме повышения конкурентоспособности коммуникативные стратегии дают экономический эффект, заключающийся в оптимальном использовании ресурсов и в получении дополнительных доходов и прибыли, связанных с увеличением объема и эффективности сбыта, а также с повышением рыночной стоимости компании. Это обусловлено улучшением деловых связей с органами власти, с партнерами по бизнесу, совершенствованием внутрифирменных отношений, информационного обмена и корпоративного управления; улучшением доли услуг и их качества в объеме реализации; облегчением доступа к дополнительным ресурсам и др.

Предложенная нами методика кроме крупных российских текстильных корпораций, выпускающих в основном схожие ткани без товарных марок и отличительных особенностей, с системой продаж, не обеспеченной набором привлекательных

услуг, в технологически отсталой отрасли, остро нуждающейся в инвестициях и хорошем менеджменте, приемлема и для производственно-коммерческих компаний и других отраслей, организационно-правовых форм и размеров.

Она может быть полезна крупным экономическим образованиям таким, как корпорации, территориально-корпоративные экономические объединения, комплексы информационно-экономических систем по оказанию услуг на оптовом рынке и др., а также и небольшим компаниям различных видов деятельности, которым необходимо достичь определенного положения в деловой среде, на рынке, в обществе.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Томпсон-мл., А.А. Стрикленд III А.Дж. Стратегический менеджмент. – М.: Вильямс, 2003.
2. Смит П., Бэрри К., Пулфорд А. Коммуникации стратегического маркетинга. – М.: ЮНИТИ, 2001.
3. Ансофф И. Новая корпоративная стратегия. – СПб.: Питер, 1999.
4. Фридман М., Трегоу Б. Искусство и наука стратегии лидерства. – М.: Гранд, 2004.
5. Gerry Johnson, Kevan Scholes. Exploring Corporate Strategy. – New-York.: Prentice Hall, 1993.
6. McDonald Malcolm. Marketing Plans. – Oxford.: Butterworth-Heinemann, 1995.
7. Сливотски А. Маркетинг со скоростью мысли. – М.: ЭКСМО, 2002.

Рекомендована кафедрой организации производства и логистики. Поступила 14.12.05.

УДК 330.322

## ЛЕГКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ ИВАНОВСКОЙ ОБЛАСТИ: СОСТОЯНИЕ, ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

*Н.Ю. ГУСЕВ, А.Б. БЕРЕНДЕЕВА*

(Ивановский государственный университет)

Легкая промышленность Ивановской области объединяет 332 предприятия и производства, или 1/4 всех промышленных предприятий и производств области. В их числе 112 крупных и средних предприятий, или 1/3 всех предприятий легкой промышленности, 209 (63 %) – малых, 11 (3,3 %) – подсобных, которые в подавляющем большинстве занимаются производством швейных изделий. В государственной и муниципальной собственности на начало 2005г. сохранилось 4,8 % предприятий, частная собственность охватила 87 % [1, с. 246].

На начало 2005 г. на предприятиях и производствах отрасли были заняты 61,0 тыс. работников, или 52,8 % всего персонала, занятого в промышленности области. Численность промышленно-производственного персонала в 2004 г. составила 61,1 % от уровня 1995 г. и 41,9 % – от уровня 1990 г.

За годы кризиса предприятия легкой промышленности потеряли более половины работающих (58 %). Удельный вес

женщин в общей численности работающих в отрасли составил в 2004 г. 61,8 % (59,2 % в 1990 г.). Выработка продукции на одного работающего в 2004 г. составила 51,3 тыс. руб. – 293,1 % от уровня 1995 г. и 119,9 % – от уровня 1990 г.

В последние годы в связи с огромными сложностями социальных и политических преобразований и системным кризисом во всех сферах хозяйственной деятельности объем производства легкой промышленности области сократился в два раза, в целом же по России – более чем в 5 раз. От среднегодового уровня 1986–1990 гг. производство тканей всех видов в натуральном выражении в 2003 г. составило 79,3%, в том числе льняных тканей – 37,8%; шерстяных – 3,6%; шелковых (штапельных) – 0,18%; производство чулочно-носочных изделий – 28,7%; трикотажных изделий – 19,5%; кожаной обуви – 1,9%. Свернуто производство валяной обуви [2, с. 65...66].

И тем не менее наш регион остается текстильным цехом страны. Ивановская область по производству тканей занимает

1-е место в РФ, 13-е – по производству трикотажных изделий и 16-е место по выпуску чулочно-носочных изделий.

В 2004 г. всеми промышленными предприятиями и производствами области, включая малые и совместные, произведено продукции в фактических ценах на сумму 33 532,8 млн. руб., в том числе предприятиями легкой промышленности на 9 776,1 млн. руб, из нее текстильной – на 8 072,0 млн. руб.

Легкая, в том числе текстильная промышленность, продолжают быть определяющими в промышленности области, хотя их доля в совокупном выпуске промышленной продукции и снизилась: по легкой промышленности – с 72,8% в 1990 г. до 29,2% в 2004 г., а по текстильной – соответственно с 66,3 до 24,1% [1, с. 222...246].

Из всех текстильных предприятий только АО "Красная Талка", "НИМ" и "Томна" перекрыли уровень 1990 г. по производству хлопчатобумажных тканей (АО "Томна" – 147,7 %, "Красная Талка" – 141,3 %, АО "НИМ" – 101,5 %). Динамика производства хлопчатобумажных тканей на других предприятиях в 2004 г. была ниже уровня 1990 г., в том числе на: АО "БИМ" – 97,7 %; АО "Зима" – 50,5 %; АО "Самтекс" – 68,7 %; ЗАО "Меланж" – 50,5 %; АО "Кохматекстиль" – 35,5 %; АО "Шуйские ситцы" – 90,1 %; АО "Красный Октябрь" – 63,0 %; АО "Навтекс" – 81,0 %; АО "Тейково Текстиль" – 44,9 %. Большая доля в общем выпуске хлопчатобумажных тканей приходится на марлю – на АО "Томна" (85%), на АО "Навтекс" (82%), на АО "Самтекс" (64%), на АО "БИМ" (49%).

Отечественная легкая промышленность хуже других отраслей адаптируется к условиям рыночной экономики в связи с низкой конкурентоспособностью своей продукции даже на внутреннем рынке по сравнению с импортной продукцией. В связи с этим в отрасли наблюдались высокие темпы падения производства, резкое ухудшение финансово-экономического положения предприятий, которые оказались на грани банкротства.

Кризисное состояние отрасли обусловлено следующими причинами: дефицит оборотных средств у предприятий; технологическая отсталость производства и, как следствие, низкое качество продукции; острая конкуренция со стороны импортных товаров и отсутствие защитных мер по отношению к отечественным производителям; потеря отечественных источников сырья; резкое сокращение потребления отечественной продукции из-за снижения платежеспособного спроса на ткани технического назначения; неподготовленность производственных кадров и управленческого персонала к переходу на рыночные отношения; малоэффективная налоговая политика [3, с. 66; 5, с. 64].

В Ивановской области наибольшее падение производства продукции по легкой и текстильной промышленности было допущено в 1992 и 1994 гг. (более чем на одну треть). С 1995 г. падение производства несколько уменьшилось и составило в 1995 г. в целом в промышленности 21 %, в 1996 г. – 13 %, в легкой промышленности – соответственно 17 и 9 %, в текстильной – 14 и 9 %, а начиная с 1999 г. наблюдается рост производства.

Производство льна в области не наращивается. Если в 1956–1960 гг. его среднегодовое производство составляло 6,8 тыс. т, в 1971–1975 гг. – 6 тыс. т, то за 1991–1995 гг. – 2,7 тыс. т, а в 2004 г. – всего 1,0 тыс. т. Выход наиболее ценного длинного волокна уменьшился до 13 % в 2004 г., тогда как в 1945 г. он был 42 %.

Снижение посевных площадей происходит в основном из-за высокой трудоемкости возделывания этой культуры в условиях уменьшения численности сельского населения, низкой культуры земледелия, недостатка специализированной техники. Из общего количества всех выпущенных в 2004 г. льняных тканей 65,9 % составляют полульняные ткани с применением хлопка-волокна; 1,7 % – с применением химического волокна.

В 2004 г. в области произведено 0,44 млн. пог. м шерстяных тканей. Это на 700 тыс. пог. м меньше, чем в дореволюционном 1913 г. Практически прекрати-

лось производство искусственных мягких кож. Аналогичная ситуация и с производством кожаной обуви, которой в 2004 г. произведено 43,8 тыс. пар, хотя раньше выпуск достигал более двух млн. пар в год.

Прекращен выпуск штапельных тканей. Продолжает сокращаться производство хлопчатобумажных тканей с применением химических волокон. Ситцевые ткани и марля занимают в общем производстве тканей почти три четверти. Значительно сократился выпуск сатиновой группы тканей. Снижен удельный вес выпуска бельевой, платьевой и одежной группы. Зато возросла доля бязевой и полотняной групп.

Воздействие на эффективность производства, качество работы и результаты всей финансово-хозяйственной деятельности предприятий оказывает состояние основных фондов. По сравнению с 1990 г. стоимость фондов уменьшилась на две трети (на 67,3 %), в том числе в текстильной промышленности – на 71,1 %. Если в среднем в 1986–1990 гг. основные фонды ежегодно возрастали на 4,3 %, в 1991–1995 гг. – только на 2,2 %, то в последующие годы наблюдалось сокращение фондов. Особенно резкое выбытие без всякой замены (более чем на четверть) наблюдалось в 1998, 2000, 2003 и 2004 гг.

Если в 1991–1995 гг. основные фонды предприятий легкой промышленности обновлялись в среднем на 5,3 %, то в 1996–2000 гг. коэффициент обновления составил 4 %. Коэффициент ликвидации основных фондов в этой отрасли составлял в среднем в 1991–1995 гг. 2,8 %, в 1996–2000 гг. – 16,0 %. К настоящему времени (на 1.01.05г.) уровень изношенности основных фондов в легкой промышленности составляет 37,7 %, против 39,5 % в 1990 г. При сложившейся возрастной и технологической структуре оборудования его моральный и физический износ стали ключевыми факторами, тормозящими темпы экономического роста.

Неизбежным следствием усиливающегося на протяжении ряда лет кризиса в легкой промышленности является начавшееся с 1994 г. сокращение производст-

венных мощностей и недостаточное их использование. Если на начало 1990 г. производственная мощность по выпуску пряжи хлопчатобумажной составляла 305,4 тыс. т, то на начало 2005 г. – 130,9 тыс. т; тканей хлопчатобумажных суровых соответственно – 2232,9 и 1342,9 млн. кв. м; пряжи льняной – 23,1 и 13,2 тыс. т; шерстяной – 13,6 и 0,75 тыс. т; тканей льняных суровых – 80,8 и 63,9 млн. кв. м; шерстяных суровых – 44,0 и 3,3 млн. кв. м.

На данный момент в легкой промышленности сложился низкий уровень использования действующих производственных мощностей – от 4,5 % по производству подошвенной резины до 73 % в производстве хлопчатобумажных тканей.

Неиспользованные основные фонды тяжелым бременем ложатся на издержки производства. Структура издержек производства в 2004 г. в легкой промышленности была следующая: материальные затраты – 65,4 %; затраты на оплату труда – 22 %; единый социальный налог – 7,2 %; амортизация основных фондов – 1,0 %; прочие затраты – 4,4 %.

На протяжении последних лет в отрасли складывалась крайне низкая заработная плата. В 2004 г. при среднемесячной заработной плате в промышленности в целом 4261 руб., в легкой промышленности она составила 3438 руб., против 8911 руб. в электроэнергетике. На начало 2005 г. сумма задолженности по оплате труда на предприятиях легкой промышленности составила 13,7 млн. руб. (29,3 %), из нее в текстильной – 12,0 млн. руб. (25,6%).

Легкая промышленность является основным потребителем электроэнергии в промышленности. Высокие цены на продукцию ТЭК разоряют предприятия легкой промышленности. Например, в издержках производства текстильных предприятий за 1990–1997 гг. резко возрос удельный вес топлива – в 5,4 раза, электроэнергии – в 3,7 раза, а сырья – понизился в 1,9 раза [3, с. 66]. В результате роста цен отечественная легкая промышленность становится неконкурентоспособной.



За последние годы затраты на рубль продукции в легкой промышленности ежегодно растут: если в 1990 г. они составляли 86,38 коп., то в 2004 г. – 101,21 коп. Снижение затрат на рубль продукции является одним из факторов, влияющим на финансовые результаты деятельности. В 2004 г. предприятия легкой промышленности работали с убытком в 635,8 млн. руб., а текстильной промышленности – в 665 млн. руб.; доля убыточных предприятий в легкой промышленности составила 60,6 %, в текстильной – 74,5 %. Сегодня три четверти текстильных предприятий находится в процедуре банкротства.

Рост цен на электроэнергию, топливо и приобретаемые материальные ресурсы: хлопок-волокно, шерсть, льноволокно, хлопчатобумажную пряжу, вызывают повышение цен на готовую продукцию. Причем увеличение тарифов на энергию намного опережает рост цен на сырье. Впервые за все время наблюдения за ценами в легкой промышленности в декабре 2004 г. против декабря 2003 г. они были снижены на 4,8 %. Это произошло из-за резкого снижения цены на марлю (почти на треть), тогда как на другую продукцию цены росли. Значительный рост цен наблюдался на ткани хлопчатобумажные: сатиновые – на 13,2 %; бельевые – на 14,7 %; платьевые – на 9,9 %; швейные изделия: пальто и полупальто – на 8,1 %; костюмы и брюки – на 6,8 %; белье постельное – на 10,5 %.

Важным источником обновления производственных средств являются инвестиции на строительство, расширение, реконструкцию, техническое перевооружение объектов и приобретение техники. В 2004 г. на развитие легкой промышленности было использовано 930,9 млн. руб. инвестиций в основной капитал. Основными источниками инвестиций в последние годы являются собственные средства предприятий. Так, в 2004 г. на них приходилось более 60 %.

Инвестиции в легкую промышленность за все годы реформ катастрофически уменьшались. Если в 1990 г. на легкую промышленность приходилось 50 % всех инвестиций в промышленности области, то

в последние годы – не более 10...15 %, и лишь в 2004 г. произошел перелом, и эта доля возросла и составила 32,7 %. Реальный приток инвестиций является важнейшим условием преодоления технологического отставания и формирования нового качества эффективности производства.

За последние четыре года в области наблюдается активизация экспорта отдельных видов продукции легкой промышленности. Так, в 2004 г. против 2000 г. увеличилась поставка на экспорт тканей готовых хлопчатобумажных в 7,2 раза (из них более чем в 28 раз увеличилась поставка в дальнее зарубежье), тканей готовых льняных – на 11 %. Необходимо, отметить тот факт, что удельный вес готовых льняных тканей, поставляемых в дальнее зарубежье, достигает почти 80 %. Постоянными покупателями наших льняных тканей являются Германия, Италия, США, Австрия, Хорватия.

Расширилась в последние годы практика выработки продукции из давальческого сырья. На сегодняшний день на легкую промышленность приходится более 80 % всего используемого в промышленности такого сырья. Если в 1994 г. доля хлопчатобумажных тканей из давальческого сырья составляла 46 %, в 1995 г. – 62 %, то в 2004 г. – 87,6 %.

Несмотря на жесткую конкуренцию, ивановский текстиль выживает. Домашний текстиль, медицинские и перевязочные материалы, специальные ткани сегодня – все еще российского производства. Все больший сектор рынка отвоевывает одежда, в том числе эксклюзивная, дизайнерская.

Существует мнение, что долю текстильной промышленности в Ивановской области нужно сокращать и концентрировать усилия на развитии и поддержке таких отраслей, как торговля и туризм. Однако действует ряд факторов и в пользу сохранения и развития текстильного профиля Ивановской области (территориальная близость к европейским рынкам, практически неограниченные водные ресурсы, близость химических, машиностроительных и предприятий по производству технологической оснастки, кадровый потен-

циал, наличие дорожной сети, сопряженных производств, подразделений НИОКР и т. д.).

Таким образом, целесообразно развивать текстильную составляющую на основе реконструкции, технического перевооружения и технологической модернизации, восстановления собственных оборотных средств, государственной поддержки текстильной и легкой промышленности [4, с. 76]. Для одновременного решения проблемы сохранения рабочих мест и выпуска конкурентоспособной продукции необходимо создать условия для привлечения иностранного капитала, перехода к новой модели экономического роста – инновационно-инвестиционной [5, с. 15; 6; 7, с. 38].

## ВЫВОДЫ

Несмотря на тяжелый кризис, легкая промышленность Ивановской области в целом, а также отдельные ее комплексы (хлопчатобумажный, льняной, и др.) выживают. В них активно идет структурная перестройка и выработка форм производственной организации, приспособленных к функционированию в условиях рыночного хозяйства, наблюдается активизация экспорта отдельных видов продукции легкой промышленности. Важнейшими условиями преодоления технологического отста-

вания и формирования нового качества эффективности производства являются реальный приток инвестиций и переход к инновационно-инвестиционной модели экономического роста, регулирование тарифов на энергию.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ивановская область в 2004 году: Стат. сборник. Иваново: Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Ивановской области. – 2005.
2. Бабаев Б. Д., Гусев Н. Ю., Берендеева А. Б. // Вопросы статистики. – 2005. № 11. С. 64...71.
3. Капранов С. // Текстильная промышленность. – 1999. № 8. С. 64...67.
4. Кузнецов Ю. В. Легкая промышленность: перспективы преодоления спада // Проблемы прогнозирования. – 1998. № 2. С. 63...68.
5. Квашина Н. А. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2004. № 5. С. 10...15.
6. Пирогов К. М., Темнова Н. К. Статистический анализ промышленного потенциала Ивановской области // Вестник Ивановского государственного университета. Серия "Право. Экономика. Социология". – 2004. Вып. 4. С. 69...76.
7. Экономический подъем России в 1998–2005 годах: стратегия действий: Науч. доклад / Руководитель В. В. Ивантер // Проблемы прогнозирования. – 1998. № 3. С. 3...42.

Рекомендована кафедрой политической экономики. Поступила 03.02.06.

УДК 338.33

## АССОРТИМЕНТНЫЙ МАРКЕТИНГОВЫЙ И ФИНАНСОВЫЙ АНАЛИЗ: ВОЗМОЖНОСТИ И РИСКИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

*Н.В. МАМОН*

(Костромской государственный технологический университет)

Стратегический менеджмент в отличие от стратегического планирования ориентирован не только на разработку долгосрочных стратегий, но и на взаимоувязку стратегии развития с оперативным управлением предприятием. Это позволяет уменьшить вероятности потерь, связанных с из-

менением ситуации как во внутренней, так и во внешней его среде.

Одной из важнейших составляющих конкурентной стратегии компании является ассортиментная политика. Отсутствие или несвоевременное ее изменение ведет к потере контроля над конкурентоспособно-

стью и коммерческой эффективностью товаров из-за воздействия случайных или преходящих текущих факторов, к неправильным решениям, распылению сил и средств, несвоевременному запуску в производство новых изделий.

При принятии решений в сфере ассортимента необходимо выявить нерентабельные ассортиментные позиции; позиции, не пользующиеся спросом; позиции, находящиеся на последних стадиях жизненного цикла. Результаты анализа ассортимента позволяют оценить возможные финансовые потери от неэффективной ассортиментной политики. При этом, на наш взгляд, необходимо использовать не один, а несколько инструментов анализа, что

позволит более полно оценить каждую ассортиментную позицию, а, следовательно, и принять более обоснованное решение. Кроме того, наличие недостатков одного метода анализа может быть нивелировано преимуществами другого, что снизит риск принятия неправильного решения.

В современном маркетинге и финансовом менеджменте имеется довольно много инструментов оперативного и стратегического анализа. Нами проведен анализ четырех таких инструментов (матрицы рентабельности [2], операционного анализа [1], концепции жизненного цикла товара [4], модифицированной матрицы Boston Consulting Group (BCG) [3]).

Т а б л и ц а 1

| Метод анализа                                       | Сущность метода   | Преимущества   | Недостатки  |
|---|---|--|---|
| 1. Матрица рентабельности                           | Продукты (их наименование, артикулы, модели и т.п.) из ассортимента предприятия размещаются в матрице, в которой по горизонтальной оси отображается объем продаж за отчетный период, а по вертикальной – рентабельность каждого продукта  | 1. Метод предназначен для оперативного управления.<br>2. Позволяет учесть при принятии решений и востребованность продукта со стороны покупателей, и рентабельность – выгоду его выпуска для предприятия-производителя.<br>3. При построении используется только внутренняя информация предприятия.<br>4. Высокая наглядность  | 1. Для получения адекватных результатов необходимо, чтобы жизненный цикл продукта во много раз превосходил величину отчетного периода.<br>2. Сложность в определении границ интервалов оценки показателей.<br>3. Сложности с принятием решения о распределении косвенных затрат |
| 2. Операционный анализ (анализ безубыточности)      | Определяются промежуточные показатели (промежуточные сальдо), позволяющие поэтапно отделить выручку реализации от затрат предприятия. На этой основе рассчитываются порог рентабельности, запас финансовой прочности, сила воздействия операционного рычага по каждому виду продукта          | 1. Метод предназначен для оперативного управления.<br>2. Позволяет определить, какими должны быть финансовые показатели деятельности предприятия по отдельным ассортиментным позициям для получения им прибыли.<br>3. Высокая степень алгоритмизации.<br>4. Для расчетов используется только внутренняя информация предприятия | 1. Сложности с принятием решения о распределении косвенных затрат.<br>2. Низкая степень наглядности   |
| 3. Концепция жизненного цикла товара                | На основе финансовых показателей определяется стадия жизненного цикла товара, которой соответствуют собственные стратегии, специфические цели, специфический маркетинг-микс   | 1. Является инструментом стратегического управления.<br>2. Позволяет более четко определить границы стадий жизненного цикла товара.<br>3. Высокая степень алгоритмизации.<br>4. Для расчетов используется только внутренняя информация предприятия   | 1. Сложности с принятием решения о распределении косвенных затрат   |
| 4. Модифицированная матрица Boston Consulting Group | Названия или обозначения продуктов из ассортимента компании размещаются в матрице, в которой по горизонтальной оси отображается удельный вес продукта (группы продукта) в общем объеме сбыта предприятия, по вертикальной – удельный вес продукта (группы продукта) в темпе изменения объемов | 1. Является инструментом стратегического управления.<br>2. Позволяет осуществить детальный ассортиментный анализ.<br>3. Простота визуального восприятия.<br>4. Для расчетов используется только внутренняя информация предприятия  | 1. Отсутствует четкий алгоритм деления матрицы на квадранты   |

|  |                   |  |  |
|--|-------------------|--|--|
|  | сбыта предприятия |  |  |
|--|-------------------|--|--|

В представленной табл. 1 отражены суть методов анализа ассортимента предприятия, их преимущества и недостатки.

Явным преимуществом рассматриваемых методов является использование для расчетов только внутренней информации предприятия. Это не только снижает затраты денежные и затраты времени на получение и обработку информации, но и уменьшает риски, связанные с получением информации неполной, недостоверной или неточной. Однако при этом появляется риск принятия решений без учета изменений, происходящих во внешней среде предприятия, в частности, на рынках сбыта его продукции.

Одновременное использование этих методов позволяет сбалансировать процессы принятия стратегических и оперативных решений, что можно рассматривать как один из вариантов сочетания процессов планирования и контроля наряду с такими методами этого сочетания, как бюджетирование и управление по целям. Баланс достигается тем, что два метода (матрица рентабельности, операционный анализ) являются инструментами оперативного анализа, а два – инструментами стратегического анализа (концепция жизненного цикла товара, модифицированная матрица Boston Consulting Group).

Информация, используемая в анализе, отражает или объемные (востребованность продукции со стороны покупателей), или финансовые показатели (экономическая выгода выпуска продукции для производителя), или и то и другое. Это позволяет снизить риск потерь предприятия благодаря принятию решений о снятии с производства нерентабельных видов продукции.

В то же время учет величины спроса (в том числе и на продукцию с низкими показателями рентабельности) позволяет избежать риска потери потребителя в результате переориентации его на продукцию конкурента. Решения в последнем случае могут затрагивать либо ценовую политику, либо политику перераспределения прибыли в целях поддержания низкорентабель-

ного, но высоко востребованного ассортимента.

При использовании матрицы рентабельности возникает необходимость в выборе варианта себестоимости, которая будет использоваться для расчетов: полная себестоимость или только прямые затраты. Оба варианта имеют свои преимущества и недостатки.

Если для построения матрицы используется полная себестоимость каждого продукта, то, при отсутствии на предприятии системы управленческого учета, возникает вопрос о способе распределения косвенных затрат, относящихся к нескольким продуктам одновременно.

Если вместо полной себестоимости используются только прямые затраты, то расчет рентабельности упрощается, но ее значения оказываются завышенными, а влияние косвенных затрат на финансовые результаты предприятия остается за пределами анализа.

При построении матрицы рентабельности необходимо ранжировать показатели по уровням: рентабельность (высокая/низкая) и объем продаж (большой/малый). Такая оценка всегда содержит в себе элемент субъективизма. Так, рентабельность может считаться высокой, если она превышает целевые или ожидаемые значения, указанные владельцами бизнеса. Последние обычно ориентируются на известные им величины рентабельности других предприятий той же отрасли, либо на альтернативную доходность своих финансовых вложений.

Если рассматривать рентабельность как один из показателей конкурентоспособности предприятия, то отсутствие информации о среднеотраслевом уровне рентабельности может привести к рискам принятия неадекватных ценовых решений или отсутствия решений по снижению затрат на производство продукции.

В рамках операционного анализа рассчитываются такие показатели, как порог рентабельности, запас финансовой прочности предприятия и сила воздействия операционного рычага. Малые значения этих показателей для какого-либо товара могут свидетельствовать в пользу его исключения из ассортимента.

Однако отрицательным последствием исключения убыточного товара из ассортимента без изменения выручки от реализации прочих товаров является перераспределение постоянных затрат на остальные ассортиментные позиции. Это может привести к убыткам от реализации каких-либо из оставшихся позиций или снижению доли запаса финансовой прочности в выручке от реализации. Для того чтобы оценить результат исключения некоторых позиций из ассортимента компании, следует определить последствия принимаемых решений.

Результаты операционного анализа можно использовать для принятия оперативных решений по управлению уровнем порога рентабельности. Например, добиться его снижения можно различными путями: повышая цену или объем реализации, снижая переменные и условно-постоянные затраты.

С помощью операционного анализа финансовый менеджер должен найти наиболее выгодные сочетания переменных и условно-постоянных затрат, цены и объема реализуемой продукции.

Таким образом, отсутствие в арсенале финансового менеджера такого инструмента, как операционный анализ снижает возможность разработки альтернативных вариантов действий, а следовательно, может привести к потере более эффективных вариантов решений.

Результаты операционного анализа могут быть использованы для определения границ этапов жизненного цикла отдельных товаров [4]. Метод обеспечивает взаимосвязку решений специалистов финансовых и маркетинговых служб, поскольку на основе распределения товаров по стадиям жизненного цикла прорабатываются решения соответствующего ком-

плекса маркетинга.

Процесс принятия решений при использовании как операционного анализа, так и при определении стадии жизненного цикла товара на основе его результатов достаточно легко поддается алгоритмизации. Это позволяет использовать для расчетов программное обеспечение и исключает субъективные оценки границ группировки товаров. Использование данного метода снижает риск того, что предприятие упустит момент необходимого обновления ассортимента и не введет на рынок новую продукцию.

Модифицированная матрица BCG, в отличие от ее первичного варианта, позволяет проводить анализ не только по группам товаров, но и по отдельным товарным позициям, поскольку для ее построения используется только внутренняя информация предприятия.

При выделении групп продукта в ассортименте предприятия важно соблюсти определенный баланс, чтобы, с одной стороны, избежать излишней детализации, что усложнит не только процесс оценки, но и принятие решений по результатам этой оценки, а с другой – не упустить существенный сегмент рынка, который может потребовать принципиально отличных от других маркетинговых стратегий.

Для сохранения привычного для матрицы BCG деления проводят две линии, разделяющие график на квадранты. Выбор значений для такого разбиения и количество квадрантов во многом зависит от субъективной оценки аналитика, что несет в себе потенциальный субъективный риск. Повторное составление матрицы через определенный период времени (после выполнения тактических мероприятий маркетинга) позволяет проследить “дрейф” каждой группы по квадрантам или кластерам, оценить эффективность принятых решений и действий, а также вовремя уловить позитивные и негативные тенденции развития для каждой группы продукта.

Таким образом, результаты анализа методов, используемых для принятия решений в области ассортиментной политики, позволяют говорить о необходимости их комплексного использования с це-

лью снижения рисков принятия неэффективных решений.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Арефьева Е.* Ассортиментная политика: слабое звено в формировании прибыли// <http://www.kareta.com.ua/>

2. *Екимов Е.* Два ключевых показателя. Матрица рентабельности как средство управления ассортиментом//Управление компанией. – 2004. № 2. С. 25...28.

3. *Рыбальченко И.* Практические методы разработки и анализа товарной стратегии предприятия на основе внутренней вторичной информации// [http://www.cfin.ru/marketing/quasi\\_bcg.shtml](http://www.cfin.ru/marketing/quasi_bcg.shtml)

4. *Чуровский С.Р.* Применение финансовых критериев при оценке положения продукта на кривой жизненного цикла//Маркетинг в России и за рубежом. – 2001. №3.

Рекомендована кафедрой экономики и управления. Поступила 09.03.06

УДК 06.73.55

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЛЯ КРЕДИТНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ В СВОЕЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ИНТЕРНЕТ-ПРОДУКТЫ

*А.К.ЩЕГЛАКОВА*

(Ивановская государственная текстильная академия)

Актуальность использования интернет-продуктов для кредитных организаций является одной из приоритетных задач, имеющих цель повышения доходности банков. В то же время оценить интегральную задачу от Интернет-банкинга довольно сложно, так как основная ее часть – косвенная выгода. И до сих пор не была разработана модель, позволяющая более точно оценить эффективность применения сети в банковской деятельности.

Экономическая эффективность Интернет-банкинга, как отдельного вида бизнеса, заключается в том, что существует принципиальная возможность улучшения экономических показателей банка за счет ускорения оборачиваемости денежных средств.

Опираясь на такой подход, определим размер экономической выгоды от использования в банковской деятельности электронных банковских услуг на примере Web-сайта, объединив показатели по оценке инвестиционной эффективности бизнес-проектов в единый комплекс. В рамках этого мы предлагаем комплексную методику оценки финансово-экономических результатов и эффективности Web-услуг. Предлагаемая нами система ком-

плексного анализа основывается на методике оценки результатов деятельности кредитной организации в целом по определенному виду услуг и представляет собой отдельные уровни ее детализации [1...3].

Подход к оценке финансово-экономических результатов деятельности банка при использовании интернет-услуг предполагает обоснование системы показателей оценки, их классификацию и расчет итоговых показателей. Методика учитывает все важнейшие финансовые последствия осуществления проекта для кредитной организации, предполагая, что она производит все необходимые для реализации проекта затраты и пользуется всеми его результатами. В соответствии с этим мы определим основные показатели оценки инвестиционных проектов: прибыльность, рентабельность деятельности, рассчитав чистый дисконтированный доход, внутреннюю норму доходности, индекс доходности, рентабельность и срок окупаемости проекта.

Система указанных показателей в совокупности позволяет создать сбалансированный алгоритм оценки интернет-услуг, стимулировать развитие наиболее при-

быльных направлений деятельности при умеренном риске и оптимизации функциональных затрат, а также наращивание собственной клиентской базы.

В результате использования современных способов банковского обслуживания планируется увеличение числа сделок и, следовательно, увеличение денежных потоков. Структура денежных потоков от использования сайта представлена на рис. 1.

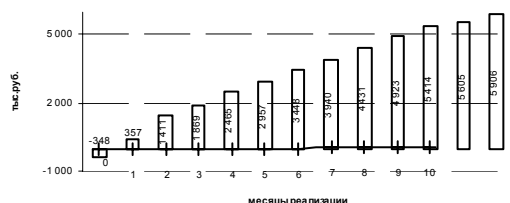


Рис. 1

С учетом того, что денежные потоки возникают в разные временные моменты реализации проекта, их необходимо привести к единому моменту времени, то есть сделать дисконтирование денежных потоков.

$$T_{ок} \approx t_{-} - \frac{ЧДД_{-}}{ЧДД_{+} - ЧДД_{-}} = 1 - \frac{-33,94}{1038,42 - (-33,94)} = 1 + \frac{33,94}{1072,36} = 1,20. \quad (1)$$

Таблица 1

| Этап  | Период | $D_i$  | $R_i$ | $\frac{1}{(1+d)^{i-1}}$ | $\frac{D_i \times 1}{(1+d)^{i-1}}$ | $\frac{R_i \times 1}{(1+d)^{i-1}}$ | ДД      | ЧДД      |
|-------|--------|--------|-------|-------------------------|------------------------------------|------------------------------------|---------|----------|
| 0     | 0      | 0      | 348   | 1,00                    | 0,00                               | 348,1                              | -348,10 | -348,10  |
| I     | 1      | 357    | 0     | 0,88                    | 314,16                             | 0                                  | 314,16  | -33,94   |
|       | 2      | 1 411  | 0     | 0,75                    | 1072,36                            | 0                                  | 1072,36 | 1038,42  |
|       | 3      | 1869   | 0     | 0,57                    | 1065,33                            | 0                                  | 1065,33 | 2103,75  |
|       | 4      | 2 465  | 0     | 0,43                    | 1059,95                            | 0                                  | 1059,95 | 3163,70  |
| II    | 5      | 2 957  | 0     | 0,33                    | 975,81                             | 0                                  | 975,81  | 4139,51  |
|       | 6      | 3 448  | 0     | 0,25                    | 862,00                             | 0                                  | 862,00  | 5001,51  |
|       | 7      | 3 940  | 0     | 0,19                    | 748,60                             | 0                                  | 748,60  | 5750,11  |
|       | 8      | 4 431  | 0     | 0,14                    | 620,34                             | 0                                  | 620,34  | 6370,45  |
|       | 9      | 4 923  | 0     | 0,11                    | 541,53                             | 0                                  | 541,53  | 6911,98  |
|       | 10     | 5 414  | 0     | 0,08                    | 433,12                             | 0                                  | 433,12  | 7345,10  |
|       | 11     | 5 605  | 0     | 0,06                    | 336,30                             | 0                                  | 336,30  | 7681,40  |
|       | 12     | 5 906  | 0     | 0,05                    | 295,30                             | 0                                  | 295,30  | 3 424,51 |
| Итого |        | 42 726 | 348,1 |                         | 8324,80                            | 348,1                              | 7976,70 |          |

В расчете индекс доходности получил положительное значение, следовательно,

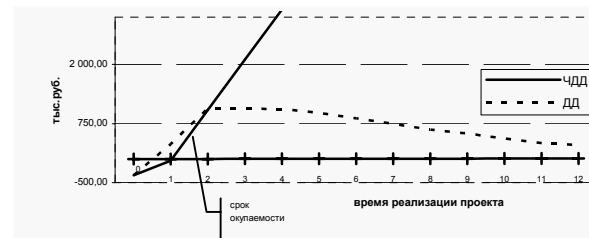


Рис. 2

Важнейшим показателем эффективности проекта является чистый дисконтированный доход (ЧДД). Результаты расчетов ЧДД и ДД для каждого периода реализации проекта показаны в табл. 1 и на рис. 2. ЧДД за весь период реализации проекта имеет положительное значение, следовательно, данный проект является экономически эффективным.

Срок окупаемости проекта (формула (1)) представляет собой расчетную дату, начиная с которой чистый дисконтированный доход принимает устойчивое положительное значение. Результатом проведенных расчетов является полученный срок окупаемости в течение года и двух месяцев:

проект можно считать экономически эффективным:

$$\text{ИД} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{D_i}{(1+d)^{i-1}}}{\sum_{i=1}^n \frac{R_i}{(1+d)^{i-1}}} = \frac{8324,8}{348,1} = 23,91. \quad (2)$$

Расчет среднегодовой рентабельности проекта можно представить в следующем виде:

$$\begin{aligned} \text{СР} &= \frac{\text{ИД} - 1}{n} \cdot 100\% = \frac{23,91 - 1}{14,4} \cdot 100\% = \\ &= \frac{22,91}{14,4} \cdot 100\% = 59\%. \quad (3) \end{aligned}$$

Критерием экономической эффективности инновационного проекта является положительная рентабельность проекта. Результаты расчета внутренней нормы доходности представлены графически на рис. 3.

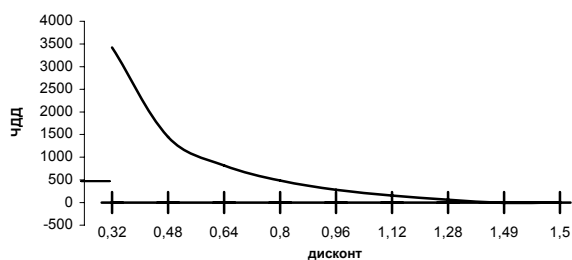


Рис. 3

Предложенное объединение показателей оценки инвестиционного проекта в единый комплекс должно стать для кредитных организаций определяющими факторами при принятии решения о переходе

на удаленное обслуживание. Такой подход обеспечивает не только оценку деятельности кредитных организаций в направлении удаленного обслуживания как такового, но и стимулирует наиболее приоритетные направления бизнеса, позволяет сделать акцент на наиболее значимых для банка показателях результативности, что выгодно отличает его от других распространенных методов оценки.

## ВЫВОДЫ

Разработана комплексная методика для определения доходности использования интернет-продуктов в банковской деятельности, позволяющая с помощью методов оценки инвестиционных проектов определить область экономической эффективности и определить оптимальный, с точки зрения достижения наибольшего эффекта для себя, объем необходимых сделок за счет использования сети.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Афанасьев С.В., Ярошенко В.Н.* Эффективность информационного обеспечения управления. – М.: Экономика, 2004.
2. *Бабаян М.Н.* Практика коммерческой оценки инвестиционных проектов// <http://cfin.ru> 07.09.2005.
3. *Рогачев А.* Информационные технологии в банках вчера и сегодня // *Банковские технологии.* – 2005, №8. С.31...35.

Рекомендована кафедрой бухгалтерского учета и аудита. Поступила 20.03.06.

УДК 658.3.01

## АУДИТ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ ОТНОШЕНИЙ НА ТЕКСТИЛЬНОМ ПРЕДПРИЯТИИ

*В.П. ДУДЯШОВА, А.А. МОТОРОВ*

(Костромской государственный технологический университет)

Изыскание путей повышения эффективности управления на текстильном

предприятии, как и в организациях других отраслей экономики, все более смещается



из формализованной сферы (структуры, организационные регламенты и нормы) в неявную (организационная культура, неформальные группы). Оптимизация управленческих отношений является важным этапом на этом пути. Отнесение последних к неявным знаниям осложняет разработку методических основ аудита управленческих отношений, что, на наш взгляд, стало причиной крайне слабой изученности проблемы.

В [1] предложена типология управленческих отношений на функционально-иерархические и сотово-сетевые.

Функционально-иерархические управленческие отношения – это отношения, определяемые служебными полномочиями между работниками различных уровней аппарата управления и функционального отдела, которые осуществляются посредством вертикальных управленческих связей с доминированием властных, формальных с элементами неформальных видов отношений. Они позволяют реализовать профессиональные знания личности с использованием современных технических средств как способа повышения производительности труда и имеют целью исполнение служебных обязанностей.

Сотово-сетевые управленческие отношения автором определены как отношения партнерства и сотрудничества между участниками сотового образования, которые осуществляются посредством горизонтальных управленческих связей с доминированием договорных, сетевых, при активном использовании неформальных видов отношений. Они позволяют задействовать творческий потенциал человеческой личности с использованием современных технических средств как неотъемлемого условия реализации креативности личности и имеют целью решение возникающих в организации ситуационных проблем и постоянных задач: производство продукта, обслуживание потребителей, стимуляция личностного развития персонала.

Ранее в [2] уже рассматривалась проблема сотово-сетевой организации управления текстильными предприятиями и перспективы ее применения, где были

обоснованы теоретические положения по организации сотово-сетевого управления фирмой и предложены способы их применения для перспективного развития организации управления текстильным предприятием, позволяющие повысить его кадровый потенциал, прибыльность, конкурентоспособность и адаптированность на рынке.

Так, было отмечено: "Организация управления на конкретном промышленном предприятии всегда представляет собой соотношение функционально-иерархического и сотово-сетевого типов управленческих отношений, соответственно, организацию управления следует считать функционально-иерархической или сотово-сетевой по преобладающему типу. Чем больше в управленческой среде работают сотово-сетевые управленческие отношения, тем она становится более адаптированной к внешним условиям. Соотношение типов управленческих отношений должно зависеть от характера выпускаемой продукции, типа производства, стабильности внешней среды" [2, с.11].

В настоящей статье авторы развивают последнее положение. Соотношение типов управленческих отношений становится объектом внутреннего аудита.

Нами разработана методика аудита управленческих отношений на промышленном предприятии, включающая следующие этапы:

- диагностику факторов, определяющих выбор наиболее эффективного типа управленческих отношений;
- выбор в соответствии с предложенной моделью эффективной структуры управленческих отношений для фактических условий деятельности предприятия по итогам диагностики факторов;
- проведение социологического исследования оценки фактической структуры управленческих отношений на промышленном предприятии;
- сравнение фактической и оптимальной структур управленческих отношений и разработка рекомендаций по их сбалансированности.

Обоснован состав диагностируемых факторов, к числу которых отнесены: характер выпускаемой продукции; тип производства; степень стабильности внешней среды организации; стратегия фирмы; необходимая стратегия управления персоналом. Видно, что первые два фактора являются внутренними и характеризуют отраслевые особенности предприятия; третий фактор позволяет оценить внешние условия деятельности фирмы.

Перестройка управленческих отношений должна следовать за изменением стра-

тегии фирмы. Включение в состав диагностируемых факторов необходимой стратегии управления персоналом обусловлено, на наш взгляд, наличием тесной взаимосвязи между управленческими отношениями и организацией управления кадрами на предприятии. При обосновании кадровой стратегии использована известная из теории управления персоналом классификация последних по критерию глубины преобразований в кадровой сфере.

| Факторы, определяющие выбор   |  | Типы управленческих отношений |                     |                               |                     |    |
|---|--|-------------------------------|---------------------|-------------------------------|---------------------|----|
| №п/п  | Наименование                                       | ФИ                            | преимущественно ФИ* | ФИ и СС в равных соотношениях | преимущественно СС* | СС |
| 1   | Характер выпускаемой продукции:                    |                               |                     |                               |                     |    |
|   | -наукоемкая  |                               |                     |                               |                     | +  |
|   | -трудоемкая  |                               | +                   |                               |                     |    |
|   | -материалоемкая                                    | +                             |                     |                               |                     |    |
|   | -фондоемкая  | +                             |                     |                               |                     |    |
| 2   | Тип производства:                                  |                               |                     |                               |                     |    |
|   | -массовый  | +                             |                     |                               |                     |    |
|   | -серийный  |                               | +                   |                               |                     |    |
| 3   | Степень стабильности внешней среды организации:    |                               |                     |                               |                     |    |
|   | -высокая   | +                             |                     |                               |                     |    |
|   | -средняя   |                               |                     | +                             |                     |    |
| 4   | Стратегия фирмы:                                   |                               |                     |                               |                     |    |
|   | -концентрированного роста                          |                               | +                   |                               |                     |    |
|   | -интегрированного роста                            |                               | +                   |                               |                     |    |
|   | -диверсифицированного роста                        |                               |                     | +                             |                     |    |
| 5   | Необходимая стратегия управления персоналом фирмы: |                               |                     |                               |                     |    |
|   | -сохранения  | +                             |                     |                               |                     |    |
|   | -реорганизации                                     |                               | +                   |                               |                     |    |
|   | -дополнения  |                               |                     | +                             |                     |    |
|   | -совершенствования                                 |                               |                     |                               | +                   |    |
|   | -управления командами                              |                               |                     |                               |                     | +  |
| <b>Выбор типа управленческих отношений по совокупности факторов (по максимальному значению СС типа хотя бы в одном факторе)</b> |  | ►+                            | ►+                  | ►+                            | ►+                  | ►+ |

Примечание:  
 ФИ – функционально-иерархический;  
 СС – сетово-сетевой;  
 \* – преимущественно означает соотношение 80:20.

Рис. 1

На рис.1 представлена модель выбора оптимального типа управленческих отношений в зависимости от состояния диагностируемых факторов. Из рис. 1 следует, что функционально-иерархические управленческие отношения наиболее актуальны

для предприятий, оцененных как материалоемкие, фондоемкие и энергоемкие, с массовым типом производства, стабильной внешней средой, при стратегии сокращения и кадровой стратегии сохранения.

На рис. 1 показано, как при изменении хотя бы одного из факторов изменяется потребность в дополнении функционально-иерархических сотово-сетевыми управленческими отношениями. Последние "в чистом виде" рекомендованы для наукоемких производств, динамичной внешней среде, необходимой кадровой стратегии управления командами.

Для оценки фактической структуры управленческих отношений на промышленном предприятии нами разработана специальная анкета, позволяющая оценить состояние дел на предприятии: соотношение между властными отношениями и отношениями партнерства и сотрудничества, между ориентацией на исполнение служебных обязанностей и решение возникающих проблем, между регламентированной и творческой компонентами и другие аспекты.

Апробация предложенной методики аудита управленческих отношений на трех текстильных предприятиях Ивановской области: ОАО "Зиновьевская мануфактура (ЗиМа)", ООО "Лежневская фабрика", ООО "Ногинская фабрика" подтвердила предположение о преобладании функционально-иерархических управленческих отношений, которые составляют до 60...70% в общей структуре.

В частности, по результатам исследования в ОАО "ЗиМа" сделаны следующие выводы: проблемы, возникающие на предприятии, решаются коллективно (68,2% против 31,8%); труд на предприятии организован в соответствии с регламентом; практически на 100 % решение возникающих проблем на предприятии организует руководитель, а не лидер; лидером на предприятии может стать человек, обладающий внушительными личностными качествами и обширными знаниями в соотношении 50%/50%; для персонала предприятия клиент имеет очень важное значение, поскольку 83% опрошенных сказали, что клиент для них на сегодняшний день "царь и бог"; в деятельности персонала на 76,5% востребованы профессиональные знания и лишь на четверть – креативность.

Диагностика факторов, определяющих выбор оптимальных управленческих отношений на трех исследуемых текстильных предприятиях, позволила выявить условия деятельности, характерные для большинства предприятий отрасли.

Так, по характеру выпускаемой продукции прядильное и ткацкое производства остаются материалоемкими, отделочное – энергоемким; тип производства в пряде – в большинстве массовый, в отделке – серийный; стабильность внешней среды оценена как средняя; стратегии фирмы и управления персоналом – разнообразны.

При стратегии диверсифицированного роста в ОАО "ЗиМа" необходима кадровая стратегия совершенствования или управления командами. В соответствии с предложенной моделью этому предприятию рекомендуется преимущественно сотово-сетевой тип управленческих отношений с переходом к его более широкому использованию. Аналогичные результаты были получены и по другим фабрикам.

Для развития сотово-сетевых управленческих отношений на предприятиях отрасли рекомендуется, с одной стороны, перестроить работу кадровой службы, с другой стороны, использовать процессную организацию управления предприятиями.

Работа кадровой службы должна рассматриваться как внутренний бизнес-процесс, имеющий определенную конечную цель – обеспечение кадрами подразделений предприятия и повышение кадрового потенциала. Кадровая служба должна уметь организовать процессно-ролевое управление персоналом (более подробно об этом сказано в [3], [4]).

В качестве рекомендаций по совершенствованию управленческих отношений на предприятиях можно предложить внедрение бизнес-процесса "Сервисное обслуживание текстильного производства и клиентов" (более подробно опыт организации службы сервисного обслуживания текстильной отрасли изложен в [5]).

В Ы В О Д Ы

Обоснованы этапы и методическое обеспечение проведения аудита управленческих отношений на промышленном предприятии. Приведены результаты апробации и рекомендации по совершенствованию управленческих отношений на текстильных предприятиях, позволяющие повысить их адаптивные возможности.

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Дудяшова В.П. Архитектоника управленческих отношений: сотово-сетевая концепция: Монография. – Кострома: Изд-во КГТУ, 2005.

2. Дудяшова В.П. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности.– 2005, №1. С.10...12.

3. Велиева З.Т., Дудяшова В.П. Процессная реструктуризация управленческого персонала. – Кострома: Изд-во КГТУ, 2004.

4. Дудяшова В.П., Брагина З.В. Сотово-сетевое управление фирмой. – Кострома: КГУ им. Н.А. Некрасова, 2006.

5. Брагина З.В., Глушкова Е.Б., Дудяшова В.П. Сервисное обслуживание текстильного производства. – Кострома: КГУ им. Н.А. Некрасова, 2003.

Рекомендована кафедрой экономики и управления. Поступила 20.03.06.

---

УДК 677.11

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ФОРМЫ И ПРОЧНОСТИ  
ЭЛЕМЕНТАРНОГО ЛЬНЯНОГО ВОЛОКНА\***

*М.В. КИСЕЛЕВ, Р.П. ВОЙЦЕХОВСКИЙ, Д.В. ГОЛУБКОВ, А.А. СМИРНОВ*

(Костромской государственный технологический университет)

Анализ литературных источников, в том числе [1], показал, что растительная клетка представляет собой полый цилиндр неправильной шестигранной формы в сечении и суживающийся практически до нуля на концах. В отношении количества оболочек из которых состоит элементарное волокно, нет единого мнения.

Выделим для процесса моделирования от 3 до 5 слоев в поперечном сечении волокна. С точки зрения построения более точной модели, в настоящей работе выбрано максимальное количество слоев в соответствии с [2].

Для построения геометрической модели выбран внутренний язык APDL программного комплекса ANSYS ver6.1 в batch – режиме. В связи со сложным строением объекта моделирования в качестве математического аппарата выбран метод конечных элементов.

Общая концепция построения решения задачи показана на рис. 1.

Несмотря на попадание объекта моделирования под классическое определение нити, была построена объемная модель. В качестве типа конечного элемента выбран элемент SOLID45 из библиотеки ANSYS. Геометрическая форма элемента представлена на рис.2 (конечный элемент SOLID45 и степени его свободы).

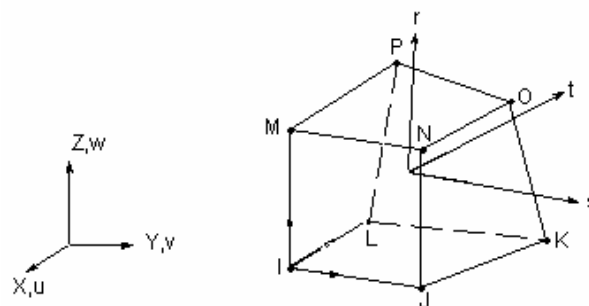


Рис. 2

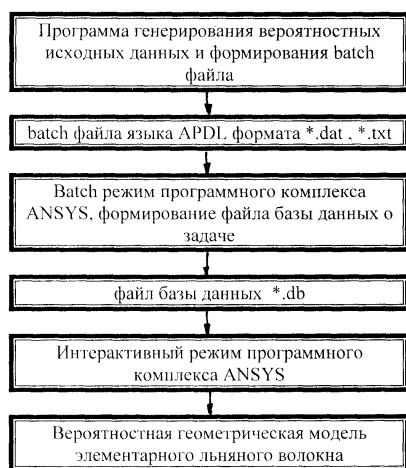


Рис. 1

Выбранный тип конечного элемента позволяет моделировать такие свойства волокна как упругость, эластичность, пластичность, ползучесть и прочность.

Для автоматической генерации вероятностной конечно-элементной модели разработана программа “Волокно ME v1.1b”. Программа содержит две экранные формы, позволяющие вводить геометрические характеристики волокна и задавать механические и геометрические характеристики отдельных ее слоев.

Результаты моделирования элементарного волокна в поперечном сечении и осевом направлении с разрезом представлены на рис. 3.

\* Работа выполнена под руководством проф., докт. техн. наук Р.В. Корабельникова.

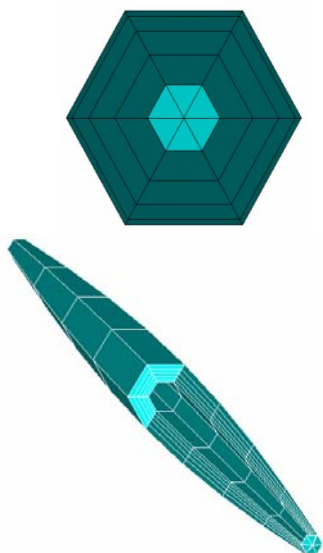


Рис. 3

В дальнейшем определяли предельную разрывную нагрузку элементарного волокна для стандартных условий механических испытаний.

Анализ диаграммы деформирования элементарного льняного волокна [ 3 ] показал, что в качестве модели исследуемого материала можно выбрать идеально-упругую модель. Для определения предельной нагрузки использовали метод последовательных нагружений. В качестве критерия прочности служила теория “слабого звена” Пирса. Итерационный процесс прекращался при достижении в конечном элементе напряжений, равных пределу прочности материала на растяжение ( $\sigma_b=46 \cdot 10^7 \text{ Па}$  ).

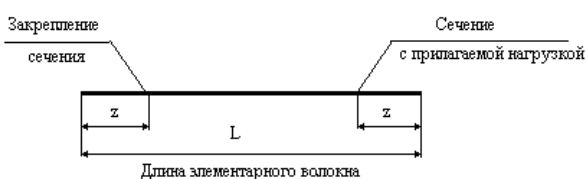


Рис. 4

Выполненные вычислительные эксперименты показали значительную зависимость величины предельной нагрузки от места закрепления и приложения нагрузки по длине элементарного волокна (рис. 4 – расчетная схема к определению предельной нагрузки элементарного волокна.).

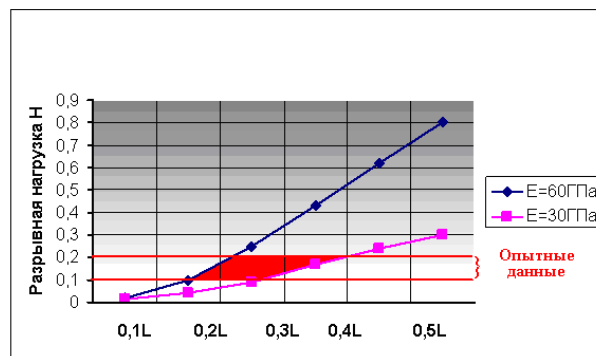


Рис. 5

Результаты моделирования для различных вариантов механических характеристик элементарного волокна, а также сравнение теоретических зависимостей с экспериментальными данными [3] представлены на рис. 5.

## ВЫВОДЫ

1. Разработаны вероятностная геометрическая и математическая модели прочности элементарного льняного волокна, позволяющие прогнозировать его характеристики в зависимости от строения и физико-механических свойств.
2. Сравнение теоретических и экспериментальных данных позволяет говорить об адекватности разработанных моделей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Берестнев В.А., Флексер Л.А., Лукьянова Л.М. Макроструктура волокон и элементарных нитей и особенности их разрушения. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982.
2. Haudek H.W., Viti E.:Textilfasern, Verlag Johann L, Bondi B Sohn, Wien-Perchtoldorf, 1980.
3. Кукин Г.Н., Соловьев А.Н. и др. Текстильное материаловедение: 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Легпромбытиздат, 1989.

Рекомендована кафедрой теории механизмов и машин и проектирования текстильных машин. Поступила 01.02.06.

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ УСАДКИ ХЛОПЧАТОБУМАЖНЫХ ТКАНЕЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ХАРАКТЕРИСТИ ИХ СТРОЕНИЯ

Ю.С. ШУСТОВ, А.В. КУРДЕНКОВА

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

В качестве объектов исследования были выбраны суровые хлопчатобумажные ткани, выработанные различными переплетениями из кардной пряжи пневмоме-

ханического способа прядения. Основные структурные характеристики тканей приведены в табл. 1.

Таблица 1

| Наименование показателей                               | Значения структурных характеристик тканей |                      |                      |
|--|---|----------------------|----------------------|
|  | диагонали<br>арт. 3080                    | бязи<br>арт. 143/110 | фланели<br>арт. 1639 |
| Переплетение   | саржевое 2/2                              | полотняное           | репс уточный<br>2/2  |
| Линейная плотность ткани $M'$ , г/м                    | 227,40                                    | 191,92               | 175,74               |
| Поверхностная плотность ткани $M_1$ , г/м <sup>2</sup> | 245,84                                    | 174,47               | 167,37               |
| Линейная плотность нитей основы $T_o$ , текс           | 52  | 40                   | 25                   |
| Линейная плотность нитей утка $T_y$ , текс             | 42  | 37                   | 50                   |
| Число нитей основы на 100 мм ткани $P_o$               | 298                                       | 230                  | 254                  |
| Число нитей утка на 100 мм ткани $P_y$                 | 200                                       | 210                  | 204                  |
| Толщина ткани $b$ , мм                                 | 0,67                                      | 0,39                 | 0,58                 |

Исследуемые ткани подвергались процессу стирки в соответствии с условиями, указанными в ГОСТе 30157–95, где для

характеристики изменения линейных размеров после многократных стирок служит общая усадка.

Таблица 2

| Ткань        |         | Значение поверхностной усадки (%)<br>при количестве стирок |       |       |       |       |       | Значение площади после стирок (м <sup>2</sup> )<br>при количестве стирок |        |        |        |        |        |
|--------------|---------|--|-------|-------|-------|-------|-------|--|--------|--------|--------|--------|--------|
| Наименование | Артикул | 1  | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 1  | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      |
| Диагональ    | 3080    | 9,85   | 14,96 | 15,45 | 16,20 | 16,64 | 17,23 | 0,0361   | 0,0340 | 0,0338 | 0,0335 | 0,0333 | 0,0331 |
| Бязь         | 143/110 | 14,70  | 19,00 | 20,30 | 22,40 | 24,60 | 24,69 | 0,0341   | 0,0324 | 0,0319 | 0,0310 | 0,0302 | 0,0301 |
| Фланель      | 1639    | 6,75   | 11,17 | 12,58 | 13,04 | 13,52 | 13,61 | 0,0373   | 0,0355 | 0,0350 | 0,0348 | 0,0346 | 0,0346 |

Результаты расчета поверхностной усадки образцов после многократных стирок представлены в табл. 2.

Для установления зависимости усадки хлопчатобумажной ткани от ее стирки и характеристик строения использовали метод теории подобия и анализа размерностей [1], так как известно, что усадка может быть функцией следующих основных переменных:

$$S_{вл} = f(S_c, N, T_o, T_y, t_o, t_y, R_o, R_y), \quad (1)$$

где  $S_{вл}$  – площадь образца после усадки;  $S_c$  – начальная площадь образца;  $N$  – количество стирок;  $T_o$  – линейная плотность основных нитей;  $T_y$  – линейная плотность уточных нитей;  $t_o$  – число основных перекрытий в раппорте по основе;  $t_y$  – число уточных перекрытий в раппорте по утку;  $R_o$  – раппорт переплетения по основе;  $R_y$  – раппорт переплетения по утку.

Уравнение (1) можно выразить через безразмерные комбинации величин, используя анализ их размерностей:

$$\frac{S_{\text{вл}}}{S_c} = f\left(N, \frac{t_o t_y}{R_o R_y}, \frac{T_y \Pi_y}{T_o \Pi_o}\right). \quad (2)$$

В табл.3 приведены исходные и расчетные значения усадки.

Для установления степени влияния каждого из параметров находим зависимости

$$\frac{S_{\text{вл}}}{S_c} = \eta_1 \eta_2 \eta_3, \quad (3)$$

$$S_{\text{вл}} = S_c \left( -0,145 N^{0,267} + 1,001 \right) \left( 0,153 \left( \frac{t_o t_y}{R_o R_y} \right)^{0,023} + 0,861 \right) \times \left( 0,035 \left( \frac{T_y \Pi_y}{T_o \Pi_o} \right)^{1,442} + 0,948 \right). \quad (4)$$

Анализ полученных результатов (табл. 3) показывает, что разность между фактическими и расчетными значениями не превышает 5%.

## ВЫВОДЫ

Получены эмпирические зависимости для расчета усадки хлопчатобумажных тканей, которые позволяют выявить взаи-

где  $\eta_1 = -0,145 N^{0,267} + 1,001$  – параметр, характеризующий количество стирок ткани;  $\eta_2 = 0,153 \left( \frac{t_o t_y}{R_o R_y} \right)^{0,023} + 0,861$  – параметр, характеризующий вид переплетения;  $\eta_3 = 0,035 \left( \frac{T_y \Pi_y}{T_o \Pi_o} \right)^{1,442} + 0,948$  – параметр, характеризующий структурные характеристики ткани.

Окончательная формула для расчета усадки ткани примет вид:

мосвязь между основными характеристиками ее строения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Шустов Ю.С. Методы подобия и размерности в текстильной промышленности. – М.: МГТУ. 2002.

Рекомендована кафедрой текстильного материаловедения. Поступила 26.01.06.

УДК 677.017.622:532.546.3

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОРИЕНТАЦИИ ВОЛОКОН НА ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМОСТЬ ВОЛОКНИСТОГО СЛОЯ

*И.П. КОРНЮХИН, И.В. КОЗЫРЕВ, Т.А. КОРНЮХИНА, С.А. МИРОНОВ*

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

Для решения поставленной задачи создан комбинированный экспериментальный стенд, который позволяет определить

воздухопроницаемость исследуемого осесимметричного образца в зависимости от параметра ориентации волокон в слое.



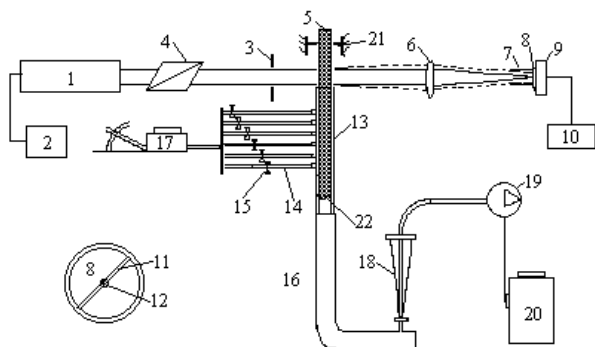


Рис. 1

Стенд, показанный на рис. 1, состоит из двух блоков. Первый из них предназначен для определения параметра ориентации волокон в слое описанным ранее методом малоуглового рассеяния [1]. Второй блок позволяет измерять параметры, определяющие воздухопроницаемость. Заметим, что несомненным достоинством рассматриваемой установки является совмещение двух блоков, что позволяет добиться более надежного определения оптических параметров исследуемого образца без извлечения его из рабочего участка.

За основу первого блока установки взят описанный в [2] и [3] прибор для определения ориентации волокон с помощью метода малоуглового рассеяния лазерного излучения. Источником излучения служит гелий-неоновый лазер 1 с источником питания 2. За лазером установлен поляризатор (поляроид) 4 и ирисовая диафрагма 3. Диафрагма установлена непосредственно перед исследуемым образцом на расстоянии 1 м от источника излучения. Она предназначена для отсекающего фонового излучения лазера и минимизации оптических погрешностей системы.

За диафрагмой 3 расположен исследуемый образец 5. За образцом на регулируемом штативе укреплена собирающая линза 6 с оптической силой в 1 Дп. Далее на оптической оси помещен приемник излучения – камера 9 с фотоэлементом. Перед фотоэлементом расположен подвижный (вращающийся) диск 8 со щелью 11. Вид на приемник излучения со стороны источника показан на рис. 1 отдельно.

При вращении диска 8 относительно оптической оси системы на фотоэлемент

через щель 11 попадают соответствующие участки картины рассеяния, что позволяет снять индикатрису рассеяния. В центре щели 11, на оптической оси прибора в точке фокуса линзы 6, предусмотрен непрозрачный экран 12 малых размеров, предназначенный для предотвращения попадания на фотоэлемент нерассеянного излучения лазера. Цилиндрическая обечайка 7 существенно снижает возможность попадания на фотоэлемент постороннего излучения.

Вокруг диска 8 закреплена градусная шкала для определения угла наклона снимаемого фрагмента полученной картины рассеяния. Сигнал от фотоэлемента подается на универсальный вольтметр 10. Перед началом экспериментов при помощи поляроида 4 на основе закона Малюса производится проверка линейности характеристики используемого в установке фотоэлемента.

Работа второго блока установки, предназначенного для определения воздухопроницаемости, базируется на распространенном принципе прососа воздуха через исследуемый материал. Рабочий участок стенда представляет собой прозрачную сменную трубку 13 (диаметры трубок приняты равными 16,6; 20,5; 26 мм; длина для всех трубок составляет 25 см), в которую помещается исследуемый образец 5.

В трубке 13 предусмотрено шесть отборов давления. Первый из них расположен на достаточном расстоянии от верхнего края трубки для того, чтобы поток воздуха успел стабилизироваться и чтобы на результат измерений перепада давления не повлияли условия на входе в трубку. Как показал опыт, для этого достаточно расстояния 10 см для всех используемых диаметров (получение линейных графиков зависимости перепада давления по длине образца, приведенных ниже, указывает на достаточность принятой величины).

Расстояние между точками отбора давления принято равным 15 мм. На каждой трубочке 14 имеются индивидуальные зажимы 15, позволяющие отсекающие в эксперименте отборы. Для измерения перепада давления использовали микроманометр 17, к которому пооче-

редно через гребенку были подсоединены импульсные трубки 15. С помощью гибкого пластикового шланга 16 рабочая трубка соединена с ротаметром 18, предназначенным для измерения расхода воздуха.

Разрезание под материалом создавалось с помощью отсасывающего вентилятора 19. В качестве регулирующего органа частоты вращения вентилятора использовали автотрансформатор 20.

Для образца 5 предусмотрен упор в виде металлической сеточки 22, жестко крепящейся к стенкам рабочей трубки. Помимо этого предусмотрено и крепление 21 волокнистого образца в верхней точке.

Использованная система крепления исследуемых образцов позволяет избежать неконтролируемого уплотнения последних в районе нижней поддерживающей сетки 22. Для предотвращения возникновения нежелательных погрешностей сетка располагается на расстоянии 15...20 мм от нижнего отбора (расстояние подобрано экспериментально таким образом, чтобы избежать возможного влияния на величину перепада давления уплотнения слоя в нижней его части).

В качестве образцов взяты материалы подготовительно-прядельного производства, имеющие одноосную деформацию и обладающие осевой симметрией. Образцы отбирались с чесальной и ленточной (после первого и второго перехода соответственно) машин. Перед началом опыта волокнистый образец взвешивался, и рассчитывалась его эффективная плотность:

$$\rho_3 = \frac{M}{\pi D^2 L / 4},$$

где  $M$  – масса образца;  $D$  – внутренний диаметр трубки рабочего участка установки;  $L$  – длина ленты.

Порядок проведения опыта следующий. До установки образца производится юстировка оптической части установки и определяется величина обусловленного оптическими помехами фона во всех точках измерения. При обработке результатов углового распределения интенсивности из-

лучения вводится поправка на величину фона.

После настройки оптической части прибора исследуемый образец 5 помещается в рабочий участок установки (рис. 1) следующим образом. Включается отсасывающий вентилятор 19 и в режиме слабого прососа образец помещается в рабочую трубку 13 до легкого упора на сетку 22. Индикатриса рассеяния снималась и перед началом опыта, и после его окончания.

Образцы для опытов отбирались с различной плотностью и ориентацией волокон. Плотность изменялась двумя способами. Первый способ осуществлялся путем изменения количества лент (от четырех до восьми) на входе ленточной машины, соответственно на выходе после сложения и вытягивания получалась ровница с различными значениями ориентации и плотности. Во втором случае при смене диаметров рабочих трубок пропорционально диаметру менялись плотность и ориентация.

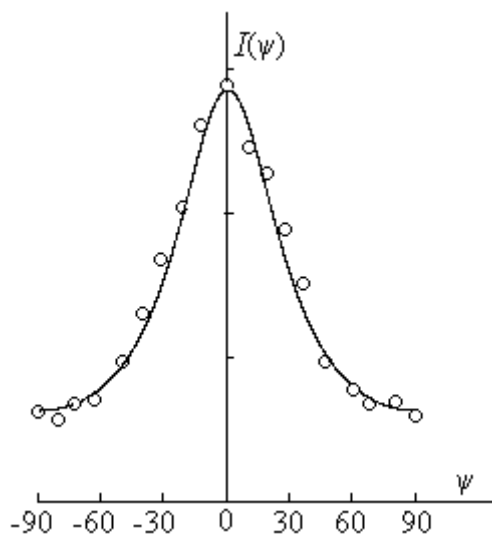


Рис. 2

Типичная индикатриса рассеяния, полученная в опытах, показана на рис. 2. Как уже отмечалось выше, в качестве параметра, характеризующего ориентацию волокон, использовался параметр функции углового распределения волокон, который здесь обозначим через  $\gamma$  (методика его определения представлена в [1]). Параметр

ориентации  $\gamma$  определялся следующим образом.

По замеренному угловому распределению интенсивности (в произвольных единицах) строилась осредняющая кривая  $I(\psi)$ . По ней, ввиду линейности характеристики регистрирующего универсального вольтметра, определялась величина:

$$\gamma_0^2 = \frac{I(0)}{I(\pi/2)}.$$

После вычисления  $\gamma_0$  по графикам, приведенным в [3], определялся параметр ориентации  $\gamma$ .

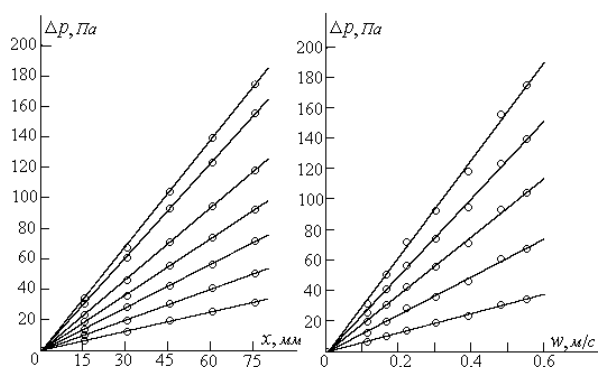


Рис. 3

Полученные зависимости представлены на рис. 3 для чесальной ленты и на рис. 4 для ленты со второго перехода ленточной машины. Графики построены в одинаковом масштабе и из их сопоставления видно, что потери давления при фильтрации воздуха через продукт с более высокой ориентацией волокон оказываются более низкими. Приведенные зависимости линейны и проходят через начало координат.

Линейный характер зависимости перепада давления от координаты и скорости в исследованном диапазоне дает возможность утверждать, что характеристики воздухопроницаемости подчиняются закону Дарси:

$$\frac{\Delta p}{\ell} = \frac{\mu}{k} w, \quad (1)$$

где  $\Delta p$  – перепад давления на длине  $\ell$ ;  $\mu$  – динамическая вязкость воздуха;  $w$  – ско-

На графике рис. 2 точками показаны осредненные экспериментальные значения, зарегистрированные с интервалом углов  $\Delta\psi$  в  $10^\circ$ . Здесь же приведена теоретическая кривая ненормированного распределения длин проекций, которая определена в [1].

Измерения перепада давления ( $\Delta p$ ) по длине ( $x$ ) рабочего участка производились в точках, отстоящих на расстояниях 15, 30, 45, 60 и 75 мм. По полученным значениям построены графические зависимости  $\Delta p$  от  $x$ , а также от скорости  $w$  движения воздуха, просасываемого через слой материала.

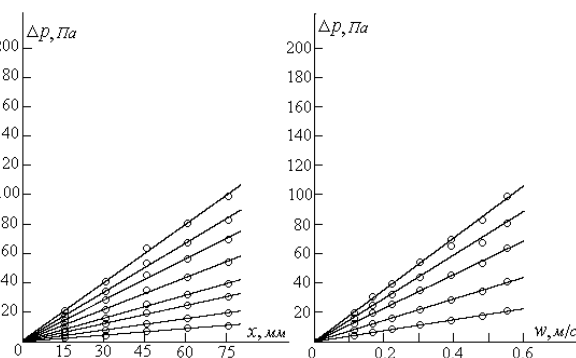


Рис. 4

рость потока, отнесенная к полному поперечному сечению канала;  $k$  – коэффициент проницаемости.

Используя закон Дарси (1), по опытным данным рассчитывали величину коэффициента воздухопроницаемости  $k$ . Графический анализ зависимостей коэффициента проницаемости от эффективной плотности  $k(\rho_s)$ , от параметра ориентации  $k(\gamma)$ , и коэффициента ориентации от эффективной плотности  $\gamma(\rho_s)$  демонстрирует большой разброс точек. Связано это с тем фактом, что для первой из них случайным образом изменялся показатель ориентации, а для второй – эффективная плотность. Тем не менее, в первых двух зависимостях существует корреляция данных: соответствующие коэффициенты корреляции равны  $-0,78$  и  $+0,66$ . Для графика  $\gamma(\rho_s)$  корреляция данных отсутствует – коэффициент корреляции равен  $0,01$ .

Ситуация в корне отлична, если ориентация изменяется за счет деформации об-

разца. В специальной серии опытов один и тот же образец помещался в трубки различного диаметра. С уменьшением диаметра трубок увеличивалась плотность волокнистого образца, росло значение параметра ориентации и проявлялись практически строгие зависимости  $\gamma(\rho_3)$  и  $k(\rho_3)$  с коэффициентами корреляции, равными соответственно 0,99 и – 0,97. Проведенный анализ показывает, что коэффициент проницаемости зависит от двух параметров: эффективной плотности и параметра ориентации  $k = f(\rho_3, \gamma)$ . В том случае, когда образец деформируется, параметр ориентации зависит от эффективной плотности  $\gamma(\rho_3)$ , так что коэффициент проницаемости оказывается сложной функцией плотности  $k = f[\rho_3, \gamma(\rho_3)]$ .

## ВЫВОДЫ

УДК 677: 687.01

## ПОДГОТОВКА ОГНЕЗАЩИЩЕННЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

*В.И. БЕСШАПОШНИКОВА, Н.А. СМЕРНОВА, Н.Г. БЕССОНОВА*

(Энгельский технологический институт,  
Костромской государственной технологической университет,  
Московский государственный университет дизайна и технологии)

Придание огнезащитности текстильным полотнам для изготовления спецодежды сварщика производилось путем модификации фосфорсодержащими соединениями. Модификацию тканей верха и объемного нетканого утеплителя (ОНУ) фосфорсодержащими замедлителями горения (ЗГ) проводили по разработанной технологии с применением энергии лазерного  $\text{CO}_2$  излучения (ЛИ) на модернизированной лазерной установке Комета-2.

Материалы модифицировали 5%-ным

Опытным путем установлена зависимость коэффициента проницаемости при фильтрации воздуха через волокнистый слой от параметров ориентации и эффективной плотности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Kornoohin I.P., Kornoohina T.A.*// Research Journal Textile and Apparel. – (Hong Kong), 2002, v.6, N 2.
2. А.с. 532667 СССР. Корнюхина Т.А., Борзунов И.Г., Корнюхин И.П. – Оpubл. 1976. Бюл. №39.
3. *Kornoohin I.P., Kornoohina T.A.*// Research Journal Textile and Apparel. – (Hong Kong), 2002, v.6, N 1.

Рекомендована кафедрой промышленной теплоэнергетики. Поступила 19.01.06.

раствором фосдиола (ФД), диметилметилфосфоната (ДММР) и метилфосфонамид (Т-2) под воздействием ЛИ. В качестве мягчителя для снижения жесткости тканей использовался раствор октамона. Оптимальная концентрация раствора октамона 3%, при которой жесткость ОЗТ снижается на 3...12%, по сравнению с исходной.

Методом экспертной оценки были определены наиболее значимые показатели качества утепленной спецодежды сварщика, которые затем были изучены и представлены в табл. 1.

Таблица 1

| Характеристика состава образца,<br>% масс. | Содержание<br>фосфора, % | Значения показателей качества  |   |  |                               |                              |                        |   |                                    |
|--|--------------------------|--------------------------------|---|--|-------------------------------|------------------------------|------------------------|---|------------------------------------|
|  |                          | кислородный<br>индекс,<br>% об | поверхностная<br>плотность,<br>г/м <sup>2</sup> | жесткость на<br>изгиб, мкН·см <sup>2</sup> | разрывная<br>нагрузка,<br>даН | разрывное<br>удлинение,<br>% | гигроскопичность,<br>% | воздухопроницаемость,<br>дм <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> ·с | устойчивость к истиранию,<br>циклы |
|  |                          |                                |   | основа/уток                                | основа/уток                   | основа/уток                  |                        |   |                                    |
| Ткань арт. 49702СТ, 75(ПЭ+Ш)+25Т-2         | 8                        | 35,5                           | 502   | 14386/14068                                | 156/132                       | 57/63                        | 8,4                    | 30  | 11279                              |
| Ткань арт. 49702СФ, 76(ПЭ+Ш)+24ФД          | 3,3                      | 32,5                           | 496   | 13949/13960                                | 179/130                       | 54/62                        | 8,0                    | 29  | 11938                              |
| Ткань арт. 49702СД, 84(ПЭ+Ш)+16ДММР        | 4                        | 32,5                           | 448   | 14309/13991                                | 150/130                       | 55/63                        | 8,2                    | 31  | 11869                              |
| Ткань арт. 52194Т, 80ПЭ+ 20Т-2             | 6,4                      | 29                             | 88  | 1097/1115                                  | 80/66                         | 43/31                        | 3,4                    | 290   | 1620                               |
| Ткань арт. 52194Ф, 80 ПЭ +20ФД             | 2,7                      | 31,5                           | 88  | 1019/1016                                  | 81/67                         | 46/33                        | 3,3                    | 285   | 1870                               |
| Ткань арт. 52194Д, 93 ПЭ + 7ДММР           | 1,8                      | 29                             | 76  | 1429/1120                                  | 77/63                         | 45/38                        | 3,1                    | 288   | 1651                               |
| Ткань арт. 42966, 60ВВ+40ПЭ                | -                        | 19                             | 183   | 1987/1740                                  | 89/72                         | 47/43                        | 8,6                    | 237   | 2150                               |
| ОНУ арт.935577НТ, 76ПЭ+ 24Т-2              | 7,7                      | 42                             | 131   | 8814/10009                                 | 12/18                         | 62/55                        | 1,7                    | 87/90   | -                                  |
| ОНУ арт.935577НФ, 76ПЭ+24 ФД               | 3,3                      | 41                             | 131   | 8725/9980                                  | 12,5/19                       | 63/56                        | 1,8                    | 87/90   | -                                  |
| ОНУ арт.935577НД, 87ПЭ+13 ДММР             | 3,3                      | 31,5                           | 115   | 8910/10095                                 | 11/17,5                       | 62/54                        | 1,7                    | 88/90   | -                                  |

Исследование свойств, разработанных ОЗМ, подтвердило их соответствие требованиям ГОСТа 12.4.105–81, предъявляемым к материалам для спецодежды сварщика.

Прочность на разрыв и устойчивость к истиранию по плоскости ОЗТ возрастают на 5...15% по сравнению с исходной. Увеличение поверхностной плотности и незначительное снижение воздухопроницаемости свидетельствуют об уплотнении структуры материала в результате модификации. Усадка тканей составила 1,1...2%. ОЗМ ткани верха и ОНУ характеризуются высоким значением кислородного индекса (КИ) 31,5...42%. Устойчивостью к воспламенению при действии источника зажигания составляет 20...35 кВт/м<sup>2</sup>, что относит ОЗМ по воспламеняемости к материалам группы В2 а по горючести – к трудногораемым материалам. Скорость распространения пламени по поверхности образца ОЗМ Т-2 в условиях КИ равна  $6,7 \cdot 10^{-4}$  м/с.

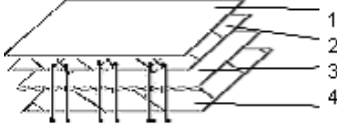

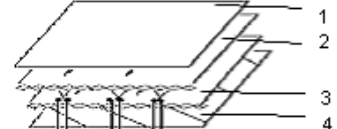
Для обеспечения требуемых показателей качества утепленной спецодежды [1],

[2] исследовали влияние состава пакета одежды и его толщины на теплозащитные свойства (табл. 2).

Установлено, что теплозащитные свойства пакета материалов не зависят от модификации фосфорсодержащими замедлителями горения, а определяются толщиной пакета одежды.

Увеличение количества слоев ОНУ до двух значительно повышает теплозащитные свойства пакета материалов спецодежды сварщика, образцы № 2 и 3. Воздухопроницаемость пакетов низкая и соответствует нормативным требованиям утепленной спецодежды. Невысокая жесткость и масса материалов обеспечивают устойчивость к образованию заломов и складок в местах сгибов. Относительно гладкая поверхность (коэффициент тангенциального сопротивления ОЗТ 1,75...1,8) способствует быстрому удалению расплава металла с поверхности одежды, а высокая степень огнезащитности ткани верха и утеплителя – надежную защиту при эксплуатации спецодежды.

Таблица 2

| № образца | Состав пакета материалов  | Толщина, мм,<br>(без давления/ под<br>давлением 196 Па) | Теплопроводность,<br>Вт/м·К | Суммарное тепловое<br>сопротивление,<br>м <sup>2</sup> ·К/Вт | Воздухопроницае-<br>мость, дм <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> ·с |
|-----------|---|---|-----------------------------|--|---|
| 1         |  <p>1 -ОЗТ верха арт. 49702СТ<br/>2 - ОЗТ арт. 52194 (80ПЭ+20Т-2)<br/>3 - ОЗТ ОНУ арт. 935577НТ (76ПЭ+24Т-2)<br/>4 - ткань арт. 42966 (60ПЭ+40Т-2)</p>                                 | 8,41/4,85   | 0,044                       | 0,191  | 7,1   |
| 2         |  <p>1 -ОЗТ верха арт. 49702СТ<br/>2 - ОЗТ арт. 52194 (80ПЭ+20Т-2)<br/>3 - ОЗТ ОНУ арт. 935577НТ (76ПЭ+24Т-2)<br/>4 - ОНУ арт. 933577 (100ПЭ)<br/>5 - ткань арт. 42966 (60ПЭ+40Т-2)</p> | 14,95/8,3   | 0,035                       | 0,427  | 4,2   |
| 3         |  <p>1 -ОЗТ верха арт. 49702СТ<br/>2 - ОЗТ ОНУ арт. 935577НТ (76ПЭ+24Т-2)<br/>3 - ОНУ арт. 933577 (100ПЭ)<br/>4 - ткань арт. 42966 (60ПЭ+40Т-2)</p>                                    | 14,92/8,05  | 0,034                       | 0,438  | 4,0   |

Использование ОЗТ арт. 52194 в качестве слоя протегивания ОНУ позволяет исключить миграцию волокон на лицевую поверхность одежды. Пакет № 3 является наиболее экономичным. Предлагаемые пакеты материалов обладают меньшей массой за счет применения ОНУ поверхностной плотности 100...120 г/м<sup>2</sup>, что положительно влияет на эксплуатацию спецодежды.

## ВЫВОДЫ

1. Предложены текстильные материалы для спецодежды, придание огнезащитности которым произведено путем модификации фосфорсодержащими соединениями, и доказано их соответствие требованиям стандартов и возможность применения в производстве спецодежды для за-

щиты от повышенных температур и брызг расплава металла.

2. Разработаны пакеты материалов утепленной спецодежды сварщика, обладающие меньшей массой и жесткостью, тепло- и огнезащитными свойствами, комфортностью пододежного пространства. Установлена взаимосвязь теплозащитных свойств от состава и расположения слоев в пакете одежды.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Фомченкова С.П. // Текстильная промышленность. – 2002, № 7. С.15...17.
2. Константинова Н.И. и др. // Текстильная промышленность. – 2002, №10. С.19...21.

Рекомендована кафедрой технологии и материаловедения швейного производства. Поступила 20.01.06.

УДК 677.051

## ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ВОЛОКНА С БИЛАМИ МНОГОБИЛЬНОГО БАРАБАНА В ПРОЦЕССЕ ЕГО ОДНОСТОРОННЕЙ ОЧИСТКИ

*Р.В. КОРАБЕЛЬНИКОВ, Э.В. НОВИКОВ*

(Костромской государственной технологической университет)

Известно, что процесс очистки длинного волокна от костры может осуществляться односторонними и двусторонними воздействиями. В настоящее время одностороннее воздействие как окончательный процесс не применяется. Он нашел применение как процесс подготовки волокна к двустороннему трепанию в трепальной машине агрегата АЛС-1 и является элементом дифференциации. Под подготовкой понимается параллелизация волокна и его очистка от несвязанной и слабосвязанной костры.

Анализ [1...4] показал, что подробное описание поведения волокна при трепании существует только для двустороннего трепания двух-, трех- и четырехбильными барабанами, имеющими бильные планки в виде пластин, которые установлены тангенциально. Это означает, что изучение поведения волокна в процессе одностороннего трепания многобильными трепальными барабанами (число бил свыше четырех) с новыми конструкциями бил является актуальной задачей.

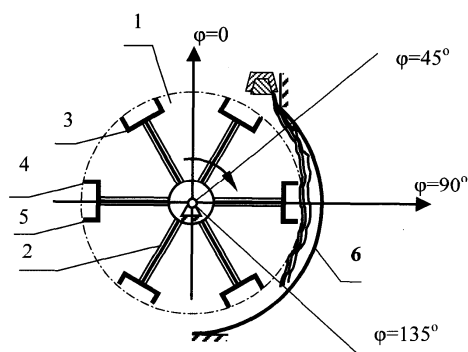


Рис. 1

Настоящая работа посвящена изучению поведения волокна в зоне одностороннего трепания агрегата АЛС-1. На рис.1 представлена схема поперечного разреза трепальной секции одностороннего трепания, где 1 – трепальный барабан, спицы 2, корытообразные бильные планки 3, установленные радиально, основная рабочая кромка 4, тыльная кромка 5, направляющий козырек 6.

С помощью стробоскопа и фотографии на экспериментальной трепальной установке [5] проведено наблюдение за поведением волокна в поле одностороннего трепания. Исследовали барабан с корытообразными бильными планками, установленными радиально (как в трепальной машине агрегата АЛС-1), а также с плоскими планками при тангенциальном их расположении.

Кроме этого изучалось поведение обрабатываемого материала при различной длине, находящейся в обработке (без учета длины участка от точки зажима волокна до точки удара по волокну), которая составляла 400 и 550 мм и переменной частоте вращения трепального барабана от 250 до 350 мин<sup>-1</sup>.

Обрабатывался лен-сырец (промятые стебли тресты нормальной степени вылежки), который был получен в первом модуле мяльной машины М-110Л2 при плотности загрузки 0,5 кг/м. В трепальную установку сырец подавался при линейной плотности 0,4 кг/м.

Взаимодействие бильной планки с волокном начинается вблизи зажима волокна. Вначале на волокно воздействует ос-

новная рабочая кромка, затем при угле  $\phi$  поворота била от вертикали, равном  $40...45^\circ$ , в процесс обескостривания вступает вторая (тыльная) кромка.

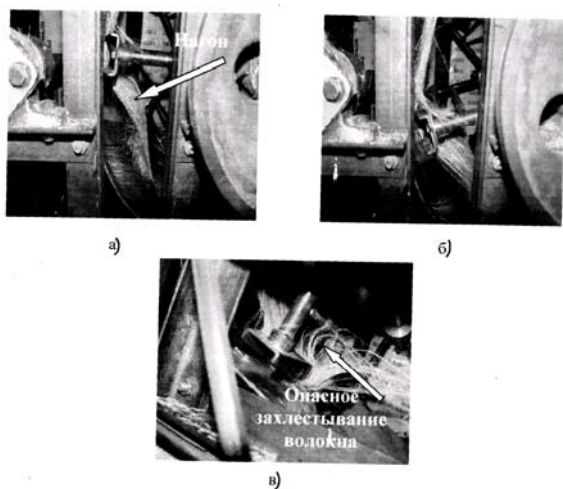


Рис. 2

Основные моменты взаимодействия волокна с бильной планкой представлены на рис.2. На рис.2-а показано формирование нагона из волокна; б – постепенное увеличение нагона (по мере схода конца волокна с соседней бильной планки); в – захлестывание волокна за бильную планку.

При увеличении нагона увеличивается угол охвата кромки пряжкой, а участок волокна от зажима до места взаимодействия била находится в натянутом состоянии (рис.2-а, б). После полного схода волокна с соседней планки нагон продолжает увеличиваться, но волокно не захлестывается за предшествующую планку. Когда била подходит к нижней части волокна, наблюдается захлестывание его за планку (рис.2-в).

Если на пути захлестнувшегося конца ле встретится подбильная решетка, то может произойти полное захлестывание волокна, то есть волокно обхватит всю планку (при угле охвата  $180^\circ$ ). Такое захлестывание является опасным явлением (рис.2-в), так как может произойти выдергивание волокна из зажима или повреждение его кончиков, например, обесчка волокон.

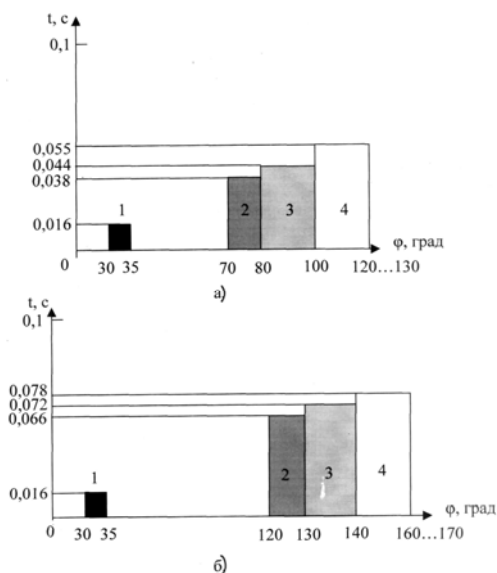


Рис. 3

На рис.3 изображены диаграммы взаимодействия волокна с бильной планкой в зависимости от времени  $t$  поворота ее от вертикали (рис.3-а – для длины волокна 400 мм; рис.3-б – для длины волокна 550 мм, где 1 – удар по волокну; 2 – формирование перед основной рабочей кромкой нагона из волокна; 3 – постепенное увеличение нагона; 4 – сход концов волокна с бильной планки и их захлестывание).

В целом из наблюдений можно констатировать, что в процессе одностороннего трепания многобильным барабаном имеют место последовательные явления: формирование перед основной рабочей кромкой нагона из волокна; его постепенное увеличение; сход концов волокна с бильной планки, причем сначала сходят короткие волокна, затем более длинные; захлестывание волокна.

Последнее явление происходит поразному: сначала начинают захлестываться более короткие волокна, а затем более длинные (короткие волокна начнут быстрее выходить из-под воздействия с бильной планкой и соответственно захлестнутся раньше длинных волокон (рис.2-в)).

При длине пряжи 550 мм и более поведение волокна аналогичное, но процессы формирования нагона и захлестывания перемещаются ниже, на следующую или последующую планку, при этом прямолинейный участок волокна между соседними



билами находится в натянутом состоянии (рис.2-в).

Из рис.1 и 2 видно, что на волокно воздействует не только основная рабочая кромка, но и тыльная кромка, причем эффективность действия последней возрастает с поворотом барабана и в нижней части трепальной секции (рис.2-в). Кроме того, от начала до окончания наблюдения в поле трепания имел место стабильный контакт обрабатываемой пряжи с кромками бильных планок, причем если прядь будет иметь длину в поле трепания, равную 700 мм, то она также будет иметь контакт с кромками, даже за зоной установки направляющего козырька.

Рассматривая число бил и рабочих кромок, взаимодействующих на волокно в процессе очистки, можно сказать, что в зависимости от длины волокна в обработке на него воздействует от 1 до 4 бил (от 2 до 8 рабочих кромок), то есть:

- при длине пряди в поле трепания 400 мм – 1...2 била (2...4 рабочих кромки);
- при длине 600 мм – 3...4 била (6...8 рабочих кромки);
- при длине 750 мм – 1...2 била (2...4 рабочих кромки).



Рис. 4

На рис.4 изображено явление опасного захлестывания волокна для г-образной бильной планки, установленной тангенциально. Из рисунка очевидно аналогичное поведение волокна при его обработке г-образными бильными планками и при изменении частоты вращения барабана.

По результатам эксперимента можно дать рекомендации для совершенствования конструкции бильных планок и подбиль-

ной решетки трепальной машины агрегата АЛС-1.

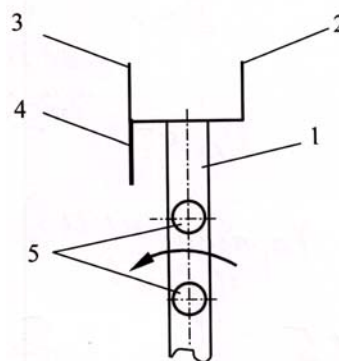


Рис. 5

На рис.5 представлено било с измененными параметрами, где 1 – спица, 2 – тыльная кромка, 3 – существующая бильная планка, 4 – дополнительная планка, 5 – прутки подбильной решетки с измененными параметрами. Для того, чтобы исключить опасное захлестывание волокна за рабочую бильную планку, необходимо установить дополнительную планку (продолжить вниз существующую планку); установить прутки подбильной решетки максимально ближе к дополнительной планке, например, на расстоянии 10...20 мм от оси прутков, уменьшить осевое расстояние между прутками подбильной решетки до 20 мм.

## ВЫВОДЫ

Таким образом, на основе проведенных исследований можно заключить следующее.

1. Изучено поведение льняного волокна в процессе одностороннего трепания многобильным барабаном, имеющим различную конструкцию бильных планок.

Установлено, что:

- при очистке волокна от костры в зоне 1 (односторонняя очистка) многобильными барабанами имеют место следующие явления: формирование нагона из волокна перед основной рабочей кромкой; постепенное его увеличение; сход концов волокна с бильной планки; захлестывание волокна за бильную планку;

- при увеличении длины пряди, нахо-

дящейся в обработке, от 400 до 550 мм и более характер поведения волокна в поле одностороннего трепания не изменяется, но процесс захлестывания перемещается ниже, на следующую или последующую планку;

– захлестывание концов волокна за бильную планку барабана происходит тогда, когда бильная планка подходит к нижней части волокна, и если на пути захлестнувшегося конца не встретится подбильная решетка, то может произойти опасное захлестывание волокна;

– прямолинейные участки волокна между соседними билами находятся в натянутом состоянии;

– в процессе обработки наблюдается стабильный контакт пряди волокна как с основной рабочей кромкой, так и с тыльной кромкой; последняя вносит дополнительный эффект очистки;

– характер поведения волокна на бильных планках в зависимости от частоты вращения барабана не изменяется.

2. Даны рекомендации по совершенствованию конструкции трепального бараба-

на в зоне одностороннего трепания, которые могут быть полезны при разработке рабочих органов трепальных машин.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Сулов Н.Н. Исследование процесса трепания льна: Дис...докт. техн. наук. – М.:МТИ, 1961.

2. Андреев В.В., Мастейкене-Палкалкайте И.Ю. Изучение некоторых конструктивных и технологических параметров процесса трепания волокна // Сб. научн.-исслед. тр. / Под ред. Л.Н. Гинзбурга. – Т. XXII. – М., 1966.

3. Дьячков В.А. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2004, №2. С.13...16.

4. Бойко С.В. Поперечный удар по натянутому волокну в процессе трепания трехбильными барабанами // Тез. докл. Всерос. научн.-техн. конф.: Современные технологии и оборудование текстильной промышленности (Текстиль-2004). – М., 2004.

5. Новиков Э.В., Смирнов Б.И., Ипатов А.М. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1999 № 1.

Рекомендована кафедрой технологии производства льняного волокна. Поступила 08.04.05.

УДК 677.051.21

## ОСОБЕННОСТИ ТРЕПАНИЯ ЛЬНА ТРЕХБИЛЬНЫМИ БАРАБАНАМИ С ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМИ ТЫЛЬНЫМИ ОПОРАМИ

*С.В. БОЙКО*

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

Общеизвестны условия трепания трехбильными барабанами, эффективность работы которых в основном зависит от ряда факторов, в том числе от длины прядей, радиуса и межосевого расстояния барабанов.

В зависимости от длины обрабатываемых прядей, находящихся в поле трепания, возможны различные случаи их взаимодействия с билами барабанов [1]. На них одновременно могут воздействовать одна (вариант 1) или две (вариант 2) рабочих кромки. Причем при сходе пряди с

била возможны случаи, когда прядь из-за повышенной длины не переходит на противоположное било (вариант 3). Это влияет на степень нагружения прядей и, как следствие, ведет к увеличению неровноты свойств получаемого волокна.

Для нормального протекания процесса трепания случаи взаимодействия с прядью одного и двух бил, но без схода пряди на противоположное било, следует считать нежелательными и поэтому обработку по варианту 2 – предпочтительной.

В исследовании [2] была решена задача по определению соотношения долей упомянутых случаев взаимодействия прядей различной длины с одной и двумя рабочими кромками. Установлено, что использование существующих трепальных барабанов при трепании прядей с изменяющейся длиной от 30 до 60 см всегда будет приводить к получению волокна с разными свойствами.

С учетом этого вывода появляется необходимость разработки трепальных барабанов иной конструкции или модернизации существующих, позволяющих более эффективно воздействовать на варьируемые по длине пряди льняного сырца. Очевидно, что с экономической точки зрения направление, связанное с модернизацией, более целесообразно.

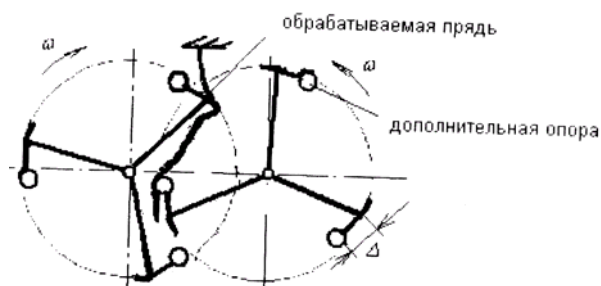


Рис. 1

При изыскании возможностей решения указанной проблемы предложено техническое решение [3], заключающееся в установке в тыльной зоне бил барабанов дополнительных опор с изменяющимся расстоянием  $\Delta$  по длине барабанов от тыльной плоскости била (рис.1 – поперечный разрез трепальной секции с дополнительными тыльными опорами).

Проанализируем влияние дополнительной опоры на реализацию упомянутых возможных вариантов взаимодействия разных по длине прядей с билами трехбильных барабанов. Анализ проведем по методике [2] с учетом дополнительных тыльных кромок. Суть методики заключается в оценке положения мгновенного центра скоростей (м.ц.с.) сходящего участка пряди после потери контакта с опорой била. Дополнительным параметром варьиру-

вания примем расстояние до дополнительной тыльной опоры  $\Delta$ .

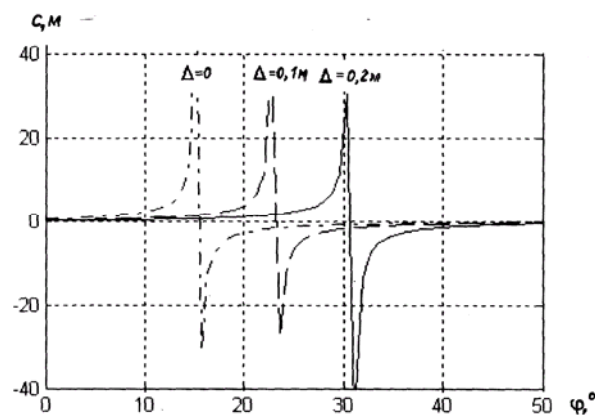


Рис. 2

По результатам проведенных исследований получены графические зависимости расстояния  $C$  до м.ц.с. от угла поворота трепального барабана  $\phi$  при наличии дополнительной тыльной опоры, представленные на рис. 2. Условие  $\Delta=0$  соответствует случаю, когда тыльная опора отсутствует.

Из анализа графиков следует, что наличие дополнительной тыльной опоры приводит к существенному изменению условий схода свободного участка пряди при трепании. Для количественной оценки доли возникающих ситуаций использовали методику [1].

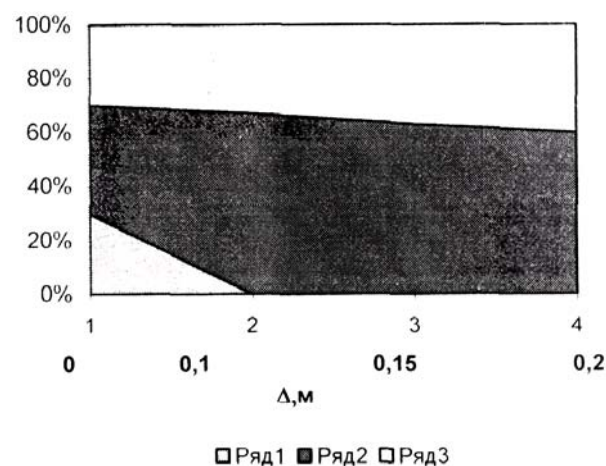


Рис. 3

Результаты расчета представлены графически на рис.3, где показано распределение соотношения случаев при трепании при наличии дополнительной тыльной

опоры: ряд 1 соответствует первому варианту взаимодействия пряди с одним билам; ряд 2 – второму варианту взаимодействия пряди с двумя билами (подвод); ряд 3– третьему варианту взаимодействия пряди с двумя билами (отвод). Их анализ позволяет заключить, что наличие дополнительной опоры с тыльной стороны била и параметры ее установки позволяют уменьшить количество возможных нежелательных ситуаций обработки прядей. Это в свою очередь приведет к выравниванию силового напряжения прядей и, как следствие, к получению более однородного по свойствам и закрученности волокна.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Бойко С.В., Пашин Е.Л.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2005, № 5. С. 15...18.
2. *Бойко С.В.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности.–2005, № 6.С.109...110.
3. *Пашин Е.Л., Бойко С.В.* Секция трепальной машины для обработки лубяных культур // 2250940 Россия, МПК D 01 В 1/16, 1/26.–Опубл.27.04.05. Бюл.№12.
4. *Бойко С.В., Лапшин А.Б., Пашин Е.Л.* // Вестник КГТУ. – 2005, №11.

Рекомендована кафедрой теоретической механики и сопротивления материалов КГТУ. Поступила 01.12.05.

УДК 677.052.94

**СИЛЫ, ДЕЙСТВУЮЩИЕ МЕЖДУ ВОЛОКНАМИ  
КРУЧЕНОГО ПРОДУКТА В ПРОЦЕССЕ ВЫТЯГИВАНИЯ\***

*Г.И. ЧИСТОБОРДОВ, В.А. АВРЕЛЬКИН*

**(Ивановская государственная текстильная академия)**

Продолжая исследования [1] сил, образующихся между волокнами полуфабрикатов, определим тангенциальное напряжение, действующее между соседними волокнами в крученом продукте.

В процессе вытягивания между волокнами крученого продукта образуется поперечное сжатие (напряжение), которое, в свою очередь, является типичным примером создания поля сил трения в процессе утонения, например, при прядении из ровницы.

Важность исследования напряжений, образующихся при действии на участок продукта, зажатого между вытяжными парами растягивающих сил, вызвана необходимостью определения оптимальных заправочных параметров вытяжного прибора.

Проведенные авторами исследования опираются на научно обоснованные методы расчета и проектирования технологического процесса вытягивания текстильного производства, который базируется на силовом взаимодействии волокнистого продукта с органами вытяжного прибора.

В настоящей работе принято, что геометрическая модель крученого продукта предполагает, что волокна располагаются по винтовым линиям с постоянным шагом. Шаг винтовой линии не зависит от текущего радиуса нити, а угол ориентации отдельного волокна  $\theta$ , равный углу подъема винтовой линии, изменяется вдоль радиу-

са, достигая на периферии величины  $\beta$ . Упругая деформация ровницы складывается из деформации кручения всех волокон, составляющих этот полуфабрикат.

Крученый волокнистый продукт состоит из волокон (рис.1), между которыми действуют напряжения (радиальное и тангенциальное (касательное)), образующие при относительном движении волокон силы трения. Чем больше натяжение волокон и крутка продукта, тем сильнее поперечное обжатие и, следовательно, сила трения.

Распределение усилий между волокнами осуществляется в результате сил трения взаимодействующих волокон. Приведенная к осевой линии волокна величина радиального напряжения определяется [1]:

$$\sigma_p = E_f \varepsilon_f \cos^2 \beta \frac{\left(1 - \frac{\rho^2}{R^2} \sin^2 \beta - \cos^2 \beta\right)}{2 \left[\left(\frac{\rho}{R}\right)^2 \sin^2 \beta + \cos^2 \beta\right]}, \quad (1)$$

где  $R$  – радиус продукта;  $\beta$  – угол закручивания;  $E_f$  – модуль упругости волокна;  $\varepsilon_f$  – относительное удлинение волокна;  $\rho$  – расстояние до исследуемого волокна в сечении от оси продукта.

\* Работа выполнена по гранту Президента Российской Федерации для поддержки молодых ученых.

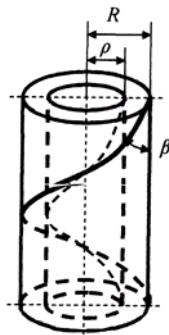


Рис.1

В процессе вытягивания между волокнами продукта образуется сила трения, элементарная величина которой определяется следующим образом [2]:

$$df = \mu \sigma_p (2 \pi r dl_i), \quad (2)$$

где  $r$  – радиус волокна;  $dl_i$  – элемент длины волокна, на который наложено касательное напряжение:

$$dl_i = -\frac{Q}{2} \left[ \frac{2 u_i}{1 - \cos^2 \beta} \right] du, \quad (3)$$

$Q$  – период миграции волокон;  $u$  – параметр, характеризующий радиальное положение точки на волокне в продукте.

Тогда тангенциальные напряжения, вызванные силами трения взаимодействующих волокон и препятствующих их скольжению, определяются:

$$\sigma_\tau = \frac{df}{2\pi r \ell}, \quad (4)$$

где  $\ell$  – штапельная длина волокна.

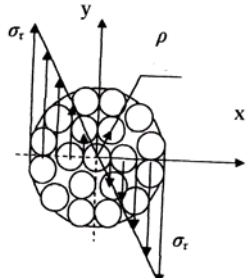


Рис.2

Полученная формула (4) позволяет определить тангенциальное напряжение ме-

жду волокнами в любом сечении продукта (рис. 2).

Исследуем тенденцию изменения напряжения поля сил трения между слоями крученого волокнистого продукта. При определении напряжений в настоящей работе будем считать: поскольку угол ориентации волокон в продукте постоянен, следовательно, в расчетах принимаем усредненное значение, которое равно  $14^\circ$ , при установленном значении крутки 30 кр/м.

Расчеты произведены для следующего объекта исследования: ровница линейной плотности  $T = 333$  текс из смеси следующего состава: шерсть  $64^k$ , I и II длины – 100%, штапельная длина волокон равна 72 мм.

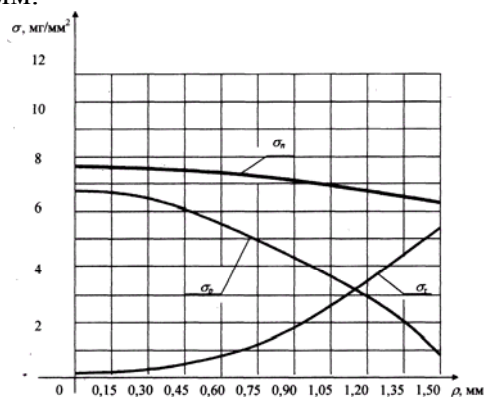


Рис.3

На рис. 3 представлено графическое изменение напряжений, действующих в крученом продукте.

По полученным результатам можно сделать вывод, что наибольшее радиальное напряжение испытывают центральные волокна, и уменьшается оно в сторону периферийных волокон. Наибольшее тангенциальное напряжение испытывают периферийные волокна, однако максимальное общее нормальное напряжение испытывает группа волокон, расположенных в центре.

Таким образом, изменение крутки продукта оказывает влияние на напряжение, образуемое между волокнами, причем от слоя к слою оно изменяется.

Информация о напряжениях, действующих между волокнами, необходима для исследования сил, образующихся при

вытягивании крученого волокнистого продукта. От характера действия сил, образующихся в процессе вытягивания, зависит величина нагрузки на нажимные валики вытяжного прибора.

При определении нагрузок на нажимные валики выберем усредненное значение напряжений, действующих в различных слоях продукта. Причем величина

нормального давления определяется следующим образом:

$$\sigma_n = \sqrt{\sigma_p^2 + \sigma_\tau^2}. \quad (5)$$

Тогда выражение для определения силы вытягивания в задней зоне вытяжного прибора в обозначениях из [3] будет выглядеть:

$$F_B = \psi \mu_2 \lambda_1 \sqrt{\sigma_p^2 + \sigma_\tau^2} n_1 R_1 \left( \frac{2}{3} + \frac{E_1}{E_1 + 1} \left( \sqrt{\frac{E_1}{E_1 + 1}} - 1 \right) \right). \quad (6)$$

По полученным ранее [3] математическим моделям рассчитаем нагрузки на нажимные валики вытяжного прибора с учетом исследований, проведенных в настоящей работе.

С учетом исходных данных нагрузка на нажимные валики вытяжного прибора кольцепрядильной машины П-76-ШГ2 равна:  $Q_1=7010$  сН;  $Q_2=8760$  сН;  $Q_3=10740$  сН. Уменьшение величины полученных значений объясняется тем обстоятельством, что ранее величина нормального давления между волокнами продукта определялась экспериментально и с использованием эмпирических коэффициентов, которые привели к завышенному результату.

Полученные значения величин нагрузок на нажимные валики определены с учетом фактических условий формирования продукта и напряжений, действующих между волокнами продукта.

## ВЫВОДЫ

Проведено исследование сил, действующих между волокнами крученого продукта в процессе вытягивания, которое позволяет определить тенденцию изменения напряжений в слоях продукта. Такое исследование необходимо при расчете фактических нагрузок на нажимные валики вытяжного прибора, а также при прогнозировании процесса вытягивания волокнистого продукта.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Чистобородов Г.И., Аврелькин В.А., Роньжин В.И. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2002, №2.
2. Щербаков В.П. Прикладная механика нити. – М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2001.
3. Чистобородов Г.И., Аврелькин В.А., Роньжин В.И. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2002, № 6.

Рекомендована кафедрой начертательной геометрии и черчения. Поступила 17.01.06.

УДК 677.021

## ИССЛЕДОВАНИЕ СИЛ СТАТИЧЕСКОГО ТРЕНИЯ ВОЛОКНИСТОГО ШТАПЕЛЯ О РЕМЕШКИ ВЫТЯЖНОГО ПРИБОРА

А.Ф.КАПИТАНОВ, А.С. УЛЬЯНЫЧЕВ, Е.О. МЕДВЕДЕВ

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

Метод определения сил, действующих на волокна при вытягивании в ремешковом вытяжном приборе, требует знания зави-

симостей этих сил от нормального давления на мычку и скорости движения волокон мычки относительно ремешков при

различном сырьевом составе волокнистого продукта [1].

Зависимости сил статического трения от этих факторов изучались на модели, позволяющей оценить силу извлечения  $F$  волокнистого штапеля из устройства в начальный момент его смещения относительно сжимающих штапель ремешков.

При проведении опытов из участка ленты, помещенной в верхний зажим разрывной машины для пряжи, вычесывались не попавшие в этот зажим волокна. Подготовленный таким образом штапель помещался в устройство, закрепленное на нижнем зажиме. Штапель сжимался плоскими металлическими поверхностями, на которые предварительно наклеивались прямоугольные фрагменты ремешков, используемых в вытяжных приборах ровничных машин.

Нормальное давление на штапель варьировали с помощью пружины в пределах 320...3600 сН, при этом скорость нижнего зажима могла изменяться в пределах 150...800 мм/мин.

В эксперименте использовалась гребенная лента: а) первый вариант:  $T_1=3,7$  ктекс, (шерсть мериносовая 64<sup>к</sup> 1-2 длины 100%); б) второй вариант:  $T_2=23,3$  ктекс, (шерсть мериносовая 64<sup>к</sup>, 1-2 длины

30%, нитроновое волокно резки 90 мм 70%).

В качестве критериев применены:

а) удельная сила статического трения:

$$F_{уд} = F/H, \quad (1)$$

где  $F_{уд}$  – удельная сила статического трения, сН/мм;  $F$  – абсолютная сила статического трения (показания силоизмерителя прибора);  $H$  – ширина штапеля в сжатом состоянии, мм;

б) коэффициент вариации по удельной силе статического трения  $C_F$ .

В одной серии опытов варьировали удельное нормальное давление на штапель, при этом скорость нижнего зажима была неизменной и равной  $V=500$  мм/мин. В другой серии опытов варьировали скорость при неизменном нормальном давлении, равном 1960 сН. Влажность воздуха при эксперименте 60...70%, температура 19...22°С.

Число испытаний по каждому варианту равнялось 30, что при доверительной вероятности 0,954 обеспечивало относительные ошибки средних удельных сил статического трения в пределах  $0,99 \div 6,71\%$ .

Т а б л и ц а 1

| Факторы                             |            | Чистшерстяной штапель |           | Полушерстяной штапель |           |
|-------------------------------------|------------|-----------------------|-----------|-----------------------|-----------|
| наименование                        | величина*  | $F_{уд}$ , сН/мм      | $C_F$ , % | $F_{уд}$ , сН/мм      | $C_F$ , % |
| Удельное нормальное давление, сН/мм | 16,0/7,3   | 22,67                 | 18,06     | 6,64                  | 9,12      |
|                                     | 57,5/26,1  | 43,13                 | 9,27      | 12,44                 | 7,98      |
|                                     | 98,0/44,5  | 65,90                 | 6,56      | 18,56                 | 6,57      |
|                                     | 139,0/63,5 | 88,47                 | 3,09      | 24,00                 | 6,03      |
|                                     | 180,0/81,8 | 100,33                | 2,98      | 35,12                 | 5,31      |
| Скорость нижнего зажима, мм/мин     | 150        | 57,67                 | 3,78      | 16,65                 | 5,34      |
|                                     | 300        | 60,93                 | 3,25      | 17,38                 | 4,99      |
|                                     | 400        | 62,30                 | 3,12      | 18,16                 | 4,60      |
|                                     | 650        | 70,27                 | 2,84      | 19,09                 | 4,56      |
|                                     | 800        | 72,30                 | 2,68      | 20,14                 | 4,21      |

П р и м е ч а н и е. \* В числителях дробей указаны величины удельных нормальных давлений для первого варианта, в знаменателях – для второго.



| Факторы                             | Критерии   | Чистошерстяной штапель                         | Полушерстяной штапель         |
|-------------------------------------|--|--|-------------------------------|
| Удельное нормальное давление, сН/мм | Удельная сила статического трения, сН/мм                     | $F_{уд} = 0,49 N_{уд} + 16,033$                | $F_{уд} = 0,37 N_{уд} + 2,95$ |
|                                     | Коэффициент вариации по удельной силе статического трения, % | $C_F = 0,0007N_{уд}^2 - 0,2267N_{уд} + 21,104$ | $C_F = -0,0513N_{уд} + 9,29$  |
| Скорость нижнего зажима, мм/мин     | Удельная сила статического трения, сН/мм                     | $F_{уд} = 0,0237 V + 53,79$                    | $F_{уд} = 0,0052 V + 15,89$   |
|                                     | Коэффициент вариации по удельной силе статического трения, % | $C_F = -0,0016V + 5,46$                        | $C_F = -0,0015V + 3,85$       |

Результаты статистической обработки данных эксперимента приведены в табл.1, а описанные регрессионными моделями результаты – в табл. 2 и на рис. 1...4, где

зависимости для чистошерстяного штапеля обозначены цифрой 1, для полушерстяного – 2.

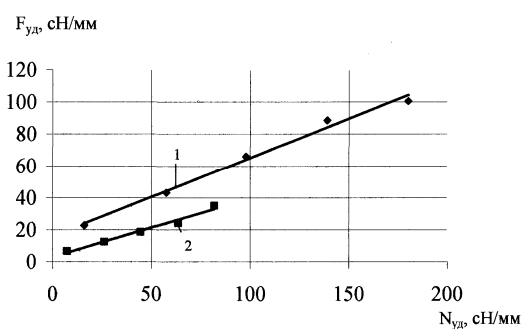


Рис. 1

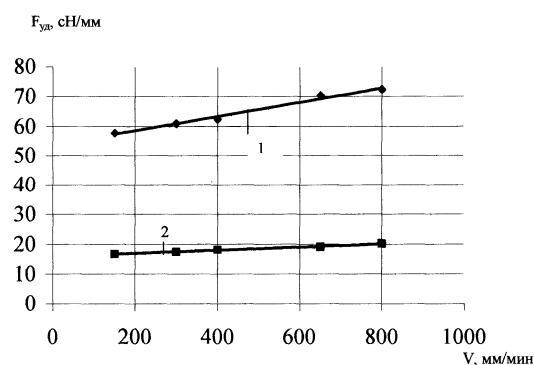


Рис. 2

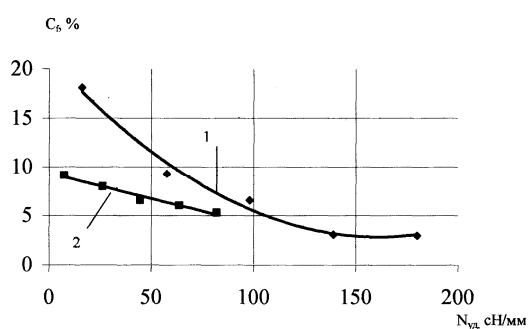


Рис. 3

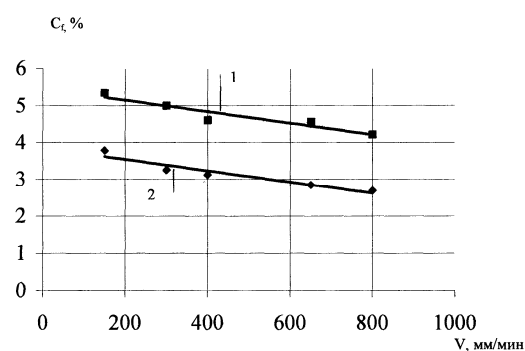


Рис. 4

Полученные результаты показывают:

– с увеличением удельного нормального давления на штапель возрастает удельная сила трения, притом значения критерия для чистошерстяного штапеля выше, чем для полушерстяного; величина отношения удельной статической силы трения

к удельному нормальному давлению снижается, оставаясь для изученного диапазона варьирования фактора всегда больше для чистошерстяного штапеля, чем для полушерстяного, темп уменьшения этой величины постепенно замедляется;

– с увеличением скорости нижнего за-

жима удельная статическая сила трения увеличивается, наблюдается тенденция замедления темпа изменения этой величины, причем, как и в случае влияния удельного нормального давления, величина критерия для чистошерстяного штапеля больше, чем для полушерстяного.

Эти результаты в качественном отношении подтверждают известные [2...5], полученные для металлов, неметаллов, в том числе нитей и волокон, при различном сочетании взаимодействующих тел по их природе, геометрии поверхностей и взаимного положения.

Существенный интерес представляет зависимость меры нестабильности – коэффициентов вариации сил статического трения – от удельного нормального давления и скорости нижнего зажима. В обоих случаях коэффициенты вариации уменьшаются при увеличении соответствующего фактора, однако при оценке влияния удельного нормального давления значения их для чистошерстяного штапеля оказываются выше, чем для полушерстяного. При оценке влияния скорости зажима имеет место превышение значений критерия для полушерстяного штапеля над значениями для чистошерстяного.

Полученные результаты объясняются: различием в свойствах поверхностей шерстяных и химических волокон и, как следствие, различием в фрикционных свойствах штапеля; в случае полушерстяного штапеля можно предполагать негативную роль недостаточного смешивания волокон; с увеличением удельного нормального давления выравнивается внутренняя структура волокнистого продукта, в частности, стабилизируется число контактов его волокон с сжимающей поверхностью; с увеличением скорости снижается роль автоколебаний в системе трущихся объектов [5].

Повышение стабильности сил статического трения от рассматриваемых факторов приводит к целесообразности повыше-

ния (в допустимых пределах) сжимающих волокнистый продукт сил в поле вытягивания, а также указывает на возможность повышения скорости работы вытяжного прибора без ущерба для одной из компонент поля вытяжного прибора – сил статического трения волокон о ремешки. Эти выводы справедливы в меру соответствия модели реальному процессу и в пределах варьирования изученных факторов.

## ВЫВОДЫ

1. Разработанный метод и база данных могут использоваться для расчета сил, действующих на волокно в вытяжных приборах.

2. С увеличением сжимающей нагрузки в ремешковых зажимах вытяжных приборов и увеличением скорости увеличиваются статические силы, действующие на волокна в вытяжном приборе.

3. Стабильность величин статических сил трения волокон мычки о ремешки вытяжных приборов повышается с увеличением факторов, указанных в п.2.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Капитанов А.Ф., Зубарева Н.И.* Силы, действующие на волокна в ремешковом вытяжном приборе ровничной машины // Вестник МГТУ. – 2002. С.14...19.
2. *Крагельский И.В.* Трение и износ. – М.: Машиностроение, 1968.
3. *Хвальковский Н.В.* Трение текстильных нитей. – М.: ЦИНТИ, 1966.
4. *Панин П.М.* Замасливание и увлажнение волокон в шерстопрядении. – М.: Легпромбытиздат, 1986. С.173.
5. *W.E. Morton and Y.W.S Hearl* Physical properties of Textile Fibers. -Manchester.: Wood head publishing. – 2004.
6. Справочник по триботехнике. Теоретические основы. Том 1. – Под общей редакцией М. Хебды, А.В.Чичинадзе. – М.: Машиностроение, 1989.

Рекомендована кафедрой технологии шерсти.  
Поступила 26.12.05.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОЧНОСТИ КРУЧЕНОЙ ПРЯЖИ

*Г.И. ТОЛУБЕЕВА, Н.К. РОМАНЫЧЕВ, В.Л. МАХОВЕР*

(Ивановская государственная текстильная академия)

Известно, что разрывная нагрузка  $Q_{кр}$  крученой пряжи зависит от разрывной нагрузки скручиваемых однониточных праж  $Q_{1пр}$  и коэффициента  $K_{ус}$  усиления разрывной нагрузки в результате скручивания [1, с.292...298]:

$$Q_{кр} = Q_{1пр} \cdot K_{ус}. \quad (1)$$

В уравнении (1) разрывная нагрузка одиночной пряжи принимается по данным справочника, предприятия или рассчитывается для хлопчатобумажной пряжи по методике [2, 20...24], для хлопкохимической – по методике [1, с. 362...365].

Коэффициент усиления разрывной нагрузки в результате скручивания зависит от линейной плотности скручиваемых однониточных праж, числа кручений первичной и вторичной крутки, направления первичной и вторичной крутки, радиусов кручения, угла наклона витков в крученой пряже к линии, параллельной оси скрученного продукта, системы подготовки пряжи к прядению и способа прядения, линейной плотности и штапельной длины волокон однониточных праж и прочих причин [1, с.292...298].

Предлагается методика оперативного получения регрессионной зависимости коэффициента  $K_{ус}$  усиления при кручении в  $x$  сложений пряжи используемого на предприятии способа прядения, получаемой из

типовой сортировки. Задача рассматривается на примере анализа требований ГОСТа 15258–70 к удельной разрывной нагрузке одиночной и крученой хлопчатобумажной пряжи кольцевого способа прядения.

Предварительно производится одномерная аппроксимация и определяются интерполяционные полиномы для расчета коэффициентов усиления разрывной нагрузки  $j$ -й пряжи при скручивании ( $j = 1, 2, \dots, m$ ):

$$K_{усj} = p_{1,j}x^{n-1} + p_{2,j}x^{n-2} + \dots + p_{n-1,j}x + p_{n,j}, \quad (2)$$

где  $x$  – число сложений скручиваемой пряжи в условиях эксперимента, изменяющееся от одиночной пряжи до максимального числа сложений  $n$ ,  $x = 1, 2, \dots, n$ ;  $n$  – число опытов для пряжи каждой линейной плотности, а также количество коэффициентов аппроксимирующих полиномов степени  $n-1$ ;  $j$  – порядковый номер пряжи из области эксперимента и соответствующего ей аппроксимирующего полинома;  $p_{i,j}$  – эмпирические коэффициенты  $j$ -го полинома;  $i$  – порядковый номер коэффициента и опыта для  $j$ -го полинома,  $i = 1, 2, \dots, n$ .

Искомые коэффициенты  $p_{i,j}$   $j$ -го полинома (2) должны удовлетворять системе  $n$  линейных уравнений:

$$\begin{cases} p_{1,j}x_1^{n-1} + p_{2,j}x_1^{n-2} + \dots + p_{n-1,j}x_1 + p_{n,j} = y_{1,j}, \\ p_{1,j}x_2^{n-1} + p_{2,j}x_2^{n-2} + \dots + p_{n-1,j}x_2 + p_{n,j} = y_{2,j}, \\ \dots \\ p_{1,j}x_n^{n-1} + p_{2,j}x_n^{n-2} + \dots + p_{n-1,j}x_n + p_{n,j} = y_{n,j}, \end{cases} \quad (3)$$

где  $u_{i,j}$  – экспериментальные значения коэффициентов усиления  $j$ -й пряжи в  $i$ -м опыте.

По данным ГОСТа 15258–70 [3, с. 2...6] с помощью команды  $vander(X)$  [4, с. 482] рассчитаны коэффициенты аппроксимирующих полиномов для одиночной и крученной пряжи линейной плотности 25 текс ( $j=1$ ), 36 текс ( $j=2$ ), 50 текс ( $j=3$ ) и 84 текс ( $j=4$ ), имеющей от одного до шести сложений ( $i=1, 2, \dots, 6$ , то есть число опытов  $n=6$ ).

Задается столбец  $X$ :  $X = [1, 2, 3, 4, 5, 6]$ .

$$\begin{aligned} Y_1 &= [1, 1.104800, 1.190480, 1.230159, 1.230159, 1.230159], \\ Y_2 &= [1, 1.128000, 1.160000, 1.160000, 1.160000, 1.160000], \\ Y_3 &= [1, 1.076920, 1.115385, 1.153846, 1.153846, 1.153846], \\ Y_4 &= [1, 1.021200, 1.060610, 1.098485, 1.121212, 1.121212]. \end{aligned}$$

Единственное решение системы получается путем левого матричного деления с помощью функции:

$$P_j(X) = vander(X) \setminus Y_j, \quad (6)$$

где  $P_j(X) = [p_{1,j}, p_{2,j}, \dots, p_{n,j}]$ .

Получены коэффициенты аппроксимирующих полиномов  $P_j(X)$  и интерполяци-

$$K_{yc1} = 0,0014x^4 - 0,0182x^3 + 0,0655x^2 + 0,0154x + 0,936, \quad (7)$$

$$K_{yc2} = -0,0013x^4 + 0,024x^3 - 0,1587x^2 + 0,456x + 0,68, \quad (8)$$

$$K_{yc3} = 0,0013x^5 - 0,0224x^4 + 0,1474x^3 - 0,4583x^2 + 0,7166x + 0,615, \quad (9)$$

$$K_{yc4} = 0,0003x^4 - 0,0059x^3 + 0,038x^2 - 0,0553x + 1,023. \quad (10)$$

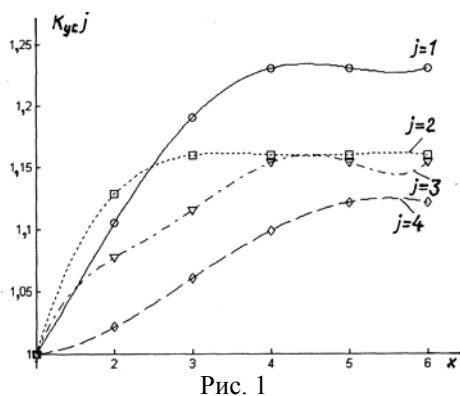


Рис. 1

По известным из стандарта относительной разрывной нагрузке  $p_{i,j}$   $j$ -й пряжи с числом сложений  $x$  и разрывной нагрузке одиночной пряжи  $p_{1,j}$  рассчитывается  $j$ -й столбец правой части системы уравнений (3):

$$Y_j = [y_{1,j}, y_{2,j}, \dots, y_{n,j}], \quad (4)$$

$$y_{i,j} = \frac{p_{i,j}}{p_{1,j}}. \quad (5)$$

Получаем:

онные зависимости для расчета коэффициентов увеличения относительной прочности при скручивании  $K_{ycj}$  для четырех видов крученой пряжи, изготовленной из средневолокнистых сортов хлопчатника в соответствии с требованиями ГОСТа 15258–70: для пряжи линейной плотности 25 текс – (7), 36 текс – (8), 50 текс – (9) и 84 текс – уравнение (10):

На рис. 1 представлены эмпирические зависимости коэффициентов  $K_{ycj}$  увеличения разрывной нагрузки одиночной пряжи при скручивании с разным числом сложений. Теоретические кривые получены при изменении числа сложений  $x$  с шагом, равным  $\Delta x = 0,1$ .

С увеличением числа сложений коэффициент усиления разрывной нагрузки пряжи вначале увеличивается, достигает

своего максимального значения при числе сложений, равном четырем (для пряжи линейной плотности 36 текс – трем), после чего с увеличением числа сложений величина  $K_{ycj}$  не изменяется. Причем с увеличением линейной плотности одиночной нити скручиваемой пряжи коэффициент усиления разрывной нагрузки пряжи при скручивании – уменьшается.

Коэффициенты аппроксимирующих полиномов  $P_j(X)$  можно также найти с помощью функции  $\text{polyfit}(X, Y, k)$  [3, с. 483], где  $k$  – задаваемая пользователем наибольшая степень полинома, при этом  $k \leq n - 1$ . Функция  $\text{polyfit}(X, Y, k)$  удобна тем, что позволяет подобрать аппроксимирующий полином, имеющий наименьшую возможную степень. Для проверки качества найденного полинома строится график,

$$K_{yc4} = 0,027x + 0,9761, \quad (11)$$

$$K_{yc4} = -0,0031x^2 + 0,0486x + 0,9473, \quad (12)$$

$$K_{yc4} = -0,0023x^3 + 0,0208x^2 - 0,0235x + 1,0046, \quad (13)$$

$$K_{yc4} = 0,0003x^4 - 0,0059x^3 + 0,038x^2 - 0,0553x + 1,023. \quad (14)$$

Анализ полученных зависимостей показывает, что уравнения (10) и (14) одинаковы.

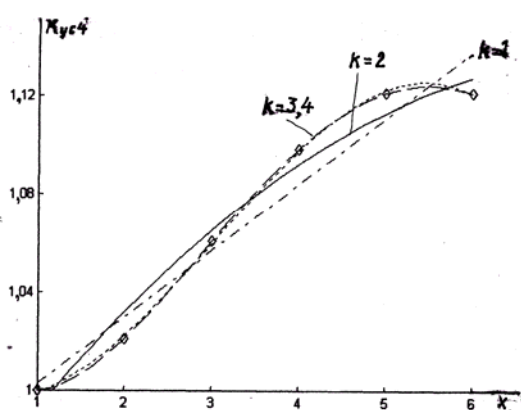


Рис. 2

На рис. 2 представлены аппроксимирующие полиномы (11)...(14). Анализ рис. 2 показывает, что с экспериментальными данными одинаково хорошо согла-

на котором показывается полиномиальная кривая и табличные точки аппроксимируемой функции.

Для пряжи линейной плотности 84 текс ( $j = 4$ ), имеющей от одного до шести сложений, с помощью функции  $\text{polyfit}(X, Y, k)$  определены коэффициенты аппроксимирующих полиномов различных степеней, представленные уравнением (11) – линейная зависимость ( $k = 1$ ), (12) – параболическая ( $k = 2$ ), (13) – полиномом третьей степени ( $k = 3$ ), (14) – полиномом четвертой степени ( $k = 4$ ).

При определении коэффициентов аппроксимирующего полинома пятой степени получена зависимость (14), так как коэффициент при  $x^5$  оказался равным нулю, как и в уравнении (10):

суются полиномиальные зависимости третьего (13) и четвертого (14) порядков.

С целью получения зависимости коэффициента усиления разрывной нагрузки пряжи  $K_{yc}$  от числа сложения  $x$  и линейной плотности одиночной пряжи  $T_{пр}$  в среде программирования MATLAB 6.5 выполнена двумерная аппроксимация с помощью функции  $\text{interp2}(X, T_{пр}, Z, xx, tt, \text{method})$ :

$$K_{yc} = z(T_{пр}, n). \quad (15)$$

Произведена аппроксимация кусочными билинейными функциями вида:

$$z = p_{00} + p_{10}x + p_{01}t + p_{11}xt, \quad (16)$$

где  $t$  – линейная плотность пряжи, текс;

$$Z = K_{yc}.$$

Поверхность отклика искомой зависимости представляет собой фрагменты гиперболического параболоида – седла. Для 60 участков определены коэффициенты уравнений (16) при изменении числа сложений от одного до шести с шагом  $\Delta x = 1$

$$Z = \begin{matrix} \rightarrow i \\ \begin{bmatrix} 1 & 1.104800 & 1.190480 & 1.230159 & 1.230159 & 1.230159, \\ 1 & 1.128000 & 1.160000 & 1.160000 & 1.160000 & 1.160000, \\ 1 & 1.076920 & 1.115385 & 1.153846 & 1.153846 & 1.153846, \\ 1 & 1.021200 & 1.060610 & 1.098485 & 1.121212 & 1.121212 \end{bmatrix} \\ \downarrow j, \end{matrix}$$

где  $i$  – текущее значение номера столбца для  $j$ -й пряжи с различным числом сложений нитей.

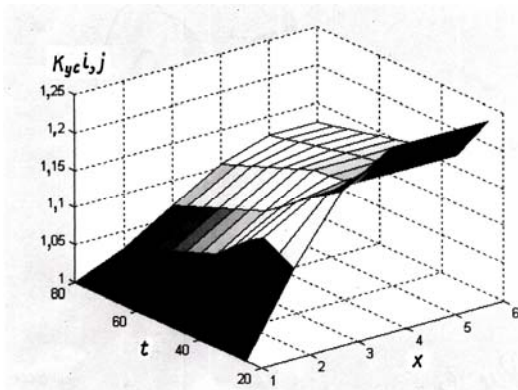


Рис. 3

Построенная поверхность отклика, аппроксимирующая зависимость коэффициента  $K_{yc}$  от линейной плотности одиночной пряжи и числа сложений, представлена на рис. 3. Полученные зависимости справедливы для хлопчатобумажной пряжи кольцевого способа прядения линейной плотности одиночной нити от 25 до 84 текс, выработанной из типовых сортровок средневолокнистых сортов хлопчатника при числе сложений от одного до шести.

и линейной плотности одиночной пряжи от 25 до 85 текс с шагом  $\Delta t = 5$  текс.

При построении аппроксимирующей поверхности отклика принимался вектор абсцисс  $x [1 2 3 4 5 6]$ , вектор ординат  $t [25 36 50 84]$  и двумерный массив аппликата, в котором каждой паре  $(x(i), t(j))$  соответствует значение  $Z(i, j)$ :

## ВЫВОДЫ

Разработаны методика расчета, алгоритм и программное обеспечение, позволяющие, учитывая опыт предприятия по выпуску крученых пряж, оперативно получать искомые зависимости (2), (15) и (16) для любых сортровок хлопчатобумажной и хлопкохимической пряжи и рассчитывать разрывную нагрузку крученых пряж применительно к технологии данного предприятия.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Широков В.П. и др. Справочник по хлопкопрядению. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1985.
2. Бадалов К.И., Борзунов И.Г., Конюков П.М. и др. Лабораторный практикум по прядению хлопка и химических волокон. – М.: Легкая индустрия, 1978.
3. Кетков Ю.Л., Кетков А.Ю., Шульц М.М. MATLAB 6.x.: программирование численных методов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2004.
4. ГОСТ 15958–70. Пряжа (нити) хлопчатобумажная кардная однониточная и крученая для технических целей. – М.: Изд-во стандартов, 1975. – 15 с. (Действовал до 01.01.1988 г.).

Рекомендована кафедрой проектирования текстильных изделий. Поступила 30.12.05.

УДК 677.054.838

**АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ГАЛЕВ  
НА ОБРЫВНОСТЬ ОСНОВНЫХ НИТЕЙ  
В ПРОЦЕССЕ ТКАЧЕСТВА**

*Л.А. СЕКОВАНОВА, Е.Ю. СТАРЦЕВА*

(Костромской государственной технологической университет)

В настоящее время на отечественных текстильных предприятиях идет постепенная замена проволочных галев на пластинчатые, как более экономичные и технологически удобные.

Производители технологической оснастки (как зарубежные, так и отечественные) выпускают пластинчатые галева различных типоразмеров. Галева различаются не только поперечными размерами ремизной ленты, размерами глазка и ушек, но и их формой, величиной кривизны и направлением отгибов ушек, формой поверхности контакта с нитью и качеством ее обработки.

Для исследования уровня обрывности и потери прочности основных нитей от взаимодействия с галевами, различающимися перечисленными параметрами, проведен эксперимент в условиях ткацкого производства АО "Большая костромская льняная мануфактура". Контроль обрывности основных нитей проводился при выработке двух видов тканей, которые условно обозначены А и Б. Ткань А – из льняной пряжи 56 текс (арт. 106003), ткань Б – из оческовой пряжи 86 текс (обр.876) в основе.

Т а б л и ц а 1

| Условное обозначение                               | Тип галева | Исполнение | max галева, мм | Размеры сечения, мм | Размеры глазка, мм | Размеры ушек, мм | Примечание                      |
|--|------------|------------|----------------|---------------------|--------------------|------------------|---------------------------------|
| Галева с закрытым ушком ( узкие галевоносители )   |            |            |                |                     |                    |                  |                                 |
| 1  | I          | 2          | 280            | 2,6×0,4             | 6,5×1,8            | 16×1,7           | Дополнительная полировка глазка |
| 2  | I          | 2          | 280            | 2,6×0,4             | 6,5×1,8            | 16×1,7           |                                 |
| 3  | I          | 2          | 280            | 2,3×0,35            | 6,0×1,5            | 16×1,7           |                                 |
| 4  | I          | 2          | 280            | 2,0×0,3             | 5,5×1,2            | 16×1,7           |                                 |
| 5  | II         | 1          | 280            | d=0,4               | 6×3                | 16×5             | Проволочные галева              |
| Галева с открытым ушком ( широкие галевоносители ) |            |            |                |                     |                    |                  |                                 |
| 10   | II         | 2          | 280            | 5,56×0,3            | 5,5×1,2            | 27×1,8           |                                 |
| 20   | II         | 2          | 280            | 5,56×0,3            | 8,5×3,3            | 27×1,8           |                                 |
| 30   | II         | 2          | 280            | 5,56×0,3            | 6,5×1,8            | 27×1,8           |                                 |
| 40   | II         | 2          | 280            | 5,56×0,3            | 8,0×2,5            | 27×1,8           | Отгиб ушка 1,5 мм               |
| 50   | II         | 2          | 280            | 5,56×0,3            | 8,0×2,5            | 27×1,8           | Отгиб ушка 2,5 мм               |

Для исследования были взяты галева десяти типоразмеров (табл.1): пять с закрытым – ушком – для узких галевоно-

сителей (1, 2, 3, 4, 5) и пять с открытым С-образным ушком – для широких галевоносителей (10, 20, 30, 40, 50), которые

были установлены на двух станках СТБ-180 с разными галевоносителями: узкими (станок №1) и широкими (станок №2).

Для получения объективной информации все пять видов галев набирались в один ремизный прибор по зонам, распределенным по ширине станка за исключением области кромок и шпаруток. Учитыва-

вая, что условия работы основных нитей по ширине станка неодинаковы, для каждого артикула ткани была разработана определенная схема расположения зон с одинаковым количеством галев.

Схема расположения зон с галевами 1, 2, 3, 4, 5 на каждой из четырех ремиз для ткани А приведена в виде табл. 2.

Т а б л и ц а 2

| Расположение зон в ремизе | Область кромок и шпаруток | 1  | 2  | 4  | 5  | 3  | 1  | 2  | 5  | 4  | 3  | Область кромок и шпаруток |
|---------------------------|---------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------------------------|
| Число галев в зоне        | 68                        | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 69                        |

Минимальный метраж контроля каждого вида ткани определялся при статистической надежности 95% и средней обрывности по комбинату, которая для ткани А составила 0,55 обр./пог.м, для ткани Б – 0,45 обр./пог.м.

Если принять ошибку доверительных границ среднего значения равной 10%, то необходимое число наблюдаемых обрывов  $N=275$  (Диаграмма 7 [1]), необходимый метраж для ткани А – 500 м, для ткани Б – 611 м.

За время производственного эксперимента метраж контроля на станках №1 и

№2 для ткани А составил соответственно 564 и 836 м, а для ткани Б – 314 и 684 м. В этом случае ошибка доверительных границ среднего значения обрывности соответственно: 9; 8; 14 и 10%.

Обрывность по глубине станка измерялась в пяти зонах: I – опушка ткани-ремизы, II – ремизы, III – ремизы-ламели, IV – ламели, V – ламели-скало.

Для анализа влияния галев на обрывность основных нитей из общего числа обрывов было выделено суммарное число обрывов в зонах I и II, в которых нити подвергались воздействию галев (табл.3).

Т а б л и ц а 3

| Станок | Ткань и вид пряжи в основе | Зоны по глубине станка | Число и процент обрывов в зонах с галевами: |       |       |       |       | Всего | % от общего числа обрывов | Обрывность на 1 пог. м ткани |
|--------|----------------------------|------------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|---------------------------|------------------------------|
|        |                            |                        | 1   | 2     | 3     | 4     | 5     |       |                           |                              |
| №1     | А (лен)                    | I + II                 | 80  | 59    | 50    | 38    | 33    | 260   | 80,7                      | 0,46                         |
|        |                            | %                      | 30,76                                       | 22,69 | 19,23 | 14,61 | 12,69 | 100   | -                         | -                            |
|        | Б (очес)                   | I + II                 | 20  | 33    | 22    | 23    | 21    | 119   | 57,8                      | 0,38                         |
|        |                            | %                      | 16,80                                       | 27,73 | 18,49 | 19,32 | 17,64 | 100   | -                         | -                            |
| №2     |                            |                        | 10  | 20    | 30    | 40    | 50    |       |                           |                              |
|        |                            | I + II                 | 84  | 53    | 68    | -     | 75    | 280   | 72,1                      | 0,33                         |
|        | %                          | 30                     | 18,9  | 24,3  | -     | 26,8  | 100   | -     | -                         |                              |
|        | А (лен)                    | I + II                 | 38  | 21    | 59    | 43    | 61    | 222   | 74,5                      | 0,32                         |
|        |                            | %                      | 17,1  | 9,5   | 26,5  | 19,4  | 27,5  | 100   | -                         | -                            |
|        | Б (очес)                   |                        |   |       |       |       |       |       |                           |                              |
|        |                            |                        |   |       |       |       |       |       |                           |                              |

Результаты эксперимента еще раз подтвердили, что наибольшая доля обрывов по глубине станка приходится на зоны I и II, то есть галева оказывают на нити наибольшие по интенсивности воздействия,

чем другие элементы технологической оснастки.

Обрывность в галевах 1 на первом этапе проверки оказалась выше, чем в галевах 2 такого же типоразмера. Галева 1 имели дополнительную обработку поверхности



глазка, но эта обработка была сделана с нарушением последовательности операций: повторная полировка глазка произведена после никелирования. В результате радиус закругления кромок увеличился, однако поверхность приобрела большую шероховатость.

В дальнейшем, при использовании этих галев для ткани Б, обрывность в них снизилась и стала меньше, чем других галевах, то есть в процессе ткачества происходит "приработка" галев. Кромки глазков становятся менее шероховатыми, что и отражается на уровне обрывности.

Более высокая обрывность льняной пряжи наблюдалась в зонах с галевами 10, которые имели самый маленький глазок. Галева 10 более жесткие на изгиб, чем галева 4, у которых такие же размеры глазка, но меньше ширина пластины (табл.1). В связи с этим величина возможного пути трения нити относительно глазка в галевах 10 больше, чем в галевах 4.

В зонах с галевами 10 установлено наличие на ткани недосек в две и более уточных нити. Недосеки возникают в связи с тем, что основонаблюдатель не сразу реагирует на оборвавшуюся нить. Это можно объяснить тем, что распушенная от истирания нить зацепляется в маленьком глазке.

Галева 50 имели большую кривизну отгиба ушка, чем галева 40 такого же типоразмера. Отгиб ушка влияет на угол разворота глазка относительно плоскости ушек: чем больше кривизна отгиба, тем меньше угол разворота глазка и, следовательно, галево более жесткое на изгиб.

Обрывность в зонах с галевами 50 оказалась выше, чем в зонах с галевами 40. Следовательно, жесткость галева на изгиб, которая связана с размерами поперечного сечения ленты и углом разворота глазка, оказывает заметное влияние на уровень обрывности нитей.

При длительном взаимодействии галев с основными нитями происходит изменение поверхности контакта. Микроскопические исследования поверхности глазка показали, что происходит некоторое увеличение радиуса закругления кромок.

Для исследования динамики появления обрывов дни контроля объединены в группы в порядке следования. Группы составлялись по примерно одинаковому метражу выработанной ткани. Обрывность по зонам определялась отношением числа обрывов в зоне к выработанному метражу ткани за рассматриваемый промежуток времени (табл.4).

Таблица 4

| Станок | Ткань | Номер группы дней | Обрывность на 1/пог.м ткани по зонам с галевами : |       |       |       |       | Метраж ткани, м |
|--------|-------|-------------------|---|-------|-------|-------|-------|-----------------|
|        |       |                   | 1   | 2     | 3     | 4     | 5     |                 |
| №1     | А     | 1                 | 0,141   | 0,107 | 0,114 | 0,054 | 0,034 | 149             |
|        |       | 2                 | 0,138   | 0,069 | 0,044 | 0,088 | 0,038 | 159             |
|        |       | 3                 | 0,121   | 0,108 | 0,020 | 0,060 | 0,034 | 148             |
|        | Б     | 4                 | 0,043   | 0,014 | 0,086 | 0,028 | 0,071 | 70              |
|        |       | 5                 | 0,056   | 0,098 | 0,042 | 0,070 | 0,028 | 71              |
|        |       | 6                 | 0,043   | 0,116 | 0,072 | 0,058 | 0,014 | 69              |
| №2     | А     | 10                |   | 20    | 30    | 40    | 50    |                 |
|        |       | 1                 | 0,084   | 0,078 | 0,013 | -     | 0,039 | 154             |
|        |       | 2                 | 0,096   | 0,103 | 0,110 | -     | 0,062 | 145             |
|        | Б     | 3                 | 0,113   | 0,038 | 0,044 | -     | 0,063 | 158             |
|        |       | 4                 | 0,077   | 0,038 | 0,077 | 0,055 | 0,066 | 181             |
|        |       | 5                 | 0,064   | 0,028 | 0,078 | 0,042 | 0,078 | 140             |
|        |       | 6                 | 0,037   | 0,024 | 0,043 | 0,055 | 0,043 | 161             |

В галевах 1, глазки которых имели дополнительную обработку, для льняной

пряжи наблюдается снижение обрывности и ее стабилизация при последующем ис-

пользовании этих галев для оческовой пряжи. Такая же закономерность наблюдается и для галев 3.

Обрывность льняной пряжи в зонах с проволочными галевами 5 на всех этапах наблюдения оставалась постоянной, а при последующем взаимодействии их с оческовой пряжей видна тенденция к уменьшению обрывности (табл.4).

Для галев с открытым ушком, используемых в ремизных рамах с широкими галевоносителями, при выработке льняной ткани закономерности к уменьшению или увеличению обрывности не наблюдается (табл.4). При последующем использовании этих галев для оческовой пряжи просматривается тенденция к снижению обрывности. Галева 40 были новыми для этого вида пряжи, так как для льняной пряжи они не использовались.

Таким образом, величина обрывности по зонам с различными галевами оказалась различной. Но является ли это различие значимым. Для определения соответствия распределения обрывности закону Пуассона результаты наблюдений были распределены по 9-часовым отрезкам времени контроля на 16 дней.

Степень соответствия полученных эмпирических распределений теоретическому закону Пуассона была проверена с помощью  $\lambda$ -критерия А.Н. Колмогорова по методике, изложенной в [2].

Степень соответствия получилась достаточно высокой, что позволило применить критерий Фишера для сравнения дисперсий, а затем критерий Стьюдента для сравнения средних значений обрывности по зонам с различными галевами, табличное значение которого определялось по доверительной вероятности 0,95. Значимость различия проверялась для льняной пряжи, поскольку для нее ошибка доверительных границ среднего значения меньше, чем для оческовой.

Различие средних значений обрывности в зонах с галевами 10, 20, 30, 40 и 50 оказалось незначимым. Возможно это связано с тем, что галева различались только раз-

мером глазка (10, 20, 30) или стрелой отгиба ушка (40 и 50).

При оценке значимости различия средних значений обрывности в зонах с галевами 1, 2, 3, 4 и 5 оказалось, что различие незначимо только в зонах 4 и 5, то есть только эти галева оказывают практически одинаковое по интенсивности воздействие на основные нити.

Галева с закрытым ушком различались толщиной пластины, размерами глазка, радиусом закругления кромок поверхности контакта с нитью и качеством ее обработки. Суммарное воздействие перечисленных факторов оказывает существенное влияние на уровень обрывности основных нитей.

## В Ы В О Д Ы

1. В процессе ткачества наибольшие разрушающие воздействия основные нити получают в глазках галев ремиз. Интенсивность этого воздействия зависит:

- от качества обработки и радиуса закругления поверхности глазка;
- от жесткости галева на изгиб, которая определяется размерами поперечного сечения галева, углом разворота глазка, формой и размерами ушка;
- от размеров глазка, массы галева и др.

2. Типоразмер и конструктивные особенности галев могут оказывать существенное влияние на уровень обрывности основных нитей, поэтому правильный подбор галев для заданного артикула ткани поможет уменьшить интенсивность их разрушающих воздействий на основные нити и снизить обрывность.

## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Клемм Л. и др. Математические методы статистического контроля в текстильной промышленности. – 3-е изд., – М.: Легкая индустрия, 1971.
2. ШUTOVA H.E. Обрывность нитей и устойчивость технологического процесса. – М.: Легкая индустрия, 1975.

Рекомендована кафедрой высшей математики.  
Поступила 29.01.06.

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАВНОВЕСИЯ УТОЧНЫХ НИТЕЙ В ЗОНЕ ФОРМИРОВАНИЯ ОДНОСЛОЙНОЙ ТКАНИ ПОЛОТНЯНОГО ПЕРЕПЛЕТЕНИЯ\*

С.Г. СТЕПАНОВ

(Ивановская государственная текстильная академия)

В [1] получена математическая модель равновесия основной нити в зоне формирования однослойной ткани полотняного переплетения. Там же отмечено, что ее решение невозможно без определения величин распределенных нагрузок, действующих со стороны уточных нитей на нить основы. В свою очередь, каждый отрезок уточных нитей в элементе ткани будет подвергаться действию распределенных нагрузок со стороны основной нити.

На данном этапе рассмотрим равновесие отрезков уточин, как входящих в зону формирования ткани (ЗФТ), так и на стабильном участке сформированной ткани, за исключением прибываемой уточной нити, так как последняя работает в условиях сложного сопротивления и получает пространственную деформацию, что выходит за рамки настоящей статьи и будет рассмотрено отдельно. Принимаем те же допущения по отношению к нити и материалу, из которого они состоят [1].

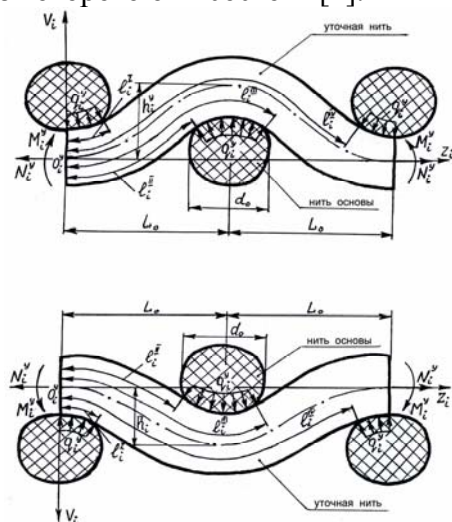


Рис. 1

Рассмотрим равновесие отрезков уточ-

ных нитей в элементе ткани (рис. 1-а, б), которые находятся во взаимном переплетении с отрезком основной нити [1, рис. 1]. Считаем, что со стороны нити основы на нити утка действуют равномерно распределенные нагрузки интенсивностью  $q_i^y$ , направленные по нормали к оси нити. Принимаем также, что действующие на уточные нити крутящие моменты, обусловленные силами трения между нитями в зоне их контакта, а также сами силы трения малы по величине и не оказывают существенного влияния на равновесие уточных нитей, поэтому ими можно пренебречь.

Введем для  $i$ -й уточной нити систему координат  $V_i O_i^y Z_i$ , начало которой  $O_i^y$  лежит на осевой линии нити. Рис. 1-а характеризует равновесие третьей, пятой и т.д. отрезков уточной нити в элементе ткани [1, рис. 1], то есть нечетных  $i$ , а рис. 1-б – то же самое для второй, четвертой и т.д. уточных нитей, то есть четных  $i$ , если отсчет уточин вести от опушки ткани.

Наряду с принятыми ранее обозначениями на рисунке показаны:  $l_i^I, l_i^{II}, l_i^{III}, l_i^{IV}$  – координаты, определяющие действие распределенной нагрузки на  $i$ -ю уточную нить;  $L_0, d_0$  – геометрическая плотность и диаметр основной нити;  $M_{i0}^y, N_{i0}^y$  – изгибающий момент и продольная сила в краевых сечениях уточной нити.

Для исследования равновесия уточных нитей, входящих в ЗФТ, введены новые системы координат. Устанавливать связь с

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

ранее принятой системой координат для основной нити [1] нет необходимости, так как связь между математическими моделями для основной нити и уточных нитей, как будет показано ниже, обеспечивается через основное геометрическое соотношение для однослойной ткани – сумма высот волн изгиба нитей основы и утка равна сумме их диаметров с учетом смятия. Причем не важно, в общей или в разных системах координат эти высоты волн нитей определяются.

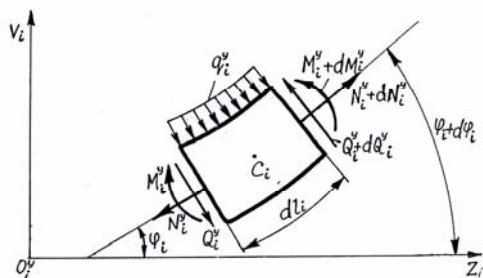


Рис. 2

Выделим на участке  $\ell_i^I$  (рис. 1) элемент нити длиной  $d\ell_i$  (рис. 2) с распределенной нагрузкой  $q_i^y$ . В каждом из сечений нити действуют три силовых фактора:

$M_i^y, M_i^y + dM_i^y$  – изгибающие моменты;

$N_i^y, N_i^y + dN_i^y$  – продольные силы;

$Q_i^y, Q_i^y + dQ_i^y$  – поперечные силы.

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

Проецируя силы на оси  $Z_i$  и  $V_i$ , получаем уравнения:

$$Q_i^y \sin \varphi_i - (Q_i^y + dQ_i^y) \sin(\varphi_i + d\varphi_i) - N_i^y \cos \varphi_i + (N_i^y + dN_i^y) \cos(\varphi_i + d\varphi_i) + q_{Z_i} d\ell_i = 0, \quad (1)$$

$$-Q_i^y \cos \varphi_i + (Q_i^y + dQ_i^y) \cos(\varphi_i + d\varphi_i) - N_i^y \sin \varphi_i + (N_i^y + dN_i^y) \sin(\varphi_i + d\varphi_i) - q_{V_i} d\ell_i = 0. \quad (2)$$

Проекции распределенной нагрузки на оси  $Z_i$  и  $V_i$  (рис. 1) для всего отрезка уточной нити запишем в виде:

$$q_{Z_i} = T_i(\ell_i) \sin \varphi_i, \quad (3)$$

$$q_{V_i} = T_i(\ell_i) \cos \varphi_i, \quad (4)$$

где  $T_i(\ell_i) = q_i^y [1 - H(\ell_i - \ell_i^I) - H(\ell_i - \ell_i^{II}) + H(\ell_i - \ell_i^{III}) + H(\ell_i - \ell_i^{IV})]$ ;  $H(\ell_i - \ell_i^I), \dots, H(\ell_i - \ell_i^{IV})$  – функции Хевисайда [2];  $\ell_i$  – текущая координата.

Пренебрегая малыми величинами второго порядка, приводим уравнения (1) и (2) к виду:

$$-Q_i^y \cos \varphi_i \frac{d\varphi_i}{d\ell_i} - \frac{dQ_i^y}{d\ell_i} \sin \varphi_i - N_i^y \sin \varphi_i \frac{d\varphi_i}{d\ell_i} + \frac{dN_i^y}{d\ell_i} \cos \varphi_i + q_{Z_i} = 0, \quad (5)$$

$$-Q_i^y \sin \varphi_i \frac{d\varphi_i}{d\ell_i} + \frac{dQ_i^y}{d\ell_i} \cos \varphi_i + N_i^y \cos \varphi_i \frac{d\varphi_i}{d\ell_i} + \frac{dN_i^y}{d\ell_i} \sin \varphi_i - q_{V_i} = 0. \quad (6)$$

Умножая (5) на  $\cos \varphi$ , а (6) – на  $\sin \varphi$  и складывая результаты, а затем, умножая (5) на  $-\sin \varphi$ , а (6) – на  $\cos \varphi$  и опять складывая, с учетом (3), (4)Ю получим

$$\frac{dN_i^y}{d\ell_i} - Q_i^y \frac{d\varphi_i}{d\ell_i} = 0, \quad (7)$$

$$\frac{dQ_i^y}{dl_i} + N_i^y \frac{d\varphi_i}{dl_i} - T_i(l_i) = 0. \quad (8)$$

Записывая уравнение равновесия в виде равенства нулю суммы моментов всех сил относительно точки  $C_i$  (рис. 2) и пренебрегая величинами второго порядка малости, получим

$$dM_i^y + Q_i^y dl_i = 0. \quad (9)$$

Момент  $M_i^y$  пропорционален приращению угла поворота плоскости сечения нити

$$M_i^y = A_y \frac{d\varphi_i}{dl_i}, \quad (10)$$

где  $A_y$  – жесткость на изгиб уточной нити.

С учетом (10) уравнение (9) представим в виде

$$A_y \frac{d^2\varphi_i}{dl_i^2} + Q_i^y = 0. \quad (11)$$

Между координатами осевой линии нити и углом  $\varphi_i$  справедливы следующие зависимости:

$$\begin{aligned} \frac{dV_i}{dl_i} &= \sin \varphi_i, \\ \frac{dZ_i}{dl_i} &= \cos \varphi_i. \end{aligned} \quad (12)$$

Итак, равновесие  $i$ -й уточной нити в ЗФТ описывается следующей нелинейной системой дифференциальных уравнений:

$$\frac{dN_i^y}{dl_i} - Q_i^y \frac{d\varphi_i}{dl_i} = 0, \quad (13)$$

$$\frac{dQ_i^y}{dl_i} + N_i^y \frac{d\varphi_i}{dl_i} - T_i(l_i) = 0, \quad (14)$$

$$A_y \frac{d^2\varphi_i}{dl_i^2} + Q_i^y = 0, \quad (15)$$

$$\frac{dV_i}{dl_i} = \sin \varphi_i, \quad (16)$$

$$\frac{dZ_i}{dl_i} = \cos \varphi_i. \quad (17)$$

Эта же система справедлива и для отрезков уточной нити, не входящих в зону формирования и относящихся к стабильному участку сформированной ткани.

В систему уравнений (13)...(17) входят не найденные пока величины распределенных нагрузок  $Q_i^y$ , действующих со стороны основной нити на уточные нити в зоне их контакта. В свою очередь, на основную нить со стороны уточных нитей действуют распределенные нагрузки  $Q_i^0$  [1].

Тогда из условий равенства усилий в зонах контакта имеем следующие интегральные соотношения:

$$\int_{S_{k+1}}^{S_k} Q_i^0 \cos \varphi ds = \int_{l_i^{\text{II}}}^{l_i^{\text{III}}} Q_i^y \cos \varphi_i dl_i, \quad (18)$$

где  $i=2, 3, \dots, n+1$ ;  $n$  – число уточин в ЗФТ;  $S_k, S_{k+1}$  – координаты точек на основной нити, определяющие действие распределенной нагрузки  $Q_i^0$ ;  $s, \varphi$  – текущая координата и текущее значение угла поворота поперечного сечения основной нити [1].

Запишем основное геометрическое соотношение для однослойной ткани – сумма высот волн изгиба нитей основы и утка равна сумме их диаметров – и учтем при этом вертикальное смятие нитей:

$$h_i^0 + h_i^y = d_o \eta_{\text{ов}} + d_y \eta_{\text{ув}}, \quad (19)$$

где  $h_i^0$  – высота волны изгиба отрезка основной нити между сечениями, проходящими через центры  $i-1$  и  $i+1$  уточины в



его схема (б), по которой строится схема базового варианта узора изнанки – матрица  $U1\$(G,V)$  (в); г – базовый вариант узора изнанки.

Принцип построения данной матрицы заключается в изменении цвета каждого участка исходной матрицы  $U\$(G,V)$ : цвет  $B\$(1)$  меняется на цвет  $B\$(2)$ , а цвета  $B\$(2)$  и  $B\$(3)$  – на цвет  $B\$(1)$ . Поэтому базовый вариант узора изнанки всегда имеет двухцветное оформление.

Теоретической предпосылкой для изменения цветового оформления определенного участка узора является то, что уток каждого цвета на этом участке может быть как лицевым, так и прижимным или изнаночным. Если схема узора лицевой поверхности ткани постоянна, то изменение узора изнанки ткани достигается сменой положения прижимного и изнаночного утков на данном участке узора.

Цветовое оформление каждого вертикального участка схемы узора изнанки имеет различные варианты, для размещения которых используем трехмерный массив  $VI\$(J, I, K)$ , где  $J$  – номер вертикального участка,  $J = 1 \dots V$ ;  $I$  – номер горизонтального участка,  $I = 1 \dots G$ ;  $K$  – номер варианта,  $K = 1 \dots NN$ .

Каждый элемент данного массива представляет собой соответствующий вертикальный участок базовой схемы изнанки, у которой изменен цвет одного или нескольких горизонтальных участков, начиная с участка  $Q$ . Смена цвета производится по следующему правилу: если  $U\$(I,J) = B\$(1)$  и в это же время  $U1\$(I,J) = B\$(2)$ , тогда  $VI\$(I,J,K) = B\$(3)$ .

Количество возможных вариантов определяется числом горизонтальных участков в схеме узора –  $NN = G \cdot (G - 1) + 2$ .

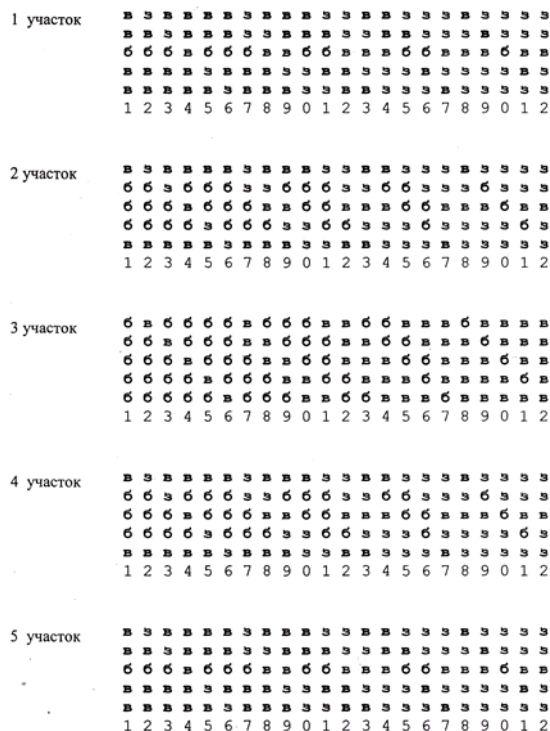


Рис. 2

Варианты цветового оформления каждого вертикального участка схемы узора изнанки показаны на рис 2.

Так, первый вариант для каждого вертикального участка является базовым и принадлежит массиву  $U1\$(G,V)$ . В последующих вариантах изменяем цвет выделенных горизонтальных участков. В последнем варианте изменены цвета всех, без исключения, участков.

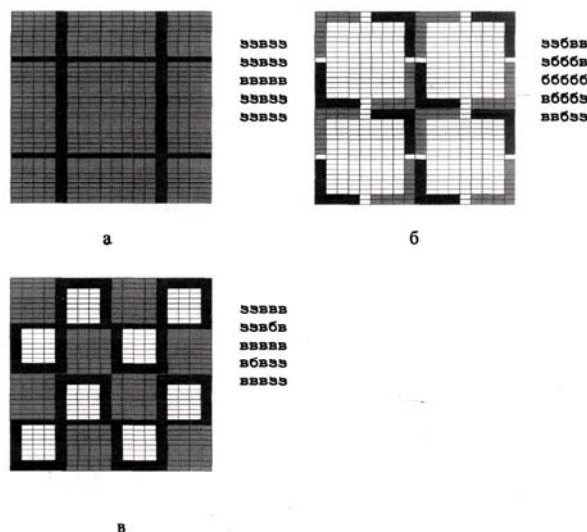


Рис. 3

Для формирования измененной схемы узора изнанки принимаем каждый вертикальный участок по одному из возможных вариантов. На рис. 3 показаны различные варианты узоров изнаночной стороны исходной ткани.

Для получения узора (а) цветовое оформление всех вертикальных участков узора принимаем по двадцать второму варианту. При выборе других вариантов получаем соответствующие узоры изнанки ткани:

узор (б):

1 участок – 7; 2 участок – 2; 3 участок – 1;  
4 участок – 6; 5 участок – 10;

узор (в):

1 участок – 12; 2 участок – 12; 3 участок – 22; 4 участок – 14; 5 участок – 14.

## ВЫВОДЫ

1. Предложен автоматизированный метод проектирования разностороннего узора одеяльной ткани с прижимным утком.

2. Разработанный автоматизированный метод проектирования узора реализован в виде программы для персонального компьютера.

Рекомендована кафедрой ткачества. Поступила 02.02.06.



УДК 677.017.2/7:621.317

**ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ ВЧ-АПЛИКАТОРОВ  
ДЛЯ НЕПРЕРЫВНОЙ ОБРАБОТКИ  
РАСПРАВЛЕННЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ  
И ВОЗМОЖНОСТЬ ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМОВ ИХ РАБОТЫ**

*О.Г.ЦИРКИНА, А.Л.НИКИФОРОВ, Б.Н.МЕЛЬНИКОВ, Ю.Н.КУЛЫГИН*

**(Ивановская государственная текстильная академия, Ивановский государственный химико-технологический университет, Ивановский филиал «ВЮИ»)**

Как отмечено ранее [1], [2], особенности распределения температуры в обрабатываемом материале при использовании традиционных способов нагрева приводят к нецелевому расходованию отделочных препаратов и красителей.

Нагрев энергией высоких частот данного недостатка лишен вследствие того, что тепловыделение в объеме волокнообразующего полимера, помещенного в ВЧ-поле, происходит равномерно и со значительно более высокой скоростью (порядка  $100^{\circ}\text{C}\cdot\text{с}^{-1}$ ) нежели при конвективном и контактном способах подвода тепла.

Настоящая работа преследует цель решить проблемы, связанные с конструированием универсальных установок для реализации новых ВЧ-технологий и их агрегацией с существующими технологическими линиями.

Первый этап посвящен разработке соответствующего технологического оборудования и средств диагностики, а также выбору рациональной конструкции отдельных узлов установок и выявлению критериев подобия при их масштабировании. Оптимизация режимов обработки и параметров оборудования проводилась на базе банка данных по оценке диэлектрических характеристик обрабатываемых материалов, полученных как самостоятельно, так и взятых в специальной литературе.

В результате проведенных исследований выбраны оптимальные параметры (состав пропиточной ванны, влажность мате-

риала, частота ВЧ-поля), которые гарантируют наибольшую скорость и эффективность процесса ВЧ-обработки текстильного материала с использованием в качестве источника питания высокочастотных генераторов различной мощности.

Для 100%-ной передачи мощности от генератора к нагрузке должно соблюдаться условие:  $\text{КСВ} = 1$ , где КСВ – коэффициент стоячей волны.

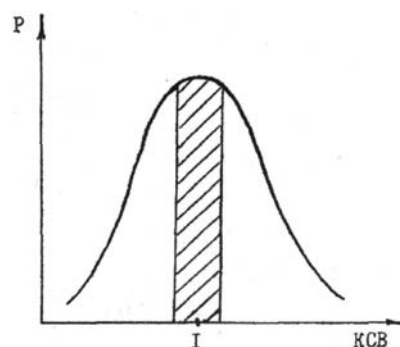


Рис. 1

Графики соотношения КСВ и мощности, поглощаемой нагрузкой, представлены на рис.1, на котором заштрихованная полоса соответствует наиболее выгодным КСВ для обработки:

$$\text{КСВ} = \frac{R_{\text{ВЫХ}}}{X_c},$$

где  $R_{\text{ВЫХ}}$  – выходное сопротивление генератора (в соответствии с ГОСТом оно

должно равняться 50 или 75 Ом);  $X_c$  – емкостное сопротивление аппликатора.

Таким образом:

$$R_{\text{вых}} = X_c.$$

Наиболее простой конструкцией аппликатора для непрерывной обработки текстильных материалов в процессах подготовки, колорирования и заключительной отделки является плоский конденсатор.

При определении оптимальных геометрических размеров электродов необходимо иметь формулу, связывающую размеры и параметры ВЧ-устройств – аппликатора и генератора. Таковой является формула для расчета емкостного сопротивления аппликатора ( $X_c$ ), заполненного обрабатываемым материалом:

$$X_c = \frac{1}{2\pi f} \frac{d_m}{\epsilon_0 \epsilon_m S},$$

где  $d_m$  – толщина материала, м;  $\epsilon_0$  – диэлектрическая постоянная;  $\epsilon_m$  – диэлектрическая проницаемость целлюлозного материала;  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ , Ф/м;  $f$  – частота внешнего электромагнитного поля, Гц;  $S$  – площадь поверхности электрода, м<sup>2</sup>.

Диэлектрическая проницаемость материала ( $\epsilon_m$ ), пропитанного технологическим раствором, во влажном состоянии на частоте 40 МГц равнялась в среднем 43 единицам.

При использовании ВЧ-генератора со стандартным выходным сопротивлением  $R_{\text{в.г}}$  50 или 75 Ом, рабочей частотой  $f = 40, 12$  МГц и колебательной мощностью  $P_{\text{в.г}}$  максимальное значение КПД передачи мощности от генератора к нагрузке имеет место при выполнении условия:

$$R_{\text{в.г}} = X_c = \frac{1}{2\pi f} \frac{d_m}{\epsilon_0 \epsilon_m S}.$$

Откуда:

$$S = \frac{1}{2\pi f} \frac{d_m}{\epsilon_0 \epsilon_m R_{\text{в.г}}}.$$

Данные расчеты необходимы при конструировании установок непрерывного действия.

Для ВЧ-обработки текстильного материала система без воздушного зазора является наиболее выгодной с точки зрения энергетики, так как вся мощность, подводимая к аппликатору (при соответствующем КСВ), рассеивается в диэлектрике и идет на его разогрев. Однако универсальной такую схему назвать нельзя в силу невозможности реализации на ней процессов, связанных с получением печатных рисунков или нанесением на поверхность тканей различных покрытий.

Большими возможностями обладает конструкция аппликатора с воздушным зазором, что и было использовано нами при создании лабораторной установки, подробное описание которой дано в [2]. Для большинства разработанных нами процессов использовалась названная выше установка, что позволило существенно снизить затраты энергоносителей, красителей и химических реагентов при выявлении оптимальных технологических режимов и накоплении статистических данных.

С целью выявления критерия подобия при проектировании ВЧ-установок, а также получения образцов тканей для проведения испытаний в соответствии с некоторыми ГОСТами была изготовлена установка, позволившая проводить непрерывную обработку расплавленных полотен неограниченной длины, шириной до 300 мм.

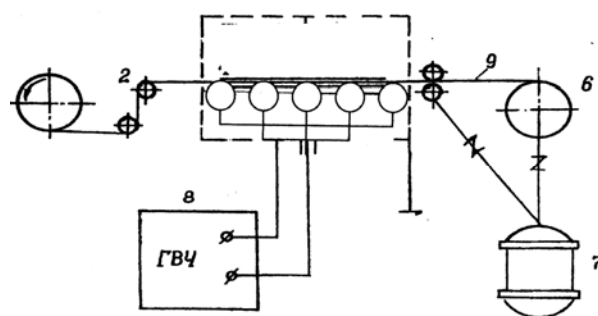


Рис. 2

Схема установки приведена на рис.2, где 1 – подающий барабан; 2 – транспортирующие ролики; 3 – защитный экран; 4 –

прокладка; 5 – электроды; 6 – приемный барабан; 7 – электродвигатель системы перемотки; 8 – ВЧ-генератор; 9 – ткань.

В ряде опытов данная установка без существенных проблем сочеталась с лабораторными плюсовкой и цепной сушильно-ширильной машиной фирмы Бенц [3]. Однако при плоскопараллельном расположении электродов на их поверхности происходит образование конденсата, который, попадая на обрабатываемую ткань, приводит к образованию брака.

В ходе решения данной проблемы были разработаны две конструкции ВЧ-аппликаторов, которые не только устранили указанный недостаток, но и позволили существенно увеличить длину рабочей зоны, скорость обработки, а также обеспечили экономию энергоресурсов.

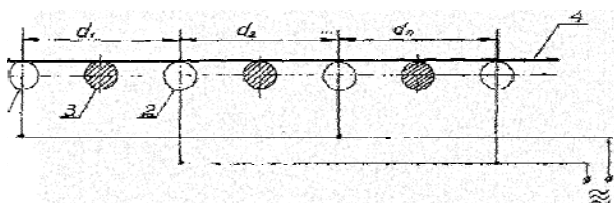


Рис. 3

В первом случае ВЧ-аппликатор (для непрерывной обработки расправленных текстильных полотен) представляет собой чередующиеся высоко- и низкопотенциальные электроды, лежащие в одной плоскости, между которыми расположены металлические штыри, не имеющие электрического контакта ни с одним из электродов (рис.3), где 1 – высокопотенциальные электроды; 2 – низкопотенциальные электроды; 3 – штыри; 4 – ткань ( $d_1=d_2=\dots=d_n$ ).

Расстояние между каждой соседней парой электродов одинаково, то есть на протяжении всей длины рабочей зоны данного устройства напряженность поля ( $E$ ) остается неизменной, в то время как диэлектрические свойства обрабатываемого материала ( $\text{tg}\delta$  и  $\epsilon$ ) изменяются от входа к выходу аппликатора за счет удаления влаги из материала в процессе обработки в соответствии с формулой:

$$P_{\text{погл}}=0,55 \cdot 10^{-12} \text{tg}\delta \epsilon E^2 f, \text{ Вт/м}^3.$$

В связи с этим в конструкцию ВЧ-аппликатора были внесены изменения, заключающиеся в том, что расстояние между электродами от входа в аппликатор к выходу уменьшается в соответствии с экспоненциальным законом (рис.4), где 1 – низкопотенциальные электроды; 2 – высокопотенциальные электроды; 3 – ткань; 4 – ВЧ-генератор.

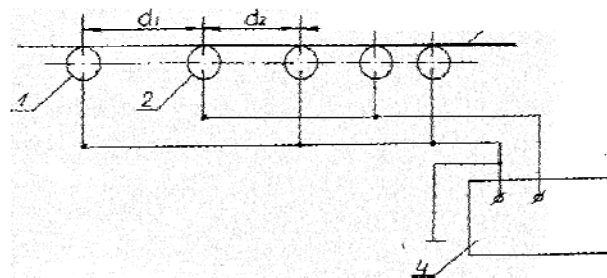


Рис. 4

По мере уменьшения расстояния между электродами напряженность поля возрастает, в результате чего происходит коррекция ВЧ-мощности  $P$ , выделяющейся в диэлектрике, помещенном в электромагнитное поле. Использование данного аппликатора позволяет повысить КПД ВЧ-установки, а также обеспечить более полное протекание процесса, то есть улучшить качественные показатели готовой продукции, сократить продолжительность обработки и уменьшить общие габариты устройства.

На наш взгляд, в качестве критерия подобия при создании универсальных ВЧ-установок следует рекомендовать соотношение величины мощности, подводимой к аппликатору, к площади обрабатываемого материала, или, иными словами, удельную мощность, приходящуюся на единицу обрабатываемой площади. Экспериментально установлено, что оптимальное значение данной величины составляет  $6 \dots 8 \text{ Вт/см}^2$ .

## ВЫВОДЫ

1. Выработаны практические рекомендации по расчетам оптимальных параметров обработки тканей в поле токов высокой частоты в процессах их подготовки, колорирования и заключительной отделки.

2. Разработаны и апробированы различные конструкции ВЧ-аппликаторов, обеспечивающие непрерывную обработку текстильного материала в процессах отделочного производства.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Циркина О.Г. и др. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1994, №5. С. 43...46.

2. Никифоров А.Л. Дис....докт. техн. наук. – Иваново, 2004.

3. Грушина Г.Н и др. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1995, №1.

Рекомендована кафедрой химической технологии волокнистых материалов.. Поступила 03.02.06.

УДК 677.027.4

## МЕХАНИЗМ ИНТЕНСИФИЦИРУЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ В ПРОЦЕССЕ КРАШЕНИЯ ШЕРСТИ КИСЛОТНЫМИ И АКТИВНЫМИ КРАСИТЕЛЯМИ

*О.В. ПЕТРОВА, Л.Э. ЕРМАКОВА, А.А. БУРИНСКАЯ, С.Ф. ГРЕБЕННИКОВ*

(Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна)

Традиционное крашение шерстяных текстильных материалов из кипящих красильных ванн, как правило, сопровождается деструкцией волокна, свойлачиванием и пожелтением субстрата. В результате в процессе крашения ухудшаются его физико-химические свойства, изменяется поведение при механической переработке волокна в пряжу и ткань.

Степень деструкции волокна при крашении может быть уменьшена, например, снижением температуры крашения. Однако при этом процесс должен проводиться в присутствии специальных препаратов – интенсификаторов, увеличивающих скорость крашения и интенсивность окраски волокна.

Теоретические предпосылки для поиска веществ, интенсифицирующих процесс крашения шерстяных материалов при пониженной температуре, заключаются в том, что эти вещества должны либо увеличивать доступность волокна, либо активизировать краситель, а лучше – действовать в указанных направлениях одновременно. С этой целью могут быть использованы окислительно-восстановительные системы.

Ранее [1...3] было установлено, что низкотемпературное крашение шерсти ки-

слотными и активными красителями с использованием в качестве интенсификаторов редокс-систем в концентрации (0,0075...0,0600) моль/л способствует получению прочных и более интенсивных окрасок. Об этом свидетельствовали коэффициенты отражения окрашенных образцов, снятые при соответствующих световых фильтрах, остаточные ванны отработанных красильных растворов, а также микросрезы окрашенного субстрата.

Показано, что в присутствии редокс-систем скорость сорбции кислотных и активных красителей шерстяным волокном увеличивается в среднем в 1,2...1,9 раза; энергии активации снижаются в среднем в 1,1...1,4 раза соответственно; диффузия кислотных и активных красителей в глубь полимера ускоряется в 1,3...1,7 раза по сравнению с традиционным высокотемпературным крашением.

Повышение накрашиваемости и скорости истощения красильных ванн, а также ускорение диффузии кислотных и активных красителей в шерстяное волокно позволили предположить, что при использовании окислительно-восстановительных систем происходит изменение поверхности шерсти и активности молекул красителя.

В данной работе изучено влияние окислительно-восстановительных (редокс)-систем на поверхность шерстяного волокна и на активность красителей. Крашение шерстяного субстрата (ровницы) проводили кислотными (кислотным бордо, кислотным зеленым антрахиноновым Н2С) и активными (ярко-красным 5СХ, алым 4ЖТ) красителями при 80°С в присутствии редокс-систем и по традиционной технологии при температуре кипения красильных растворов.

В качестве редокс-систем использовали: пероксид водорода–глюкоза, пероксид водорода–этиленгликоль, пероксид водорода–пропантриол 1,2,3, пероксид водорода–полиоксиметилен, пероксид водорода–гексаметилентетрамин.

Влияние редокс-систем на поверхностные свойства шерстяного волокна изучали сорбционными методами (сорбцией паров бензола и воды) [4], [5] и путем измерения электрокинетического потенциала ( $\zeta$ -потенциала) методом потенциала течения.

Т а б л и ц а 1

| Способ обработки                       | Активный алый 4ЖТ              |  | Кислотный бордо                              |                                |
|--|--------------------------------|--|--|--------------------------------|
|  | сорбция паров воды, а, ммоль/г | сорбция паров бензола, а, см <sup>3</sup> /г | сорбция паров бензола, а, см <sup>3</sup> /г | сорбция паров воды, а, ммоль/г |
| Без интенсификаторов при 100°С         | 14,67                          | 0,0147                                       | 0,0103                                       | 15,11                          |
| Пероксид водорода–глюкоза              | 11,67                          | 0,0018                                       | 0,0010                                       | 11,11                          |
| Пероксид водорода–этиленгликоль        | 11,96                          | 0,0021                                       | 0,0014                                       | 11,53                          |
| Пероксид водорода–пропантриол 1,2,3    | 12,78                          | 0,0042                                       | 0,0019                                       | 12,22                          |
| Пероксид водорода–полиоксиметилен      | 12,78                          | 0,0051                                       | 0,0086                                       | 12,78                          |
| Пероксид водорода–гексаметилентетрамин | 13,89                          | 0,0126                                       | 0,0097                                       | 13,33                          |
| Неокрашенный                           | 15,55                          | 0,0163                                       | –  | –                              |

В табл. 1 представлены результаты измерения величин сорбции паров бензола и воды шерстяным волокном ( $P/P_0=0,98$ ,  $t=25^\circ\text{C}$ ), окрашенным красителями кислотным бордо и активным алым 4ЖТ при 80°С с использованием редокс-систем и при температуре кипения красильных растворов.

Из анализа представленных данных видно, что сорбция паров бензола шерстяным волокном, окрашенным при 80°С в присутствии интенсификаторов, ниже, чем у образцов, окрашенных при 100°С. Это свидетельствует об уменьшении свободного объема в шерстяном волокне, окрашенном в присутствии редокс-систем, которое более полно заполнено сорбированным красителем. Некоторое снижение величины сорбции паров воды окрашенным шерстяным волокном, по сравнению с неокрашенным, свидетельствует о меньшей гидрофильности и набухаемости окрашен-

ного в присутствии редокс-систем волокна.

Механизм действия редокс-систем заключается в том, что при взаимодействии восстановителя с пероксидом водорода образуются свободные радикалы, которые «отрывают» подвижные атомы водорода амино- и карбоксильных групп полимерного субстрата и молекул красителя. В результате рекомбинации полученных на поверхности шерстяного волокна радикалов активность его значительно повышается, растет сорбция красителя волокном.

Также, возможно, в присутствии редокс-систем происходит частичное разрушение гидрофобного чешуйчатого слоя (эпикутикулы) шерстяного волокна, что подтверждается снижением свойлачиваемости.

Диффузный барьер для молекул красителя в основном обусловлен гидрофобным характером экзокутикулы, вызванным

большим количеством дисульфидных и связанных с ними изодипептидных связей, разрушение которых позволяет молекуле красителя распространиться и удержаться на поверхности волокна, что также может являться причиной повышения сорбции и диффузии красителей в волокно.

Однако при этом не происходит общего снижения прочностных показателей шерстяного волокна, по сравнению с обработкой при температуре кипения красильного раствора, так как образующиеся в результате взаимодействия восстановителя с окислителем радикалы способствуют образованию новых поперечных связей как внутри волокна, так и с молекулами красителя, что подтверждается ранее проведенными нами исследованиями [6], [7].

Диффузия красителя внутри волокна и его сорбция на активных центрах зависят от величины и знака заряда поверхности волокна, то есть электрические свойства внешней поверхности волокна влияют на

кинетику и термодинамику сорбции на ней молекул и ионов красителя.

Вследствие этого представлялось целесообразным изучить влияние окислительно-восстановительных систем на электрические свойства внешней поверхности шерстяного волокна. Возникновение электрического заряда на поверхности волокнистых материалов в растворах приводит к образованию двойного электрического слоя (ДЭС), одной из характеристик которого является электрокинетический потенциал ( $\zeta$ -потенциал).

Измерения  $\zeta$ -потенциала шерстяного волокна проводили методом потенциала протекания (течения), когда возникновение электрического поля происходит при механическом движении жидкости относительно неподвижной твердой фазы (обычно под действием внешнего давления).

Таблица 2

| Способ обработки   | pH   | $\frac{E_s}{P}$ , $\frac{В}{Па}$ | $K_V$ , $Ом^{-1} \cdot м^{-1}$ | $-\zeta^0$ , мВ | Относительная погрешность, $\epsilon_x, \%$ |
|--|------|----------------------------------|--------------------------------|-----------------|---|
| Исходный   | 7,05 | $4,36 \cdot 10^{-7}$             | $1,48 \cdot 10^{-2}$           | 9,80            | 10  |
| Активный ярко-красный 5СХ при 100°C  | 7,15 | $1,72 \cdot 10^{-7}$             | $3,02 \cdot 10^{-3}$           | 7,30            | 5   |
| Активный ярко-красный 5СХ с системой пероксид водорода–глюкоза при 80°C            | 7,00 | $0,18 \cdot 10^{-7}$             | $1,30 \cdot 10^{-3}$           | 3,40            | 3   |
| Кислотный зеленый антрахиноновый Н2С при 100°C                                     | 7,07 | $0,99 \cdot 10^{-7}$             | $2,04 \cdot 10^{-3}$           | 2,40            | 7   |
| Кислотный зеленый антрахиноновый Н2С с системой пероксид водорода–глюкоза при 80°C | 7,06 | $0,11 \cdot 10^{-7}$             | $1,24 \cdot 10^{-3}$           | 1,90            | 3   |

Значения электрокинетического потенциала, которые представлены для двух красителей и системы пероксид водорода–глюкоза в табл. 2, рассчитывали по уравнению Гельмгольца-Смолуховского [8], [9]:

$$\zeta^0 = \frac{\kappa_V \eta E_S}{\epsilon \epsilon_0 P}$$

где  $\kappa_V$  – электропроводность равновесного раствора;  $\eta$  – вязкость;  $\epsilon$ ,  $\epsilon_0$  – диэлектрические проницаемости среды и вакуума соответственно;  $P$  – внешнее давление.

Из данных табл. 2 видно, что  $\zeta$ -

потенциал шерстяного волокна, окрашенного в присутствии редокс-систем, меньше (по модулю), по сравнению с исходным образцом и с окрашенным без интенсификаторов. Можно предполагать, что в присутствии окислительно-восстановительных систем красители при переходе из жидкой в твердую фазу легче преодолевают двойной электрический слой, что сказывается на уменьшении энергии активации сорбции ионов кислотных и активных красителей волокном.

Аналогичные результаты были получены и с другими используемыми в работе красителями и редокс-системами.

| Способ обработки                        | Сродство, $-\Delta\mu_c^0$ , кДж/моль |                                    |                           |                   |
|---|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------|-------------------|
|   | кислотный бордо                       | кислотный зеленый антрахиновый H2C | активный ярко-красный 5CX | активный алый 4ЖТ |
| Без добавок при 100 °С                  | 55,0                                  | 57,2                               | 38,9                      | 33,9              |
| С интенсификаторами:                    |                                       |                                    |                           |                   |
| -пероксид водорода–глюкоза              | 58,7                                  | 68,3                               | 44,7                      | 39,4              |
| -пероксид водорода–этиленгликоль        | 57,5                                  | 67,5                               | 42,8                      | 37,6              |
| -пероксид водорода–пропантриол 1,2,3    | 56,8                                  | 65,6                               | 41,5                      | 37,0              |
| -пероксид водорода–полиоксиметилен      | 56,2                                  | 63,8                               | 40,5                      | 36,7              |
| -пероксид водорода–гексаметилентетрамин | 56,0                                  | 63,5                               | 40,1                      | 35,2              |

Для того чтобы охарактеризовать склонность к сорбции кислотных и активных красителей шерстяным волокном в присутствии редокс-систем, изучалось сродство красителей к волокну. В табл. 3 приведены значения стандартного термодинамического сродства  $\Delta\mu_c^0$  (кДж/моль) кислотных и активных красителей к шерстяному волокну.

Из анализа представленных данных видно, что стандартное термодинамическое сродство к шерстяному волокну как кислотных, так и активных красителей при

крашении в присутствии редокс-систем при 80 °С выше, чем при температуре кипения растворов.

С целью изучения поведения кислотных и активных красителей в растворах, содержащих редокс-системы, проведены спектрофотометрические исследования, позволяющие на основании анализа спектральных кривых поглощения получить наиболее полную информацию об изменении структуры красителей под действием окислительно-восстановительных систем.

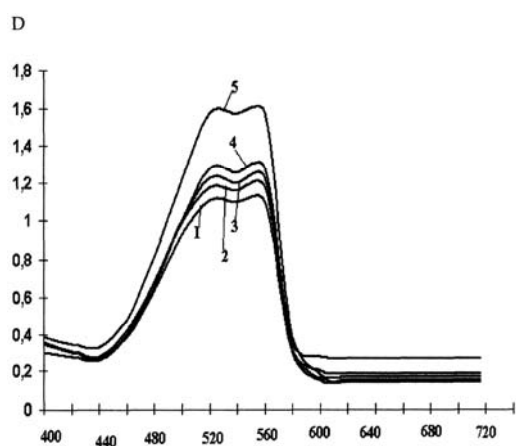


Рис. 1

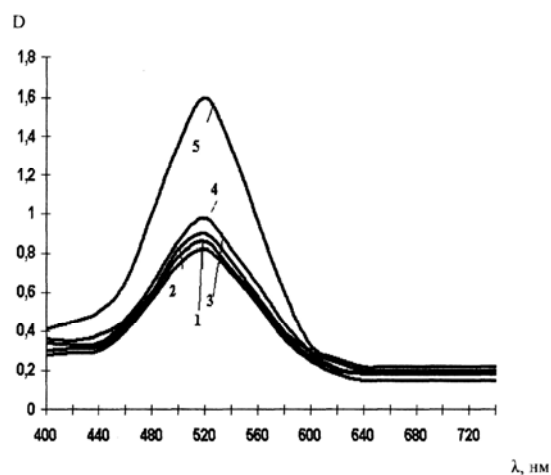


Рис. 2

На рис. 1 и 2 представлены спектры поглощения водных растворов красителей кислотного бордо и активного ярко-красного 5CX соответственно, которые были сняты на спектрофотометре СФ-18.

Обозначения на рис. 1: кривая 1 – краситель кислотный бордо; на рис. 2: кривая

1 – краситель активный ярко-красный 5CX; остальные обозначения одинаковые для обоих рисунков: кривая 2 – с системой пероксид водорода–гексаметилентетрамин; 3 – с системой пероксид водорода–пропантриол 1,2,3; 4 – с системой пероксид водорода–этиленгликоль; 5 – с систе-

мой пероксид водорода–глюкоза;  $\lambda$  – длина волны, нм;  $D$  – оптическая плотность.

Анализ спектральных кривых на рис. 2 в видимом спектральном диапазоне 400...750 нм показал, что при введении в раствор окислительно-восстановительных систем наблюдается гиперхромный эффект. Отсутствие бато- и гипсохромных сдвигов максимумов на спектральных кривых свидетельствует о сохранении хромофорной системы красителя. Очевидно, окислительно-восстановительные системы препятствуют агрегации кислотных и активных красителей. Это увеличивает диффузионную подвижность красителя в растворе, что подтверждено возрастанием значений коэффициентов диффузии.

## ВЫВОДЫ

Изучен механизм интенсифицирующего действия редокс-систем на процесс крашения шерстяного материала, заключающийся в повышении активности красителя, а также изменении свойств поверхности и проницаемости волокна. Интенсификаторы способствуют увеличению доступности активных центров волокна, что вызывает повышение его крашиваемости.

УДК 677.047.625:677.11

## РАЗРАБОТКА КОМПОЗИЦИОННЫХ ПРЕПАРАТОВ ДЛЯ БИОЦИДНОЙ ОТДЕЛКИ ЛЬНОСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ

*П.А. МОРЫГАНОВ, В.Н. ГАЛАШИНА, О.Ю. КУЗНЕЦОВ*

**(Ивановский государственный химико-технологический университет,  
Институт химии растворов РАН, Ивановская государственная медицинская академия)**

Технические ткани (ТТ) и нетканые материалы (НМ), обладая широким комплексом эксплуатационных свойств, находят широкое применение в таких отраслях, как автомобилестроение, стройиндустрия, производство товаров народного потребления и многих других [1].

В современных условиях наметилась устойчивая тенденция роста объемов выпуска ТТ и НМ на основе льноволокна [2].

1. Петрова О.В., Котецкий В.В., Буринская А.А. // Журнал прикладной химии. – СПб, 2004. Т. 77, №5. С.866...867.

2. Петрова О.В., Буринская А.А., Жукова А.Н. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2002, №6. С.57...60.

3. Петрова О.В., Буринская А.А. // Текстильная химия. – 2004, №1 (24). С.69...72.

4. Фенелонов В.Б. Введение в физическую химию формирования супрамолекулярной структуры адсорбентов и катализаторов. – Новосибирск. Изд-во СО РАН, 2002.

5. Гребенников С.Ф., Кынин А.Т. // Журнал прикладной химии. – Л., 1982. Т.55, №10. С.2299...2303.

6. Петрова О.В., Петрова Л.Н., Буринская А.А. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2003, №4. С.52...55.

7. Пат. №22112665 (РФ) D 06 P 3/14. Способ крашения текстильных материалов / Буринская А.А., Петрова О.В., Могиляная Л.Н., Гусаков А.В. Опубл. 2003.

8. Григоров О.Н., Карпова И.Ф., Фридрихсберг Д.А. Руководство к практическим работам по коллоидной химии. – М.-Л.: Химия, 1974.

9. Григоров О.Н., Козьмина З.П., Маркович А.В., Фридрихсберг Д.А. Электрокинетические свойства капиллярных систем. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1956.

Рекомендована кафедрой химической технологии и дизайна текстиля. Поступила 09.11.05.

Поскольку условия их эксплуатации предполагают контакт с микроорганизмами, иногда при повышенной влажности, то становится очевидной необходимость защиты натуральных волокон от биодеструкции. По приведенным в литературе данным [3] почти 40% от общего объема потерь текстильных материалов во время хранения, переработки и эксплуатации приходится на долю биоповреждений, что



составляет 5...7% стоимости мировой продукции (примерно 40 млрд. долларов в год).

При несомненной перспективности химической модификации целлюлозы более приемлемыми для практической реализации остаются способы, основанные на пропитке текстильных материалов антимикробными препаратами (АП) [4]. Они позволяют не только защитить полимер от биодеструкции, но и предотвратить влияние болезнетворных бактерий, вирусов и грибов на человека.

Учитывая быструю адаптацию микроорганизмов к неблагоприятным факторам, возрастающие требования к экологической безопасности препаратов, их токсичности и аллергенности, следует постоянно проводить поиск и разработку новых биоцидных препаратов. Соединения, подавляющие развитие микроорганизмов, характеризуются избирательностью, поэтому решить проблему создания препаратов с широким спектром действия можно путем формирования композиции из реагентов, эффективно воздействующих на отдельные виды микрофлоры.

Целью настоящей работы явилось исследование эффективности применения известных и предложенных в последнее время препаратов, предотвращающих рост микробиологических культур, и формирование композиционного состава на их основе для защиты от биоповреждений текстильных материалов из льняных волокон.

Оценку эффективности действия пре-

паратов проводили по зоне задержки роста штаммов плесневых грибов и штамма резистентного (устойчивого к АП) гриба, выделенного со звукоизоляционной льно-содержащей панели автомобиля и идентифицированного как *Neurospora* sp.

Грибковые культуры выбирали из перечня, рекомендуемого ГОСТом 9.802 для испытания тканей и изделий из целлюлозных волокон на грибостойкость. Испытания проводили по ГОСТу 9.085, согласно которому растворы исследуемых биоцидных препаратов в количестве 0,1 мл помещали в четыре металлических цилиндрика, находящихся на зараженной грибами питательной среде в чашке Петри.

В качестве объектов для биоцидной обработки использовали суровую льняную ткань (брезент №6) и льняной НМ поверхностной плотностью 300 г/м<sup>2</sup>. Материалы пропитывали антимикробными препаратами при температуре не выше 40°C и высушивали на воздухе.

Устойчивость препаратов к приемлемым на практике условиям сушки и термообработки оценивали путем высушивания образцов при 80°C или дополнительным 5-минутным выдерживанием высушенных образцов при 150°C. Коэффициент К устойчивости материалов к микробиологическому разрушению рассчитывали по степени изменения разрывных нагрузок материалов до и после их контакта с почвенной микрофлорой в соответствии с ГОСТом 9.060.

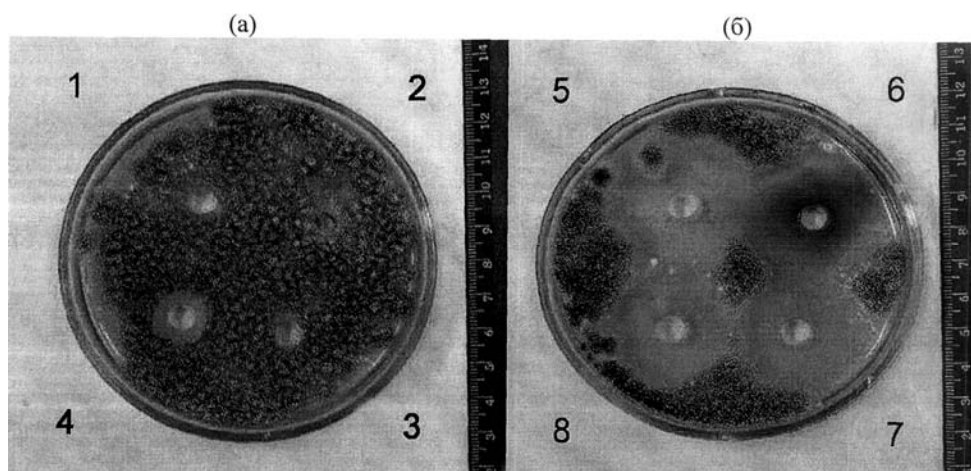


Рис. 1



вать необходимую степень защиты льно-содержащих материалов.

Следует отметить, что соли меди и хрома, часто предлагаемые в литературе для биоцидной отделки текстильных материалов, оказались малоэффективными к различным микробиологическим культурам.

Необходимым условием отбора является получение агрегативно устойчивых растворов. Это условие было причиной исключения из дальнейших опытов биоцидных препаратов, обладающих высокой степенью защиты целлюлозных материалов, таких как Фундазол и Крототан, из-за их низкой растворимости и образования осадка.

Большие значения коэффициента устойчивости к микробиологическому разрушению нетканых материалов по сравнению с тканями связаны с большим свободным объемом материала и соответственно увеличением выбираемости биоцидного препарата из раствора.

Следующий этап работы заключался в составлении двух или трех компонентных систем на основе отобранных в предварительных экспериментах биоцидных препаратов и определении устойчивости обработанных ими льносодержащих материалов к воздействию почвенной микрофлоры. Полученные данные представлены с помощью гистограммы (рис. 2).

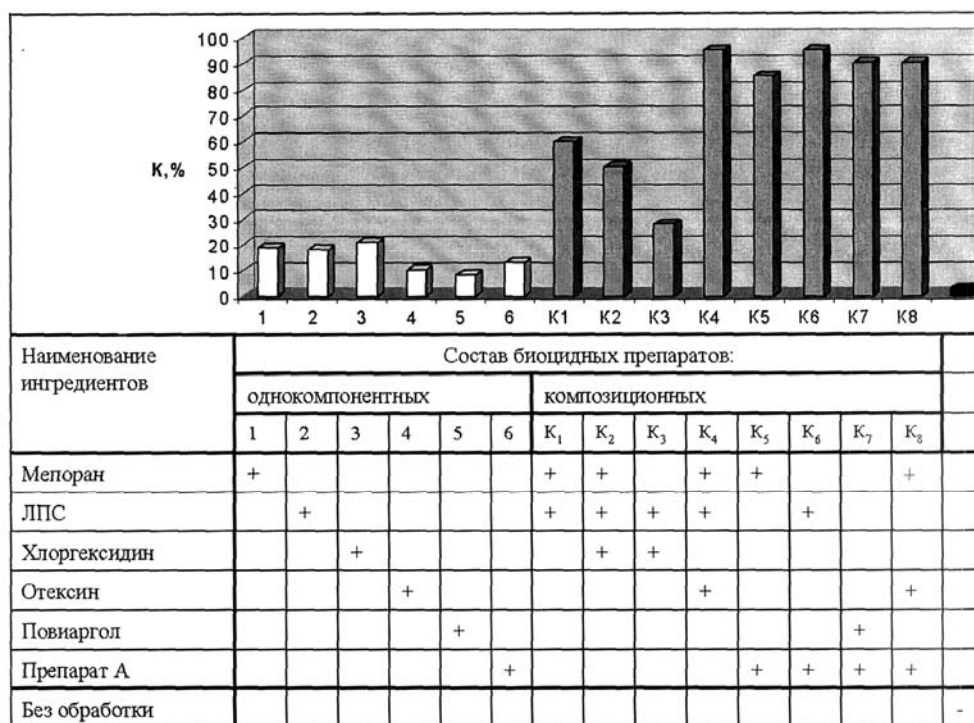


Рис. 2

Ингредиенты в данной серии опытов использовали в концентрации менее 1% масс. Как видно из гистограммы, все индивидуальные препараты не эффективны, коэффициенты устойчивости к микробиологическому разрушению обработанных ими материалов не превышают 21%. При составлении различных композиций на основе этих препаратов не всегда можно достичь нужной степени защиты текстильных материалов от биодеструкции.

Сочетая препараты определенным образом, можно добиться синергического эффекта, то есть препараты, малоэффективные по отдельности, в композиции усиливают действие друг друга и достигаемый эффект может превышать суммарный. Так, например, при использовании композиции K<sub>4</sub> (ЛПС+Мепоран+Отексин) коэффициент устойчивости материала к биологическому разрушению составил 95%. Композиции K<sub>5</sub> (Мепоран+Препарат А) и K<sub>8</sub> (Отексин+

+Препарат А+Мепоран) также представляют интерес.

Рациональное сочетание компонентов позволяет снизить концентрации дорогостоящих препаратов и в то же время обеспечивает высокую степень защиты льно-содержащих материалов. Композиции К<sub>5</sub> и

К<sub>8</sub> были условно названы Комбатекс Т и Комбатекс НМ и рекомендованы для биологической защиты льносодержащих тканей и нетканых материалов.

Оценка изменения эффективности композиции при температурных воздействиях отображена в табл. 2.

Таблица 2

| № п/п | Состав композиции                          | Коэффициент устойчивости материала к микробиологическому разрушению, % |       |
|-------|--|--|-------|
|       |  | сушка материала при t  |       |
|       |  | 80°C   | 150°C |
| 1     | Мепоран+ЛПС+Хлоргексидин                   | 50   | 18    |
| 2     | ЛПС+Мепоран+Отексин                        | 95   | 92    |
| 3     | Препарат А+Мепоран (Комбатекс Т)           | 85   | 87    |
| 4     | Препарат А+Отексин +Мепоран (Комбатекс НМ) | 90   | 95    |

Сравнивая данные табл.1 и 2, можно сделать вывод, что предложенные нами композиционные составы несколько не уступают и даже превосходят промышленно выпускаемый импортный препарат Condutex.

Внешний вид ткани, обработанной высокоэффективными антимикробными препаратами, такими как Condutex, а также вновь разработанной композицией Комбатекс Т представлен на рис. 3.



Рис. 3

Фотографии рис. 3 наглядно свидетельствуют, как разительно отличаются после контакта с микробиологическими культурами образцы ткани, не защищенной (второй слева) и предварительно обработанной препаратами Комбатекс Т и Кондутекс (первый и второй справа). Наличие характерных пятен от воздействия плесневых грибов, нарушение структуры текстильного материала, а, главное, снижение разрывной нагрузки на 95 %, в сравнении с исходным образцом, свидетельствуют о невозможности дальнейшей ее эксплуатации. Напротив, ткань, обработанная эффективными антимикробными препаратами, по внешнему виду и прочностным показателям практически не отличается от исходной.

## ВЫВОДЫ

1. Проведена сравнительная оценка фунгицидных свойств широкого спектра антисептических и промышленно выпускаемых биоцидных препаратов в отношении штаммов плесневых грибов. Определены реагенты и их минимальные концентрации, обеспечивающие зону задержки роста грибковых культур до 20...22мм.

2. Изучено влияние широкого набора реагентов на биологическую устойчивость к воздействию почвенной микрофлоры обработанных ими льносодержащих материалов. Определены композиционные составы, для которых общий эффект от воздействий компонентов выше аддитивного.

3. Разработаны экономичные и эффективные композиционные препараты Комбатекс Т и Комбатекс НМ, обеспечивающие высокую устойчивость материалов к микробиологическому разрушению при длительном воздействии грибковых и бактериальных культур. Подобраны концентрации ингредиентов, при которых обеспечивается увеличение коэффициента устойчивости материалов к биоразрушению от 3...5% до 90...95%.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Айзенштейн Э.М.* // Технический текстиль. – 2004. №10. С.4...9.
2. *Грицев П., Лобачева Е.* Товарная структура экспорта продукции льняной отрасли // Рынок легкой промышленности. – 2004, №39. С.44...45.
3. *Садова С.* Полимерные препараты для текстильной промышленности // Барьер безопасности. – 2002, №1. С. 87...89.
4. *Мельников Б.Н., Захарова Т.Д., Кириллова М.Н.* Физико-химические основы процессов отделочного производства. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. С.265...268.

Рекомендована кафедрой химической технологии волокнистых материалов. Поступила 22.12.05.

---

УДК 677.026.04:661.718.5

**ВЛИЯНИЕ ПРИРОДЫ  
ОЛИГОЭТОКСИ(АЛКИЛОКСИ)СИЛОКСАНОВОГО МОДИФИКАТОРА  
НА СВОЙСТВА НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

*В.М. ГОРЧАКОВА, В.А. БАТАЛЕНКОВА, Б.А. ИЗМАЙЛОВ, Н.В. КОПАЧЕВСКАЯ, С.А. ГРОШЕВА*

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

Целью работы является создание технологии нетканых материалов с повышенными физико-механическими свойствами без использования связующих веществ.

Волокнистые холсты из химических волокон скрепляли аутогезионным способом при каландрировании. Для активации полимера волокон и повышения их адгезионной способности использовали кремнийорганические модификаторы. Создание дешевых, из отечественного сырья, эффективных модификаторов [1...4] – актуальная задача.

Нами разработан метод синтеза новых кремнийорганических полифункциональных олигомеров заданного состава, строения и молекулярной массы – олигоэтоксисиланов, реакцией

олигоэтоксисилоксана с заданным количеством алифатического спирта (пропилового, изо-пропилового, бутилового, изо-бутилового, амилового, гексилового).

Свойства синтезированных олигомеров (I-XIV), а также их полная характеристика, включающая среднечисловую ( $\bar{M}_n$ ) и среднемассовую ( $\bar{M}_w$ ) молекулярные массы, коэффициент полидисперсности ( $\frac{\bar{M}_w}{\bar{M}_n}$ ), среднечисловую ( $\bar{f}_n$ ) и среднемассовую ( $\bar{f}_w$ ) функциональности, степень неоднородности по функциональности ( $\frac{\bar{f}_w}{\bar{f}_n}$ ) приведены в табл.1.

Т а б л и ц а 1

| № олигомера * | M <sub>i</sub> , г/моль | n <sub>D</sub> <sup>20</sup> | d <sub>4</sub> <sup>20</sup> | Брутто-формула   | Характеристика олигомеров |                        |                               |             |             |                               |
|---------------|-------------------------|------------------------------|------------------------------|--|---------------------------|------------------------|-------------------------------|-------------|-------------|-------------------------------|
|               |                         |                              |                              |  | $\bar{M}_n$ , (г/моль)    | $\bar{M}_w$ , (г/моль) | $\frac{\bar{M}_w}{\bar{M}_n}$ | $\bar{f}_n$ | $\bar{f}_w$ | $\frac{\bar{f}_w}{\bar{f}_n}$ |
| I             | 625,09                  | 1,3921                       | 0,9746                       | Si <sub>4</sub> O <sub>3</sub> (OC <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>9</sub> (OC <sub>3</sub> H <sub>7</sub> )                              | 507,39                    | 691,39                 | 1,36                          | 7,17        | 6,75        | 0,94                          |
| II            | 653,15                  | 1,3918                       | 0,9749                       | Si <sub>4</sub> O <sub>3</sub> (OC <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>7</sub> (OC <sub>3</sub> H <sub>7</sub> ) <sub>3</sub>                 | 542,91                    | 717,94                 | 1,32                          | 5,36        | 4,88        | 0,91                          |
| III           | 625,09                  | 1,3922                       | 0,9745                       | Si <sub>4</sub> O <sub>3</sub> (OC <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>9</sub> ( <sub>изо</sub> OC <sub>3</sub> H <sub>7</sub> )              | 507,39                    | 691,39                 | 1,36                          | 7,17        | 6,75        | 0,94                          |
| IV            | 653,15                  | 1,3917                       | 0,9748                       | Si <sub>4</sub> O <sub>3</sub> (OC <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>7</sub> ( <sub>изо</sub> OC <sub>3</sub> H <sub>7</sub> ) <sub>3</sub> | 542,91                    | 717,94                 | 1,32                          | 5,36        | 4,88        | 0,91                          |
| V             | 639,12                  | 1,3947                       | 0,9765                       | Si <sub>4</sub> O <sub>3</sub> (OC <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>9</sub> (OC <sub>4</sub> H <sub>9</sub> )                              | 524,20                    | 718,90                 | 1,37                          | 7,24        | 6,81        | 0,94                          |
| VI            | 695,24                  | 1,3950                       | 0,9749                       | Si <sub>4</sub> O <sub>3</sub> (OC <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>7</sub> (OC <sub>4</sub> H <sub>9</sub> ) <sub>3</sub>                 | 591,94                    | 774,84                 | 1,31                          | 5,59        | 5,036       | 0,90                          |
| VII           | 639,12                  | 1,3920                       | 0,9791                       | Si <sub>4</sub> O <sub>3</sub> (OC <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>9</sub> ( <sub>изо</sub> OC <sub>4</sub> H <sub>9</sub> )              | 524,20                    | 718,90                 | 1,37                          | 7,24        | 6,81        | 0,94                          |
| VIII          | 695,24                  | 1,4300                       | 1,0557                       | Si <sub>4</sub> O <sub>3</sub> (OC <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>7</sub> ( <sub>изо</sub> OC <sub>4</sub> H <sub>9</sub> ) <sub>3</sub> | 810,0                     | 960,68                 | 1,19                          | 9,86        | 12,72       | 1,29                          |
| IX            | 773,35                  | 1,4110                       | 1,0854                       | Si <sub>5</sub> O <sub>4</sub> (OC <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>11</sub> ( <sub>изо</sub> OC <sub>4</sub> H <sub>9</sub> )             | 531,81                    | 733,09                 | 1,38                          | 7,38        | 7,09        | 0,96                          |
| X             | 829,47                  | 1,4152                       | 1,0865                       | Si <sub>5</sub> O <sub>4</sub> (OC <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>9</sub> ( <sub>изо</sub> OC <sub>4</sub> H <sub>9</sub> ) <sub>3</sub> | 600,31                    | 788,93                 | 1,31                          | 5,64        | 5,34        | 0,95                          |
| XI            | 653,15                  | 1,3945                       | 1,0742                       | Si <sub>4</sub> O <sub>3</sub> (OC <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>9</sub> (OC <sub>5</sub> H <sub>11</sub> )                             | 541,86                    | 724,72                 | 1,34                          | 7,31        | 7,37        | 1,01                          |
| XII           | 737,33                  | 1,3956                       | 1,0751                       | Si <sub>4</sub> O <sub>3</sub> (OC <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>7</sub> (OC <sub>5</sub> H <sub>11</sub> ) <sub>3</sub>                | 642,07                    | 809,64                 | 1,26                          | 5,71        | 5,165       | 0,91                          |
| XIII          | 666,52                  | 1,3986                       | 1,0758                       | Si <sub>4</sub> O <sub>3</sub> (OC <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>9</sub> (OC <sub>6</sub> H <sub>13</sub> )                             | 864,97                    | 1005,35                | 1,16                          | 9,86        | 12,72       | 1,29                          |
| XIV           | 778,48                  | 1,4010                       | 1,0845                       | Si <sub>4</sub> O <sub>3</sub> (OC <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>7</sub> (OC <sub>6</sub> H <sub>13</sub> ) <sub>3</sub>                | 865,13                    | 1006,51                | 1,16                          | 9,89        | 12,86       | 1,30                          |

П р и м е ч а н и е. \* Температура кипения олигомеров (T<sub>кип</sub>) выше 210...230°C.

Для установления связи между строением олигомеров и их реакционной способностью были изучены их химические свойства. Установлено, что олигомеры (I-XIV) способны к разнообразным химическим превращениям.

Мы полагаем, что химические свойства новых олигомеров должны определяться в первую очередь наличием в их молекулах гидролитически неустойчивых при комнатной температуре  $C_2H_5OSi\equiv$  групп, а также наличием более гидролитически устойчивых в сравнении с ними  $C_3H_7OSi\equiv$ ,  $C_4H_9OSi\equiv$ ,  $C_5H_{11}OSi\equiv$ ,  $C_6H_{13}OSi\equiv$  групп, которые гидролизуются только при повышенных (выше  $100^\circ C$ ) температурах и их количеством.

Установлено, что при увеличении количества алкил( $C_3$ - $C_6$ )оксисилильных групп в молекуле олигомера их устойчивость к гидролизу увеличивается. Так, олигомеры, содержащие три алкилоксисилильные группы в молекуле, более устойчивы к гидролизу, чем олигомеры, содержащие одну такую группу. Кроме того, чем больше молекулярная масса алкил( $C_3$ - $C_6$ )оксисилильной группы, тем олигомер более устойчив к гидролизу.

Так, олигомеры, содержащие амилоксисилильные группы, менее подвержены гидролизу, чем олигомеры, содержащие бутилоксисилильные группы. Последние более устойчивы к гидролизу, чем олигомеры, содержащие пропилоксисилильные группы.

Кроме того, олигомеры, содержащие алкилоксисилильные группы, в которых алкильный фрагмент имеет разветвленное (изо-) строение, более стабильны при гидролизе, чем олигомеры с подобными группами, в которых алкильный фрагмент имеет линейное строение.

Очевидно, что это связано с тем, что объемные алкильные фрагменты алкилоксисилильных групп, особенно фрагменты разветвленного строения, оказывают стерические затруднения процессам конденсации промежуточных продуктов гидролиза. Такие объемные фрагменты, вероятно, экранируют образующиеся при гидролизе реакционно-способные силанольные группы как друг от друга, так и от других функциональных групп. Благодаря этому повышается стабильность силанолсодержащих промежуточных продуктов гидролиза и замедляются процессы их конденсации.

Слишком маленькая молекулярная масса и отсутствие разветвленных фрагментов приводит к быстрому гидролизу алкилоксисилильных групп, что также исключает возможность прививки модификатора к поверхности волокон в процессе каландрирования.

Нами изучено влияние природы и количества модификатора, нанесенного на полиэфирное волокно, на физико-механические свойства нетканых термоскрепленных материалов. Экспериментальные данные представлены в табл.2.

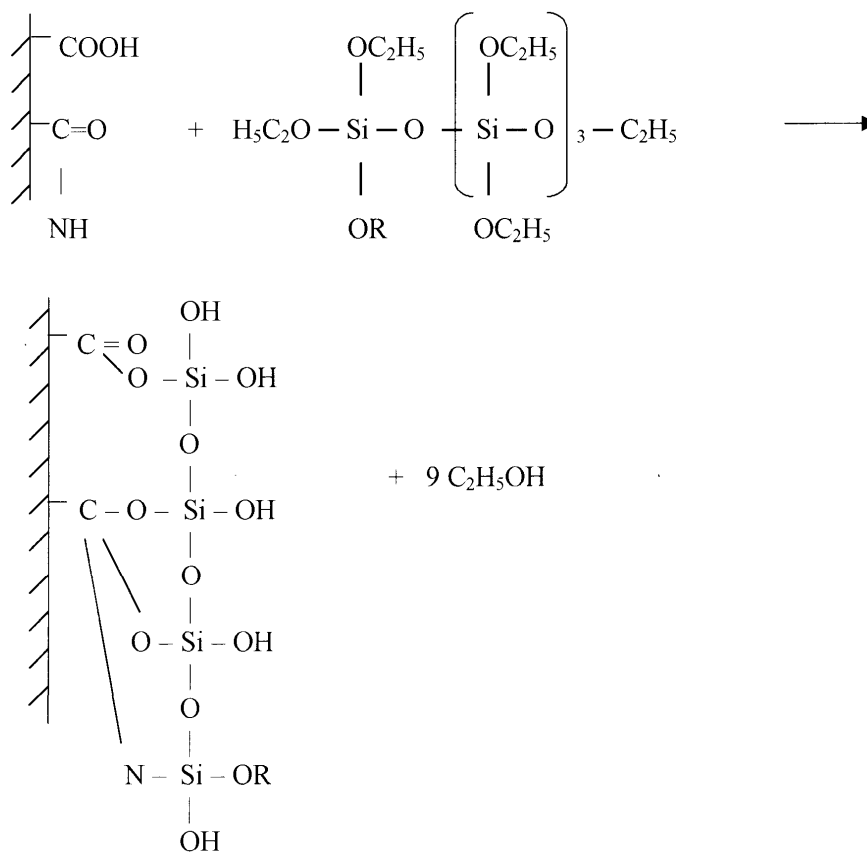
Т а б л и ц а 2

| Модификатор | Удельная разрывная нагрузка $R_{уд}$ , Н·м/г |      |      |      | Разрывное удлинение $\epsilon$ , % |      |       |       | Воздухопроницаемость, $dm^3/m^2 \cdot c$ |       |       |       | Коэффициент несминаемости $K_n$ , % |      |      |      |
|-------------|--|------|------|------|------------------------------------|------|-------|-------|--|-------|-------|-------|-------------------------------------|------|------|------|
|             | Содержание модификатора, % (масс.)           |      |      |      |                                    |      |       |       |  |       |       |       |                                     |      |      |      |
|             | 0  | 0,15 | 0,25 | 0,35 | 0                                  | 0,15 | 0,25  | 0,35  | 0  | 0,15  | 0,25  | 0,35  | 0                                   | 0,15 | 0,25 | 0,35 |
| ЭТС-40      | 1,80   | 4,85 | 8,41 | 8,25 | 12                                 | 18   | 35    | 40    | 906,9                                    | 906,9 | 906,9 | 910,2 | 70                                  | 72   | 73   | 73   |
| I           |  | 5,6  | 6,3  | 5,9  |                                    | 21   | 29    | 35    |  | 913,5 | 913,5 | 915,2 |                                     | 71   | 76   | 78   |
| II          |  | 5,5  | 7,8  | 7,5  |                                    | 19   | 34    | 36    |  | 926,9 | 930,2 | 930,2 |                                     | 72   | 77   | 78   |
| III         |  | 6,2  | 8,6  | 8,9  |                                    | 18   | 22    | 25    |  | 923,5 | 926,9 | 946,9 |                                     | 73   | 75   | 79   |
| IV          |  | 7,8  | 8,7  | 9,4  |                                    | 19   | 25    | 29    |  | 931,9 | 931,9 | 941,9 |                                     | 72   | 79   | 82   |
| V           |  | 7,9  | 9,1  | 8,7  |                                    | 20   | 26    | 24    |  | 931,9 | 936,9 | 936,9 |                                     | 74   | 79   | 85   |
| VI          |  | 8,7  | 15,8 | 10,9 |                                    | 20   | 25    | 25    |  | 935,2 | 935,2 | 971,9 |                                     | 73   | 82   | 87   |
| VII         |  | 10,3 | 28,7 | 11,5 |                                    | 22   | 22    | 34    |  | 936,9 | 940,2 | 965,2 |                                     | 74   | 84   | 92   |
| VIII        |  | 7,6  | 16,8 | 10,2 |                                    | 13   | 21    | 23    |  | 938,5 | 960,2 | 976,9 |                                     | 74   | 83   | 88   |
| IX          |  | 8,1  | 18,3 | 11,5 |                                    | 22   | 25    | 28    |  | 953,5 | 970,2 | 971,9 |                                     | 73   | 80   | 85   |
| X           |  | 6,5  | 15,7 | 8,9  |                                    | 23   | 24    | 31    |  | 940,2 | 941,9 | 955,2 |                                     | 73   | 82   | 89   |
| XI          |  | 6,6  | 11,1 | 5,4  |                                    | 25   | 29    | 38    |  | 946,9 | 948,5 | 970,2 |                                     | 73   | 81   | 87   |
| XII         |  | 6,9  | 15,2 | 9,7  |                                    | 24   | 28    | 37    |  | 926,9 | 960,2 | 973,5 |                                     | 74   | 84   | 91   |
| XIII        |  | 4,25 | 4,98 | 4,56 |                                    | 15   | 23    | 21    |  | 913,5 | 945,2 | 876,8 |                                     | 73   | 82   | 90   |
| XIV         | 4,48   | 5,41 | 5,40 | 18   | 19                                 | 21   | 921,9 | 931,9 | 910,9                                    | 74    | 83    | 81    |                                     |      |      |      |

Установлено, что введение кремнийорганического модификатора повышает удельную разрывную нагрузку, разрывное удлинение, воздухопроницаемость и коэффициент несминаемости нетканого материала. Удельная разрывная нагрузка изменяется по экстремальной кривой, максимальное значение достигается при введении 0,25 % (масс.) препарата на волокно.

Наиболее эффективным является препарат VII – олигоэтокси(изобутоксид)силоксан, при введении которого

Схема 1



При пропитке волокон растворами олигомеров (I-XIV) при комнатной температуре этоксигруппы олигомеров вступают в химические реакции с функциональными группами полимера волокон по схеме 1, а остальные легко гидролизуются влагой, которая адсорбирована на поверхности волокон, превращаясь в силанольные группы, подвергающиеся последующей конденсации.

Предположительно олигомеры закрепляются на поверхности волокон ковалентными связями (энергия связи 373 кДж/моль), одновременно превраща-

удельная разрывная нагрузка нетканого материала из полиэфирных волокон увеличивается в 16 раз по сравнению с нетканым материалом из необработанных волокон, а по сравнению с неткаными материалами из обработанных другими препаратами волокон она возрастает в 1,6÷5,7 раза.

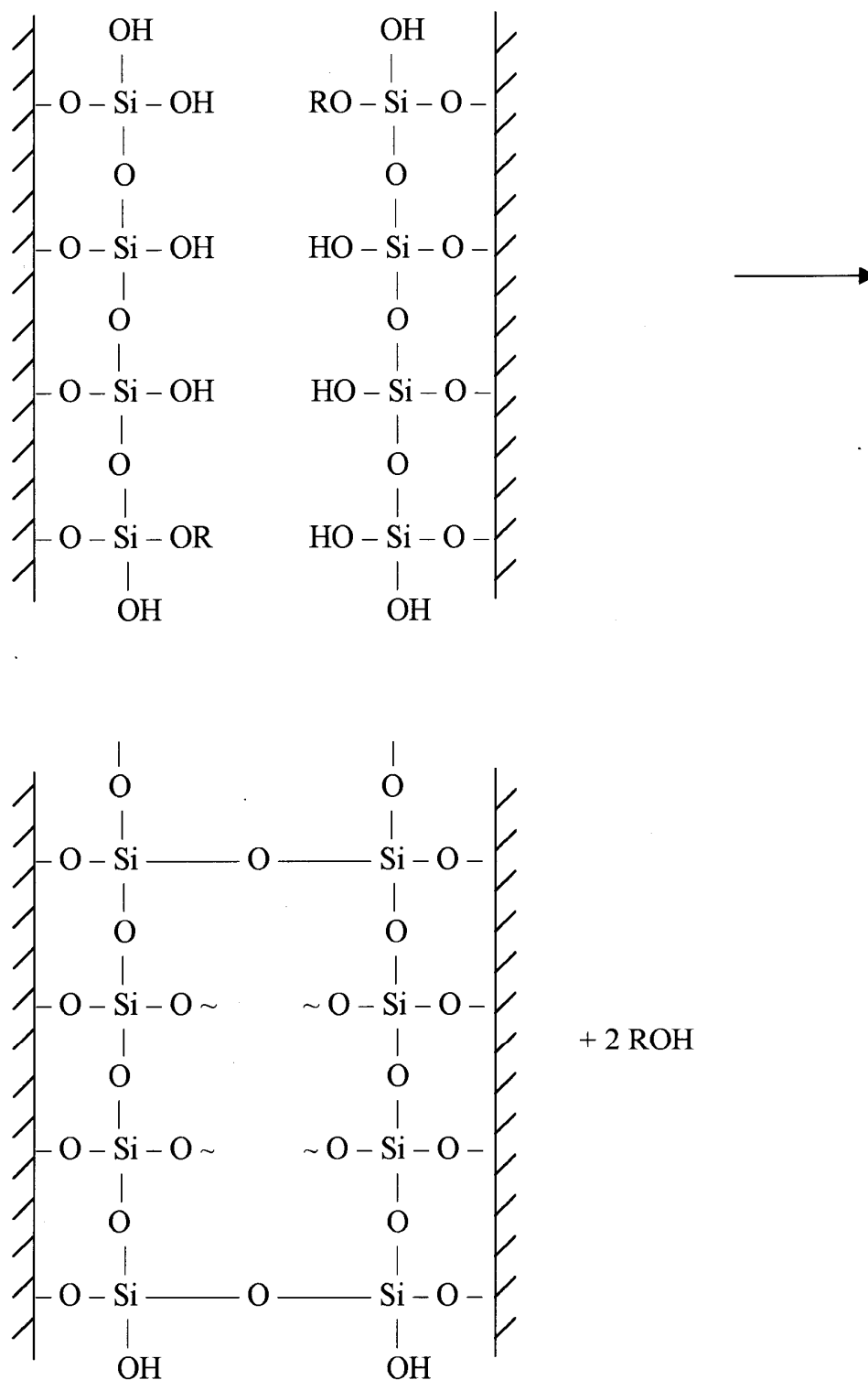
Увеличение физико-механических свойств нетканых материалов происходит за счет образования химических связей на межфазной границе поверхностей при аутогезионном соединении.

ясь в гидратированную окись кремния –  $\text{HO}(\text{SiO}_2)_x\text{OH}$ .

Следует отметить, что объемные пропилокси-, изо-пропилокси-, бутилокси-, изо-бутилокси-, амилокси-, гексилокси-группы в этих условиях химически инертны и не вступают в подобные реакции. Только при повышенных температурах ( $140^\circ\text{C}$  и выше) они, вступая в реакции с силанольными группами гидратированной окиси кремния, расположеной на поверхности соседнего волокна, образуют силоксановые связи (энергия связи 373 кДж/моль) по схеме 2.



Схема 2.



С тем, чтобы исключить термообработку волокон при повышенной температуре, необходимую для фиксации модификатора на их поверхности, холст из модифицированных волокон обрабатывали катализатором – 3%-ным спиртовым раствором пе-

рекиси водорода – перед его поступлением в жало валов каландра.

Установлено, что в присутствии катализатора процесс прививки кремнийорганического модификатора протекает при комнатной температуре. Расход катализа-

тора составляет 1,0...1,5 % от массы модификатора.

Нетканые материалы получали путем термоскрепления волокнистых холстов из модифицированных препаратами (I-XIV) полиэфирных волокон 0,33 текс при следующих параметрах: температура каландрирования 220°C; давление прессования 2МПа; скорость выпуска 7 м/мин. Испытания образцов проводили по стандартным методикам.

Таким образом, в результате проведенных исследований было установлено, что нетканые текстильные материалы из модифицированных олиго(органосилоксанами) полиэфирных волокон обладают повышенной разрывной нагрузкой, эластичностью и существенно превосходят по этим характеристикам нетканые материалы из немодифицированных волокон. Введение катализатора реакции позволяет исключить стадию термообработки и повысить технологичность процесса модификации.

## ВЫВОДЫ

1. Изучено влияние обработки поверхности полиэфирных волокон кремнийорганическими модификаторами – олигоэтокси[алкил(C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub>)окси]-силоксанами (I-XIV), их природы и содержания на волокне.

2. Наиболее эффективным модификатором является олигоэтокси(изобутокси)силоксан (VII) в количестве

0,25 % (масс.) (удельная разрывная нагрузка нетканых материалов увеличивается в 16 раз по сравнению с необработанными, несминаемость и воздухопроницаемость нетканых полотен в 1,2 и 1,05 раза соответственно, разрывное удлинение в 1,83 раза).

3. Показано, что для ускорения процесса прививки кремнийорганического модификатора к волокну при комнатной температуре необходим катализатор – перекись водорода в количестве 1,0...1,5% от массы модификатора, что позволяет исключить термообработку волокон холста после модификации.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Крешков А.П., Борк В.А., Бондаревская Е.А., Мышляева Л.В., Сявцилло С.В., Шемятенкова В.Г. Практическое руководство по анализу мономерных и полимерных кремнийорганических соединений. – М.: Химическая литература, 1962.

2. Аввакумова Н.И., Бударина Л.А., Дивгун С.М., Заикин А.Е., Кузнецов Е.В., Куренков В.Ф. Практикум по химии и физике полимеров. – М.: Химия, 1990.

3. Методические рекомендации по применению методов определения молекулярных масс, молекулярно-массового распределения и обращенной газовой хроматографии/ Под ред. Малышева А.И. – Черкесск: НИИТЭХИМ, 1982.

4. Рафиков С.Р., Будтов В.П., Монаков Ю.Б. Введение в физико-химию растворов полимеров. – М.: Наука, 1978.

Рекомендована кафедрой технологии нетканых материалов. Поступила 22.04.05.

УДК 677.021.178.2:004-9

## МЕТОДИКА РАСЧЕТА ВЫСОТЫ СТОЛБА ЗАСОРЕННОЙ ВОЛОКНИСТОЙ СМЕСИ В ШАХТЕ БУНКЕРНОГО ПИТАТЕЛЯ

*А.С. МКРТУМЯН, А.Г. ХОСРОВЯН, Я.М. КРАСИК, Г.А. ХОСРОВЯН*

**(Ивановская государственная текстильная академия)**

При проектировании и расчетах технологического процесса в системах бункерного питания недоучет засоренности как фактора может влиять на расчетное значение высоты слоя волокон в бункере. Ниже

решается задача о соотношении между высотой столба волокон в бункере, характеристиками питающей смеси и давлением в распределительном канале в условиях, когда засоренность продукта такова,

что в расчетах ее величиной нельзя пренебречь.

Расчеты показывают, что увеличение засоренности поступающего продукта ведет к уменьшению высоты слоя волокон в бункере при обеспечении необходимого значения линейной плотности настила. Причина этого явления заключается в том, что, обладая собственным весом, сорная составляющая смеси оказывает собственное силовое сжимающее воздействие на волокнистый продукт в смеси. Причем чем выше засоренность смеси, тем заметнее отличие высоты столба малозасоренной смеси от высоты столба высокозасоренной.

$$\rho = \rho_{\text{пр}} \left\{ \frac{k}{\alpha Y - k} [1 - \exp(-Ah)] + 1 \right\} + \frac{kp}{Yg} [2 - \exp(-Ah)],$$

где  $A = \alpha \cdot Y^{-1} k$ ;  $Y = 1 - y_3$ ;  $\alpha = 2\mu f(a + b)/(ab)$ ;  $\rho_{\text{пр}}$  – плотность поступающей в бункер засоренной волокнистой смеси;  $g$  – ускорение свободного падения;  $k$  – коэффициент сжимаемости волокнистого продукта, учитывающий изменение его плотности при изменении давления;  $y_3$  – засоренность в долях единицы;  $\mu$  – коэффициент поперечного распора (отношение давления волокнистого продукта на стенки бункера к давлению, сжимающему слой в вертикальном направлении);  $f$  – коэффициент трения волокнистого продукта о стенки бункера.

Отметим, что выведенная зависимость при  $Y=1$ , то есть в том случае, когда величина засоренности мала и ею можно в расчетах параметров столба волокна пренебречь, совпадает с результатами, приведенными в [2].

Выведем зависимость для определения высоты заполнения шахты бункерного питателя засоренным волокнистым продуктом. Примем во внимание, что в реальных условиях величина засоренности  $y_3 \ll 1$ . Следовательно,  $Y^{-1} = 1 + y_3$ .

Введем следующие обозначения:

$$Q(h) = \exp(-Gh), \quad G = \alpha \cdot k, \quad s_1 = k/(\alpha - k), \\ s_2 = \alpha / (\alpha - k), \quad s_3 = kh,$$

Пусть в бункерный питатель поступает засоренный волокнистый продукт. Высота заполнения шахты равна  $h$ . Пусть  $a$  – расстояние между передней и задней стенками бункера,  $b$  – ширина бункера,  $p$  – давление воздуха в распределительном канале.

Ранее в [1] было получено дифференциальное уравнение, моделирующее процесс бункерного питания засоренной волокнистой смесью. Решение этого уравнения представляется следующей базовой аналитической зависимостью для плотности продукта на нижнем уровне бункера:

$$s_4 = 1 - \exp(-Gh), \quad s_5 = \exp(-Gh) s_3, \\ s_6 = s_2 s_4 - s_5 = s_2 - (s_2 - s_3)Q, \quad s_7 = 1 + s_4 - s_5.$$

Тогда очевидно, что существуют следующие зависимости:

$$A = G - ky_3, \quad 1 - \exp(-Ah) = s_4 - s_5 y_3, \\ \frac{k}{\alpha Y - k} [1 - \exp(-Ah)] \cong s_1 (s_4 + s_6 y_3), \\ kpg^{-1} Y^{-1} [2 - \exp(-Ah)] \cong kpg^{-1} (1 + s_4 + s_7 y_3),$$

Следовательно,

$$\rho \cong \rho_{\text{пр}} (1 + s_1 s_4 + s_1 s_6 y_3) + kpg^{-1} (1 + s_4 + s_7 y_3).$$

Обозначим через  $\rho_{\text{в}}$  плотность волокнистой составляющей смеси, поступающей в бункер, а через  $\rho^*$  – плотность продукта на нижнем уровне бункера при  $y_3=0$ .

Так как

$$\rho_{\text{пр}} = \frac{\rho_{\text{в}}}{1 - y_3} \approx \rho_{\text{в}} (1 + y_3),$$

то, обозначая  $K_p = kp/(\rho_{\text{в}}g)$ , имеем

$$\rho \cong \rho_{\text{в}} [(s_1 s_4 + 1) + K_p (1 + s_4)] + \\ + \rho_{\text{в}} (1 + s_1 s_4 + s_1 s_6 + K_p s_7) y_3.$$

Обозначим

$$(\rho - \rho^*) / \rho_B = c_s y_3 .$$

$$c_s = 1 + s_1 (s_4 + s_6) + K_p s_7 , \\ c_{nt} = 1 + s_1 s_4 + K_p (1 + s_4) .$$

Следовательно,

$$\rho = \rho^* + \rho_B c_s y_3 = \rho_B (c_{nt} + c_s y_3) .$$

Отсюда, в частности, следует, что

$$\rho_{внс} = \rho_B \left\langle \left\{ \frac{k}{\alpha Y - k} [1 - \exp(-Ah)] + 1 \right\} + K_p [2 - \exp(-Ah)] \right\rangle .$$

Рассмотрим решение следующей задачи. Пусть бункер загружен волокнистым продуктом с плотностью  $\rho_{внс1}$  и засоренностью  $y_{31}$ . В этом случае высота столба равна  $h_1$  при уровне давления в распределительном канале  $p_1$ .

Полагаем, что далее по технологической цепочке волокнистый продукт подвергается очистке, и в результате линейная плотность конечного продукта становится равной  $T_{k1}$ .

Допустим, что происходит смена питающего бункер продукта и изменение качественных характеристик этого продукта заключается в том, что засоренность стала равной  $y_{32}$ . При этом ставится задача – сохранить плотность волокнистой составляющей продукта на самом нижнем уровне бункера с тем, чтобы при дальнейшей

очистке волокон линейная плотность конечного продукта  $T_{k2}$  была неизменной, то есть

$$T_{k1} = T_{k2} .$$

При перезагрузке бункера волокнистый продукт имеет плотность  $\rho_{внс2}$ , а высоту столба –  $h_2$  при уровне давления в распределительном канале  $p_2$ .

Таким образом,

$$\rho_{внс1} = \rho_{внс2} ; \quad Y_1 = 1 - y_{31} , \\ A_1 = \alpha - Y_1^{-1} k , \quad K_{p1} = k p_1 / (\rho_B g) ; \\ Y_2 = 1 - y_{32} , \quad A_2 = \alpha - Y_2^{-1} k , \\ K_{p2} = k p_2 / (\rho_B g) .$$

Тогда в первом случае имеем

$$\rho_{внс1} = \rho_B \left\langle \left\{ \frac{k}{\alpha Y_1 - k} [1 - \exp(-A_1 h)] + 1 \right\} + K_{p1} [2 - \exp(-A_1 h)] \right\rangle ,$$

а во втором:

$$\rho_{внс2} = \rho_B \left\langle \left\{ \frac{k}{\alpha Y_2 - k} [1 - \exp(-A_2 h)] + 1 \right\} + K_{p2} [2 - \exp(-A_2 h)] \right\rangle .$$

Следовательно, параметры системы в первом и во втором случаях связаны меж-

ду собой следующим образом:

$$\left\{ \frac{k}{\alpha Y_1 - k} [1 - \exp(-A_1 h)] + 1 \right\} + K_{p1} [2 - \exp(-A_1 h)] = \\ = \left\{ \frac{k}{\alpha Y_2 - k} [1 - \exp(-A_2 h)] + 1 \right\} + K_{p2} [2 - \exp(-A_2 h)] .$$

Полученные зависимости носят общий характер. Упрощение полученного соотношения с учетом того, что  $y_3 \ll 1$ , дает следующую зависимость:

$$\begin{aligned} & s_1 s_4(h_1) + K_{p1} [1 + s_4(h_1)] + \\ & + [s_1 - K_{p1}] s_5(h_1) y_{31} = \\ & = s_1 s_4(h_2) + K_{p2} [1 + s_4(h_2)] + \\ & + [s_1 - K_{p2}] s_5(h_2) y_{32}, \end{aligned}$$

или

$$\begin{aligned} & s_1 [s_4(h_2) - s_4(h_1)] + K_{p2} [1 + s_4(h_2)] - \\ & - K_{p1} [1 + s_4(h_1)] = [s_1 - K_{p1}] s_5(h_1) y_{31} - \\ & - [s_1 - K_{p2}] s_5(h_2) y_{32}. \end{aligned}$$

Так как

$$\begin{aligned} s_1 [s_4(h_2) - s_4(h_1)] &= s_1 [1 - Q(h_2) - 1 + \\ & + Q(h_1)] = s_1 [Q(h_1) - Q(h_2)], \end{aligned}$$

то

$$\begin{aligned} & s_1 [Q(h_1) - Q(h_2)] + K_{p2} [1 + s_4(h_2)] - \\ & - K_{p1} [1 + s_4(h_1)] = [s_1 - K_{p1}] s_5(h_1) y_{31} - \\ & - [s_1 - K_{p2}] s_5(h_2) y_{32}. \end{aligned}$$

Таким образом, получено соотношение, связывающее следующие величины:

$$y_{31}, y_{32}, h_1, h_2, p_1 \text{ и } p_2.$$

Рассмотрим другую задачу, когда при изменении засоренности волокнистого продукта давление в распределительном канале постоянно. В этом случае

$$K_{p1} = K_{p2}.$$

Принимая во внимание постоянство давления, находим, что

$$\begin{aligned} & K_{p2} [1 + s_4(h_2)] - K_{p1} [1 + s_4(h_1)] = \\ & = K_{p1} [2 - Q(h_2) - 2 + Q(h_1)] = \\ & = K_{p1} [Q(h_1) - Q(h_2)]. \end{aligned}$$

Так как

$$\begin{aligned} & s_1 [Q(h_1) - Q(h_2)] + K_{p2} [1 + s_4(h_2)] - \\ & - K_{p1} [1 + s_4(h_1)] = [Q(h_1) - Q(h_2)] (s_1 + K_{p1}), \end{aligned}$$

то

$$\begin{aligned} & [Q(h_1) - Q(h_2)] (s_1 + K_{p1}) = \\ & = [s_1 - K_{p1}] [s_5(h_1) y_{31} - s_5(h_2) y_{32}]. \end{aligned}$$

Полученное уравнение должно быть решено относительно нового значения высоты волокнистого слоя в шахте  $h_2$ .

## ВЫВОДЫ

1. Получены зависимости для расчета величины высоты слоя засоренного волокнистого продукта в шахте бункерного питателя с учетом величины и качественного состава засоренности, давления в распределительном канале.

2. Выведены аналитические зависимости для различных вариантов технологического расчета процесса бункерного питания засоренным волокнистым продуктом.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Мкртумян А.С. и др. К расчету модели механики волокон в шахте бункера // Известия Ивановского отделения Петровской академии наук и искусств. Секция технических наук. – Иваново: ИГТА, 2006.

Рекомендована кафедрой механической технологии текстильных материалов. Поступила 30.01.06.

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)

В качестве примера применения изложенной теории двухосного растяжения рассмотрим нагружение проволочной сетки размером 12×12 см<sup>2</sup> "мертвым" грузом 46 сН как в направлении петельных столбиков, так и петельных рядов.

Экспериментальные значения деформации вдоль столбиков (по вертикали) составили  $\epsilon_b = 0,027$ , вдоль рядов (по горизонтали) -  $\epsilon_r = 16,1$ . Сетеполотно образовано на основовязальной машине переплетением атлас - атлас из нитей, каждая из которых состоит из трех вольфрамовых проволок.

Увеличенная фотография образца дана на рис. 1 из [1]. Угол  $\theta$  определен из формулы (6) из [1]:  $\sin \theta = \frac{1}{\frac{b}{R} - 1} = 0,506$ ;  $\theta =$

$= 0,53$  рад. Теперь по формуле (9) из [1] можно вычислить  $\beta$ :  $\beta = 10,094$ .

Найден из опыта модуль упругости одиночной проволоки; определены момент инерции поперечного сечения и жесткость одной проволоки при изгибе. Жесткость трех проволок равна сумме жесткостей каждой из них.

Эти формулы дают значения модулей упругости:

$$E_1 = 7,662 \frac{\text{сН}}{\text{мм}^2}; E_2 = 42,832 \frac{\text{сН}}{\text{мм}^2}.$$

В этих же условиях рассчитанные по формулам (19) и (20) из [1] коэффициенты Пуассона равны  $\nu_{21} = 2,364$ ,  $\nu_{12} = 0,423$ .

Здесь следует дать пояснение, относящееся к полученным величинам коэффициентов  $\nu_{21}$ ,  $\nu_{12}$  и решению в целом. Дело в том, что произведение  $\nu_{21} \nu_{12}$  равно единице. Если же решить первые два уравнения системы (4) из [1] относительно напряжений, то получим

$$\sigma_1 = \frac{E_1}{1 - \nu_{21}\nu_{12}} (\epsilon_1 + \nu_{21}\epsilon_2), \tag{1}$$

$$\sigma_2 = \frac{E_2}{1 - \nu_{21}\nu_{12}} (\epsilon_2 + \nu_{12}\epsilon_1).$$

При произвольных значениях деформаций  $\epsilon_1$ ,  $\epsilon_2$  напряжения  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$ , если  $\nu_{21}\nu_{12}=1$ , обращаются в бесконечность. Объяснение этому надо искать в принятой модели сетеполотна.

Рассматривая деформацию изгиба петли в ячейке [2...4], мы приняли проволоку нерастяжимой. В этом случае перемещение точки А обуславливается только изгибом. В действительности же возникает и дополнительное перемещение, вызванное растяжением проволоки, и это перемещение здесь не учтено. Разрывная деформация вольфрамовой нити составляет  $\epsilon = 0,016$ .

В условиях нагружения реальной конструкции антенны деформация нити намного меньше. Поэтому не следует ожидать большого влияния растяжения проволоки на общее перемещение петли при растяжении. Кроме того, и это можно было бы учесть, но расчетная схема не вполне

\* Окончание. Начало см. в №1, 2006 г.

адекватна реальной сетке, и бессмысленно уточнять решение при той модели, которая принята в качестве исходной.

Проверим соответствие изложенной теории экспериментальным данным, полученным при двухосном растяжении рассчитанного сетеполотна. Величины груза и соответствующие деформации приведены в начале данной статьи.

Вычислим деформации вдоль петельных столбиков  $\varepsilon_2$  и по линии петельных рядов  $\varepsilon_1$  по уравнениям (4) из [1]. Перейдем от сил к напряжениям:

$$\sigma_1 = \frac{P_1}{2bd \cos \alpha}, \quad (2)$$

$$\sigma_2 = \frac{P_2}{d(a + 2b \sin \alpha)}.$$

Учтем, что  $P_1$  и  $P_2$  являются силами, приходящимися на одну петлю по направлениям 1 и 2. Определив величину раппорта по горизонтали и вертикали, получим число петель, расположенных по направлению 2 (по вертикали) и по направлению 1 (по горизонтали).

Тогда единичные силы  $P_1$  и  $P_2$  принимают значения  $P_1 = 0,291$  сН;  $P_2 = 0,344$  сН. Вычисления по формулам (2) дают

$$\sigma_1 = 2,497 \frac{\text{сН}}{\text{мм}^2}; \quad \sigma_2 = 4,501 \frac{\text{сН}}{\text{мм}^2}.$$

Обращаясь к первым двум выражениям системы (4) из [1], находим искомые деформации:  $\varepsilon_1 = 0,136$ ;  $\varepsilon_2 = -0,058$ . Учитывая знак "минус" в формуле (12) из [1], деформацию в направлении 2 следует считать положительной. Экспериментальные данные, равные  $\varepsilon_{13} = 0,161$ ;  $\varepsilon_{23} = 0,027$ , не противоречат расчетным, а учитывая наличие многих рабочих допущений, принятых при построении модели сетки, их можно считать практически совпадающими.

Пятой упругой постоянной нашего ортотропного материала является модуль сдвига  $G$ . Образец подвергается сдвигу  $\gamma$  под действием касательных напряжений  $\tau$ . Деформирование элемента показано на рис. 1.

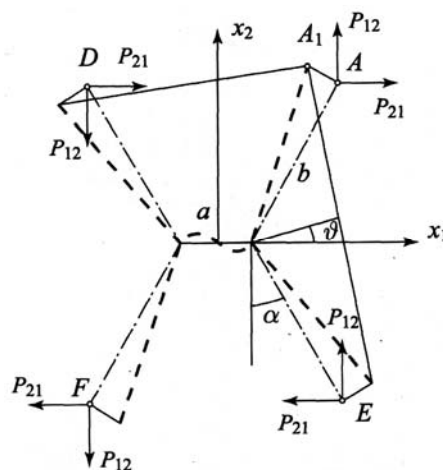


Рис. 1

На элементарную ячейку действуют силы  $P_{12}$  и  $P_{21}$ , которые определяются через касательные напряжения соотношениями

$$P_{12} = 2\tau b d \cos \alpha, \quad (3)$$

$$P_{21} = \tau d (a + 2b \sin \alpha).$$

Эти соотношения получены по аналогии с формулами (13) и (14) из [1] при тех же условиях: за толщину сетеполотна с учетом петель и протяжек принято два диаметра нити  $2d$ , протяженности  $l_1$  и  $l_2$  отрезков ячейки по осям  $x_1$  и  $x_2$  те же самые ( $l_1 = a/2 + b \sin \alpha$ ,  $l_2 = b \cos \alpha$ ). Схема расчета остается той же, что и для модулей упругости и коэффициентов Пуассона.

Определим перемещение точки А в направлении оси  $x_2$  для полупетли, показанной на рис. 1. Это перемещение складывается из изгибного перемещения, определяемого формулой (10) из [1]:

$$\delta = \frac{\beta Q R^3}{3EI},$$

и дополнительного перемещения, вызванного перекосом ячейки из-за деформирования горизонтального участка длиной  $a$ .

Дополнительное перемещение  $\delta_\theta$  определяется углом поворота  $\theta$  на конце горизонтального участка и равно  $\delta_\theta = \theta b$ .

Найдем угол  $\theta$ , рассматривая горизонтальный участок ячейки как двухопорную

балочку длиной  $a$ , изгибаемую на обоих шарнирно опертых концах балки моментами. Для симметричной балки рассматриваем одну ее половину.

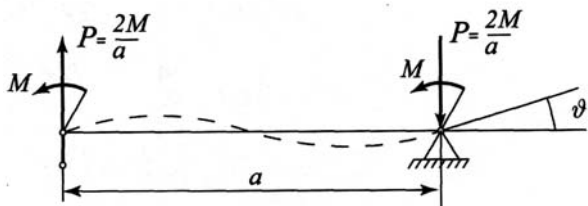


Рис. 2

Определяем реакции, возникающие в шарнире (рис. 2 – к расчету угла поворота), и составляем уравнение изгибающих моментов для участка балочки.

Дифференциальное уравнение упругой линии имеет вид

$$y'' = \frac{M}{EI} \left( \frac{2z}{\ell} - 1 \right). \quad (4)$$

Интегрируя (4), получаем уравнение углов наклона касательных к упругой линии:

$$y' = \frac{M}{EI} \left( \frac{2z^2}{2\ell} - z \right) + C. \quad (5)$$

Эти углы равны углам поворота соответствующих поперечных сечений. Интегрируя дважды выражение (4), получаем уравнение упругой линии:

$$y = \frac{M}{EI} \left( \frac{z^3}{3\ell} - \frac{z^2}{2} \right) + Cz + D. \quad (6)$$

Учитывая, что левый конец балочки шарнирно оперт, имеем  $D=0$ . Прогиб сечения в середине балочки при  $z = a/2$  равен нулю. Из этого условия получаем  $C = \frac{Ma}{6EI}$ .

Из (5) видно, что постоянная  $C$  представляет собой угол поворота сечения в начале координат, то есть  $\theta = \frac{Ma}{24EI}$ .

Число 24 явилось следствием того, что на горизонтальном участке расположены четыре проволоки (рис. 1 из [1]), а их жесткость вчетверо больше жесткости одной проволоки. Момент  $M=Q2b$ .

Теперь можно найти дополнительное перемещение:  $\delta_\theta = \frac{Mab}{24EI} = \frac{Qab^2}{12EI}$ .

Полное перемещение:

$$\begin{aligned} AA_1 &= \delta + \delta_\theta = \frac{\beta QR^3}{3EI} + \frac{Qab^2}{12EI} = \\ &= Q \frac{4\beta R^3 + ab^2}{12EI}. \end{aligned} \quad (7)$$

Угол сдвига для деформированной ячейки определяется как разность углов поворота отрезков  $AE$  и  $AD$  (рис. 1):

$$\gamma = \gamma_2 - \gamma_1 = \frac{AB_2}{\frac{a}{2} + b \sin \alpha} - \frac{AB_1}{b \cos \alpha}.$$

Из рис. 1 видно, что

$$\begin{aligned} (AA_1)_{x_2} &= AA_1 \sin \alpha, \\ (AA_1)_{x_1} &= AA_1 \cos \alpha. \end{aligned}$$

Тогда угол сдвига принимает значение

$$\gamma = -\frac{a}{(a + 2b \sin \alpha)b} AA_1.$$

С учетом (7) будем иметь:

$$\gamma = \frac{Q}{12EI} \frac{a(4\beta R^3 + ab^2)}{b(a + 2b \sin \alpha)}. \quad (8)$$

Силы  $P_{12}$  и  $P_{21}$ , действующие в точке  $A$  петли, как и ранее, приведем к поперечной силе  $Q$ , направленной перпендикулярно оси петли, которая ориентирована под углом  $\alpha$  относительно оси полотна  $x_2$ :

$$Q = P_{12} \sin \alpha - P_{21} \cos \alpha. \quad (9)$$

Силы  $P_{12}$  и  $P_{21}$  заменим касательными напряжениями в соответствии с выраже-



ниями (3). Таким образом, угол сдвига будет

$$\gamma = \tau \frac{1}{12EI} \frac{a^2 d (4\beta R^3 + ab^2) \cos \alpha}{b(a + 2b \sin \alpha)}. \quad (10)$$

Сопоставляя это выражение с третьим уравнением системы (4) из [1]  $\gamma = \frac{1}{G} \tau$ , описывающей ортотропную среду, напишем приведенный модуль сдвига в форме

$$G = 12EI \frac{b(a + 2b \sin \alpha)}{a^2 d (4\beta R^3 + ab^2) \cos \alpha}. \quad (11)$$

Численные значения величин, входящих в формулу (11), приведены в расчетах модулей упругости  $E_1$  и  $E_2$ .

Расчет модуля сдвига дает его значение:

$$G = 116,97 \frac{\text{сН}}{\text{мм}^2}.$$

Таким образом, рассчитаны упругие постоянные создаваемого проволочного сетеполотна. Конечно, определить модули упругости и коэффициенты Пуассона на

готовой сетке технически гораздо проще. Но если обратиться к структуре формул, то видно, что они включают основные характеристики проволоки (жесткость  $EI$ ) и параметры, определяющие структуру полотна (размеры петель, их ориентацию и взаимное расположение). Вследствие этого изложенная теория позволяет объяснить механизм явлений при деформировании и нагружении полотна и управлять процессом вязания для получения сетки с заданными свойствами.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Щербаков В.П., Заваруев В.А., Котович О.С. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2006, №1. С.74...79.
2. Малмейстер А.К., Тамуж В.П., Тетерс Г.А. Сопротивление жестких полимерных материалов. – Рига: Зинатне, 1967.
3. Hearle J. W. S., Grosberg P., Backer S. Structural Mechanics of Fibers, Yarns and Fabrics. – New York, 1969.
4. 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 ОСНОВВЯЗАНОВОГО ТРИКОТАЖА ЛАСТИЧНЫХ ПЕРЕПЛЕТЕНИЙ

Л.В.МОРОЗОВА, В.А.ЗИНОВЬЕВА

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

В современных условиях рыночной экономики наиболее актуальной задачей производителей одежды является повышение качества, улучшение и постоянное обновление ассортимента изделий.

Наиболее фундаментальным и наукоемким является путь создания трикотажа новых переплетений, обеспечивающих не только разнообразный внешний вид изделий, но и изменяющих свойства трикотажных полотен, расширяющих возможность

их использования для изделий различного назначения.

Существует огромное разнообразие трикотажных переплетений, но в настоящей работе мы ограничимся рассмотрением только трикотажа основвязанных ластичных переплетений.

В исследовании А.С.Далидовича [1] описаны структуры ластичных переплетений: ластичная цепочка, ластичное трико и ластичный атлас, которые отнесены к

классу главных основовязанных переплетений.

В [2] предложена усовершенствованная классификация переплетений, из которой авторы исключили ластичные основовязанные переплетения, хотя в тексте имеется краткое описание ластичного трико и ластичного атласа. Здесь же указывается, что эти переплетения не получили распространения ввиду того, что они вырабатываются только на машинах с ластичной (шахматной) расстановкой игл в игольницах, а в трикотажном производстве применяются двухфонтурные основовязальные машины, на которых иглы обеих игольниц расположены «в затылок». С этим утверждением авторов нельзя согласиться.

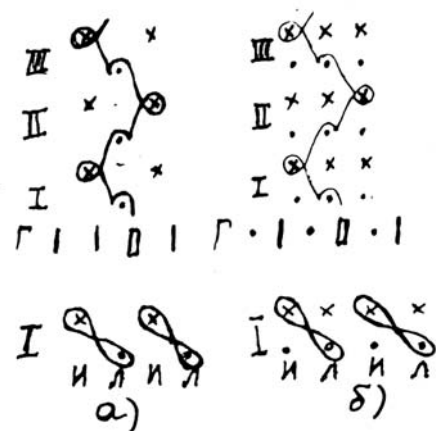


Рис. 1

На рис.1-а приведена графическая запись переплетения ластичное трико из [2], полученная при шахматном расположении игл в игольницах основовязальной машины. Прокладывание нити выполняется одной гребенкой, заправленной нитями полностью.

На рис.1-б показана графическая запись переплетения, полученного из одной системы нитей на основовязальной машине, где иглы расположены «в затылок». Прокладывание нитей выполняется через одну иглу, то есть гребенка заправлена через одну ушковину.

Под графическими записями переплетений приведены схемы поперечного разреза I ряда. На схемах отчетливо видна связь между петлями, вырабатываемыми из одной нити на иглах передней и задней игольниц. В обоих случаях в структуре трикотажа чередуются через один лицевые петельные столбики, обозначенные буквой «Л» и изнаночные петельные столбики, обозначенные буквой «И».

Во втором случае мы поменяли способ выработки трикотажа, класс вязальной машины снизился в два раза, но структура переплетения точно такая же, как и на рис.1-а. И в первом, и во втором случае получили трикотаж с чередованием лицевых и изнаночных петельных столбиков, причем один петельный столбик одной стороны трикотажа состоит из петель одной и той же нити, а два соседних столбика другой стороны трикотажа – из петель различных нитей. Таким образом, это – тоже трикотаж переплетения ластичное трико.

При разработке новых структур ластичных переплетений необходимо учитывать, что они относятся к трикотажу с продольным характером расположения элементов структуры на поверхности полотна [3], то есть на лицевой стороне и на изнаночной стороне полотна чередуются лицевые и изнаночные петельные столбики.

Разрабатываемые переплетения относятся к семейству триковых [4], при этом структура ластичного трико известна, в нем остовы петель соединяются протяжками в соседних петельных столбиках, то есть коэффициент связи по петельному ряду  $m=1$ .

Следовательно, должно существовать и переплетение ластичное сукно (ЛС), в котором остовы петель соединяются суконной протяжкой и коэффициент связи по петельному ряду  $m$  равен двум.

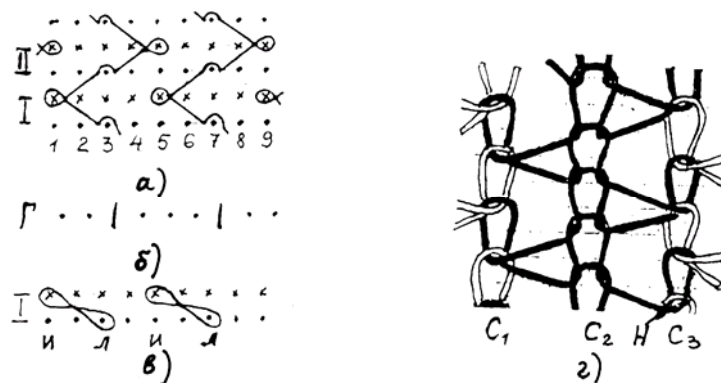


Рис. 2

В соответствии с этими теоретическими предпосылками нами разработаны две графические записи переплетения ластичное сукно. На рис.2-а видно, что в I ряду нити прокладываются на иглы 3 и 7 передней игольницы, а затем на иглы 1 и 5 задней игольницы. В ряду II прокладывание выполняется на те же иглы 3 и 7 передней игольницы и на иглы 5 и 9 задней игольницы. Петли лицевых и изнаночных петельных столбиков соединены суконной протяжкой, которая тянется через один петельный столбик.

Под графической записью на рис.2-б приведена схема проборки гребенки нитями, из которой видно, что раппорт заправки нитей в гребенку равен 1+3, то есть одна ушковка заправлена, три – не заправлены.

На рис.2-в показана схема связей между петлями в I ряду, из которой видно, что в раппорте переплетения чередуются ли-

цевые (Л) и изнаночные (И) столбики. На иглы 2,4,6,8 нити не прокладываются, то есть петли в четных петельных столбиках отсутствуют.

Таким образом, при вязании трикотажа в соответствии с графической записью, приведенной на рис.2-а, получается переплетение, имеющее строение, аналогичное переплетению ластичное трико, но с удлиненными протяжками. Структура этого переплетения приведена на рис.2-г.

Нить Н образует петли поочередно в лицевом петельном столбике C2 и в двух изнаночных петельных столбиках C1 и C3. Трикотаж является однослойным, имеет разреженную петельную структуру из-за наличия пропущенных петельных столбиков и может применяться как в комбинации с другими переплетениями, так и для полотен специального назначения, например, металлических сеток.

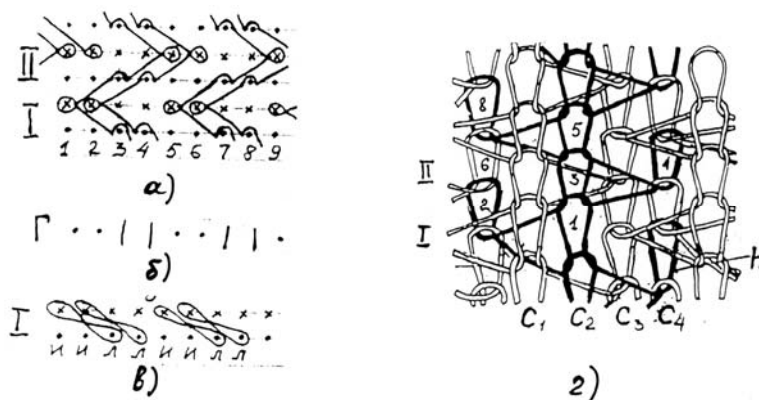


Рис. 3

На рис.3-а приведена другая графическая запись переплетения ластичное сукно, не имеющего пропущенных петельных

столбиков. В этом переплетении нити прокладываются попарно на иглы 3 и 4, 7 и 8 передней игольницы, а также на иглы 1 и

2, 5 и 6 задней игельницы. Гребенка имеет проборку 2+2, то есть две нити заправлены, две – не заправлены (рис.3-б).

На схеме I ряда на рис.3-в наглядно видно, что чередование петельных столбиков идет аналогично кулирному ластику 2+2.

Таким образом, структура переплетения ластичного сукно зависит от заправки нитей в гребенку. При этом полную петельную структуру можно получить только при заправке нитей по раппорту 2+2. Обозначим это переплетение ЛС 2+2.

На рис.3-г приведена разработанная нами структура переплетения ластичного сукно, построенная на основе графической записи рис.3-а. Нить Н образует в петельном ряду I петлю 1 на лицевой стороне полотна, затем через один петельный столбик петлю 2 на изнаночной стороне полотна. В ряду II нить Н образует петлю 3 на лицевой стороне, далее через один петельный столбик петлю 4 опять на изнаночной стороне и т.д.

Высота раппорта этого переплетения  $R_n = 2$ , ширина раппорта  $R_v = 4$ , при этом в раппорте чередуются два лицевых петельных столбика С1 и С2, а также два изнаночных петельных столбика С3 и С4.

Петли 1,3 и 5 лицевых петельных столбиков образованы одной нитью Н, а в изнаночных петельных столбиках нить Н образует петли 2 и 8 через один петельный ряд.

По аналогии с переплетением ластичного трико все петельные столбики лицевой

стороны переплетения ластичного сукно имеют двухсторонние протяжки, а все петельные столбики изнаночной стороны имеют только односторонние протяжки, причем они направлены через ряд в разные стороны. Следовательно, лицевая и изнаночная стороны имеют неоднородное строение: петельные столбики на изнаночной стороне имеют значительно больший наклон, чем на лицевой стороне. При этом петельные столбики изнаночной стороны имеют зигзагообразное строение.

Исходя из структуры трикотажа переплетения ластичного сукно раппорта 2+2 можно спрогнозировать его свойства. Например, оно будет распускаться меньше, чем ластичное трико, не будет разделяться вдоль петельного столбика при обрыве нити в петле. Полотно не будет закручиваться с краев, так как сочетание лицевых и изнаночных петельных столбиков одинаковое.

В отличие от ластичного трико изнаночные петельные столбики у переплетения ластичного сукно не заходят за лицевые петельные столбики из-за наличия удлиненных протяжек, поэтому упругие свойства его должны быть ниже при одинаковой толщине нитей и плотности вязания.

В семействе ластичных триковых переплетений должно существовать и переплетение ластичное шарме (ЛШ), остовы петель в котором соединяются шармезной протяжкой через два петельных столбика, при этом коэффициент связи по петельному ряду  $m = 3$ .

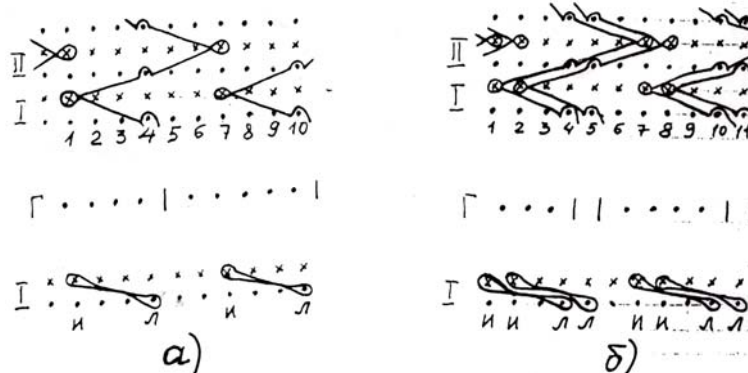


Рис. 4

Нами разработаны четыре возможных варианта графических записей переплетения ластичного шарме. На рис.4-а видно,

что нити в ряду I прокладываются на иглы 4 и 10 передней игельницы и на иглы 1 и 7 задней игельницы. В ряду II нити прокла-

дываются на те же иглы 4 и 10 передней игольницы и на иглы 1 и 7 задней игольницы.

Нити на иглы 2 и 3, 5 и 6, 8 и 9 не проложены, поэтому петли в этих петельных столбиках отсутствуют. Переплетение представляет собой ластичное трико с удлиненными протяжками.

Из схемы заправки гребенки нитями видно, что для получения такой структуры трикотажа необходимо выполнить проборку гребенки по раппорту 1+5. Снизу изображена схема связи между петлями в I ряду, на которой отчетливо видно, что чередование лицевых (Л) и изнаночных (И)

петельных столбиков в этом переплетении выполнено по раппорту 1+1.

На графической записи, представленной на рис.4-б, кладка нитей на иглы выполняется точно так же, как и на рис.4-а, но заправка нитей в гребенку произведена по раппорту 2+4, то есть две нити заправлены, четыре не заправлены.

На схеме I ряда видно, что в этом случае в структуре трикотажа чередуются два изнаночных петельных столбика (И) и два лицевых петельных столбика (Л) подобно кулирному ластуку 2+2. Петельные столбики 3,6 и 9 пропущены, структура трикотажа неполная.

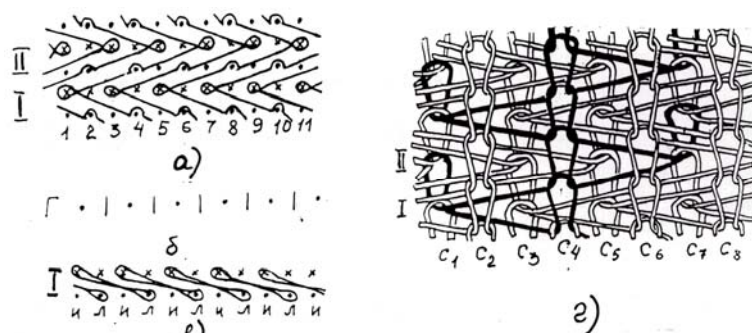


Рис. 5

На рис.5-а представлена графическая запись переплетения ластичное шарме, полученного при заправке нитей по раппорту 1+1. В этом случае нити прокладываются на четные иглы передней игольницы и нечетные иглы задней игольницы. Чередование лицевых (Л) и изнаночных (И) петельных столбиков аналогично переплетению ластичное трико. Структура переплетения полная, пропущенных петельных

столбиков нет. Обозначим это переплетение ЛШ 1+1.

Отличительная особенность переплетения ЛШ 1+1 состоит в том, что, как видно из рис.5-г, в структуре переплетения чередуются через один лицевые петельные столбики С2,С4,С6,С8 и изнаночные петельные столбики С1,С3,С5,С7. Трикотаж переплетения ЛШ 1+1 равномерный по толщине, так как за каждой петлей лица и изнанки имеется по две протяжки.

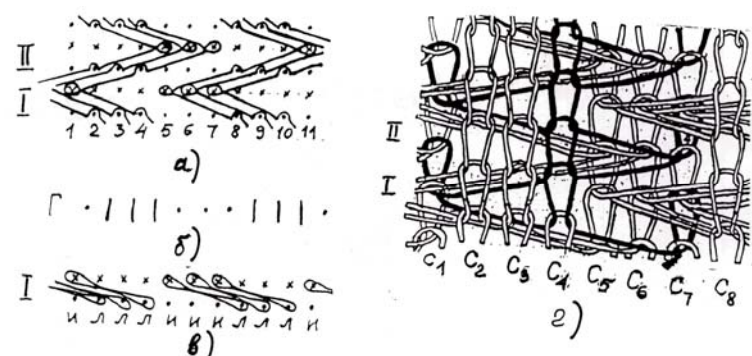


Рис. 6

На рис.6-а представлена графическая запись переплетения ластичное шарме при заправке нитей в гребенку по раппорту 3+3. В этом случае нити прокладываются на иглы 2, 3, 4, 8, 9, 10 передней игольницы и 1, 5, 6, 7, 11 задней игольницы, в структуре переплетения чередуются по 3 лицевых петельных столбика и по 3 изнаночных петельных столбика аналогично раппорту кулирного ластика 3+3. В этом переплетении также нет пропущенных петельных столбиков, структура полная. Обозначим это переплетение ЛШ 3+3.

Структура переплетения ластичное шарме, построенная по графической записи, приведена на рис.6-г. Отличие внешнего вида переплетения ЛШ 3+3 состоит в том, что чередуются по 3 лицевых петельных столбика С2, С3, С4 и 3 изнаночных петельных столбика С5, С6, С7. Трикотаж переплетения ЛШ 3+3 неравномерен по толщине, так как число протяжек, входящих на одну петлю, неодинаковое: от одной до пяти.

Таким образом, анализ вариантов возможных структур переплетения ластичное шарме показал, что его структура и внешний вид зависят от проборки нитей в гребенку. Полная структура переплетения возможна при заправке нитей по раппорту 1+1 и 3+3.

Исходя из структуры можно спрогнозировать свойства трикотажа переплетений ластичное шарме, которые будут отличаться от свойств известного переплетения ластичное трико. Благодаря наличию удлиненных протяжек изнаночные петельные столбики не заходят за лицевые петельные столбики, при этом упругие свойства будут значительно ниже, чем у ластичного трико. Большое количество про-

тяжек, ориентированных по петельному ряду, уменьшит растяжимость по ширине.

Зигзагообразный эффект петельных столбиков изнаночной стороны полотна должен быть менее выражен вследствие большей длины протяжек. Лицевые петельные столбики почти прямые. Переплетение ластичное шарме будет труднее распускаться из-за большего числа точек контакта между протяжками и петлями.

## ВЫВОДЫ

1. Доказана возможность вязания трикотажа ластичных переплетений на основовязальных машинах с расстановкой игл «в затылок».

2. Разработаны новые структуры основовязаного ластичного трикотажа: два варианта переплетения ластичное сукно и четыре варианта переплетения ластичное шарме.

3. Выполнен анализ структуры новых ластичных основовязанных переплетений и спрогнозированы их свойства.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Далидович А.С. Основы теории вязания. – М.: Легкая индустрия, 1970.
2. Кудрявин Л.А., Шалов И.И. Основы технологии трикотажного производства. – М.: Легпромбытиздат, 1991.
3. Зиновьева В.А., Павлова И.В., Тузова И.С. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2001, №2. С.84...88.
4. Зиновьева В.А., Морозова Л.В. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2002, №2. С.79...82.

Рекомендована кафедрой технологии трикотажных переплетений. Поступила 28.11.05.

УДК 519.6

**АНТРОПОМЕТРИЧЕСКАЯ ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ  
КОМПЬЮТЕРНЫХ МАНЕКЕНОВ***В.Д. ФРОЛОВСКИЙ***(Новосибирский государственный технический университет)**

В государственном стандарте [1] тремя размерными признаками (рост, обхват груди и обхват бедер) определяются все стандартные типовые фигуры женщин. Таким образом, в нашем распоряжении имеются три входных (задаваемых нами) параметра. Но для построения манекена по этим параметрам необходимо помимо значений самих параметров манекена использовать дополнительную информацию – информацию о форме реального человеческого тела.

В качестве такой информации может быть использована базовая модель манекена, которая "хранит" в себе структуру (форму) отдельных частей тела.

Из этой модели и была получена базовая сеточная модель, имеющая послойную структуру. Базовым элементом сетки модели по-прежнему являются треугольные элементы. Из базовой модели можно выделить отдельные слои манекена, которые и будут той необходимой информацией о форме тела на различных уровнях высот.

Таким образом, теперь нужно найти метод, который, используя информацию о выбранных параметрах и дополнительную информацию о структуре человеческого тела, позволял бы по входным параметрам построить новую модель манекена.

Под построением модели манекена понимается построение поверхности манекена. Поскольку в нашем случае используется сеточная (дискретная) базовая модель, то под построением манекена можно подразумевать определение новых координат точек сетки в пространстве. Полученная

таким образом модель манекена будет представлять собой поверхность, построенную из полигонов (в нашем случае из прямоугольников).

Однако для получения более гладкой поверхности по имеющейся сеточной поверхности, состоящей из ломанных кривых, существуют специальные методы, которые в данной работе не рассматриваются.

Рассмотрение вопросов параметрического моделирования манекенов преследует следующие цели: 1) построение галереи манекенов, соответствующих типовым размерам; 2) построение модели, достаточно близкой к антропометрическим данным конкретного человека.

Решение этих вопросов осуществляется в рамках концепции порождающих моделей. Это предполагает построение базовой модели (прототипа заданного класса объектов) с заданной компонентой пространственной формы  $\{s\}$ , обеспечивающей семантическую целостность и узнаваемость проектируемого объекта, и необходимым набором метрических характеристик  $\{P\}$ , определяющих размеры точечных множеств, имеющих формы из  $\{s\}$ .

При конструировании базовой модели манекена использованы антропометрические среднестатистические измерения людей и отраслевые стандарты по размерным признакам типовых фигур. Базовая модель  $S$  представлена массивом, организованным как трехмерный граф, топологически эквивалентный четырехугольным сеткам.

Это означает, что в массиве  $P = P_{ij}$  точек базовой модели наряду с вершинами  $P_{ij}$  учитываются еще и связывающие их ребра:

$$P_{ij}P_{i+1j}, i = \overline{0, m}, j = \overline{0, n-1},$$

$$P_{ij}P_{i+1j+1}, i = \overline{0, m-1}, j = \overline{0, n},$$

где  $i$  – номер горизонтального уровня сечения манекена, а  $j$  – номер точки в сечении.

Задача заключается в построении формы  $S^*$ :  $P^* = P^*_{ij}$ , сохраняющей характеристики прототипа  $S$  и удовлетворяющей заданным индивидуальным параметрам, соответствующим ограниченному набору антропометрических измерений.

В общем случае для частного набора точек модели ( $P_{11}, P_{12}, \dots, P_{k\ell}$ ) антропометрическое измерение имеет вид:  $U_j(P_{11}, P_{12}, \dots, P_{k\ell})$   $j \in \overline{1, \dots, M}$ ,  $M$  – номер измерения.

Построенная модель содержит два вида параметров:

1) линейные параметры, отражающие линейные размеры и пропорции модели:

– евклидово расстояние между двумя точками:

$$U_{\text{dist}}(P_{ij}, P_{k\ell}) = \|P_{ij} - P_{k\ell}\|;$$

– пропорции элементов модели:

$$U_{jk} = \frac{1}{2} U_j(x_1, \dots, x_n) - \varepsilon_{jk} U_k(x'_1, \dots, x'_n)^2,$$

где  $k$  – количество используемых ограничений;  $r_i \in [0, 1]$  – весовые коэффициенты, а  $H_i(h(P))$  – штрафная функция.

После минимизации создаются формы, сохраняющие характеристики прототипа, и  $S^*$  является лучшей возможной поверхностью с заданными индивидуальными па-

$\varepsilon_{jk}$  – пропорция между измерениями  $j$  и  $k$ ; – высота рассматриваемого сечения:  $U_1(P) = z_i - U_{\text{высота}} = 0$ ;

2) объемные (величины обхватов на уровне шеи, груди, бедер и т.д.):

– минимальное расстояние между двумя точками на поверхности  $S$ :

$$U_S(P_{ij}, P_{k\ell}) = \min \rho P_{ij} - P_{k\ell};$$

– обхват рассматриваемого сечения (периметр выпуклой оболочки замкнутого контура):

$$U_2(P) = \sum_{j \in \Omega} |P_{i,j} - P_{i,j+1}| - U_{\text{обхват}} = 0,$$

где  $\Omega$  – выпуклая оболочка рассматриваемого сечения манекена.

Целевая функция оценивается с позиции отличия от прототипной формы  $S$  (с контрольными точками  $U_j P_{11}, P_{12}, \dots, P_{k\ell}$ ), в результате минимизируется функция:

$$\Theta(P^*) = |P - P^*|^T |P - P^*| \rightarrow \min,$$

где  $P^* = D_\alpha[P]$ ,  $D_\alpha$  – обобщенная матрица аффинных геометрических преобразований масштабирования, переноса, сдвига, вращения.

Если ограничения представить в общем виде как:  $h(P^*) = 0$ , то целевую функцию можно записать следующим образом:

$$\Theta(P^*) = |P - D_\alpha(P)|^T |P - D_\alpha(P)| + \sum_{i=1}^k r_i H_i(h(D_\alpha(P))) \rightarrow \min,$$

параметрами. Ограничения дают пользователю контроль над геометрией поверхности.

Таким образом, для ряда стандартных фигур женщин, параметры которых приведены в межгосударственном стандарте, при помощи разработанного программного приложения были построены модели поверхности туловища манекенов.



На рис. 1 представлены основные горизонтальные сечения базовой модели (а), трехмерная сеть манекена и макета внешней формы, построенные посредством ТИС (b), визуализация поверхности тела и макета внешней формы (с).

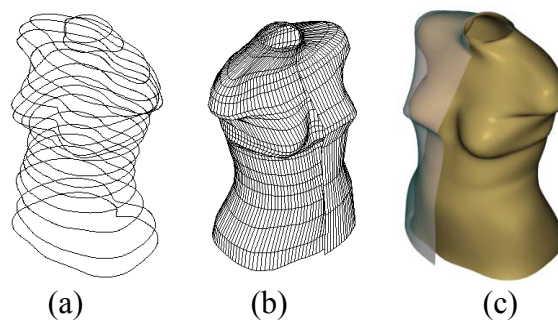


Рис. 1

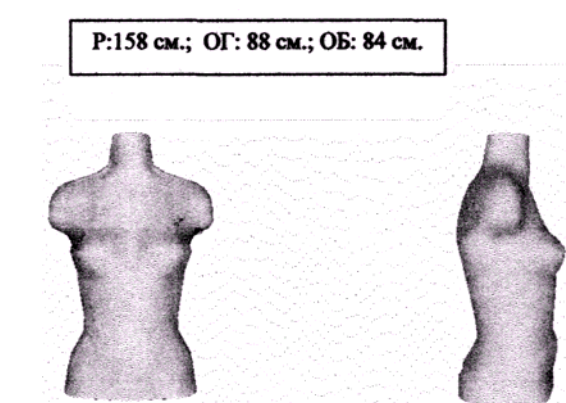


Рис. 2

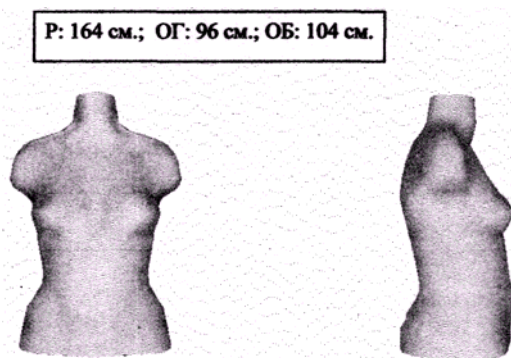


Рис. 3

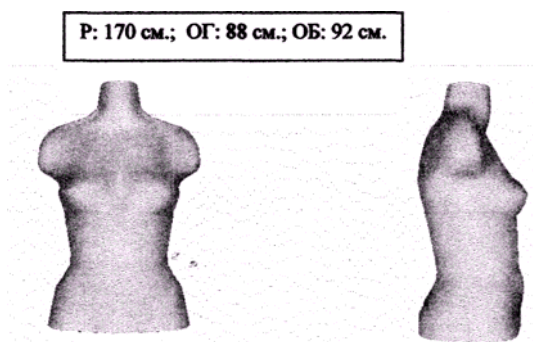


Рис. 4

На рис. 2...4 представлены соответственно: модели манекенов ростом 158, 164 и 170 см.

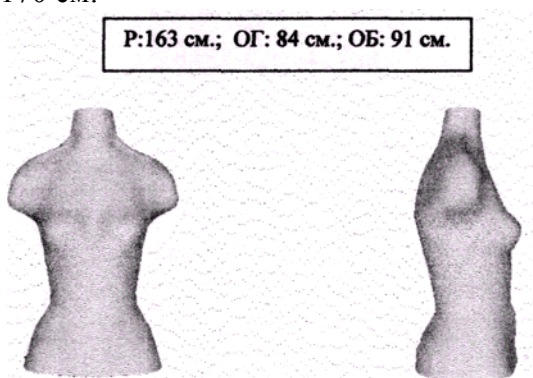


Рис. 5

Помимо стандартных фигур женщин была построена модель манекена по индивидуальным параметрам. Рис. 5 иллюстрирует построенную модель.

## ВЫВОДЫ

В результате исследований построена базовая модель манекена. В ней выделены основные сечения, для которых заданы стандартные значения высоты и обхвата, и вспомогательные сечения, для расчета высот и обхватов которых использовалась линейная интерполяция.

Разработана программа для построения произвольного манекена по имеющейся базовой модели. При этом использовалось оптимальное число входных, измеряемых вручную, параметров: рост, обхват груди, обхват бедер.

При моделировании женского манекена рассматривались два вида параметризации: стандартная и индивидуальная параметризация.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Антропометрический атлас // Составители: Ермакова С.В., Подставкаина Т.П., Строкина А.Н. – М.: ВНИИТЭ, 1977.

2. ГОСТ 17522–72. Типовые фигуры женщин. Размерные признаки для проектирования одежды. – М. Изд-во стандартов, 1972.

Рекомендована кафедрой автоматизированных систем управления. Поступила 10.01.06.

УДК 687.016.5:687.17

## ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБА ПОСТРОЕНИЯ РАЗВЕРТКИ ОПОРНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ВЕРХНЕЙ ПЛЕЧЕВОЙ ОДЕЖДЫ

А.Е. ГОРЕЛОВА, Н.Л. КОРНИЛОВА

(Ивановская государственная текстильная академия)

Развертку опорной поверхности предлагается осуществлять в соответствии с геометрической интерпретацией, представленной в [1].

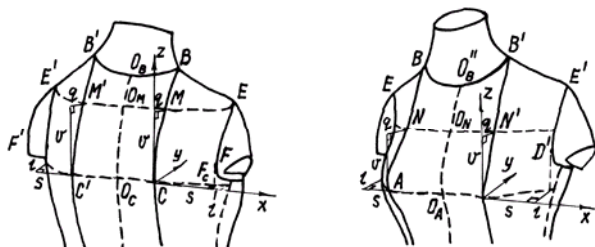


Рис. 1

Центральная часть одежды между линиями контакта спереди (АВВ'А') и сзади (СВВ'С') представляет собой подвергнутой изгибу плоский четырехугольник (рис. 1). Направляющая  $\bar{r}(u)$  в случае дублированной спинки является отрезком прямой, в случае изделия мягкой формы – кривой, являющейся изометрически преобразованным отрезком. Степень складчатости зависит от величины конструктивной прибавки к длине направляющей. Об-

разующей  $\ell(u)$  является изометрически преобразованный изгибанием отрезок.

Для построения развертки деформированного n-угольника необходима информация о трехмерных координатах вершин и кривизне исходной поверхности. Последнее может быть определено использованием трехмерных координат промежуточных точек. Для этого выбраны точки N и M – точки основания грудных желез и верхнего угла лопаточной кости соответственно.

Построение развертки осуществляется относительно перпендикуляра, опущенного из шейной точки на линию, соединяющую выступающие точки лопаток (груди), используя следующие данные:

1) длина исходной продольной линии: может быть определена как величина размерного признака "Высота проймы сзади – Впрз";

2) расстояние от исходной продольной линии до выступающей точки груди (лопатки): соответствует размерному признаку "Центр груди – Цг" ("Центр лопаток – Цл") или:

$$OaA = \sqrt{(x_A - x_{Oa})^2 + (y_A - y_{Oa})^2 + (z_A - z_{Oa})^2}, \quad (1)$$

$$(OcC = \sqrt{(x_C - x_{Oc})^2 + (y_C - y_{Oc})^2 + (z_C - z_{Oc})^2}); \quad (2)$$

3) поперечный диаметр шеи ( $d_{ш}$ ) или:

$$Ov^{\Pi}B^{\Pi} = \sqrt{(x_{B^{\Pi}} - x_{Ov^{\Pi}})^2 + (y_{B^{\Pi}} - y_{Ov^{\Pi}})^2 + (z_{B^{\Pi}} - z_{Ov^{\Pi}})^2}, \quad (3)$$

$$(OvB^0 = \sqrt{(x_{B^0} - x_{Ov})^2 + (y_{B^0} - y_{Ov})^2 + (z_{B^0} - z_{Ov})^2}); \quad (4)$$

4) расстояние от выступающей точки груди (лопаток) до точки основания шеи (Вг<sub>2</sub> или Впр<sub>32</sub>);

5) расстояние по исходной продольной линии от уровня выступающих точек груди (лопаток) до точки основания грудных желез (верхнего угла лопаточных костей):

$$O_c O_k = \sqrt{(x_{O_k} - x_{O_c})^2 + (y_{O_k} - y_{O_c})^2 + (z_{O_k} - z_{O_c})^2}, \quad (5)$$

$$(O_c O_m = \sqrt{(x_{O_m} - x_{O_c})^2 + (y_{O_m} - y_{O_c})^2 + (z_{O_m} - z_{O_c})^2}); \quad (6)$$

6) расстояние от исходной продольной линии до точки основания грудных желез

(верхнего угла лопаточных костей) (рис. 1 и 2):

$$O_k K = \sqrt{(x_{O_k} - x_K)^2 + (y_{O_k} - y_K)^2 + (z_{O_k} - z_K)^2}, \quad (7)$$

$$(O_m M = \sqrt{(x_{O_m} - x_M)^2 + (y_{O_m} - y_M)^2 + (z_{O_m} - z_M)^2}). \quad (8)$$

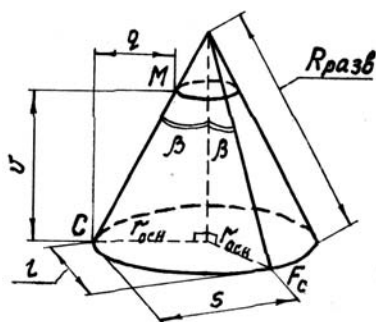


Рис. 2

Для типовой фигуры разверткой центральной части является четырехугольник  $O_c O_b B C$  с линией сгиба по линии середины спины  $O_c O_b$ . Для фигур с выпуклыми лопатками разверткой является пятиугольник  $O_c O_b B M C$ .

Для асимметричной фигуры (со сколиотической осанкой) свойственна несимметричность линий контакта, в ряде случаев их разворот, поэтому разверткой является  $n$ -угольник, у которого симметричность противоположных сторон может не соблюдаться.

Боковая часть одежды (ABED спереди и CBEF сзади) представляет собой неизометрически преобразованную боковую поверхность усеченного конуса, которая подвергается развертке за счет формовочных свойств материалов (уклонения  $\bar{\varphi}(u, v)$ ).

Направляющая  $\bar{p}(u)$  является частью окружности или эллипса; образующая

$\bar{\ell}(u)$  – неизометрически преобразованным отрезком прямой.

Количество развертываемых тел на боковой поверхности одежды зависит от кривизны линий контакта и от формовочных свойств материалов. Величина уклонения и зависимость ее от структуры материала требует дальнейшего исследования.

На поверхности боковой части спинки изделия из синтетической ткани полотняного переплетения выделяются не менее двух конических поверхностей, подвергающихся развертке. Граница между коническими поверхностями на спинке – линия, соединяющая верхние углы лопаточных костей.

Форма нижнего конуса зависит от формы лопаток и может быть определена глубиной верхнего угла лопаточной кости относительно выступающей точки лопаток –  $g$  ( $G_{ву}$ ) (рис. 2). При  $G_{ву} \leq 1$  см (плоские лопатки) нижний конус практически вырождается в цилиндр.

Количество и форма верхних конических поверхностей зависит от формы плечевого пояса и может характеризоваться размерным признаком – глубина точки основания грудных желез (верхнего угла лопаточной кости) относительно точки основания шеи.

Если выделяется две и более поверхности, то необходимы дополнительные координаты точек, характеризующих кри-

визну линии контакта –  $N_i (M_i)$ . Боковую часть спинки фигуры с сутулой осанкой можно представить тремя и более коническими поверхностями.

На полочке выделяется одна или две конические поверхности, в зависимости от жесткости материала. В случае использования недублированного материала границей поверхностей является линия, соединяющая точки основания грудных желез.

Разверткой конуса является часть окружности с радиусом, равным длине образующей, а усеченного конуса – часть кругового кольца. Для получения разверток таких поверхностей необходимо знать радиус развертки конуса (длину образующей неусеченного конуса  $R_{разв}$ ), длину образующей усеченного конуса, ширину используемой части конической поверхности.

Длину образующей можно определить как

$$R_{разв} = \frac{r_{осн}}{\sin\beta}, \quad (9)$$

где  $r_{осн}$  – радиус основания конуса;  $\beta$  – угол наклона образующей к вертикали (рис. 3):

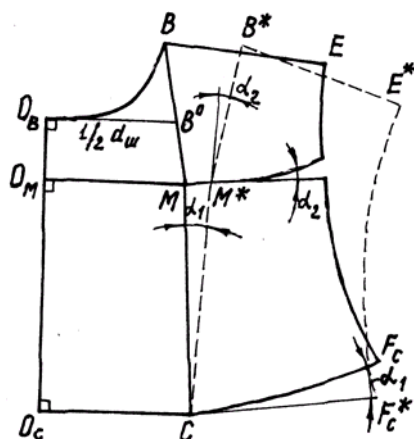


Рис. 3

В свою очередь

$$\sin\beta = \frac{g}{\sqrt{g^2 + v^2}}, \quad (10)$$

где  $g$  – глубина точки  $M$ , образующей относительно основания конуса ( $C$ ), определяется размерным признаком либо:

$$g = y_M - y_C, \quad (11)$$

(здесь и далее ось  $Ox$  – касательная к одноименным точкам линий контакта, ось  $Oz$  – располагается вертикально вверх);  $v$  – высота точки  $M$  на образующей конуса относительно основания ( $C$ ):

$$v = z_M - z_C, \quad (12)$$

а

$$r_{осн} = \frac{s^2 + l^2}{2l}, \quad (13)$$

где  $s$  – расстояние по касательной между точкой  $F_C$  на основании конуса и точкой  $C$ , к которой проведена касательная

$$s = y_{F_C} - y_C, \quad (14)$$

$l$  – расстояние от точки  $F_C$  на основании конуса до касательной, проведенной к точке  $C$  (рис. 1...3) [2]:

$$l = x_l - x_C. \quad (15)$$

В результате

$$R_{разв} = \frac{(s^2 + l^2)\sqrt{g^2 + v^2}}{2lg}. \quad (16)$$

Определение раствора выточки осуществляют путем построения точки вершины развертки конуса на продолжении отрезка развертки линии контакта через выступающую точку груди спереди или выступающую точку лопатки сзади, построения развертки конуса и определения угла раствора выточки между точкой на дуге развертки конуса и касательной к дуге, проведенной в выступающей точке лопаток или груди [3].

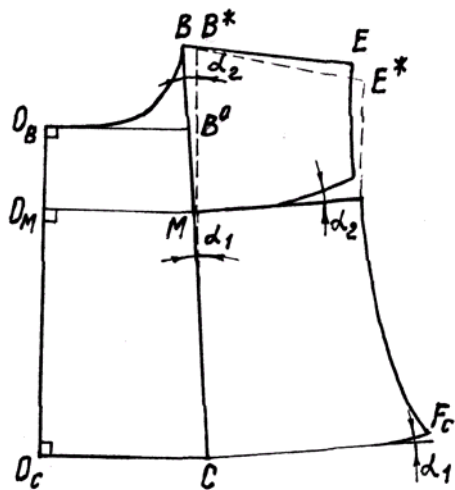


Рис. 4

На рис. 4 представлена развертка опорной поверхности спинки изделия для фигуры с нормальной осанкой.

При состыковке разверток боковых поверхностей конусов между нижней границей конуса и разверткой другого тела образуется вытачка раствором  $\alpha_i$ , которую впоследствии можно перенести на линию контакта (рис. 3, 4). Например, нижнюю часть вытачки  $F_C^*CF_C$  раствором  $\alpha_i$ , которая перенесена на линию контакта  $MCM^*$  (рис. 4).

У фигур с выпрямленной осанкой нижняя часть плечевой вытачки в развертке

отсутствует  $\alpha_1=0$ . Несколько вытачек  $\alpha_i$ , выходящих в пройму, можно объединить в одну, стороны такой вытачки будут ломаные –  $VMCM^*B^*$  (рис. 4).

## ВЫВОДЫ

Разработана методика построения развертки опорной поверхности фигуры и определения раствора вытачки на выпуклость лопатки и груди по трехмерным координатам основных антропометрических точек, учитывающая особенности телосложения фигуры.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Горелова А.Е., Корнилова Н.Л. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2006, №1. С.83...85.
2. Выгодский М.Я. Справочник по высшей математике. – М.: Наука, 1969.
2. Патент на изобретение №2003119636/12 (020937) А41 Н 3/00, 3/06. Способ построения конструкции плечевого изделия / Горелова А.Е., Корнилова Н.Л. – Оpubл. 2003.

Рекомендована кафедрой технологии швейных изделий. Поступила 24.11.05.

УДК 677.051

**АНАЛИЗ РАБОТЫ ШЛЯПОЧНОЙ ЧЕСАЛЬНОЙ МАШИНЫ  
С ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫМ УЗЛОМ ЧЕСАНИЯ**

В.В.БОНОКИН

(Ивановская государственная текстильная академия)

Узлы чесания машин шляпочного типа имеют ряд существенных недостатков технологического и конструктивного плана. Например, они не удаляют из волокнистого продукта очень мелкие сорные примеси (пыль), поэтому на пневмомеханических прядильных машинах возникает значительная обрывность по причине забивания пневмокамер пылью.

Для обеспыливания волокнистого слоя и удаления из него других примесей, а также для повышения интенсивности разработки групп (комплексов) волокон в главном барабане нами предлагается узел чесания, разработанный на базе патента [1].

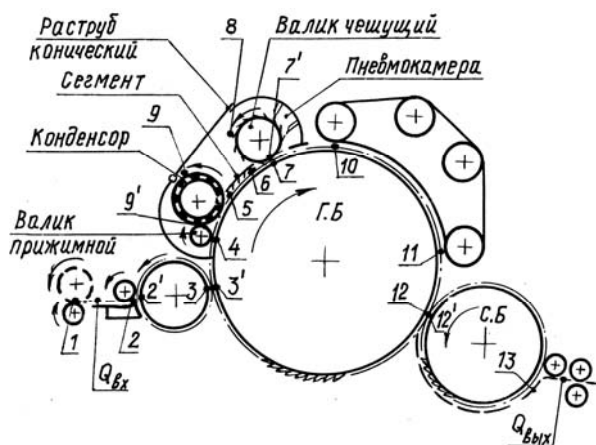


Рис. 1

Узел чесания (рис.1) установлен над главным барабаном машины ЧМ-50-04 перед шляпочным полотном и содержит: чесущий валик, пневмокамеру удаления угаров, сороотбойные ножи, конический раструб, зубчатый сегмент, перфорированный барабан, прижимной валик. При этом

рабочие органы установлены друг относительно друга на соответствующие разводки.

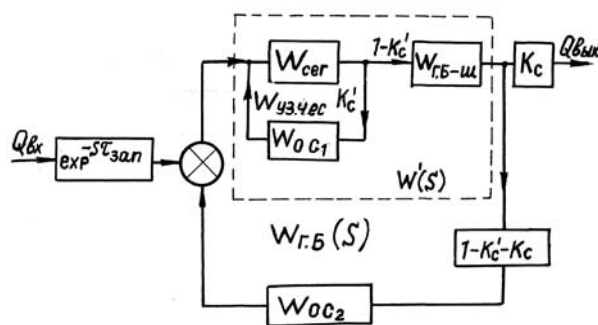


Рис. 2

Процесс волокнообмена в рассматриваемом главном барабане представляет две системы [2], [3], включенные последовательно (рис.2). Одна система характеризует волокнообмен в новом узле чесания, имеет положительную обратную связь. Передаточная функция для первой системы определяется по формуле:

$$W_{уз.чес}(S) = \frac{W_{сер}(S)}{1 - W_{OC1}(S)W_{сер}(S)}, \quad (1)$$

где  $W_{сер}(S) = W_{5-6}(S) = 1/1 - ST_{ш1}$  – передаточная функция зоны главный барабан – сегмент;  $S$  – оператор Лапласа;  $T_{ш1} = \frac{q_{ш1} h_{ш1}}{q_{Г.Б} v_{Г.Б}}$  – постоянная времени зоны чесания неподвижный пильчатый сегмент – главный барабан,  $q_{ш1}$  – средняя нагрузка гарнитуры неподвижного пильчатого сегмента,  $кг/м^2$ ;  $q_{Г.Б}$  – средняя нагрузка гарнитуры

главного барабана в зоне главный – барабан – неподвижный пильчатый сегмент, кг/м<sup>2</sup>;  $h_{ш1}$  – активная зона чесания неподвижного пильчатого сегмента, м;  $v_{Г.Б}$  – линейная скорость главного барабана, м/с;  $W_{OC_1}(S) = W_{7'-9'}(S) = \exp^{-S\tau_{7'-9'}} K'_C$  – передаточная функция цепи обратной связи нового узла чесания;  $\tau_{7'-9'}$  – время транспортировки волокон в цепи обратной связи узла чесания, с;  $K'_C = W_{7-7'}(S) = q_b / q_{Г.Б}$  – коэффициент съема волокон на участке 7–7';  $q_b$  – средняя загрузка чешущего валика, кг/м<sup>2</sup>.

Вторая система характеризует волоконнообмен в зоне барабан–шляпки и передаточная функция для второй системы определяется по формуле:

$$W_{10-11}(S) = W_{Г.Б-ш}(S) = (1 - K'_C) / (1 - ST_{ш2}), \quad (2)$$

где  $T_{ш2} = \frac{\pi d_{\delta} + kbN}{k_c v_c E_{\delta-c}}$  – постоянная времени барабан–шляпки [4], с;  $d_{\delta}$  – диаметр главного барабана, м;  $b$  – ширина игольчатого полотна одной шляпки, м;  $N$  – число шляпок в рабочей зоне;  $K = \frac{a_{ш}}{a_{\delta}}$  – захватывающая способность шляпок;  $a_{ш} = \frac{G_{ш}}{vN\ell}$  – загрузка шляпок, кг/м<sup>2</sup>;  $G_{ш}$  – вес волокна на поверхности шляпок, кг;  $a_{\delta} = \frac{G_{\delta}}{\pi d_{\delta} \ell}$  – загрузка главного барабана в зоне барабан–шляпки, кг/м<sup>2</sup>;  $\ell$  – ширина машины, м;  $G_{\delta}$  – вес волокна на поверхности главного барабана, кг;  $K_c = \frac{a'_{\delta}}{a_{\delta}}$  – коэффициент съема;  $E_{\delta-c}$  – вытяжка между главным и съемным барабанами;  $a'_{\delta}$  – загрузка, отделяемая с одного квадратного метра поверхности главного барабана на съемный, кг/м<sup>2</sup>.

Поскольку новый узел чесания и зона барабан–шляпки образуют последовательную цепь, то передаточная функция для

этих двух систем определяется по формуле:

$$W'(S) = W_{узн.чес}(S) W_{Г.Б-шл}(S), \quad (3)$$

где  $W_{узн.чес}(S)$  – передаточная функция нового узла чесания, определенная по формуле (1);  $W_{Г.Б-шл}(S)$  – передаточная функция зоны главный барабан–шляпки, определенная по формуле (2).

Передаточная функция для всего главного барабана с новым узлом чесания и с учетом обратной связи  $W_{OC_2}$  будет иметь вид:

$$W_{Г.Б}(S) = \frac{W'(S)}{1 - W_{OC_2} W'(S)}, \quad (4)$$

где  $W'(S)$  – передаточная функция нового узла чесания и зоны барабан–шляпки, определенная по формуле (3);  $W_{OC_2} = W_{12-3'}(S) = \exp^{-S\tau_{12-3'}} (1 - K_C)$  – передаточная функция цепи обратной связи главного барабана;  $\tau_{12-3'}$  – время транспортировки волокон в цепи обратной связи главного барабана, с.

Подставив в формулу (1) значения функций и упростив выражение, получим:

$$W_{узн.чес}(S) = \frac{1}{1 - ST_1}, \quad (5)$$

где  $T_1 = T_{ш1} + e^{-S\tau_{7'-9'}} K'_C$ .

Подставив в формулу (3) значения функций и упростив выражение, получим:

$$W'(S) = \frac{1}{1 - ST_1} \frac{1 - K'_C}{1 - ST_{ш2}} = \frac{1 - K'_C}{1 - ST_2}, \quad (6)$$

где  $T_2 = T_{ш2} + T_1 - T_1 T_{ш2}$ .

Подставляя в формулу (4) значения функций и упростив выражение, получим:

$$W_{Г.Б}(S) = \frac{1 - K'_C}{1 - ST_3}, \quad (7)$$

где  $T_3 = T_2 + e^{-S\tau_{12-3}} (1 - K'_C - K_C)$ .

Передаточная функция всей чесальной машины будет иметь вид:

$$W(S) = \frac{e^{-S\tau_{зап}}}{E_{общ}(1 + ST_3)}, \quad (8)$$

где  $E_{общ} = v_{п} / v_{н}$  – общая вытяжка в чесальной машине;  $v_{п}, v_{н}$  – линейные скорости прочеса, настила, м/с;  $\tau_{зап} = \sum \tau_i$  – суммарное время транспортировки волокон рабочими органами машины, с.

Амплитудная частотная характеристика [2] для данной передаточной функции имеет вид:

$$A(\omega) = \frac{A(\omega)_{вых}}{A(\omega)_{вх}} = \frac{1}{E_{общ} \sqrt{1 + \omega^2 T_3^2}}, \quad (9)$$

где  $A(\omega)_{вых}$  и  $A(\omega)_{вх}$  – амплитуды волн на выходе и входе;  $\omega = \frac{2\pi}{\lambda}$  – периодическая частота колебаний линейной плотности входящего продукта,  $c^{-1}$ ;  $\lambda$  – длина волны, м.

Коэффициент выравнивания машины равен:

$$\varepsilon_{выр} = \frac{C_{вх}}{C_{вых}} = \sqrt{1 + T_3}, \quad (10)$$

где  $C_{вх}$  – коэффициент вариации входящего продукта, %;  $C_{вых}$  – коэффициент вариации выходящего продукта, %.

В связи с тем, что  $T_3$  больше  $T_{ш2}$  (формулы 5...7), удерживающая и вырав-

$$D_{вых} = \int_{-\infty}^{\infty} S_{вых}(\omega) d\omega = \frac{D_{вх}}{E^2 \left(1 + \frac{\alpha}{k}\right)} = \frac{D_{вх}}{E^2 (1 + \alpha T_3^2)}, \quad (15)$$

где  $\frac{1}{k} = T_3$ ,  $k$  – коэффициент пропорциональности.

нивающая способности нового узла чесания выше удерживающей и выравнивающей способностей существующих конструкций главных барабанов.

Для линейных динамических систем зависимость между спектральными плотностями выхода (ленты) и входа (настила):

$$S_{вых}(\omega) = S_{вх}(\omega) |W(j\omega)|^2, \quad (11)$$

где  $W(j\omega)$  – амплитудно-частотная характеристика – фазовая.

Зная передаточную функцию (8), определим квадрат модуля частотной характеристики:

$$|W(j\omega)|^2 = \frac{1}{E^2 (1 + \omega^2 T_3^2)}. \quad (12)$$

Предположим, что настил имеет случайную неровноту и спектральная плотность

$$S_{вх}(\omega) = \frac{2\alpha D_{вх}}{\pi(\alpha^2 + \omega^2)}, \quad (13)$$

где  $\alpha$  – длительность возмущающего импульса,  $c^{-1}$ ;  $D_{вх}$  – дисперсия толщины входящего продукта.

Тогда пользуясь уравнением (11), определим спектральную плотность выходящей ленты:

$$S_{вых}(\omega) = \frac{2\alpha D_{вх}}{\pi E^2 (\alpha^2 + \omega^2) (1 + \omega^2 T_3^2)}. \quad (14)$$

Дисперсия ленты

Таким образом, с помощью известных методов исследования доказано, что выравнивающая способность нового узла че-



сания значительно выше применяемых в настоящее время конструкций данного узла. Узел чесания, предлагаемый нами, позволяет уменьшить количество мелких сорных примесей (пыли) в чесальной ленте а, следовательно, уменьшить и обрывность на пневмомеханических прядильных машинах, то есть – улучшить качество пряжи.

## ВЫВОДЫ

Представленные расчетные формулы показывают, что удерживающая и выравнивающая способности нового главного барабана выше удерживающей и выравни-

вающей способностей применяемых в настоящее время конструкций.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Патент РФ № 2166014. Узел чесания / Бонокин В.В., Смирнова И.В. – Оpubл. 2001. Бюл. №12.
2. Севостьянов А.Г. Оценка выравнивающей способности шляпочной чесальной машины. – Текстильная промышленность. – 1968, №3. С.28...34.
3. Бесекерский В.П., Попов Е.П. Теория систем автоматического регулирования. – М.: Наука, 1966. С.48...55.
4. Фейгенберг А.А. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – № 6, 1973. С. 44...47.

Рекомендована кафедрой проектирования текстильных машин. Поступила 16.12.05.

УДК 677.057.122

## ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВЛАЖНОСТИ НА ДИНАМИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ ОТ НЕРОВНОСТЕЙ ТКАНЕЙ

А.В. ПИСАРЕВ, Ю.Г. ФОМИН, Л. УДВАЛ

(Ивановская государственная текстильная академия, Монгольский государственный университет науки и технологии)

Технологические процессы обработки тканей в валковых машинах реализуются в условиях повышенной температуры (каландрирование, глажение) или влажности (плюсование, отжим, промывка).

Повышение температуры в зоне контакта валов снижает упругие свойства их покрытий, увеличивает длительность переходных процессов и демпфирующие свойства валковой системы [1], [2].

Эксперименты по определению влияния температуры на твердость покрытий валов из шерстяной бумаги (тип А, ОСТ 13-172-83), полиуретана (ГУП-5, ТУ 84-414-187-81) и резины (2-606-7, ТУ 38-1051082-86) проведены в лабораториях ИвНИТИ и ИГТА на валковых машинах МВЛ-5/50 и КЛ-2/20.

Температура обогреваемого вала диаметром 200 мм изменялась в пределах от 25 до 250°C для покрытия из шерстяной

бумаги и от 25 до 100°C – для полиуретана и резины. Контроль температуры осуществлялся датчиком ДТВ-038, твердость покрытия измерялась прибором 2056 ТИСП ТУ 25-06-79.

На каждом уровне температурного режима измерения твердости проводились в трех точках по длине рабочей части вала и определялось среднее значение.

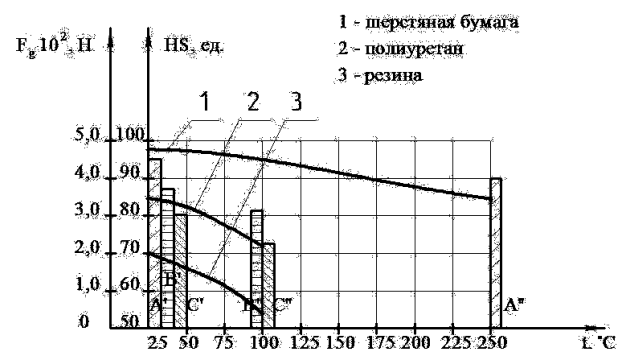


Рис. 1

По результатам опытов, представленных графиками (рис. 1), можно установить, что повышение температуры в зоне контакта до 250°C снижает твердость покрытия из шерстяной бумаги (HS = 96 ед. по Шору А) в среднем на 10%.

При изменении температуры от 25 до 100°C у покрытий из полиуретана (HS = 85 ед.) и резины (HS = 70 ед.) их твердость уменьшается на 15 и 25% соответственно.

Для оценки влияния температуры на величину динамических нагрузок образцы ткани "Северянка", арт. 23340 размером 200×500 мм с обметочным двухниточным швом пропускались через жало валов.

Математические модели огибающих швов могут быть представлены в виде эмпирических формул – показательной

функции (лицевая сторона) и степенной функции (изнаночная сторона) [3]:

$$y_1 = a_1 [1 - \exp(-b_1 x_1)], \quad (1)$$

$$y_2 = a_2 x_2^{b_2}, \quad (2)$$

где  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $y_1$  и  $y_2$  – координаты точек огибающих швов;  $a_1$ ,  $b_1$ ,  $a_2$  и  $b_2$  – коэффициенты, определяемые с помощью экспериментальных точек огибающих швов по способу натянутой нити.

Дополнительная сила, действующая на вал при пропуске швов, определяется формулой:

$$F_{ш} = m_i \ddot{y}_i, \quad (3)$$

где  $m_i$  – масса подвижного вала с корпусами подшипников;  $y_i$  – координата высоты огибающей шва.

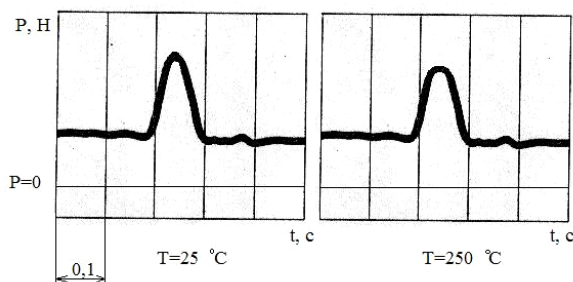


Рис. 2

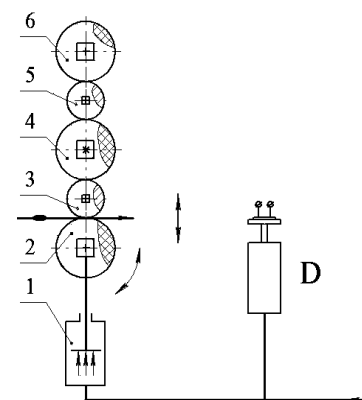


Рис. 3

Эксперименты проводились на машине МВЛ-5/50 (рис. 3) при скорости 60 м/мин и нагрузке 300 Н/см. В состав машины входят гидравлический механизм прижима 1; валы 3 и 5 (металлические обогреваемые) 2, 4 и 6 (с эластичным покрытием).

Изменение нагрузки фиксировалось с помощью гидродинамического датчика давления D, который устанавливался в систему гидроприжима валов. Датчик D перед проведением экспериментов тарировался.

Динамическая нагрузка от швов измерялась при температуре 25 и 100°C (для полиуретана и резины) и 250°C (для шерстяной бумаги) (рис. 1).

Анализ осциллограмм ударных процессов (рис. 2) при транспортировке швов ткани через зону контакта валов позволил установить, что повышение температуры до 250°C по сравнению с низкотемпературным режимом (25°C) способствует снижению динамических нагрузок на 10...12% для эластичных покрытий из шерстяной бумаги (диаграммы А' и А'', рис. 1).

Явление, обеспечивающее снижение динамических нагрузок на 20...30%, наблюдается у валковых пар с покрытием из полиуретана и резины при температурах 90...100°C (диаграммы В', С' и В'', С'', рис. 1).

Таким образом, повышение температуры покрытий валов способствует снижению их упругих свойств и динамических нагрузок от неровностей материала.

Влажность тканей при мокрой обработке в валковых модулях колеблется в широких пределах (от 5 до 100 %) [4], поэтому исследование влияния этого фактора на процесс соударения неровностей ткани с валами модулей представляется целесообразным.

Образцы тканей ("Тамир", арт. 221; "Шевиот", арт. 223; "Северянка", арт. 23340; "Сатин", арт. 520 и "Бязь", арт. 50) размером 100×300 мм увлажняли и взвешивали на торсионных весах с точностью до 0,001 г.

Эксперименты проводили на лабораторной плюсовке ПЛ-2/40 с вертикальным расположением валов. Валы имели эластичное покрытие из резины с твердостью 70 ед. по Шору А, а их прижим осуществлялся через червячную передачу, пакеты тарельчатых пружин и манометры, которые контролировали истинное давление в жале модуля.

Максимальная интенсивность распределенной нагрузки в жале валов равнялась 300 Н/см, рабочая скорость 30 м/мин. Валы получали вращение от электродвигателя

постоянного тока через червячный редуктор и систему передач.

Измерение динамических нагрузок от неровностей (швов) образцов тканей проводили в соответствии с методикой [5]. Сигналы от предварительно тарированных датчиков (тензорезисторов), установленных между буксами валов, поступали через усилитель на осциллограф.

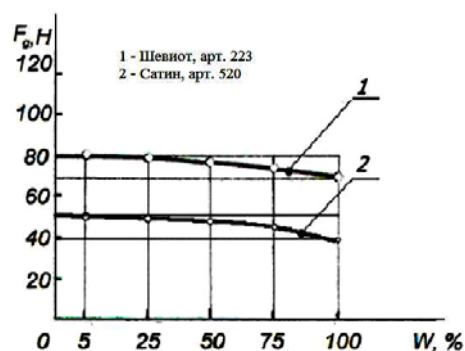


Рис. 4

Результаты измерений динамических нагрузок на валы для образцов тканей с влажностью 5...100% представлены в табл. 1 и с помощью графиков их зависимости от влажности материала (рис. 4).

Таблица 1

| № п/п | Вид ткани, артикул                                  | Влажность ткани, %              |    |    |    |     |
|-------|---|---------------------------------|----|----|----|-----|
|       |   | 5                               | 25 | 50 | 75 | 100 |
|       |   | Динамическая нагрузка $F_d$ , Н |    |    |    |     |
| 1     | "Тамир", арт. 221 (70 % шерсти, 30 % лавсана)       | 75                              | 72 | 70 | 67 | 66  |
| 2     | "Шевиот", арт. 223 (79 % шерсти, 21 % лавсана)      | 80                              | 77 | 74 | 72 | 70  |
| 3     | "Северянка", арт. 23340 (50 % шерсти, 50 % лавсана) | 66                              | 62 | 60 | 58 | 57  |
| 4     | Сатин, арт. 520                                     | 50                              | 47 | 44 | 42 | 41  |
| 5     | Бязь, арт. 50                                       | 40                              | 38 | 36 | 35 | 34  |

Анализ результатов показывает, что увеличение влажности образцов тканей шерстяных и сатиновой группы с 5 до 100% способствует снижению нагрузок на валы модулей на 10...15%.

## ВЫВОДЫ

1. Повышение температуры в зоне контакта валов с 25 до 250°C снижает упругие

свойства их покрытий из шерстяной бумаги, полиуретана и резины на 10...25% и пиковую нагрузку при проходе неровностей на 10...30%.

2. Изменение влажности материала в диапазоне от 5 до 100% снижает динамическую нагрузку в валковых модулях на 10...15%. В каландрах, при начальной влажности ткани 5...8%, существенного изменения величины динамических нагрузок

зок по сравнению с абсолютно сухой тканью не наблюдается.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Калинин Е.Н. Разработка методов компьютерного анализа и синтеза роторных систем текстильного отделочного оборудования: Дис....докт. техн. наук. – Иваново, 2002.
2. Потураев В.Н., Дырда В.И. Резиновые детали машин. – М.: Машиностроение, 1977.
3. Фомин Ю.Г. Разработка теоретических основ и средств повышения эффективности обработки

тканей валковыми модулями отделочных машин: Дис....докт. техн. наук. – Иваново, 2001.

4. Бельцов В.М. Оборудование для отделки хлопчатобумажных тканей. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982.

5. Батуев Г.С., Голубков Ю.В., Ефремов А.К., Федосов А.А. Инженерные методы исследования ударных процессов. – М.: Машиностроение, 1969.

Рекомендована кафедрой проектирования текстильного отделочного оборудования. Поступила 27.01.06

УДК 677.051.152.6

## ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ ЗАКАЛКИ ДЖИННЫХ И ЛИНТЕРНЫХ КОЛОСНИКОВ

*Р.Г. МАХКАМОВ, М. АГЗАМОВ*

(Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности,  
ОАО «РАХТАТОЗАЛАШ»)

Новые условия хозяйствования требуют постоянного поиска резерва роста производительности производства, снижения эксплуатационных затрат и себестоимости производимого товара, а также выпуска конкурентоспособной продукции. В связи с этим становится актуальным совершенствование техники и технологии переработки хлопка-сырца, которые будут обеспечивать высокое качество волокна, сохранение его природных свойств и снижение потерь прядомого волокна с отходами.

Ранее проведенными исследованиями установлено, что одной из основных причин снижения природных свойств волокна является неблагоприятное состояние технологических поверхностей рабочих органов машин, взаимодействующих с перерабатываемым хлопком [1]. Оно приводит к разрушению и уменьшению длины волокон, к механическим повреждениям и снижению их прочности, к росту содержания пороков и пуха в волокнистой массе.

Это в свою очередь ведет к снижению прядильных свойств волокна, которое вы-

ражается в увеличении обрывности в прядильном производстве, в снижении прочности пряжи и качества вырабатываемой ткани, что вызывает значительные потери в текстильной промышленности.

К числу наиболее расходующихся запасных частей в технологическом процессе первичной обработки хлопка относятся джинные и линтерные колосники. Ежегодная потребность промышленности составляет более 100 тысяч джинных и 200 тысяч линтерных колосников.

Колосники подвергаются быстрому износу за счет трения о них пил и волокнистого материала. Рабочая зона используемых в настоящее время чугуновых колосников подвергается отбелке с целью повышения износостойкости. Но при этом из-за недостатков процесса отбеливания упрочняется в основном "постелька" колосников и только частично – быстроизнашиваемая, боковая поверхность, и это снижает срок их службы.

Опыт применения стальных колосников, изготавливаемых из стали 45 на основе применения методов прокатки с после-

дующей механической обработкой на металлорежущих станках, дал хорошие результаты. Но они имели один существенный недостаток – быстрый износ в процессе эксплуатации из-за отсутствия термической обработки.

Как показали исследования, наиболее оптимальным из путей повышения долговечности стальных колосников является поверхностная закалка рабочей зоны.

Сейчас в машиностроении для получения изделий с твердым износостойчивым поверхностным слоем и сравнительно мягкой и вязкой сердцевиной применяется высокочастотная термическая обработка.

Благодаря значительному понижению склонности к хрупким разрушениям, достигаемому при переходе от сквозной к поверхностной закалке, повышаются пределы допуска твердости и сопротивления износу.

Вторым преимуществом закалки с поверхностным нагревом является существенное уменьшение деформаций во время нагрева и охлаждения, достигаемое за счет жесткости холодной сердцевины.

Третье преимущество – практически полное устранение обезуглероживания, что при уменьшении деформации позволяет в некоторых случаях производить закалку окончательно готовых деталей без шлифования.

При поверхностной закалке, применяемой для изготовления колосников из стали марки 45, возможно получение твердости HRC 58-62. Однако колебания в составе стали, режимах закалки, а также необходимость самоотпуска или отпуска для борьбы с трещинами, приводят к тому, что нижняя допустимая граница твердости в практике может быть занижена примерно до одного уровня с твердостью отбеленного чугуна.

Важное значение для качественной закалки рабочей поверхности колосника имеет правильный выбор основных параметров – конструкции и размеров индуктора, скорости нагрева, частоты тока, времени нагрева, системы охлаждения и т.д.

При поверхностном индукционном нагреве выдержка в большинстве случаев не-

допустима или нежелательна, так как вследствие теплопроводности теряется эффект поверхностного нагрева. Ограниченное время нагрева может оказаться недостаточным для завершения фазовых, структурных превращений при нагреве до температур, рекомендуемых для данной стали.

Полнота или степень превращений определяется, кроме конечной температуры нагрева, временем пребывания стали в области температур фазовых превращений – суммарным временем аустенизации.

При поверхностной закалке сначала выбирается глубина закалки и она, обычно, рекомендуется примерно 10 % от размера детали.

Метод высокочастотной поверхностной закалки позволяет получать твердый поверхностный слой различной глубины в очень короткие сроки. В связи с этим выбор глубины закаленного слоя определяется в первую очередь не техническими возможностями, а условиями эксплуатации.

Исходя из условий эксплуатации колосников была выбрана глубина 2 мм, так как после износа такого слоя и увеличения расстояния между колосниками может иметь место проход семян между колосниками – такие колосники уже непригодны к дальнейшей эксплуатации.

При поверхностной закалке рабочей зоны колосника (до глубины 2 мм) при ширине 17 мм может произойти разогрев сердцевины при малых скоростях нагрева. Применение охлаждающей жидкости резко ускорит процесс охлаждения.

Охлаждение колосника погружением в жидкость (в воду) нецелесообразно, так как пока температура поверхности значительно (на сотни градусов) превышает температуру кипения жидкости, на охлаждаемой поверхности создается и удерживается пленка пара (период пленочного кипения). Эта пленка уменьшает интенсивность процесса охлаждения.

Наиболее удобным способом охлаждения при закалке колосников является охлаждение водяным душем.

При одновременной закалке душ позволяет производить охлаждение на месте

без переноса колосника в закалочный бак, вследствие чего охлаждение можно начинать через доли секунды после окончания нагрева.

Еще одним важным параметром является температура закалки.

Особенности, вносимые быстрым индукционным нагревом в кинетику фазовых превращений, определяют уровень температур, необходимых для завершения процесса аустенизации.

Для колосника, изготавливаемого из стали марки 45, выбрана температура закалки у поверхности 960°C и на границе нагретого слоя 850°C.

Исходя из сложной формы колосника (криволинейная рабочая зона) был выбран способ нагрева – последовательный. При этом способе изготавливается ленточный индуктор, снабженный водяным душем, и рабочая зона нагревается с перемещением колосника.

При высокочастотной поверхностной закалке большую роль играет режим закалки. Для обеспечения режима закалки прежде всего должна быть выбрана частота

тока. Она выбрана в соответствии с размерами колосника и выбранной глубиной закаливаемого слоя и равняется 8000 герц.

На основании выбранных параметров сконструирован индуктор с водяным душем, разработана конструкторская документация и изготовлен опытный образец, который был смонтирован на генераторе ТВЧ.

С целью определения качества закалки рабочей поверхности колосников проведены исследования по определению твердости и износостойкости. Твердость измерялась на двух участках – на закаленном и на незакаленном – для сравнительной оценки.

Как показали результаты испытаний, закалкой поверхности рабочей зоны достигается твердость поверхности до HRC 55, что позволяет повысить срок эксплуатации колосников в два с лишним раза.

Сравнительный износ стального после закалки и чугунного (серийного) колосников исследован на специальной стендовой установке [2]. Результаты исследований приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

| № п/п | Время, мин | Закаленный стальной колосник |                                   | Серийный чугунный колосник |                                   |
|-------|------------|------------------------------|-----------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|
|       |            | износ, мкм                   | площадь контакта, мм <sup>2</sup> | износ, мкм                 | площадь контакта, мм <sup>2</sup> |
| 1     | 4          | 55                           | 29                                | 104                        | 35                                |
| 2     | 6          | 80                           | 33                                | 100                        | 40                                |
| 3     | 12         | 115                          | 66                                | 130                        | 72                                |
| 4     | 30         | 210                          | 84                                | 250                        | 93                                |
| 5     | 60         | 270                          | 132                               | 310                        | 140                               |
| 6     | 90         | 350                          | 165                               | 380                        | 174                               |
| 7     | 120        | 380                          | 190                               | 450                        | 194                               |

Как видно из данных, приведенных в табл. 1, стальные закаленные колосники имели меньший износ за одинаковый промежуток времени за счет закалки боковой поверхности.

На следующем этапе данной работы проведены промышленные испытания закаленных колосников. На двух джинах Бектемирского опытного хлопкозавода в колосниковую решетку, набранную из чугунных колосников, было установлено по пять закаленных и незакаленных стальных колосника.

В результате наблюдений в течение трех месяцев выявлено, что срок эксплуатации у закаленных колосников в два с лишним раза выше, чем у незакаленных. Такие показатели позволяют использовать один комплект колосников в течение одного сезона во время капитального ремонта, в отличие от использования двух комплектов, имеющих в настоящее время. На основании проведенных исследований рекомендовано использовать в промышленности закаленные колосники.

## ВЫВОДЫ

1. Осуществлен выбор основных параметров поверхностной закалки рабочей зоны джинных и линтерных колосников.

2. Сравнительные испытания колосников с закаленной рабочей зоной с использованием выбранных параметров закалки показали, что срок их эксплуатации увеличивается в два с лишним раза.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Махкамов Р.Г.* Исследование поверхностей рабочих органов хлопкоочистительных машин и оптимизация их параметров с целью повышения качества волокна: Дис...докт. техн. наук. – М., 1974.

2. *Исмаилов А.А., Махкамов Р.Г., Ибрагимов А.С., Агзамов М.* Исследование износа различных типов джинных колосников. – Ташкент // Проблемы текстиля. 2005, № 3.

Рекомендована кафедрой технологических машин и оборудования текстильной промышленности. Поступила 03.02.06.

---

УДК 621.313.323

## МЕТОДИКА СИНТЕЗА РОБАСТНОЙ СИНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СИНХРОННЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАШИН

*В.Ф. ГЛАЗУНОВ, А.А. РЕПИН**(Ивановский государственный энергетический университет)*

В текстильной промышленности синхронные электроприводы (ЭП) широко используются в прядильном производстве. В частности, такие ЭП вращают прядильные диски, дозирующие насосы и фрикционные цилиндры прядильных машин [1].

На сегодняшний день в развитии синхронного ЭП малой и средней мощности (до нескольких десятков киловатт) прослеживается тенденция к применению синхронных двигателей с возбуждением от постоянных магнитов (СДПМ) [2]. Такие двигатели, являясь бесконтактными, имеют большой воздушный зазор, что значительно повышает их надежность, высокие энергетические и массогабаритные показатели, высокую стабильность частоты вращения.

Указанные достоинства открывают возможность построения на основе СДПМ высокоточных прецизионных ЭП с широким диапазоном регулирования скорости и момента.

Точность поддержания постоянства толщины волокна, вырабатываемого прядильной машиной, напрямую зависит от стабильности скорости вращения синхронного ЭП. Данное обстоятельство обуславливает высокие требования к системе управления, в первую очередь, в отношении инвариантности к изменениям параметров нагрузки на валу, а также к изменениям параметров самого двигателя, неизбежным в процессе эксплуатации.

В связи с вышесказанным задача обеспечения робастности системы ЭП, то есть малой чувствительности к разбросам параметров и различным погрешностям [3], приобретает особую актуальность.

Одним из концептуально новых и наиболее перспективных подходов, позволяющих синтезировать системы, обладающие свойством робастности, является синергетический подход. Этот подход, по мнению академика РАН А.А. Красовского, должен занять одно из центральных мест в современной прикладной теории управления [3].

Наиболее ценными сторонами синергетического подхода в управлении являются:

- минимальное вмешательство в естественное движение управляемых объектов, определяемое физическими законами управления;
- нелинейная и неоднозначная динамика, поиск наилучших вариантов;
- самоорганизация;
- использование аттракторов и других естественных многообразий, инвариантов, соответствующих законам сохранения, бифуркаций.

Значимая особенность синергетических систем управления заключается в отсутствии необходимости строго поддерживать внутренние параметры. Важным является лишь то, чтобы система попадала на заданное инвариантное многообразие – аттрактор, на котором обязательно поддерживается желаемое соотношение между



координатами объекта [3]. Другими словами, несмотря на разного рода внутренние шумы и параметрические возмущения, синергетическая система решает поставленную перед ней задачу – неизбежно устремляется к желаемому аттрактору и достигает его через некоторое время.

Согласно принципам синергетики именно в этом проявляется свойство самоорганизации, а указанный аттрактор связан с "параметрами порядка", которым подчиняются все другие переменные системы. Сама же система всегда асимптотически и экспоненциально устойчива в целом относительно этого аттрактора.

Из теории устойчивости известно, что такое свойство устойчивости является грубым свойством динамических систем. Отсюда следует, что синергетические системы обладают робастной устойчивостью к параметрическим возмущениям.

Замечательное свойство робастности синергетических систем управления стало одним из определяющих факторов, обусловивших актуальность применения синергетического подхода при разработке перспективных синхронных ЭП текстильных машин. Ранее в [4] нами была предложена методика синтеза синергетического векторного регулятора (СВР) координат ЭП на базе СДПМ, обеспечивающего высокую стабильность частоты вращения вала при максимальном моменте (продольная составляющая тока статора  $i_d$  поддерживается равной нулю).

Математическое моделирование замкнутой системы ЭП с СВР подтвердило удовлетворительную ее робастность. Изменение параметров двигателя или нагрузки на валу вызывало лишь изменение времени отработки системой сигнала задания по скорости. Технологический инвариант стабилизации скорости выполнялся в любом случае.

Однако был выявлен следующий недостаток – вариация сопротивления фазы статорной цепи в относительно небольших пределах значительно (на порядок (!)) за-

тягивало переходный процесс по скорости. Также при выводе векторных законов управления ЭП с СДПМ [4] информация о моменте нагрузки на валу двигателя полагалась заранее известной. Очевидно, что в реальных условиях сколь-нибудь точное прямое измерение момента практически невозможно.

Указанные выше недостатки обуславливают необходимость постановки задачи о косвенной оценке величин сопротивления фазы статора  $R$  и момента нагрузки  $M_c$ . Это позволит улучшить робастность системы и, что очень важно, сохранить ее высокое быстродействие.

Метод аналитического конструирования агрегированных регуляторов (АКАР), являющийся основой теории синергетического управления, позволяет осуществлять идентификацию координат и параметров объекта управления при помощи асимптотических наблюдателей состояния и воздействий. Совместное решение задач управления и идентификации в соответствии с процедурой метода АКАР получило название нелинейной адаптации на многообразиях [3].

Прежде чем приступить к построению наблюдателя, необходимо привести здесь дифференциальные уравнения замкнутой системы СДПМ – СВР. В векторно-матричной форме эти уравнения будут иметь вид [4]:

$$\begin{cases} \dot{x} = A(x)x + Bu - G\vartheta; \\ u = -(B^1)^{-1} \left[ A^1(x)x + \frac{d\varphi^1}{dt} + P^{-1}\Lambda^1\Psi^1 \right], \end{cases} \quad (1) \quad (2)$$

где  $x \in \mathfrak{R}^4$  – вектор фазовых координат:  $x_1 = \gamma_{эл}$ ,  $x_2 = \omega_{эл}$ ,  $x_3 = i_d$ ,  $x_4 = i_q$ ;  $u \in \mathfrak{R}^2$  – вектор управляющих воздействий:  $u_1 = U_d$ ,  $u_2 = U_q$ ;  $\vartheta = M_c$  – возмущающее воздействие;

$$A(x) = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{3p_p^2(L_d - L_q)}{2J}x_4 & \frac{3p_p^2\Psi_{pm}}{2J} \\ 0 & 0 & -\frac{R}{L_d} & \frac{L_q}{L_d}x_2 \\ 0 & -\frac{\Psi_{pm}}{L_q} & -\frac{L_d}{L_q}x_2 & -\frac{R}{L_q} \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & \frac{1}{L_q} \end{bmatrix}, \quad G = \begin{bmatrix} 0 \\ p_p \\ J \\ 0 \end{bmatrix};$$

$\gamma_{эл}$  – электрический угол поворота ротора;  
 $\omega_{эл}$  – электрическая скорость вращения ротора;  
 $i_d, i_q$  – компоненты вектора тока статора по осям d и q;  
 $u_d, u_q$  – компоненты вектора напряжения статора по осям d и q;  
 $M_c$  – момент сопротивления на валу двигателя;  
 $R$  – активное сопротивление фазы обмотки статора;  
 $L_d, L_q$  – индуктивности обмотки статора по осям d и q;  
 $\Psi_{pm}$  – эквивалентное потокосцепление постоянных магнитов;  
 $p_p$  – число пар полюсов;  
 $J$  – суммарный момент инерции, приведенный к валу двигателя;  
 $\varphi^1 = \begin{bmatrix} 0 & \varphi_2^1 \end{bmatrix}^T$  –

вектор внутренних управлений;  
 $\Psi^1 = P(x^1 + \varphi^1)$  – вектор агрегированных макропеременных;  
 $x^1 = [x_3 \ x_4]^T$ ;  
 $\Lambda^1 = \text{diag}(\lambda_1^1, \lambda_2^1)$ ;  $\varphi_2^1 = \frac{2\lambda_2^1 J}{3p_p^2 \Psi_{pm}}(x_2 - x_{20}) - \frac{2}{3p_p \Psi_{pm}} \vartheta$ ;  
 $\lambda_1^1, \lambda_2^1$  и  $\lambda_2^1$  – коэффициенты, обеспечивающие асимптотическую устойчивость и требуемую скорость переходных процессов замкнутой системы;  
 $x_{20} = \omega_{эл}$  – заданная частота вращения вала;

$$A^1(x) = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -\frac{R}{L_d} & \frac{L_q}{L_d}x_2 \\ 0 & -\frac{\Psi_{pm}}{L_q} & -\frac{L_d}{L_q}x_2 & -\frac{R}{L_q} \end{bmatrix}, \quad B^1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ L_d & \frac{1}{L_q} \end{bmatrix},$$

$$P = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} \\ p_{21} & p_{22} \end{bmatrix} \text{ – числовая матрица.}$$

В первую очередь для построения наблюдателя необходимо расширить исходное математическое описание объекта управления, дополнив его уравнениями, описывающими реальные параметры как частные решения некоторых дифференциальных уравнений [5].

Для нашего случая правомерно принять на интервале наблюдения момент нагрузки  $M_c$  и сопротивление фазы статора  $R$  постоянными. Тогда с учетом (1) расширенную систему уравнений СДПМ можно представить в следующем виде [5]:

$$\begin{cases} \dot{y} = g(y, v, u), \\ \dot{v} = h(y, v, u), \end{cases} \quad (3)$$

где  $y$  – вектор измеряемых координат объекта;  
 $v$  – вектор неизменяемых координат объекта;  
 $u$  – вектор управления;  
 $g, h$  – непрерывные нелинейные функции.

Задача синтеза наблюдателя заключается в построении асимптотической оценки вектора  $v$  по измеряемым значениям вектора  $y$  и известному как функции времени вектору  $u$  [5].

Очевидно, что в рассматриваемом здесь случае

$$\begin{cases} y = x, \\ v = [M_c \quad R]^T, \\ g(y, v, u) = A(y)y + Bu - G\vartheta, \\ h(y, v, u) = 0. \end{cases} \quad (4)$$

Предположим, что для заданных функций  $g(y, v, u)$  и  $h(y, v, u)$  найдутся такие векторы  $\varphi(y, v)$ ,  $\gamma(y, u)$  и матрицы  $\Gamma(y)$ ,  $L(y)$ , что оказывается выполненным равенство [5]

$$\begin{aligned} \frac{\partial \varphi}{\partial y} g(y, v, u) + \frac{\partial \varphi}{\partial v} h(y, v, u) - L(y)\varphi(y, v) = \\ = \Gamma(y)g(y, v, u) + \gamma(y, u). \end{aligned} \quad (5)$$

Тогда задача синтеза наблюдателя сводится к нахождению функций  $\varphi(y, v)$ ,  $\Gamma(y)$ ,  $L(y)$  и  $\gamma(y, u)$ , удовлетворяющих соотношению (5), подстановка которых в приведенные ниже уравнения наблюдателя обеспечит требуемую идентификацию вектора  $v$ .

Уравнения наблюдателя приведем здесь без вывода [5]:

$$\begin{cases} \dot{z} = L(y)z - L(y) \int_0^y \Gamma(y) dy - \gamma(y, u), \\ \varphi(y, \hat{v}) = \int_0^y \Gamma(y) dy - z, \end{cases} \quad (6)$$

где  $\hat{v}$  – асимптотическая оценка вектора неизмеряемых координат  $v$  объекта;  $z$  – вектор промежуточных переменных.

Если принять  $\varphi(y, v) = \varphi(v) = v$ , то с учетом (4) уравнение (5) в нашем случае примет вид:

$$-L(y)v = \Gamma(y)[A(y)y + Bu - G\vartheta] + \gamma(y, u). \quad (7)$$

Определить  $L(y)$ ,  $\Gamma(y)$  и  $\gamma(y, u)$  можно различными способами. Наиболее простые выражения для наблюдателя получаются, если выбрать вышеуказанные функции в виде:

$$\begin{aligned} L(y) = L = \begin{bmatrix} L_1 & 0 \\ 0 & L_2 \end{bmatrix}; \quad \Gamma(y) = \begin{bmatrix} 0 & \Gamma_{12} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \Gamma_{23} & 0 \end{bmatrix}; \\ \gamma(y, u) = \begin{bmatrix} -\Gamma_{12} \left[ \frac{3p_{\Pi}^2(L_d - L_q)}{2J} y_3 y_4 + \frac{3p_{\Pi}^2 \Psi_{\text{пм}}}{2J} y_4 \right] \\ -\Gamma_{23} \left[ \frac{1}{L_d} u_1 + \frac{L_q}{L_d} y_2 y_4 \right] \end{bmatrix}. \end{aligned}$$

При подстановке этих выражений в (7) находим

$$\begin{aligned} \Gamma(y) = L\Gamma^1(y); \quad \Gamma^1(y) = \begin{bmatrix} 0 & \frac{J}{p_{\Pi}} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{L_d}{y_3} & 0 \end{bmatrix}; \\ \gamma(y, u) = -L\gamma^1(y, u); \quad \gamma^1(y, u) = \begin{bmatrix} \frac{3}{2} p_{\Pi} [(L_d - L_q) y_3 y_4 + \Psi_{\text{пм}} y_4] \\ \frac{1}{y_3} [u_1 + L_q y_2 y_4] \end{bmatrix}. \end{aligned}$$

Согласно (6) с учетом полученных функций  $\Gamma(y)$  и  $\gamma(y, u)$  и матрицы  $L$  иско-

мые уравнения наблюдателя будут выглядеть следующим образом:

$$\begin{cases} \dot{z} = L[z - L\Gamma^2(y) + \gamma^1(y, u)], \\ \hat{v} = L\Gamma^2(y) - z, \end{cases} \quad (8)$$

где  $y = x$ ;  $z = \begin{bmatrix} z_1 \\ z_2 \end{bmatrix}$ ,  $\hat{v} = \begin{bmatrix} \hat{M}_c \\ \hat{R} \end{bmatrix}$ ;

$$\Gamma^2(y) = \int_0^y \Gamma^1(y) dy = \begin{bmatrix} \frac{J}{p_{\Pi}} y_2 \\ L_d \ln y_3 \end{bmatrix}.$$

Очевидно, что совокупность систем уравнений (1), (2) и (8) представляет собой полную нелинейную математическую модель замкнутой синергетической системы управления ЭП на базе СДПМ.

Результаты расчета динамических характеристик разработанной модели при вариации параметров двигателя и набросе нагрузки на валу, полученные в среде Simulink MATLAB 6.5, представлены на рис. 1.

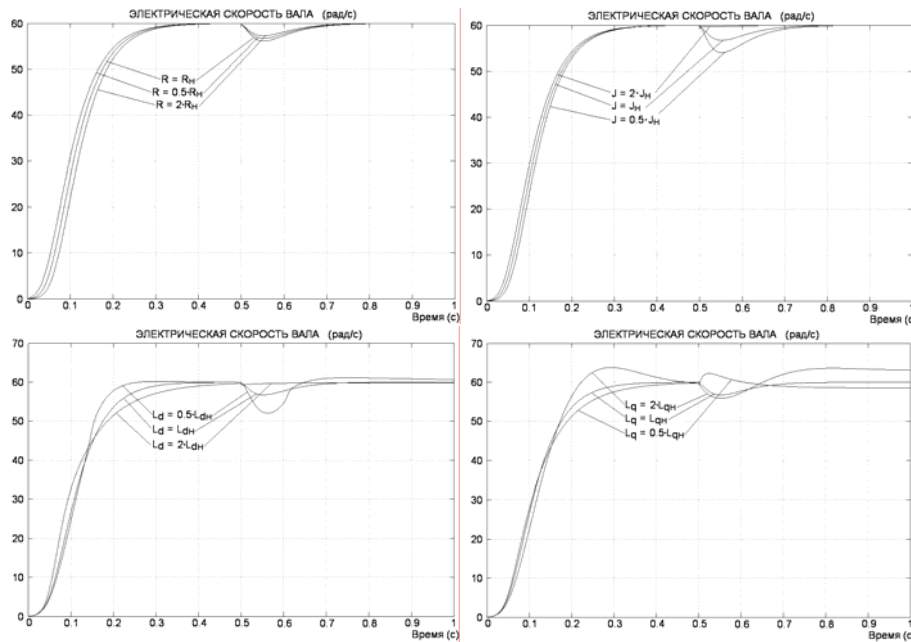


Рис. 1

Расчет проводился при следующих параметрах замкнутой системы ЭП:  $R = 39,81(\text{Ом})$ ;  $L_d = 7,757(\text{мГн})$ ;  $L_q = 6,5(\text{мГн})$ ;  $\Psi_{\text{пм}} = 0,061(\text{Вб})$ ;  $p_{\Pi} = 4$ ;  $J = 1,247 \cdot 10^{-4}(\text{кг} \cdot \text{м}^2)$ ;  $M_c = 0,01(\text{Н} \cdot \text{м})$ ;  $\lambda_1^1 = 30$ ;  $\lambda_2^1 = 40$ ;  $\lambda_1^2 = 20$ ;  $p_{11} = 1$ ;  $p_{12} = 3$ ;  $p_{21} = 3$ ;  $p_{22} = 1$ ;  $L_1 = -1000$ ;  $L_2 = -100$ .

Из результатов моделирования можно заключить, что синтезированная система управления обеспечивает высокую стабильность скорости вращения при малой чувствительности к изменениям параметров двигателя и нагрузки на валу.

## ВЫВОДЫ

1. Принцип синергетического управления, совмещенный с асимптотической идентификацией (принцип нелинейной адаптации на многообразиях), позволяет обеспечить робастность синхронного электропривода к изменениям его параметров при сохранении высокой стабильности скорости вращения и максимального быстродействия системы управления.

2. Применение синергетического подхода при синтезе систем управления может существенно улучшить характеристики синхронного электропривода, что обеспечит высокую точность отработки текстильной машиной поставленных технологических задач.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Автоматизированный электропривод в текстильной и легкой промышленности // Труды 1-й Всесоюз. конф. – М.: Энергия, 1972.

2. Осин И.Л., Шакарян Ю.Г. Электрические машины: Синхронные машины / Под ред. И.П. Копылова. – М.: Высш. школа, 1990.

3. Синергетика и проблемы теории управления // Сб. научн. тр.: Под ред. А.А. Колесникова. – М.: Физматлит, 2004.

4. Глазунов В.Ф., Пикунов В.В., Репин А.А. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2005, № 4.

5. Колесников А.А. Основы теории синергетического управления. – М.: Фирма "Испо-Сервис", 2000.

Рекомендована кафедрой электропривода и автоматизации промышленных установок. Поступила 26.12.05.

УДК 677.8.65.011.56

## УСТРОЙСТВО УПРАВЛЕНИЯ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ МНОГОСЕКЦИОННЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАШИН

А.К. РАСТОРГУЕВ, И. М. БОЙЦОВ

(Ивановская государственная текстильная академия)

Решение технологических задач современного текстильного производства во многих случаях требует объединения одиночных машин в агрегаты. Например, стригальные агрегаты состоят из двух-шести секций. Задача управления рабочими органами при этом существенно усложняется.

Известны два направления автоматизации процесса обнаружения и пропуска шва ткани через рабочие органы секций агрегата [1]. К первому относится установка на каждой секции комплекта управления, состоящего из датчика, блока обработки сигнала и исполнительного механизма. Такие локальные системы управляют только секцией, на которой они установлены, и не связаны между собой.

Второе направление автоматизации процессов пропуска шва ткани заключается в применении единой системы управления для всех секций агрегата. В этом случае устанавливают только один датчик на входе агрегата, что упрощает конструкцию и эксплуатацию агрегата.

Основным узлом такой системы является программируемый блок управления положением рабочих органов секций машины, функциями которого являются запоминание сигнала датчика, обработка заданных временных интервалов, определяющих порядок подачи команд на испол-

нительные механизмы рабочих органов машины, и формирование сигналов управления. Схема устройства узла управления приведена на рис. 1 [2].

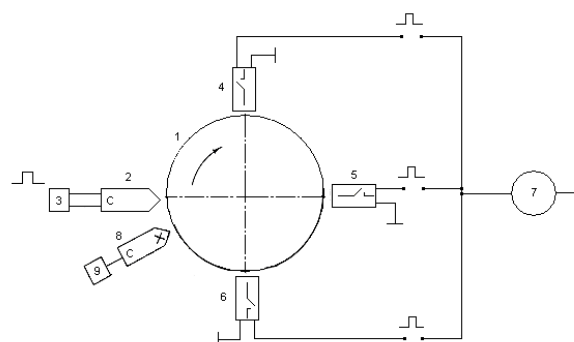


Рис. 1

Импульсы, записанные на магнитном носителе 1 магнитной головкой 2, подключенной к источнику сигнала 3, в виде магнитных отпечатков перемещаются в направлении движения магнитного диска. При взаимодействии магнитного поля отпечатка с электромагнитными герметическими контактами 4, 5, 6 происходит их переключение. При этом герконы подключают источник питания 7 к выходу устройства. Магнитные отпечатки стираются магнитной головкой 8, подключенной к генератору стирания 9, или магнитным полем постоянного магнита [2].

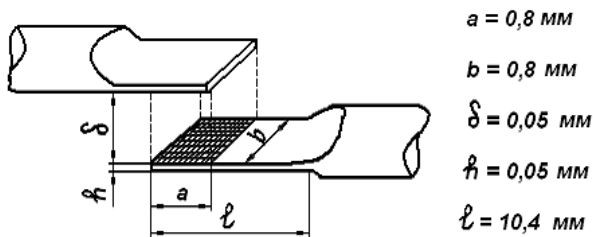


Рис. 2

При проектировании рассматриваемого узла управления необходимо определить интенсивность магнитного поля, создаваемого головкой записи сигнала на магнитный носитель, обеспечивающего уровень магнитного поля отпечатка, достаточного для срабатывания приемника сигнала записи (геркона). В связи с этим разработку системы необходимо начинать с установления взаимосвязи основных характеристик приемника сигнала. В качестве приемника сигнала выберем геркон типа КЭМ-2А 20 (рис. 2 – размеры контактов данного геркона).

Для замыкания такого контакта необходимо, чтобы управляющее магнитное поле было направлено вдоль электродов, то есть оно должно быть продольным.

Для облегчения решения поставленной задачи примем следующие допущения и предположения [3]:

- сила магнитного взаимодействия не зависит от длины электродов. Это допущение оправдано тем, что длина электродов намного превосходит длину их перекрытия;

- считаем поверхность электродов эквипотенциальной, так как магнитная проницаемость материала электродов в  $10^3 \dots 10^5$  раз выше, чем магнитная проницаемость воздуха;

- в глубине перекрытия магнитное поле равномерно и силовые линии проходят параллельно друг другу;

- рассматриваем статическое магнитное поле, напряженность которого не изменяется во времени.

На проведение магнитного потока через зазор, имеющий магнитное сопротивление, требуется магнитодвижущая сила:

$$F_m = Re\Phi_e, \quad (1)$$

где  $\Phi_e$  – магнитный поток в зазоре.

Внутри зазора, где поле однородно

$$F_m = He\ell_e, \quad (2)$$

здесь  $He$  – напряженность магнитного поля;  $\ell_e$  – длина оси зазора.

Магнитное сопротивление зазора

$$Re = \frac{\ell_e}{\mu_0 Se}, \quad (3)$$

где  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^7$  Гн/м – абсолютная магнитная проницаемость вакуума;  $Se$  – площадь поперечного сечения перекрытия, контактов геркона.

По формулам (2) и (3), учитывая размеры геркона и магнитодвижущую силу, которую примем  $F_m = 25$  АВ, получаем:  $Re = 0,622 \cdot 10^8$  1/Гн,  $He = 5 \cdot 10^5$  А/м.

Вычислим магнитную проводимость перекрытия с учетом краевого эффекта, используя метод проводимости [4].

Проводимость определяется как величина, обратная магнитному сопротивлению. С учетом краевого эффекта и размеров приемника проводимость зазора выражается соотношением [4]:

$$\begin{aligned}
G_e &= \mu \left[ \frac{ab}{\delta} + 0,26 \cdot 2(a+b) + \frac{2 \cdot 2(a+b)}{\pi \left[ \frac{\delta}{h} + 1 \right]} + 4 \cdot 0,0777\delta + 4 \cdot 0,25h \right] = \\
&= 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 10^{-3} \left[ \frac{ab \cdot 0,8}{\delta} + 0,52 \cdot 2 \cdot 0,8 + \frac{4 \cdot 2 \cdot 0,8}{3,14 \left( \frac{\delta}{0,05} + 1 \right)} + 0,308\delta + 0,05 \right] = \\
&= 12,56 \cdot 10^{-10} \left[ \frac{0,64}{\delta} + 0,832 + 2,038 \frac{1}{\frac{\delta}{0,05} + 1} + 0,308\delta + 0,05 \right] = \\
&= 12,56 \cdot 10^{-10} \left( 0,882 + \frac{0,64}{\delta} + \frac{2,038}{\frac{\delta}{0,05} + 1} + 0,308\delta \right), \text{ Гн.} \tag{4}
\end{aligned}$$

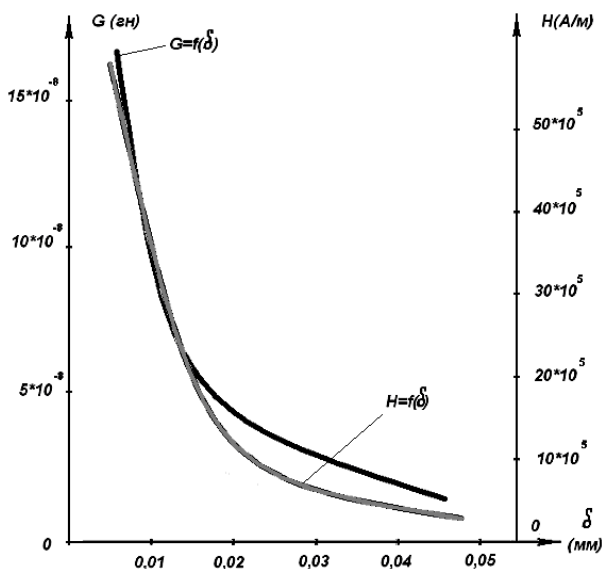


Рис. 3

По (4) находим зависимость  $G_e = \Psi(\delta)$  – зависимость магнитной проводимости и напряженности магнитного поля от величины зазора между электродами приемника, представленную на рис. 3.

Энергия магнитного поля геркона может быть представлена в виде:

$$W_M = \int_V \frac{BH}{2} dV, \tag{5}$$

где  $B = \mu_0 H$  – магнитная индукция;  $V = S\delta$  – объем пространства, где существует магнитное поле;  $S = ab$  – площадь зазора.

Электромагнитная сила, стремящаяся изменить величину зазора между электродами, равна уменьшению энергии магнитного поля, отнесенной к единице производимого силой изменения координаты [5]:

$$F = -\frac{\partial W_M}{\partial \delta} = -\frac{BH}{2} S = -\frac{\mu_0 H^2}{2} S = -\frac{\Phi^2}{2\mu_0 S}. \tag{6}$$

Магнитный поток, проходящий сквозь поверхность, может быть определен при помощи закона магнитной цепи:

$$\Phi = \frac{F_M}{R_M} = F_M G. \tag{7}$$

Зная закон изменения магнитной проводимости, определим закон изменения магнитной напряженности.

Так как

$$F = \frac{\mu_0 H^2}{2} S = \frac{\Phi^2}{2\mu_0 S} = \frac{F_M^2 G^2}{2\mu_0 S}, \tag{8}$$

а

$$\mu_0^2 H^2 S^2 = F_M^2 G^2, \tag{9}$$

получаем

$$H = \sqrt{\frac{F_M^2 G^2}{\mu_0^2 S^2}} = \frac{F_M G}{\mu_0 S} = \frac{F_M}{\mu_0 S} G = \kappa G, \quad (10)$$

$$\kappa = \frac{F_M}{\mu_0 S} = \text{const.}$$

График изменения напряженности магнитного поля при изменении величины зазора представлен на рис. 3.

Покажем взаимосвязь величин, характеризующих магнитное поле [5].

В зазоре между электродами приемника плотность тока равна нулю, имеем  $\text{rot}H=0$  и, следовательно, в этой части пространства  $H$  можно представить в виде:

$$H = -\text{grad}U_m, \quad (11)$$

где  $U_m$  – скалярный потенциал магнитного поля.

Составляющие напряженности поля в зазоре:

$$H_x = -\frac{\partial U_m}{\partial x}, H_y = -\frac{\partial U_m}{\partial y}, H_z = -\frac{\partial U_m}{\partial z}. \quad (12)$$

Составляющая вектора по любому направлению равна уменьшению поверхности магнитного потенциала, отнесенной к единице длины в этом направлении:

$$H_\ell = H \cos \alpha = -\frac{\partial U_m}{\partial \ell}, \quad (13)$$

где  $\alpha$  – угол между направлением вектора  $H$  и направлением, в котором определяется составляющая  $H_\ell$ .

Потенциал одинаков во всех точках поверхности, пересекаемой силовыми линиями под прямым углом, так как, перемещаясь по этой поверхности, имеем  $\cos \alpha = 0$  и  $\frac{\partial U_m}{\partial \ell} = 0$ , то есть  $U_m = \text{const}$ . Таковую поверхность называют поверхностью равного магнитного потенциала. Ее уравнение имеет вид:

$$U_m(x,y,z) = \text{const.} \quad (14)$$

Если обозначить через  $dn$  перемещение в сторону вектора  $H$  по нормали к поверхности равного потенциала или, что то же – по касательной к силовой линии, то, очевидно, будем иметь [5]:

$$|\text{grad}U_m| = H = -\frac{\partial U_m}{\partial n}. \quad (15)$$

Разность магнитных потенциалов поля внутри зазора электродов по нормали к их поверхностям:

$$U_{m1} - U_{m2} = H_\ell \delta, \quad (16)$$

где  $U_{m1}, U_{m2}$  – потенциалы электродов.

Подставляя (2) в (16), получаем:

$$U_{m1} - U_{m2} = \frac{F_M}{\delta} \delta = F_M. \quad (17)$$

Для геркона, используемого в качестве приемника магнитного сигнала, (КЭМ-2А-20),  $U_{m1} - U_{m2} = 25(\text{AB})$ .

## В Ы В О Д Ы

Предложена методика расчета взаимосвязи основных характеристик герконового приемника сигнала магнитной записи.

Получена расчетная формула для определения магнитной проводимости герконового приемника сигнала, а также построены графики зависимости магнитной проводимости и напряженности магнитного поля при изменении величины зазора между электродами приемника.

## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. *Расторгуев А.К.* Системы автоматического управления машинами при отделке ткани. – М.: Легкая индустрия, 1977.
2. А. с. №563690 СССР. Устройство воспроизведения с магнитного носителя / А.К. Расторгуев. – Оpubл. 1977. Бюл. №24.
3. *Диковский Я.М., Капралов И.И.* Магнитоуправляемые контакты. – М.: Энергия, 1970.
4. *Ступель Р.А.* Электромеханические реле. Основы теории, проектирования и расчета. – Харьков, 1956.



УДК 677.074

## ОПТИМИЗАЦИЯ СУШКИ ОСНОВ НА БАРАБАННОЙ ШЛИХТОВАЛЬНОЙ МАШИНЕ

А.Ш. БАРДАВЕЛИДЗЕ, А.Б. КОЗЛОВ, Х.А. БАРДАВЕЛИДЗЕ

(Московский государственный текстильный университет им.А.Н.Косыгина,  
Кутаисский государственный технический университет)

Математическое описание барабанной сушилки в задаче оптимальной стабилизации представляет собой систему линейных дифференциальных уравнений [1]:

$$\dot{x} = Ax + Bu, \quad (1)$$

где  $x$  – вектор переменных состояния (влажность ошлихтованных основ) размерности  $n$ ;  $u$  – вектор управлений размерности  $m$ ;  $A$ ,  $B$  – постоянные (не зависящие от времени) матрицы соответствующих размеров, элементы которых зависят от параметров номинального статического режима. Так как размерность вектора состояния ячейки равна двум, а число ячеек (по числу барабанов) равно 11, размерность вектора  $x$  в данном случае равна 22.

Компонента  $x$ , соответствующая влагосодержанию высушенной основы на выходе сушильного аппарата, имеет номер 21. Компонентами вектора управления в данном случае являются

$$u = (v, \theta_1, \theta_2, \dots, \theta_{11})^T, \quad (2)$$

где  $v$  – линейная скорость движения основ, м/с;  $\theta_i, i=1, \dots, 11$  – температура греющих барабанов, °С. Его размерность равна 12. Таким образом, матрица  $A$  в (1) имеет размер  $22 \times 22$ , а матрица  $B$   $22 \times 12$ .

Стабилизация остаточного влагосодержания высушенных ткацких основ в барабанных сушилках осуществляется с помощью воздействия на температуру греющей

поверхности сушильных барабанов (индивидуально или по секциям) и/или воздействия на линейную скорость движения основы через сушилку.

Исходя из этого могут быть предложены два критерия качества стабилизации для случаев управления – по температуре и по линейной скорости основы:

– критерий регулирования остаточного влагосодержания по каналу скорости:

$$J_1(x, u) = \int_0^{\infty} (x_2^2 + v^2) dt \rightarrow \min, \quad (3)$$

– критерий регулирования остаточного влагосодержания по каналам температуры

$$J_2(x, u) = \int_0^{\infty} (x_2^2 + \sum_i^{11} \theta_i^2) dt \rightarrow \min. \quad (4)$$

Здесь  $x_2$  – компонента вектора состояния, представляющая главную регулируемую величину – влагосодержание высушенной основы.

Оба последних выражения при технических ограничениях можно, очевидно, представить в форме [2]:

$$J = \int_0^{\infty} (x^T P x + u^T Q u) dt \rightarrow \min, \quad (5)$$

выбирая соответствующим образом элементы диагональных матриц  $P_{1,2}$  (размера  $22 \times 22$ ) и  $Q_{1,2}$  (размера  $12 \times 12$ ).

Поскольку влагосодержание основы измеряется только на выходе сушилки, для восстановления всех компонент вектора состояния необходим фильтр Кальмана [3].

На первом этапе для ряда фиксированных  $0 \leq \mu \leq 1$  вычисляется решение R уравнения Риккати:

$$RA + A^T R + P - RBQB^T R = 0, \quad (6)$$

при

$$\begin{aligned} P &= \mu P_1 + (1 - \mu) P_2, \\ Q &= \mu Q_1 + (1 - \mu) Q_2 \end{aligned} \quad (7)$$

и значение

$$J_{\min} = Sp(R), \quad (8)$$

где  $Sp(R)$  – след (сумма диагональных элементов) симметричной квадратной матрицы R (размера  $n \times n$ ) которой является решением нелинейного матричного уравнения Риккати (6).

Как известно, регулятор, обеспечивающий минимум (5) и асимптотическую устойчивость замкнутой системы, имеет вид [4]:

$$u = Kx, \quad (9)$$

где K – постоянная матрица коэффициентов усиления регулятора, определяемая выражением

$$K = -Q^{-1}B^T R. \quad (10)$$

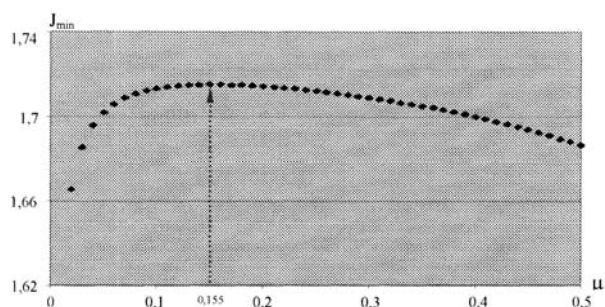


Рис. 1

График функции (6), представленный на рис.1 (зависимость минимального значения критерия-свертки от параметра для сушилки ШБ-11/140), имеет единственный максимум при  $\mu = 0,155$ .

Точка максимума соответствует сформулированному выше условию оптимальности векторного критерия (5). Дополнительная проверка заключается в имитационном моделировании замкнутой системы при различных способах задания регулятора. Эти результаты представлены на рис. 2.

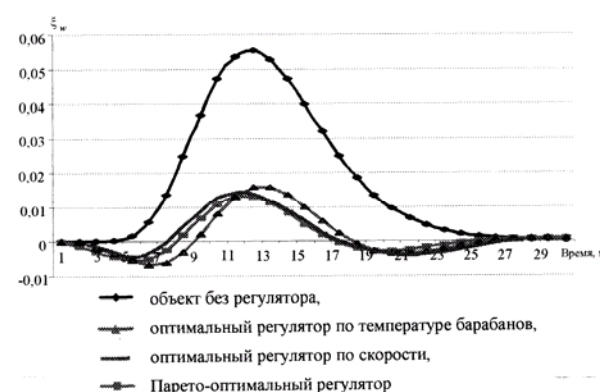


Рис. 2

График на рис.2 представляет выраженные в относительных единицах отклонения остаточного влагосодержания от номинала, возникающие под действием 20% возмущения влагосодержания основы на входе в сушилку, введенного в момент  $t = 0$  и действующего в течение 1 мин.

Моделирование системы оптимальной стабилизации, а также оценки корней характеристического уравнения оптимальной замкнутой системы (регулятор  $K_{0,155}$  плюс фильтр Кальмана) проводилось по программе MatLab 7.0.

## ВЫВОДЫ

Из полученных переходных характеристик, представленных выше, следует, что система с оптимальным регулятором дает более качественные характеристики, чем остальные системы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Козлов А.Б., Епифанов А.Д., Бардавелидзе А.Ш. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1985, №4.
2. Изерман Р. Цифровые системы управления: Пер. с англ. – М.: Мир, 1984.

3. Острём К., Витенмарк Б. Системы управления с ЭВМ: Пер. с англ. – М.: Мир, 1987.
4. Рей У. Методы управления технологическими процессами: Пер. с англ. – М.: Мир, 1983.

Рекомендована кафедрой автоматики и промышленной электроники МГТУ им. А.Н. Косыгина. Поступила 27.02.06.

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)

Получена математическая модель электромеханической системы универсальной раскройной машины в непрерывной форме (1):

$$\begin{cases} \dot{x} = A_c x + B_c u + f_c M_c, \\ y = c_c x. \end{cases} \quad (1)$$

Произведем расчет параметров системы:

$$J_j = \frac{mgbT^2}{4\pi^2}. \quad (2)$$

Результаты экспериментов, связанных с изменением моментов инерции маховиков, рассчитаны с применением лабораторного стенда [1] и занесены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

| m, кг | b, м | T1, с | T2, с | T3, с | T, с | Jj, кг·м <sup>2</sup> |
|-------|------|-------|-------|-------|------|-----------------------|
| 2,625 | 1    | 40,5  | 41,2  | 40,9  | 2,04 | 2,71                  |

В табл. 1 обозначены: m – масса маховика; b – расстояние от центра тяжести до оси подвеса; g – ускорение свободного па-

дения; T1 – время первых двадцати полных колебаний; T2 – время вторых двадцати полных колебаний; T3 – время третьих двадцати полных колебаний; T – время одного полного колебания (определяют как среднее из трех измерений); Jj – момент инерции маховика относительно оси подвеса.

Исходные значения параметров для двигателя (c=0,71; R=1,85 Ом; J<sub>дв</sub>=0,0046 кг·м<sup>2</sup>; B=0,83; K<sub>дв</sub>=1) – взяты из справочника [2] для данного вида машины; валов (k<sub>3</sub>=0,91, k<sub>5</sub>=1) – предоставлены производителем ленточных ножей; маховиков (B<sub>4</sub>=1,0; J<sub>4</sub>=3,71 кг·м<sup>2</sup>; B<sub>6</sub>=1; J<sub>6</sub>=2,71 кг·м<sup>2</sup>) – рассчитанные по формуле (2).

Для построения модели ЭМС универсальной в дискретной форме раскройной машины применим пакет MatLab с расширением Control System Toolbox [3], воспользуемся оператором sysd=c2d(sys,0,1) с периодом дискретности 0,1 и получим систему уравнений вида:

$$\begin{cases} x[i+1] = Ax[i] + Bu[i] \\ y[i] = Cx[i] + Du[i] \end{cases} \quad (3)$$

\* Окончание. Начало см. в №1 за 2006 г.

где

$$A = \begin{bmatrix} 0,96 & 0,1 & 0 & 0,01 & 0,005 & 0 \\ 0,04 & 0,89 & 0,002 & 0,09 & 0,09 & 0 \\ 0 & 0 & 0,99 & 0 & 0 & 0,09 \\ -0,4 & 0,002 & 0,002 & 0,09 & 0,01 & 0 \\ 0,4 & 1,04 & 0,03 & 0,87 & 0,86 & 0,002 \\ 0 & -1,07 & -0,07 & 0,001 & 0,002 & 0,96 \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} 0,04 \\ 0 \\ 0 \\ -0,02 \\ 0,02 \\ 0 \end{bmatrix},$$

$$c = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1], \quad D = 0.$$

Используя исходные значения параметров и полученную систему уравнений (3), произведем моделирование процесса. Моделирование показывает, что в системе необходимо применение управляющего устройства.

В этом качестве можно использовать оптимальный регулятор для получения результата с оптимальным быстродействием и уменьшением затрат на управление [4], [5], минимизирующий функционал вида:

$$J = \sum_{i=0}^{\infty} [x^T[i]Qx[i] + ru^2[i]], \quad (4)$$

где  $Q$  – весовая матрица состояния системы, представляющая собой единичную диагональную матрицу размерностью  $(6 \times 6)$ ;  $r$  – весовой коэффициент для входного воздействия, принимающей различные значения, например,  $r = 1$ .

Закон управления, реализуемый с помощью оптимального регулятора, имеет вид:

$$u[i] = -Kx[i], \quad (5)$$

где вектор  $K$  размерностью  $(1 \times 6)$  определяется выражением (6):

$$K = r + B^T P B^{-1} B^T P A, \quad (6)$$

где  $P$  – положительно определенная матрица размерностью  $(6 \times 6)$ , удовлетворяющая дискретному уравнению Риккати [3].

В результате применения функции `dlqr` пакета `CST` [3] вектор  $K$  для периода дискретности 0,1 секунды примет вид:

$$K = [0,72 \ 0,38 \ 0,13 \ 0,72 \ 0,72 \ 0,28]$$

Для построения структурной схемы модели ЭМС воспользуемся пакетом `MatLab` с расширением `Simulink`. Результаты построения представлены на рис. 1 (результаты моделирования `Control system toolbox`).

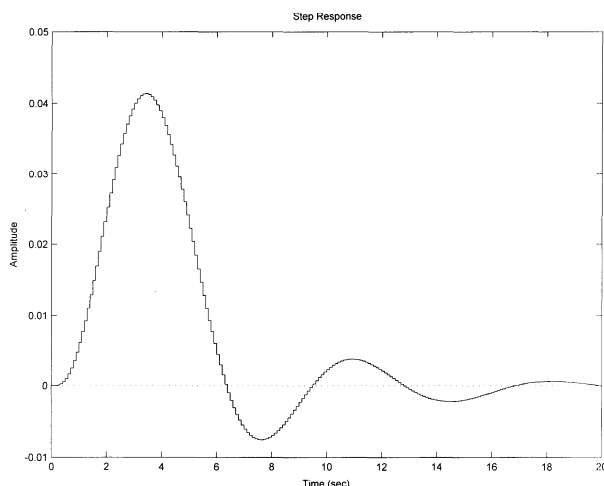


Рис. 1

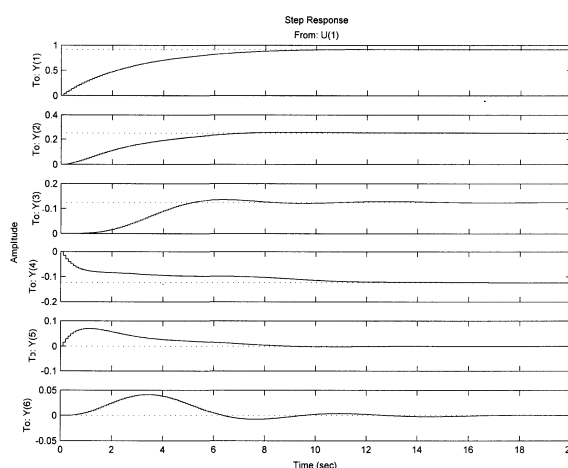


Рис. 2

В результате моделирования получим систему, приходящую в установившееся положение (рис. 2 – результат моделирования Simulink) с учетом применения в ней оптимального регулятора с вектором настроек  $K$  в дискретной форме.

### ВЫВОДЫ

1. Рассмотрено построение математической модели электромеханической системы универсальной раскройной машины в дискретной форме.

2. Произведено моделирование ЭМС универсальной раскройной машины в дискретной форме с использованием оптимального регулятора.

### ЛИТЕРАТУРА

1. *Абрамов В.Ф.* Лабораторный практикум по теории машин и механизмов. – М.: РИО МГУДТ, 2002.
2. Паспорт на раскройную ленточную машину Р-12. 1998.
3. *Медведев В.С., Потемкин В.Г.* Control System Toolbox. – М.: Диалог МИФИ, 1999.
4. *Мита Ц., Хара С., Кондо Р.* Введение в цифровое управление / Пер. с яп. – М.: Мир, 1994.
5. *Сигорский В.П.* Математический аппарат инженера. – Киев: Техника, 1977.

Рекомендована кафедрой автоматизации и промышленной электроники. Поступила 29.11.05.

УДК 66.011

**ПОЛЯ СКОРОСТЕЙ В ВИХРЕВЫХ АППАРАТАХ***А.С. БЕЛОУСОВ, Б.С. САЖИН***(Московский государственный текстильный университет им. А.Н.Косыгина)**

Устройства и аппараты с вращающимися турбулентными потоками позволяют организовать и интенсифицировать различные процессы в текстильной промышленности. Закрученные потоки используются для процесса улавливания волокнистых материалов в циклонах и пылеуловителях со встречными закрученными потоками (ВЗП) [1], в энерготехнологических аппаратах для обработки паровоздушных смесей от зрельников и запарных установок текстильной промышленности [2]. Закрученные потоки в значительной степени определяют эффективность ряда устройств безверетенного прядения как на стадии транспортирования, так и при вводе воздуха в прядильную камеру [3], [4].

Течения закрученных потоков в устройствах безверетенного прядения и в вышеописанных аппаратах имеют ряд общих свойств: малое отношение длины  $L$  к диаметру  $D$  ( $L/D=0,2\div 10$ ); полная ограниченность потока стенками; несжимаемость; развитый режим течения. Общность свойств позволяет предложить для исследования аэродинамики указанной группы устройств единый подход.

Для оценки аэродинамики рассматриваемых устройств сейчас в основном применяют результаты исследований установившихся течений в трубах или струй, выходящих в неограниченное пространство. В данной работе предлагается иной подход, основанный на гипотезе приосевой генерации турбулентности в устройствах с ограниченными закрученными потоками, правомерность которой подтвержда-

ется экспериментальными исследованиями [5].

В таком случае для устройства с конкретной геометрией можно ввести понятие турбулентного числа Рейнольдса [6]:

$$R_T = VL/v_T,$$

где  $V$  – характерная скорость, а  $v_T$  – эффективная турбулентная вязкость.

В приосевой области турбулентного закрученного потока возможно также явление так называемого распада вихря – возникновение стационарных рециркуляционных зон [6...8]. Для завихрителей, расположенных по оси течения, такие зоны обычно имеют форму замкнутых полостей [6], [7].

В случае расположения завихрителей на периферии устройства, а также для коротких устройств (при  $\bar{H} = H/D=0,2\div 0,5$ ) эти области имеют структуру, близкую к стержневой. Как установлено [8], в этих случаях поверхности вращения становятся близкими к цилиндрическим, то есть тангенциальная скорость не зависит от осевой координаты  $z$ .

Разделим вихревые устройства на три группы: короткие и длинные с одним периферийным завихрителем, а также длинные с двумя завихрителями.

Для определения  $R_T$  в устройствах первой группы применим принцип максимума расхода совместно с гипотезой о взаимосвязи радиуса приосевой циркуляционной зоны  $\xi$  и радиуса максимума тангенциаль-

ной скорости  $\Gamma_{\max}$  для цилиндрической модели течения.

Определим в данном случае турбулентное число Рейнольдса как:

$$R_T = Q / (2\pi v_T H),$$

где  $Q$  – расход воздуха через аппарат.

Введя циркуляцию  $\Gamma = V_\varphi r$  из уравнений Навье-Стокса при указанных допущениях, имеем

$$(d\Gamma/dr)(V_r/r) = v_T d/dr[(1/r)d\Gamma/dr], \quad (1)$$

где  $r$  – безразмерный радиус, нормированный по радиусу выхода  $r_a$ . Используя допущения [8], получаем:

$$V_\varphi = \varepsilon_\varphi (\Gamma_0/r)(1 - \exp(-1/2R_T r^2)), \quad (2)$$

где  $\varepsilon_\varphi$  – коэффициент потерь крутки [10];  $\Gamma_0$  – входная циркуляция.

Определим связь между  $R_T$  и геометрическим параметром аппарата  $A$ :

$$(A = F_{in} / (\pi r_a r_0)),$$

где  $F_{in}$  – площадь входных патрубков завихрителей, а  $r_0$  – радиус аппарата) в соответствии с гипотезой максимума расхода:

$$A^2 = 1/2[(1 - \xi^2)^2 + 2\xi^2(1 - \xi^2)\ln \xi] / \xi^2. \quad (3)$$

Задав  $\xi = r_{\max}$  из (2), получаем  $R_T = 2,51/\xi^2$ . Результаты численных расчетов этой формулы совместно с (3) хорошо аппроксимируются зависимостью

$$R_T = 2,5 + 12A. \quad (4)$$

Для второй группы более длинных аппаратов и устройств (при  $\bar{N} \geq 0,5$ ), имеющих периферийный завихритель, движение потока можно моделировать как течение во вращающейся трубе с проницаемой боковой поверхностью. Через поверхность

производится равномерный вдув с радиальной скоростью  $U_{ra}$ .

В этом случае принимаем следующие допущения о виде решений уравнений Навье-Стокса:

$$U_r = U_r(r), U_\varphi = U_\varphi(\varphi), U_z = zW(r). \quad (5)$$

Назовем такие течения квазицилиндрическими. Введем новые переменные исходя из соотношений:

$$U_r = -v_T u/r, \quad (6)$$

$$x = 1/2\alpha r^2 / v_T, \quad (7)$$

$$\Gamma = rU_\varphi / (aU_{\varphi a}), \quad (8)$$

где  $\alpha$  – произвольная постоянная;  $a$  – радиус трубы;  $U_{\varphi a}$  – тангенциальная скорость на входе потока.

Тогда из уравнений Навье-Стокса получаем:

$$W = \alpha du/dx, \quad (9)$$

$$xu''' = 0,5[(u') - uu'' - 4\delta] - u'', \quad (10)$$

$$2x\Gamma'' = -u\Gamma'. \quad (11)$$

Здесь штрихом обозначено дифференцирование по  $x$ . Для решения уравнения (10) обычно вводится параметр  $n$  – такой, что  $u'(0) = -n$ .

Тогда с учетом условий  $u(0) = 0$  и  $u''(0) = n^2/2 - 2$  уравнение (10) можно решать независимо от (9) и (11) как задачу с начальными условиями. Его необходимо интегрировать до значения  $x = x_m$ , при котором выполняется  $u''(x_m) = 0$  (скольжение по стенке аппарата).

Тогда  $u(x_m) = R_T$ , где  $R_T = a|U_{ra}|/v_T$  – радиальное турбулентное число Рейнольдса.

Как показано в [9], для модели (9...11) возможно применение вариационного принципа, при котором предполагается, что поток генерирует турбулентную вязкость, обеспечивающую минимум скорости диссипации энергии в аппарате. Для применения вариационного принципа не-

обходима довольно сложная процедура, включающая численную минимизацию интегрального функционала, построенного на основе модели (9...11).

Рассмотрим приближенный, но более простой подход к решению той же задачи. Уравнение (10) при  $R_T \rightarrow \infty$  имеет асимптотическое решение  $u_0$ :

$$u_0 = 2x - 6(1 - e^{-x}). \quad (12)$$

При этом искомый параметр  $x_m \rightarrow \infty$  по закону

$$x_m = 0,5R_T + 3. \quad (13)$$

Следуя [9], зададим приближенное решение (10) в виде  $u_* = u_0 + \varepsilon u_1$  (где  $\varepsilon \ll 1$ ), для которого при больших  $x$  получаем:

$$u_*(x, E_i) = 2x - 6(1 - e^{-x}) - E_i \left( x^3/3 - x^2 + 2x \right). \quad (14)$$

Для условия скольжения на стенке  $E_1 = 3e^{-x_m}/(x_m - 1)$ ; для условия прилипания  $E_2 = 2(1 - 3e^{-x_m})/(x_m^2 - 2x_m + 2)$ .

Для расчета параметра  $x_m$  получаем соотношение

$$R_T = u_*(x_m, E_i(x_m)), \quad i=1,2. \quad (15)$$

Относительный радиус приосевой циркуляционной зоны  $\xi$  рассчитывается из уравнения

$$\xi = \sqrt{x_1/x_m}, \quad (16)$$

где  $x_1$  – первый ненулевой корень уравнения (14).

Совместное численное решение уравнений (6...16) и (3) позволило найти искомую зависимость  $R_T(A)$ . Она так же, как и

(4), хорошо аппроксимируется линейным уравнением

$$R_T = 26,1A. \quad (17)$$

Зависимость (17) очень близка к одному из асимптотических решений вариационного подхода [9]. При  $0 < A < 1,3$  рассчитанный по (16) радиус зоны рециркуляции с точностью до 15% совпадает с решением вариационной задачи.

Сравним расчеты по моделям (1...4) и (9...11) с экспериментальными данными. Для коротких устройств (при  $\bar{N} \leq 0,5$ ) с периферийной закруткой потока модель (1...3) сравнивалась с экспериментами в [10]. Получено хорошее совпадение для вихревых устройств различных размеров, однако для каждого типа завихрителя параметр  $R_T$  в уравнении (4) приходилось уточнять индивидуально.

Для достаточно длинного вихревого аппарата ( $\bar{N} = 1,25$ ,  $r_0 = 1,33$ ) кривые тангенциальной и осевой скорости по модели (5...17) оказались практически идентичны расчетам по вариационному подходу [9].

Наиболее сложной для исследования является третья группа устройств (с двумя завихрителями), в частности, пылеуловители типа ВЗП. Имеются данные [7] о достаточно сложной и переменной структуре потоков в таких устройствах, которая может вызывать значительные осевые градиенты скоростей.

Для изучения осевых градиентов полей скоростей при  $\bar{N} \geq 1$  нами проведено экспериментальное исследование на лабораторной модели аппарата ВЗП-100 с диаметром  $D=0,107$  м. Для определения полей скоростей использован пневматический пятиканальный шаровой зонд.

Относительная высота сечений, отсчитываемых от торца нижнего завихрителя, составляла  $\bar{Z} = Z/D$ : 0,16; 0,33; 0,7; 1,25; 1,65; 2,0. Число Рейнольдса  $Re_0=15000$ ; соотношение расходов газа  $K=0,39$ ; 0,62; 0,8.



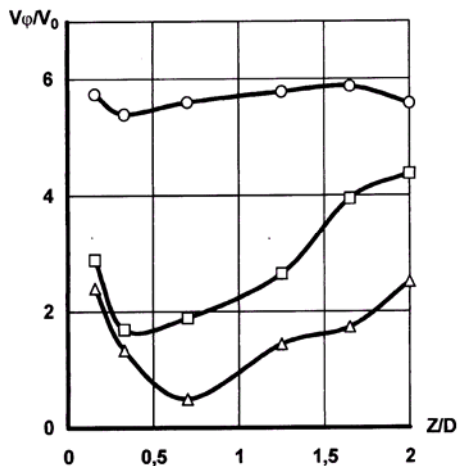


Рис.1

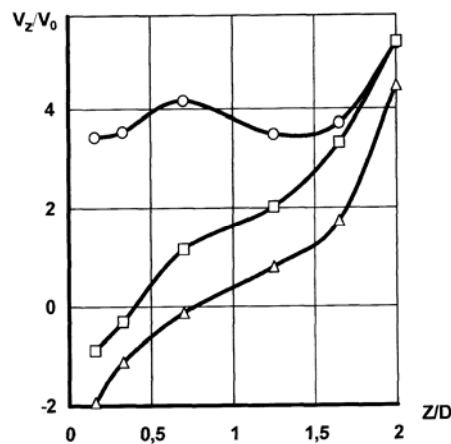


Рис. 2

На рис. 1 и 2 показано распределение вращательной и осевой скоростей (нормированных на среднерасходную скорость  $V_0$ ) по высоте аппарата при трех различных соотношениях расходов потоков (о –  $K = 0,8$ ; □ –  $K = 0,62$ ; Δ –  $K = 0,39$ ).

На рис.1 данные получены при значении радиуса  $\bar{r} = r/R$ :  $\bar{r} = 0,5$ , а на рис.2 соответственно  $\bar{r} = 0$ . Из данных на рис.1 следует, что в режиме  $K=0,8$  распределение тангенциальной скорости практически постоянно по высоте аппарата, причем для данной конструкции средняя величина вращательной скорости значительно больше, чем в других режимах.

Однако при других режимах вращательная скорость имеет значительные градиенты вдоль оси. В нижней части аппарата распределение  $V_\phi$  по высоте имеет экстремум, положение которого смещается при изменении  $K$ . Из данных на рис.2 следует, что значительные градиенты вдоль оси имеет также осевая скорость.

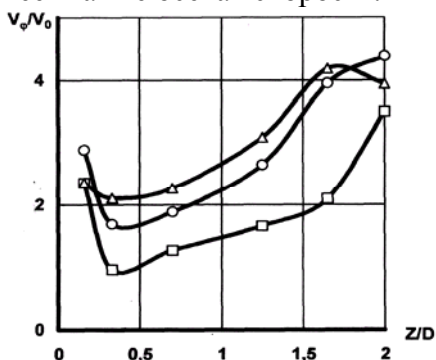


Рис. 3

На рис.3 представлены распределения вращательной скорости по высоте аппарата при  $K = 0,62$  и различных значениях радиуса  $\bar{r}$  (□ –  $\bar{r} = 0,25$ ; о –  $\bar{r} = 0,5$ ; Δ –  $\bar{r} = 0,75$ ). Из рис.3 видно, что при малых значениях  $\bar{r}$  осевые градиенты по тангенциальной скорости наиболее велики. При больших  $\bar{r}$  происходит некоторое сглаживание осевых градиентов.

Полученные Результаты свидетельствуют, что в устройствах с двумя завихрителями возможно существование значительных осевых градиентов как для тангенциальной, так и для осевой скорости. Поля скоростей в таких устройствах целесообразно рассчитывать по общим уравнениям Рейнольдса [7].

## ВЫВОДЫ

1. Формирование турбулентности в аппаратах и устройствах с вращающимися потоками допускает применение модели эффективно вязкой среды.

2. Гидродинамика устройств с одним периферийным завихрителем может моделироваться на основе экстремальных свойств закрученных квазицилиндрических течений; для устройств с двумя входами целесообразно применять общие уравнения Рейнольдса.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Сажин Б.С., Гудим Л.И. Вихревые пылеуловители. – М.: Химия, 1995.
2. Сажин Б.С., Тюрин М.П. Энергосберегающие процессы и аппараты текстильных и химических предприятий. – М., 2001.
3. Павлов Г.Г. Аэродинамика технологических процессов и оборудования текстильной промышленности. – М.: Легкая индустрия, 1975.
4. Павлов Г.Г. Аэродинамические основы безверетенных способов прядения. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982.
5. Obermair S., Woisetschläger J., Staudinger G. Investigation of the flow pattern in different dust outlet geometries of a gas cyclone by laser Doppler anemometry // Powder Technology. – V. 138, № 2-3, 2003. P. 239...251.
6. Гунта А., Лилли Д., Сайред Н. Закрученные потоки / Пер. с англ. – М.: Мир, 1987.
7. Сажин Б.С., Белоусов А.С. Турбулентные и

вихревые течения в аппаратах со встречными закрученными потоками. – В кн.: Аппараты с активными гидродинамическими режимами для текстильной промышленности и производства химических волокон. – М., 1983. С.17...21.

8. Гольдиштик М.А. Вихревые потоки. – Новосибирск: Наука, 1981.

9. Гольдиштик М.А. Вариационная модель турбулентного вращающегося потока // Изв. АН СССР. Механика жидкости и газа. 1985, №9. С. 22...32.

10. Белоусов А.С., Сажин Б.С., Кочетов Л.М. и др. Аэродинамика турбулентного потока в дисковой вихревой сушилке. – В кн.: Успехи в химии и химической технологии. – М., 2004, т.18, №6 (46). С.126...128.

Рекомендована кафедрой процессов, аппаратов химической технологии и безопасности жизнедеятельности. Поступила 03.02.06.

УДК 007: 681.518.2:65.01: 677.017

**ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ  
ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ  
ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ТЕКСТИЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

*В.А. УГЛОВ, А.В. УГЛОВ, П.А. СЕВОСТЬЯНОВ, В.Г. МИТИХИН, Д.М. СЕМЕНОВЫХ*

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

Анализ многих реальных проблем в области текстильных технологий приводит к многокритериальным, слабоструктурированным постановкам проблем, например, каждый выпуск журнала "Технологии текстильной промышленности" содержит обсуждение таких проблем (прежде всего в разделах "Экономика и организация производства", "Текстильное материаловедение" и других), которые характеризуются следующими особенностями.

1) Качество решения оценивается по многим критериям, среди которых имеются как количественные, так и качественные критерии. Для выбора наилучшего решения необходим компромисс между оценками по разным критериям. В постановке проблемы отсутствует информация, позволяющая найти такой компромисс. Следовательно, он не может быть определен на основе объективных расчетов.

2) Проблема имеет уникальный характер – нет надежных статистических данных, позволяющих обосновать соотношения между различными критериями.

3) На момент принятия решения отсутствует информация, позволяющая объективно оценить возможные последствия выбора того или иного варианта решения. Недостаток информации можно восполнить за счет экспертной информации.

Одним из современных методов решения подобных проблем является метод анализа иерархий (МАИ). Метод разрабо-

тан Т.Саати [1] и своим появлением обязан тому важному обстоятельству, что реальные сложные системы, в рамках которых возникают соответствующие проблемы, организованы по иерархическому принципу, а это, в свою очередь, ведет к иерархической структуре самих проблем и соответствующему аппарату анализа этих проблем.

Применение МАИ связано с реализацией следующих основных этапов.

I. Постановка проблемы и представление этой проблемы в виде некоторой иерархии (альтернативные решения проблемы, критерии оценки и т.д.).

II. Сбор исходной информации, предварительная оценка этой информации путем реализации процедур парного сравнения элементов каждого уровня с точки зрения элементов вышестоящего уровня иерархии.

III. Обработка результатов экспертного сравнения элементов иерархии: здесь в первую очередь необходимо оценить согласованность (непротиворечивость) полученной на этапе II информации. Вычисление весовости альтернатив решения поставленной проблемы, что позволяет принять обоснованное решение.

I. Переходя к реализации этапа I, рассмотрим, например, иерархию, представленную на рис.1 и соответствующую проблеме оценки некоторых образцов объектов текстильных технологий.

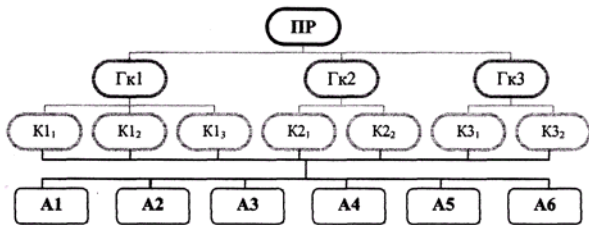


Рис. 1

Здесь элементы иерархии распределены по уровням:

1-й уровень (уровень альтернатив) – А1, А2, ... – оцениваемые альтернативы (образцы объектов текстильных технологий, также это могут быть альтернативные инвестиционные проекты, проекты конструкторских разработок, решений и т.д.);

2-й уровень (уровень отдельных критериев, показателей) – К11, К12, ... – выбранные критерии для оценки альтернатив;

3-й уровень (уровень групп критериев) – Гк1, Гк2, Гк3 – группы критериев, например, физико-механические, экономические, социальные, эстетические, гигиенические и т.д.;

4-й уровень (уровень принятия решения – ПР – фокус иерархии).

При построении такой иерархии желательно обеспечить наибольшую независимость элементов иерархии, расположенных на одном уровне, с точки зрения их дальнейшей оценки на основе парного сравнения по отношению к вышестоящим элементам иерархии, в противном случае объективность результатов парного сравнения может пострадать.

Представленная на рис.1 иерархия представляет собой пример 4-уровневой неполной иерархии. Число уровней (минимально их два), элементов и связей между ними зависит от поставленной проблемы и целей исследования.

II. Переходя к центральной части иерархического анализа, а именно к процедурам экспертного парного сравнения элементов одного уровня иерархии по отношению к элементам вышестоящего уровня, приведем основную шкалу измерения результата парного сравнения элементов иерархии, принятую в анализе иерархий [1]:

1 – равенство сравниваемых элементов по отношению к вышестоящему; 3 – предпочтение; 5 – выраженное предпочтение; 7 – сильное предпочтение; 9 – абсолютное предпочтение.

Эта шкала была разработана в результате серьезных междисциплинарных исследований: математических, статистических, психофизиологических и апробирована в разнообразных по сфере приложениях [1] метода МАИ к проблемам принятия решений.

Отметим одно из важнейших достоинств такой шкалы – возможность ее использования для сравнения как количественных, так и качественных элементов иерархии. Например, это касается парного сравнения критериев физико-механических, экономических и т.д.

Естественно, что информация, полученная в ходе подобных экспертных парных сравнений в рамках указанной шкалы, может содержать рассогласованные оценки результатов парных сравнений. Но замечательной особенностью аппарата иерархического анализа является то обстоятельство, что эти погрешности обнаруживаются в ходе предварительного математического анализа полученной информации и далее могут быть скорректированы.

III. Заключительная часть иерархического анализа связана с обработкой матриц парных сравнений и формированием итоговых весовых оценок альтернатив. На основе точных алгоритмов метода МАИ это производится в следующей последовательности:

1) оценивается согласованность (степень непротиворечивости) матриц парных сравнений и в случае их приемлемой согласованности переходят к оценке весомости элементов иерархии на основе этих матриц. Для случая плохой согласованности какой-то из матриц парных сравнений возвращаются на этап формирования этой матрицы и стараются устранить плохую согласованность элементов матрицы. Практически это всегда можно сделать, улучшив качество экспертной работы, в крайнем случае, можно рассмотреть несколько вариантов парных оценок.

2) Вычисление весов для элементов иерархии на основе матриц парных сравнений и итоговый расчет весов альтернатив, представляющих информационную базу для принятия обоснованного оптимального решения, в качестве которого может быть или одна из рассматриваемых альтернатив, или новый, уточненный список альтернатив, для проведения более углубленного исследования в рамках МАИ.

Применение МАИ в рамках научно-практических исследований в области текстильных технологий (как и других технологий), на наш взгляд, сдерживается из-за:

1) отсутствия доступной для практиков литературы, содержащей изложение МАИ на высоком научно-методическом уровне (здесь можно указать ряд работ [2...4], изданных в течение последних лет, но в них рассматриваются известные, классические примеры на основе только приближенных методов МАИ с методическими погрешностями изложения, осложняющими понимание и внедрение метода);

2) отсутствия доступного программного обеспечения, реализующего точные и приближенные алгоритмы МАИ (здесь можно назвать компьютерную систему поддержки принятия решений Expert Choice [5]). Система предлагается как коммерческий продукт, ориентирована на зарубежного пользователя, имеющего представление о возможностях МАИ. Кроме того, в этой системе реализованы только приближенные алгоритмы оценки согласованности матриц парных сравнений и оценки весов элементов иерархии, что в некоторых важных практических ситуациях приводит к неверным выводам.

Приведем основные соотношения метода МАИ:

$$\begin{aligned} AW &= \lambda_{\max} W, \\ \text{ИС} &= (\lambda_{\max} - n) / (n - 1), \\ \text{ОС} &= \text{ИС} / \text{СИ}. \end{aligned} \quad (1)$$

Здесь  $A$  – обратносимметричная матрица (размера  $n$ ) экспертных оценок результатов парных сравнений элементов выбранного уровня рассматриваемой иерархии относительно некоторого вышестоя-

щего элемента (критерия) иерархии;  $W = (w_1, w_2, w_3)$  – вектор нормированных весов сравниваемых элементов (собственный вектор матрицы  $A$ );  $\lambda_{\max}$  – максимальное собственное число матрицы  $A$ ; ИС – индекс согласованности матрицы  $A$ ; СИ – случайный индекс для матрицы парных сравнений размера  $n$ , берется из таблицы индексов СИ (например, [1]); ОС – отношение согласованности для матрицы парных сравнений, то есть свернутая оценка качества экспертной информации, содержащейся в матрице  $A$ .

В методе МАИ принят следующий критерий оценки согласованности матрицы  $A$  по значению величины ОС:

ОС = 0 – матрица идеально согласована; ОС ≤ 0,1 – хорошо согласована.

Если ОС > 0,1 – то имеется рассогласование элементов матрицы, то есть желательно вернуться к этапу экспертных парных сравнений и постараться устранить или уменьшить рассогласование за счет более тщательной оценки результатов процедур парных сравнений.

Подводя итоги, можно кратко описать особенности и перспективы применения метода анализа иерархий в области текстильных технологий.

1. Иерархическая композиция является индуктивным обобщением следующей идеи. Заданы веса независимых элементов некоторого уровня иерархии. По отношению к каждому элементу этого уровня формируется матрица собственных векторов (столбцов) элементов уровня, расположенного ниже заданного. Затем вектор весов элементов этого уровня используется для взвешивания соответствующих (ниже расположенных) собственных векторов-столбцов. Умножая матрицу собственных векторов на вектор-столбец весов, получаем составной вектор весов элементов нижнего уровня. Спуск по уровням иерархии приводит к итоговым весам альтернатив.

2. Способы получения информации от эксперта в рамках МАИ соответствуют психологически комфортным условиям,

соответствующим возможностям человека перерабатывать информацию.

3. Имеется возможность проверки экспертной информации на непротиворечивость как для отдельных уровней иерархии, так и для всей иерархии, а также и выявления наиболее несогласованных экспертных суждений.

4. Любые соотношения между вариантами решений в рамках МАИ легко интерпретируются на основе информации, полученной от экспертов. Метод позволяет группе экспертов взаимодействовать по интересующей их проблеме, модифицировать свои суждения и в результате объединять групповые суждения в соответствии с выбранным критерием. Для сложных проблем с наличием конфликтных ситуаций в группе экспертов возможно использование построения двух иерархий для отображения выгод и издержек, связанных с рассматриваемыми альтернативами по проблеме.

5. Метод может использоваться при решении следующих типовых проблем с учетом их локальных особенностей:

- оценка сырья, продуктов и оборудования в текстильных технологиях;
- оценка качества работы предприятий и определение политики инвестиций;
- выбор мест размещения предприятий (социо-эколого-экономические аспекты);
- распределение материальных ресурсов с анализом по методу стоимость-эффективность;
- оценка качества организационных, проектных и конструкторских решений;
- оценка качества специалистов, методов и средств их подготовки.

В настоящее время в РосЗИТЛП и МГТУ им. А.Н. Косыгина на основе МАИ проводится научно-методическая разработка конкретных научно-практических проблем из числа вышеуказанных, а также разработка программного обеспечения, ориентированного на использование МАИ:

А) в рамках стандартного программного обеспечения на базе офисных приложений ( VBA и MS Excel), что представляет

особые удобства для внедрения МАИ в учебный процесс подготовки кадров и повышения их квалификации, особенно в рамках технологических дисциплин (например, [6...8]);

Б) оригинальной системы поддержки принятия решений в диалоговом режиме, ориентированной на грамотных пользователей, представляющих возможности МАИ и особенности использования метода в конкретных ситуациях.

## ВЫВОДЫ

1. Проанализированы информационно-аналитические возможности и перспективы использования метода анализа иерархий для решения многокритериальных, слабоструктурированных проблем текстильных технологий.

2. Указаны конкретные области приложения МАИ и основные направления разработки программного обеспечения алгоритмов метода.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. – М.: Радио и связь, 1993.
2. Шикин Е.В., Чхартишвили А.Г. Математические методы и модели в управлении. – М.: Дело, 2000.
3. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений. – М.: Логос, 2002.
4. Черноуцкий И.Г. Методы принятия решений. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005.
5. [www.expertchoice.com](http://www.expertchoice.com).
6. Севостьянов А.Г., Севостьянов П.А. Моделирование технологических процессов. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984.
7. Севостьянов А.Г. Методы и средства исследования механико-технологических процессов текстильной промышленности. – М.: Легкая индустрия, 1980.
8. Кукин Г.Н., Соловьев А.Н., Кобляков А.И. Текстильное материаловедение. – М.: Легпромбыт-издат, 1989.

Рекомендована кафедрой информационных технологий МГТУ им. А.Н. Косыгина. Поступила 25.02.06.

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МИКРОКЛИМАТА В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ С ПОВЫШЕННОЙ ВЛАЖНОСТЬЮ

В.В. ПЕКУНОВ, Ф.Н. ЯСИНСКИЙ

(Ивановский государственный энергетический университет)

Микроклимат в производственных помещениях часто характеризуется наличием таких неблагоприятных факторов, как повышенная влажность, запыленность, наличие реагирующих газообразных загрязнителей. Такая ситуация типична для предприятий текстильной промышленности.

Актуальна задача достаточно точного и оперативного анализа микроклимата, которая эффективно решается с помощью численного моделирования.

В данной работе приводится фрагмент разработанной нами многофазной многокомпонентной модели, учитывающий фак-

торы, связанные с влажностью: динамику водяного пара и капель; конденсацию и испарение; поглощение (и высвобождение) газообразных загрязнителей каплями.

Пусть рассматривается трехмерная расчетная область с прямоугольными координатами  $(x_1, x_2, x_3)$ , в которой уже записаны уравнения несущей фазы для скорости воздуха  $U = (U_1, U_2, U_3)$ , турбулентной вязкости  $\nu_{\text{турб}}$  и температуры  $T$ .

Перенос  $N$  газообразных веществ с концентрациями  $C$  описывается уравнениями:

$$\frac{\partial C_j}{\partial t} + \sum_{i=1}^3 U_i^j \frac{\partial C_j}{\partial x_i} = \sum_{i=1}^3 \frac{\partial}{\partial x_i} \left( D_{C_j} + \alpha_{C_j} \nu_{\text{турб}} \right) \frac{\partial C_j}{\partial x_i} - \Delta C_j + Q(t); j = \overline{1, N},$$

где  $U_1^j = U_1$ ,  $U_2^j = U_2$ ,  $U_3^j = U_3 + W_j$ ;  $W_j$  – скорость витания  $j$ -го вещества;  $D_{C_j}$  – коэффициент диффузии  $j$ -го вещества;  $\alpha_{C_j}$  – вспомогательный коэффициент.

Член  $\Delta C_j$  выражает изменение концентрации  $j$ -го вещества при взаимодействии с каплями воды;  $Q(t)$  учитывает изменение концентрации за счет химических реакций.

$$\Delta C_j = \sum_{i=1}^Z \tilde{\Phi}_{j,i}^0 + \sum_{i=1}^{Z-1} \tilde{\Phi}_{j,i+1}^- + \sum_{i=2}^Z \tilde{\Phi}_{j,i-1}^+,$$

где величины  $\tilde{\Phi}$  выражают взаимодействие газов с каплями;  $Z$  – число компонентов капельной фазы.

Для водяного пара применим особую формулу:

$$\Delta C_{\text{пар}} = \frac{1}{M_k} \left( \sum_{i=1}^Z \Phi_i^0 + \sum_{i=1}^{Z-1} \Phi_{i+1}^- + \sum_{i=2}^Z \Phi_{i-1}^+ \right),$$

где  $M_k$  – молярная масса воды;  $\Phi$  учитывает взаимодействие пара с каплями.

Капельная фаза является многокомпонентной, для любого  $i$ -го компонента ( $i = \overline{1, Z}$ ) определены плотность  $\rho_k^i$ , концентрация  $N_k^i$  (в ед/м<sup>3</sup>) и скорость  $U_k^i$ . Каждому полностью заполненному  $i$ -му компоненту соответствуют капли с диаметрами от  $d_i$  до  $d_{i+1}$ . В общем случае это капли с диаметрами от  $x_i$  до  $u_i$ , причем  $x_i, u_i \in [d_i, d_{i+1}]$ . Самый первый компонент считаем капельно-пылевым, то есть диаметр  $d_1$  – фактически диаметр пылевого ядра капли.

Распределение  $n_i(d)$  капель по диаметрам постоянно меняется в результате переноса (между ячейками сетки), конденсации и испарения.

Предлагается подход, когда параметры распределения не хранятся, а вычисляются (посредством интерполяции) на каждой итерации из "физических" параметров плотности и концентрации. Это позволит определить линейное распределение при полном заполнении интервала и равномерное распределение при частичном заполнении, когда дополнительно вычисляется положение начала или конца незаполненного участка.

Рассмотрим процедуру поиска функции распределения и характеристик заполненности. Определим тип процесса: конденсация (К), испарение (И) или стабилизация (С). Интервал считается стабильным по одной из причин: а) сочетаются конденсация и испарение; б) интервал пуст; в) интервал является капельно-пылевым (условно неиспаряемым) и есть тенденция к испарению.

Функция  $\text{mode}(i)$ , определяющая тип процесса для  $i$ -го интервала:

$$\text{mode}(i) = \begin{cases} \text{К, если } \{\delta_i(d_i) > 0\} \wedge \{\delta_i(d_{i+1}) > 0\}; \\ \text{И, если } \{\delta_i(d_i) < 0\} \wedge \{\delta_i(d_{i+1}) < 0\} \wedge \{i > 1\}; \\ \text{С, если } \{\delta_i(d_i) \cdot \delta_i(d_{i+1}) \leq 0\} \vee \{\text{интервал пуст}\} \vee \\ \vee [\{\delta_i(d_i) < 0\} \wedge \{\delta_i(d_{i+1}) < 0\} \wedge \{i = 1\}]; \end{cases}$$

$$\delta_i(d) = C_{\text{пар}} - C_{\text{пов}}^i(d),$$

где  $C_{\text{пов}}^i(d)$  – концентрация пара на поверхности капли диаметром  $d$ :

$$C_{\text{пов}}^i(d) = \frac{P_{\text{насыщ}} \left( T, \frac{1}{N_k^i} \sum_j \gamma_j^i, d \right)}{RT},$$

$$P_{\text{насыщ}}(T, n, d) = P_{\text{насыщ}}^0(T - 273,15) \exp \left( \frac{4M_k \sigma}{\bar{\rho}_k RTd} - \frac{6nM_k}{\pi \bar{\rho}_k d^3} \right),$$

где  $n$  – количество молей растворенного вещества;  $\sigma$  – поверхностное натяжение воды;  $P_{\text{насыщ}}^0(t)$  – давление насыщенного пара над плоской поверхностью;  $\bar{\rho}_k^i$  –

плотность вещества капель в  $i$ -м компоненте.

Пустым считаем интервал, для которого выполняется условие

$$\left\{ N_k^i \leq \varepsilon \right\} \vee \left\{ \frac{\rho_k^i}{N_k^i} < \frac{\pi}{6} \bar{\rho}_k^i d_i^3 \right\} \vee \left\{ \frac{\rho_k^i}{N_k^i} > \frac{\pi}{6} \bar{\rho}_k^i d_{i+1}^3 \right\},$$

где  $\varepsilon$  – малая величина.

Вторая и третья части условия отсекают случай физически некорректного сочетания значений плотности и концентрации,

которое может возникнуть при конвективном переносе капель в пустую ячейку.

Частично заполненным является интервал, в котором истинно условие



$$\begin{aligned} & \{(i=1) \wedge (\text{mode}(i)=K)\} \vee \{(i=Z) \wedge (\text{mode}(i)=И)\} \vee \\ & \vee \{(i < Z) \wedge \{\text{mode}(i) \neq \text{mode}(i+1)\} \wedge (\text{mode}(i)=И)\} \vee \\ & \vee \{(i > 1) \wedge \{\text{mode}(i) \neq \text{mode}(i-1)\} \wedge (\text{mode}(i)=K)\} \vee \\ & \vee \{\text{forw}(i)\} \vee \{\text{back}(i)\}. \end{aligned}$$

Все прочие непустые интервалы считаем полностью заполненными. Логические

функции  $\text{forw}(i)$  и  $\text{back}(i)$  выделяют особые случаи промежуточных интервалов:

$$\begin{aligned} \text{forw}(i) &= \{i > 1\} \wedge \{i < Z\} \wedge \{(\text{mode}(i-1)=K) \wedge (\text{mode}(i)=K) \wedge [\text{интервал}(i+1) \text{ пуст}]\}; \\ \text{back}(i) &= \{i > 1\} \wedge \{i < Z\} \wedge \{[\text{интервал}(i-1) \text{ пуст}] \wedge (\text{mode}(i)=И) \wedge (\text{mode}(i+1)=И)\}. \end{aligned}$$

Пусть функция распределения:

$$n_i(d) = a_i d + b_i.$$

участка. Найдем  $x'_i$  и  $y'_i$  как единственные корни уравнений

1. Для пустого интервала  $n_i(d) = 0$ .
2. Для частично заполненного интервала считаем распределение равномерным, то есть  $a_i = 0$  и задача сводится к поиску  $b_i$ , а также начала  $x_i$  и конца  $y_i$  заполненного

$$(d_{i+1}^2 + x_i'^2)(d_{i+1} + x_i') = \frac{24\rho_k^i}{\pi \bar{\rho}_k^i N_k^i};$$

$$(d_i^2 + y_i'^2)(d_i + y_i') = \frac{24\rho_k^i}{\pi \bar{\rho}_k^i N_k^i}.$$

Тогда

$$\begin{aligned} x_i &= \begin{cases} d_i, & \text{если } \{(\text{mode}(i) \neq K) \vee \text{forw}(i)\} \wedge \{\neg \text{back}(i)\}, \\ \max(x_i', d_i) & \text{иначе;} \end{cases} \\ y_i &= \begin{cases} d_{i+1}, & \text{если } \{(\text{mode}(i) \neq И) \vee \text{back}(i)\} \wedge \{\neg \text{forw}(i)\}, \\ \min(y_i', d_i) & \text{иначе;} \end{cases} \end{aligned}$$

$$b_i = \frac{N_k^i}{y_i - x_i}.$$

3. Для полностью заполненного интервала считаем, что

$$x_i = d_i; \quad y_i = d_{i+1}.$$

$$(n_i(x_i) \geq 0) \wedge (n_i(y_i) \geq 0),$$

то следует воспользоваться равномерным распределением, определив

При этом  $a_i, b_i$  являются решением системы линейных уравнений

$$a_i = 0; \quad b_i = \frac{N_k^i}{y_i - x_i}.$$

$$\begin{cases} a_i \frac{(y_i^2 - x_i^2)}{2} + b_i (y_i - x_i) = N_k^i; \\ a_i \frac{(y_i^5 - x_i^5)}{5} + b_i \frac{(y_i^4 - x_i^4)}{4} = \frac{6\rho_k^i}{\pi \bar{\rho}_k^i}. \end{cases}$$

Рассмотрим основные уравнения для капельной фазы. Скорость капель:

$$\begin{aligned} U_{k1}^i &= U_1; \quad U_{k2}^i = U_2; \\ U_{k3}^i &= U_3 + W_k^i; \end{aligned}$$

Если нарушается условие физической корректности распределения  $n_i(d)$ :

где  $W_k^i$  — средняя скорость витания капель  $i$ -го компонента. При этом для компонен-

тов с каплями малых диаметров можно считать  $W_k^i = \text{const}$ . В прочих случаях

$$W_k^i = -\Delta U = -(U_3 - U_{k3}^i),$$

где  $D_{\rho k}^i$  – коэффициент диффузии;  $\alpha_{\rho k}$  – вспомогательный коэффициент. Конден-

$$\Delta \rho_k^i = \Phi_i^0 + \Phi_{i+1}^- + \Phi_{i-1}^+ + \frac{1}{\tau} \left[ -\Delta^+ \rho_k^i - \Delta^- \rho_k^i + \Delta^+ \rho_k^{i-1} + \Delta^- \rho_k^{i+1} \right],$$

где  $\tau$  – продолжительность процесса перехода.

причем  $\Delta U$  находится путем решения нелинейного уравнения, полученного из условия равенства силы аэродинамического сопротивления силе тяжести.

Уравнение для плотности  $i$ -го компонента  $\rho_k^i$ :

$$\frac{\partial \rho_k^i}{\partial t} + \sum_{j=1}^3 U_{kj}^i \frac{\partial \rho_k^i}{\partial x_j} = \sum_{j=1}^3 \frac{\partial}{\partial x_j} \left( (D_{\rho k}^i + \alpha_{\rho k} v_{\text{турб}}) \frac{\partial \rho_k^i}{\partial x_j} \right) - \rho_k^i \sum_{j=1}^3 \frac{\partial U_{kj}^i}{\partial x_j} + \Delta \rho_k^i,$$

сация и испарение, межкомпонентные переходы определяются формулой

Уравнение для концентрации  $i$ -го компонента  $N_k^i$ :

$$\frac{\partial N_k^i}{\partial t} + \sum_{j=1}^3 U_{kj}^i \frac{\partial N_k^i}{\partial x_j} = \sum_{j=1}^3 \frac{\partial}{\partial x_j} \left( (D_{Nk}^i + \alpha_{Nk} v_{\text{турб}}) \frac{\partial N_k^i}{\partial x_j} \right) - N_k^i \sum_{j=1}^3 \frac{\partial U_{kj}^i}{\partial x_j} + \Delta N_k^i;$$

$$\Delta N_k^i = \frac{1}{\tau} \left[ -\Delta^+ N_k^i - \Delta^- N_k^i + \Delta^+ N_k^{i-1} + \Delta^- N_k^{i+1} \right],$$

где  $D_{Nk}^i$  – коэффициент диффузии;  $\alpha_{Nk}$  – вспомогательный коэффициент.

Учитывается растворение газов в каплях (см., например, [2]). Введены уравне-

ния для концентрации  $j$ -го газа в каплях  $i$ -го компонента  $\gamma_j^i$ :

$$\frac{\partial \gamma_j^i}{\partial t} + \sum_{j=1}^3 U_{kj}^i \frac{\partial \gamma_j^i}{\partial x_j} = \sum_{j=1}^3 \frac{\partial}{\partial x_j} \left( (D_{\gamma j}^i + \alpha_{\gamma} v_{\text{турб}}) \frac{\partial \gamma_j^i}{\partial x_j} \right) + \Delta \gamma_j^i; \quad j = \overline{1, N};$$

$$\Delta \gamma_j^i = \tilde{\Phi}_{j,i}^0 + \tilde{\Phi}_{j,i+1}^- + \tilde{\Phi}_{j,i-1}^+ + \frac{1}{\tau} \left[ -\Delta^+ \rho_k^i \frac{\gamma_j^i}{\rho_k^i} - \Delta^- \rho_k^i \frac{\gamma_j^i}{\rho_k^i} + \Delta^+ \rho_k^{i-1} \frac{\gamma_j^{i-1}}{\rho_k^{i-1}} + \Delta^- \rho_k^{i+1} \frac{\gamma_j^{i+1}}{\rho_k^{i+1}} \right],$$

где  $D_{\gamma j}^i$  – коэффициент диффузии;  $\alpha_{\gamma}$  – вспомогательный коэффициент.

Межкомпонентные переходы массы и концентрации, обусловленные изменением диаметра капель (при конденсации и испарении), даются величинами:

$$\Delta^- \rho_k^i = \frac{\pi}{6} \bar{\rho}_k^i \left[ \frac{a_i}{5} \left( (d_i^{**})^5 - x_i^5 \right) + \frac{b_i}{4} \left( (d_i^{**})^4 - x_i^4 \right) \right]; \quad \Delta^- N_k^i = \frac{a_i}{2} \left( (d_i^{**})^2 - x_i^2 \right) + b_i (d_i^{**} - x_i);$$

$$\Delta^+ \rho_k^i = \frac{\pi}{6} \bar{\rho}_k^i \left[ \frac{a_i}{5} \left( y_i^5 - (d_i^*)^5 \right) + \frac{b_i}{4} \left( y_i^4 - (d_i^*)^4 \right) \right]; \quad \Delta^+ N_k^i = \frac{a_i}{2} \left( y_i^2 - (d_i^*)^2 \right) + b_i (y_i - d_i^*).$$

При конденсации капли с  $d_i^* \leq d \leq y_i$  переходят из  $i$ -го компонента в  $(i+1)$ -й компонент. При испарении капли с

$x_i \leq d \leq d_i^{**}$  переходят из  $i$ -го в  $(i-1)$ -й компонент. Из неявной разностной схемы для уравнения роста капли имеем:

$$d_i^* = \begin{cases} y_i & \text{при } i = Z+1 \text{ или при испарении } (C_{\text{пар}} < C_{\text{пов}}^i(y_i)), \\ y_i - \tau \frac{2L_i(y_i)}{\bar{\rho}_k^i y_i} & \text{иначе;} \end{cases}$$

$$d_i^{**} = \begin{cases} x_i - \tau \frac{2L_i(x_i)}{\bar{\rho}_k^i x_i} & \text{если идет испарение } (C_{\text{пар}} < C_{\text{пов}}^i(x_i)), \\ x_i & \text{иначе.} \end{cases}$$

Массообмен капель с окружающей сре-

дой описывается величинами:

$$\Phi_i^0 = \pi \int_{d_i^{**}}^{d_i^*} n_i(D) DL_i(D) dD; \quad \Phi_i^- = \pi \int_{x_i}^{d_i^{**}} n_i(D) DL_i(D) dD; \quad \Phi_i^+ = \pi \int_{d_i^*}^{y_i} n_i(D) DL_i(D) dD.$$

Поток пара при конденсации и испаре-

нии [1] определяется величиной

$$L_i(d) = \frac{C_{\text{пар}} - C_{\text{пов}}^i(d)}{\frac{1}{\text{Nu}_{\text{AB}} \langle D_{\text{пар}} \langle d \rangle \rangle D_{\text{пар}} \langle d \rangle M_k} + \frac{P_{\text{насыщ}}^0(T-273,15)}{RT} \frac{h_{\text{исп}}}{\text{Nu}_T \lambda \langle d \rangle} \left( \frac{h_{\text{исп}} M_k}{RT} - 1 \right)},$$

где  $\text{Nu}_{\text{AB}} \langle D \rangle$  – местное диффузионное число Нуссельта;  $D_{\text{пар}} \langle d \rangle$  – коэффициент диффузии пара вблизи поверхности капли диаметром  $d$ ;  $\text{Nu}_T$  – местное число Нуссельта, характеризующее теплоотдачу;  $h_{\text{исп}}$  – удельная теплота испарения вещества капли;  $\lambda \langle d \rangle$  – коэффициент теплопроводности воздуха вблизи поверхности капли.

Поток  $j$ -го газообразного вещества между капельной и несущей фазами:

$$\tilde{\Phi}_{j,i}^0 = \pi \tilde{L}_j^i \int_{d_i^{**}}^{d_i^*} n_i(D) D dD;$$

$$\tilde{\Phi}_{j,i}^- = \pi \tilde{L}_j^i \int_{x_i}^{d_i^{**}} n_i(D) D dD;$$

$$\tilde{\Phi}_{j,i}^+ = \pi \tilde{L}_j^i \int_{d_i^*}^{y_i} n_i(D) D dD;$$

$$\tilde{L}_j^i = \text{Nu}_{\text{AB}} \langle D_{C_j} \rangle D_{C_j} \left( C_j - \frac{\tilde{\gamma}_j^i}{H_j(T_k^i) RT} \right);$$

$$\tilde{\gamma}_j^i = \frac{6\gamma_j^i}{\pi \int_{x_i}^{y_i} n_i(D) D^3 dD},$$

где растворимость  $j$ -го газа выражается коэффициентом Генри:

$$H_j(T) = H_j^{298} e^{-\frac{\Delta H_j}{R} \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{298} \right)},$$

причем  $H_j^{298} = H_j(298)$ ;  $\Delta H_j$  – удельная теплота растворения.

Были проведены численные эксперименты по моделированию динамики популяции мелких капель в различных услови-

ях. Сравнение с результатами, полученными путем прямого моделирования  $M$  капель, показало, что при существенно меньшей вычислительной нагрузке (теоретически не менее чем в  $M/(2Z)$  раз) погрешность предложенной модели варьировалась в диапазоне  $2 \div 10\%$ .

## ВЫВОДЫ

Предложена математическая модель влажного микроклимата в производственных помещениях, учитывающая большое число значимых факторов. Модель может

быть использована при разработке и модернизации систем вентиляции предприятий текстильной промышленности.

## ЛИТЕРАТУРА

*Seinfeld J.H., Pandis S.N.* Atmospheric Chemistry and Physics. – Wiley, New York, 1998.

*Xue H., Feingold G.* (2004). A modeling study of the effect of nitric acid on cloud properties // *J. Geophys. Res.*, 109, D18204.

Рекомендована кафедрой прикладной математики и информационных технологий. Поступила 22.12.05.

УДК 677.027

## СИНТЕЗ ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОПТИМАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТИРОВКОЙ ТКАНИ

*Е.С. КОНСТАНТИНОВ, Е.Н. КАЛИНИН*

(Ивановская государственная текстильная академия)

Актуальность задачи совершенствования процесса транспортирования полотна ткани в процессах непрерывной обработки обусловлена необходимостью соблюдения всех технологических характеристик. Особое значение решение данной проблемы приобретает при обработке текстильных материалов с различными физико-механическими свойствами. В процессе синтеза систем стабилизации натяжения полотна необходимо обеспечивать их инвариантность к внешним и параметрическим возмущениям.

Для обеспечения заданного по условиям технологического натяжения материала нами была разработана система транспортирования ткани с оптимальным натяжением [1]. Кинематическая схема разработанной системы представлена на рис. 1.

Для решения задачи синтеза динамической модели системы, а также универсальности и масштабируемости ее кинематическая схема была детализирована таким образом, чтобы для каждой ее части можно

было построить локальную динамическую модель.

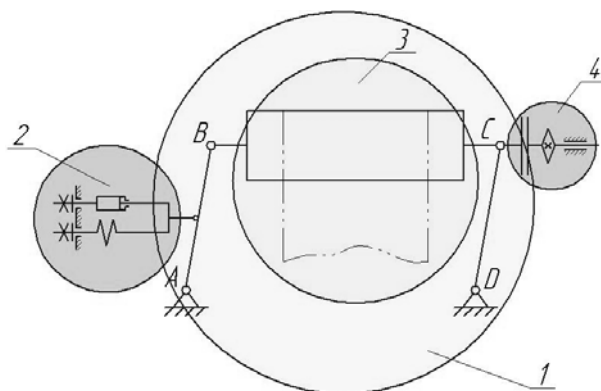


Рис. 1

Принцип детализации показан на рис. 1, где 1 – четырехшарнирный двухкоромысловый механизм; структурно-функциональный блок (СФБ) СФБ 1; 2 – демпфирующее устройство СФБ 2; 3 – система ролик – транспортируемый материал СФБ 3; 4 – фрикционная муфта СФБ 4.

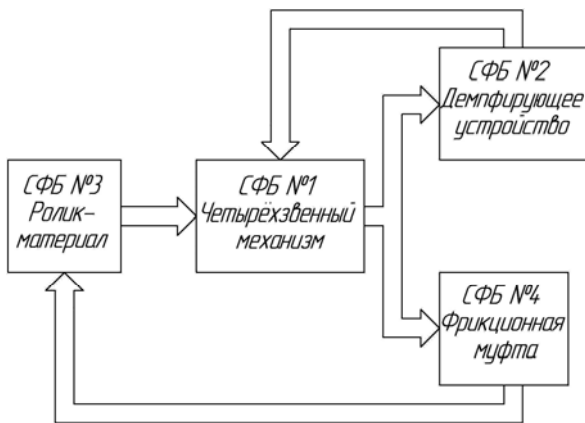


Рис. 2

В результате анализа процессов взаимодействия внутри системы кинематическая схема с учетом детализации представлена в виде структурной схемы системы, характеризующей логику взаимодействия структурно-функциональных блоков (рис.2).

С целью представления динамических параметров системы, характеризуемых геометрией масс воспринимаемыми усилиями и параметрами движения в СФБ 1, каждый из физических компонентов (коромысло или вал) был представлен средствами стандартного блока "Body" пакета SimMechanics, а характер взаимодействия этих тел между собой (в форме вращательного или поступательного движения) описан посредством блока "Joint" [2].

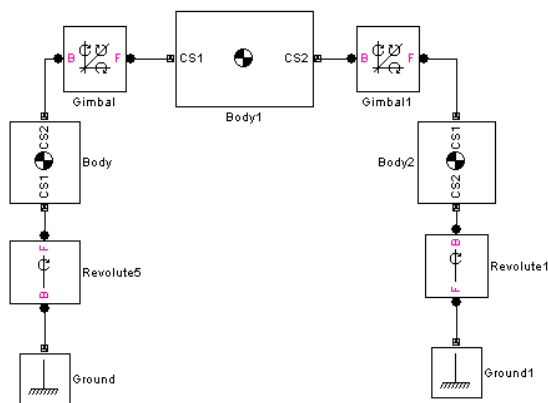


Рис. 4

Для построения реологической модели (рис. 5) демпфирующего устройства СФБ 2 была введена обратная связь по перемещению Body2 вдоль оси x (рис.3).

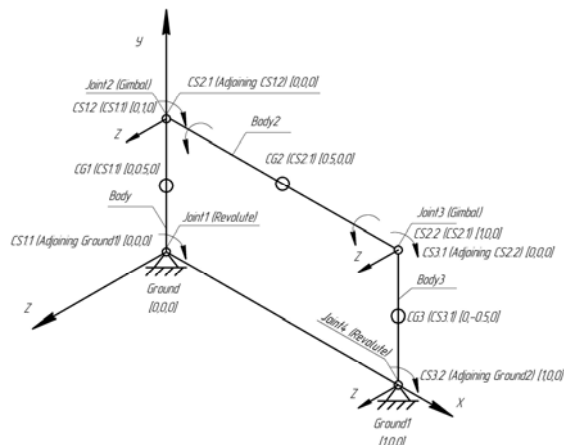


Рис. 3

Кинематическая схема четырехзвенного механизма в изометрической проекции показана на рис. 3, где изображен каждый ее элемент и указаны его координаты в абсолютной или относительной системе координат.

Типовые элементы пакета SimMechanics были соединены между собой, кроме того, в соответствии с рис. 3 было настроено расположение точек, определяющих их кинематические характеристики.

В результате синтезирована модель СФБ 1, представленная на рис. 4. Ее динамические свойства определяются взаимодействием в соответствии с рис. 2.

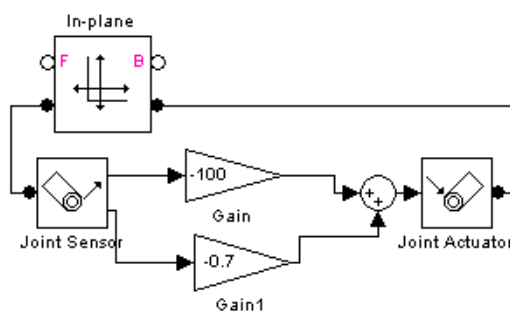


Рис. 5

После проведения анализа СФБ 3 был дополнительно детализирован и представлен в виде схемы (рис. 6), где 1 – модель ткани при транспортировании по дуге об-

хвата СФБ 3.1; 2 – реологическая модель транспортируемого материала СФБ 3.2.

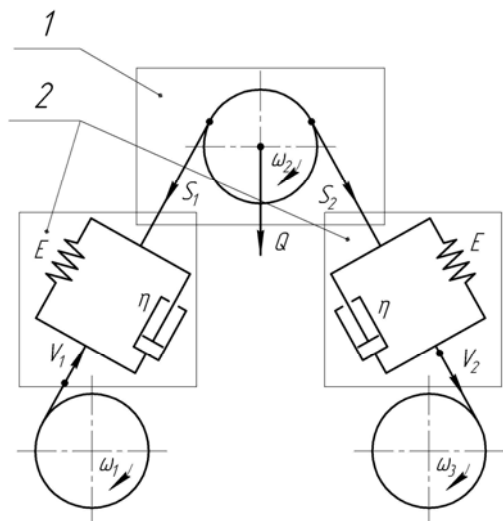


Рис. 6

Модель ткани на дуге обхвата характеризуется функцией вида [3]:

$$S_2 = S_1 - \left(1 - \frac{V_2}{V_1 + V_B}\right)EB, \quad (1)$$

где  $V_1$  – собственная скорость материала набегающей ветви (м/с);  $V_B$  – приращение скорости вала от замыкания фрикционной муфты (м/с);  $V_2$  – скорость сбегающей ветви (м/с);  $S_1$  и  $S_2$  –натяжение материала до и после ролика соответственно, Н;  $E$  – модуль упругости транспортируемого материала, Н/м<sup>2</sup>;  $B$  – площадь поперечного сечения полотна ткани м<sup>2</sup>.

Упруговязкие свойства транспортируемого материала представлены в виде реологической модели СФБ 3.2 [4], [5], объединенной в виде подсистемы (рис. 7).



Рис. 7

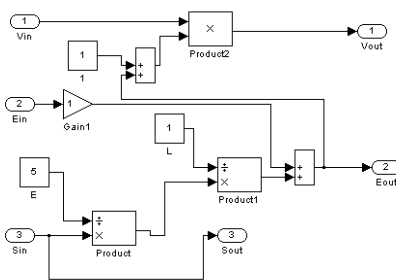


Рис. 8

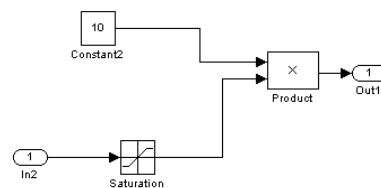


Рис. 9

Исследуемая нами реологическая модель Кельвина-Фойгта внутри подсистемы (рис. 7), реализованная средствами пакета Simulink, представлена на рис.8.

Модель фрикционной муфты СФБ №4 [6] реализована на основе графиков зависимости момента трения от времени включения и выключения муфты и представлена на рис.9.

Таким образом, глобальная динамическая модель (рис. 10) системы представлена в виде систем, состоящих из логически взаимосвязанных структурно-функциональных блоков.

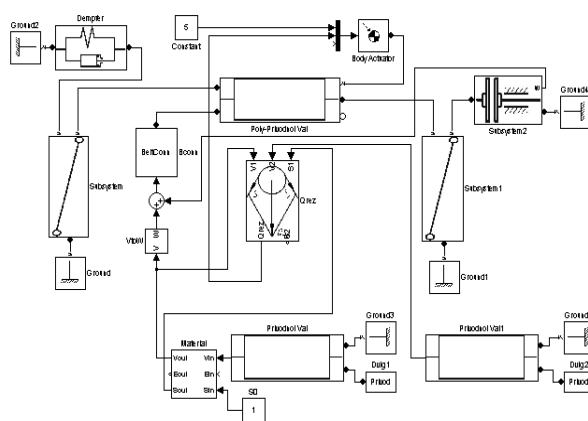


Рис. 10

## ВЫВОДЫ

1. Установлена логическая взаимосвязь компонентов системы, характеризующая внутренними их свойствами на уровне физико-механических параметров.

2. Решена задача синтеза динамической модели оптимальной системы транспортирования ткани с заданными физико-механическими свойствами и технологическими условиями транспортирования, которая является основой для проведения компьютерного анализа.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Константинов Е.С.* Концептуальная модель системы транспортировки ткани с заданным натяжением // Вестник Научно-промышленного общества. – М., 2005, вып. 9. С.44...45.

2. MatLab 6.5 Help, 1994-2006 The MathWorks, Inc.

3. *Константинов Е.С.* Концептуальная и математическая модели системы транспортировки ткани с заданным натяжением // Тр. V Междунар. конф.: Идентификация систем и задачи управления "SICPRO'06". – М., Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН. 30 января – 2 февраля, 2006, доклад № 2213.

4. *Глазунов В.Ф., Прокушев С.В.* Автоматизация оборудования для непрерывной обработки текстильных материалов // ИГУ: Иваново, 2002.

5. *Мигушов И.И.* Механика текстильной нити и ткани: Моногр. – М.: Легкая индустрия, 1980.

6. *Поляков В.С., Барбаш И.Д., Ряховский О.А.* Справочник по муфтам / Под ред. Полякова В.С. – 2-е изд., испр. и доп. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд., 1979.

Рекомендована кафедрой теплотехники. Поступила 30.01.06.

УДК 677.023.23.001.18 (043.3)

## РАЗРАБОТКА И ПРОМЫШЛЕННОЕ ОСВОЕНИЕ МОТАЛЬНЫХ ПАКОВОК СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

*С.Д. НИКОЛАЕВ, И.Н. ПАНИН, С.И. МОРОЗОВ*

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина,  
Димитровградский институт технологии, управления и дизайна)

Главные тенденции развития текстильного производства заключаются в создании новых технологий формирования изделий, используемых в различных отраслях народного хозяйства (от изделий бытового назначения до изделий, используемых в военных отраслях), и соответствующего высокопроизводительного оборудования, которое позволяло бы получать нужные продукты производства с требуемыми свойствами.

Одним из основных переходов технологического процесса текстильного производства является процесс перематывания пряжи и нитей различной структуры и физико-механических свойств. Это и перематывание пряжи при производстве тканей и трикотажа, синтетических нитей из химических волокон, металлической проволоочки, лески, плечочных нитей и т.д.

Данный процесс, несмотря на кажущуюся простоту, постоянно совершенствуется с целью обеспечения высокой производительности технологического оборудования, перерабатывающего мотальные паковки, снижения сырьевых затрат на выпуск продукции за счет сокращения отходов производства, формирования новых композиционных материалов и т.д.

Современное мотальное оборудование позволяет получать мотальные паковки увеличенных габаритов массой от 3 до 8 кг. Скоростные режимы перематывания возросли в 2...4 раза по сравнению с классическими видами оборудования.

Созданы теоретические предпосылки формирования структур намотки мотальных паковок с учетом особенностей процессов, в которых паковка будет использоваться в

дальнейших переходах для переработки паковок, удовлетворяющих определенным эксплуатационным требованиям; необходимо, прежде всего, определить геометрические, кинематические и динамические условия процесса наматывания и их осуществления.

Технически это сводится к определению главных параметров, определяющих структуру намотки паковок, и созданию соответствующего мотального механизма. От выбора способа наматывания и правильности определения главного критерия, влияющего на структуру намотки, зависит качество выпускаемой продукции, производительность труда и оборудования. Процесс перематывания имеет большое технологическое значение.

Мотальные паковки, используемые при выработке бытовых и некоторых видов технического текстиля, вполне удовлетворяют существующим технологиям переработки нитей, из которых сформированы.

Однако в ряде случаев возникает потребность в формировании паковок, обладающих вполне определенными технологическими свойствами. Например, при выработке технических суконов используют пряжу значительной линейной плотности (500...1000 текс.). Пряжу такой линейной плотности (толщины) нецелесообразно перематывать в бобины и трубчатые початки обычных размеров. В этом случае используется специальное мотальное оборудование, позволяющее формировать паковки увеличенных габаритов.

Мотальные паковки, в которых осуществляется крашение и отбеливание пряжи,



также должны формироваться на специализированном оборудовании, позволяющем получать рыхлую структуру намотки и равномерную удельную плотность в осевом и радиальном направлениях паковки.

Паковки подобного вида получили название паковок специального назначения. К ним можно отнести:

- мотальные паковки увеличенных габаритов и паковки повышенной удельной плотности намотки;

- мотальные паковки, в которых осуществляется крашение и отбеливание нитей;

- мотальные паковки, используемые в качестве трубчатых текстильных фильтров и аэраторов;

- мотальные паковки заданной формы и размеров.

Структура намотки таких паковок должна соответствовать технологии их последующей переработки и использования в других отраслях народного хозяйства.

Мотальные паковки увеличенных габаритов (трубчатые початки, бобины ракетной формы и т.д.) используют при переработке нитей значительной линейной плотности – это комбинаты технических сукон, предприятия, перерабатывающие жгутовые нити. В этом случае мотальной паковке (или раскладчику нити) при ее формировании кроме вращательного (возвратно-поступательного) движения сообщается перемещение в осевом направлении паковки, которое вызывает появление дополнительного угла сдвига между витками различных пар слоев намотки и оказывает значительное влияние на ее структуру.

Вполне очевидно, что для формирования таких паковок должно применяться специализированное оборудование, обладающее вполне определенными конструктивными параметрами. В отечественной промышленности для этой цели используют мотальные машины иностранных фирм, конструкция и технологические возможности которых практически не освещены в нашей литературе.

Для еще большего увеличения длины нитей, размещаемых на таких паковках, необходимо, чтобы они обладали максимально возможной плотностью намотки. Последнее может быть достигнуто за счет увеличения натяжения наматываемых нитей, повышения степени прессования намотки укаты-

вающим валиком или за счет более упорядоченного расположения витков нитей на паковке, то есть формирования на ней сомкнутой намотки.

Наиболее эффективен последний способ – увеличения плотности намотки мотальных паковок, так как он позволяет не только сохранить физико-механические свойства перематываемых нитей, но и существенно повысить равномерность витков на поверхности наматывания, что значительно уменьшает количество их слетов при разматывании паковки и, следовательно, делает этот процесс более эффективным.

Мотальные паковки, в которых осуществляется крашение и отбеливание пряжи, представляют собой своеобразные радиальные фильтры, структура намотки и форма которых существенно влияют на гидравлические характеристики паковок, а следовательно, на глубину и равномерность окрашивания пряжи.

Основой технологического процесса крашения пряжи в паковках является равномерная циркуляция красильного раствора через толщу тела намотки. Продолжительность крашения можно сократить, а качество окраски пряжи улучшить за счет создания более интенсивной равномерной циркуляции раствора через окрашиваемые нити, равномерное распределение которых на паковке не должно нарушаться фильтрационным (красильным) потоком.

Мотальные паковки могут быть использованы в качестве фильтрующих элементов различного вида фильтров, разделяющих суспензии, то есть неоднородные смеси, состоящие из твердых частиц и жидкости (топливные фильтры, трубчатые текстильные фильтры для очистки питьевой воды, различных технологических растворов, например, при производстве кинескопов цветных телевизоров и т.д.).

Тонкость очистки таких суспензий зависит от структуры намотки фильтрующих элементов. Достоинство этих фильтров состоит в том, что путем подбора соответствующей структуры намотки можно обеспечить любую степень очистки суспензий и легко освободиться от осадка путем сматывания небольшого наружного слоя намотки, за счет пакетирования отдельных картриджей. С помощью установки фильтров на общий сборный коллектор можно обеспе-

чить требуемую производительность фильтровальной установки.

В настоящее время разработана и внедрена в производство технология формирования трубчатых текстильных фильтров-аэраторов, которые успешно применяются при очистке питьевой воды от избыточного железа в локальных установках отдельных объектов (в детских садах, школах, больницах, офисах, жилых домах и т.д.), а также при биологической очистке сточных вод промышленных и бытовых стоков городов и населенных пунктов.

Отличительной особенностью фильтров-аэраторов от аналогов является возможность с их помощью обеспечить любую (заданную) производительность путем формирования картриджей размерами от 4 до 2000 см и пакетирования их на сборных коллекторах. Использование трубчатых текстильных фильтров обеспечивает резкое снижение себестоимости очистки данного кубометра воды и значительно повышает ее качество. Кроме того, данные фильтры используются при очистке технических жидкостей СОЖ (при его транспортировке), воздуха, дымов и т.д.

Применение трубчатых фильтров позволяет решать многие современные экологические задачи. На международных салонах

изобретений в Париже, Женеве, Брюсселе, Москве разработанные в наших организациях мотальные паковки – трубчатые текстильные фильтры-аэраторы – отмечены многими медалями и дипломами различного уровня. В настоящее время они успешно применяются на различных объектах народного хозяйства России.

Вопрос о формировании паковок заданной формы и размеров, используемых в качестве композиционных материалов, связан с решением вопроса определения закономерности перемещения нитеводителя в направлении образующей паковки и дальнейшим развитием теории перематывания нитей.

В итоге необходимо отметить, что в промышленности и в народном хозяйстве в целом паковки специального назначения находят самое широкое применение. Вопрос, связанный с развитием теории получения таких паковок, имеет не только народно-хозяйственное, но и стратегическое значение, поскольку касается их использования в аэрокосмических и военных технологиях.

Рекомендована кафедрой ткачества МГТУ им. А.Н. Косыгина. Поступила 02.02.06.

УДК 536.24

## **АНАЛИТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФОРМУЛ ТЕПЛООВОГО БАЛАНСА ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ОРГАНИЗМА ДЛЯ ПОСЛЕДУЮЩЕГО РАСЧЕТА ТЕРМИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ СТЕГАНЫХ ОДЕЯЛ**

*К.Э. РАЗУМЕЕВ, А.В. РАЗБРОДИН*

**(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина,  
ОАО НПК "ЦНИИШерсть")**

При всем многообразии выпускаемых различными отечественными и зарубежными фирмами стеганых одеял, как показала проведенная нами их систематизация и классификация [1], основным их назначением является снижение теплопотерь человеческого организма во время сна, создание под одеялом необходимого микроклимата. Создаваемый микроклимат

должен обеспечить человеку во время сна тепловой комфорт, отвечающий определенным медико-гигиеническим требованиям [2].

Тепловое равновесие (тепловой баланс) между организмом человека во время сна и окружающей его средой соответствует условиям комфорта и зависит, в первую очередь, от температуры воздуха в помеще-

нии, где спит человек, характеристики и свойств постельных принадлежностей (одеяла, подушки, матраца), а также величины теплопродукции человека. Тепловое состояние человека во время покоя (положение лежа) и сна принимается нами в качестве основы для проектирования стеганых одеял.

Теоретически можно рассматривать одеяла как определенное подобие верхней одежды человека во время сна. Тогда к одеялам можно предъявлять определенные требования, как и к одежде. Одеяла, как и одежда, должны удовлетворять определенным характеристикам термического сопротивления для сохранения теплового баланса человека.

При этом окружающая среда, то есть температура воздуха и влажность в помещении, всегда более стабильны и изменяются в меньших пределах, чем за пределами помещения. Однако в состоянии сна человек не имеет возможности регулировать одеялом, как одеждой во время бодрствования, поэтому требования к свойствам одеял, расчет этих требований (термического сопротивления, воздухо- и паропроницаемости) должен быть более тщательным и точным, учитывающим специфику состояния спящего человека.

Величина теплового потока тела человека определяется из уравнения теплового баланса.

Уравнения теплового баланса, представленные в различных литературных источниках, хотя близки по построению, но отличаются как по отдельным элементам, так и по формулам, определяющим эти элементы.

Так, В.П. Скляльников [3] считает, что условия теплового равновесия, обеспечивающие состояние комфорта, могут быть выражены равенством:

$$M \pm R \pm C - E = \pm Q, \text{ Вт}, \quad (1)$$

где  $M$  – теплопродукция организма;  $R$  – теплопередача радиацией (теплоизлучением);  $C$  – теплопередача конвекцией (перемещением воздуха);  $E$  – теплопередача ис-

парением;  $Q$  – разница между  $M$  и суммой  $R, C, E$ .

Величины теплопередачи радиацией  $R$  и конвекцией  $C$  могут иметь как положительные, так и отрицательные значения.

Если температура наружной среды ниже температуры тела, то  $R$  и  $C$  отрицательны, то есть имеет место отдача тепла телом во внешнюю среду. Если температура среды выше температуры тела, то  $R$  и  $C$  положительны, то есть имеет место получение организмом тепла извне.

Теплоотдача испарением  $E$  всегда имеет отрицательный знак (организм отдает тепло). Тепловое равновесие имеет место только при  $Q = 0$ , если  $Q$  со знаком минус – требуется теплоизоляция, со знаком плюс – требуются меры по отведению тепла (в противном случае наступает перегревание организма).

При значениях  $+Q_1; +R_1; +C$  восстановить равновесие возможно, только увеличив теплопередачу испарением.

В зависимости от условий внешней среды соотношения между  $R, C$  и  $E$  могут быть различными, но чаще всего, если принять значение всей теплопередачи за 100 %,  $R = 44\%$ ,  $C = 33\%$ , а  $E = 23\%$ .

Применительно к расчету одеял, на наш взгляд,  $R$  и  $C$  будут отрицательны, так как температура воздуха в помещении, где спит человек, обычно от  $+10$  до  $+25$ , что ниже температуры кожи  $\sim 33^\circ\text{C}$ , и тела  $\sim 37^\circ\text{C}$ , то есть имеет место отдача тепла телом во внешнюю среду.

Формула (1) примет вид:

$$M - R - C - E = \pm Q, \text{ Вт}. \quad (2)$$

Тепловой комфорт во время сна достигим при  $Q = 0$ .

Р.Ф. Афанасьева [4] считает, что комфортные теплоощущения могут сохраняться у человека в течение длительного времени только при условии обеспечения теплового баланса организма.

В общем виде тепловой баланс может быть представлен следующим уравнением:

$$M + R = Q_{\text{рад}} + Q_{\text{конв}} + Q_{\text{исп}} + Q_{\text{дых}} + L \pm D, \quad (3)$$

где  $M$  – энергетические затраты человека, Вт;  $R$  – тепло, получаемое человеком извне (за счет солнечной радиации или иных источников лучистого тепла), Вт;  $Q_{\text{рад}}$  – потери тепла радиацией, Вт;  $Q_{\text{конв}}$  – потери тепла конвекцией, Вт;  $Q_{\text{исп}}$  – потери тепла испарением влаги, Вт;  $Q_{\text{дых}}$  – потери тепла дыханием (за счет нагревания вдыхаемого воздуха), Вт;  $L$  – затраты тепла на механическую работу, Вт;  $D$  – дефицит тепла в организме человека, Вт.

Определение теплового баланса и степени его нарушения позволяет оценить теплоизоляционные свойства одежды, а также спрогнозировать время возможного пребывания человека в условиях ее эксплуатации.

В нашем случае при расчете одеял, когда человек находится в состоянии практически абсолютного покоя (лежа; во сне), фактически вся энергия, образующаяся при обмене  $M$ , выделяется в виде тепла  $Q$ .

Кроме того, человек не получает тепла извне (за счет солнечной или другой лучистой энергии) и не затрачивает тепло на механическую работу, То есть  $R=0$  и  $L=0$ .

При  $M = Q$  уравнение запишется так:

$$Q = Q_{\text{рад}} + Q_{\text{конв}} + Q_{\text{исп}} + Q_{\text{дых}} \pm D, \text{ Вт. (4)}$$

На основе исследований зарубежных авторов (Fanger P.O. Thermal Comfort. Copenhagen. 1970, 244 s.) в [4] приводятся данные энергозатрат человека при различной физической деятельности (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

| Вид физической деятельности | Энергозатраты, М/С*, Вт/м | Эффективность механической работы, п | Подвижность воздуха, вызываемая движением человека, м/с |
|-----------------------------|---------------------------|--------------------------------------|---|
| Покой                       | 40,6                      | 0                                    | 0   |
| Полулежа                    | 46,5                      | 0                                    | 0   |
| Сидя                        | 58,1                      | 0                                    | 0   |
| Стоя                        | 69,7                      | 0                                    | 0   |

П р и м е ч а н и е. \*S – в данном случае – поверхность тела человека, м.

Данные об энергозатратах необходимы при расчетах допустимой величины теплопотерь организма, которые являются основой расчета теплового сопротивления одежды, требующегося для обеспечения нормальных условий теплообмена организма.

При изложении основ теории приближенного теплового расчета одежды П.А. Колесников в [5] приводит формулу Бютнера (с. 208). Бютнер (Buttner K. Compendium of Meteorology. Baston, 1952) предложил расчет теплового баланса тела человека вести по следующему уравнению:

$$Q = M + JF - (S + L + B)F + A + E, \text{ Вт, (5)}$$

где  $M$  – теплообразование (теплопродукция), ккал/ч;  $Q$  – накопление или потеря тепла, ккал/ч;  $J$  – тепло, поступающее с солнечной радиацией (на 1 см кожи, кал);  $F$  – поверхность тела, облучаемого солнеч-

ными лучами, м;  $S$  – теплопотери излучением, ккал/м;  $L$  – теплопотери кондукцией и конвекцией, ккал/ч;  $A$  – теплопотери, связанные с нагреванием воздуха при дыхании, ккал/ч;  $B$  – теплопотери испарением кожи, ккал/м;  $E$  – теплопотери испарением в легких, ккал/ч.

Анализируя формулу Бютнера для оценки ее применимости для расчета одеял, отмечаем, что при  $J = 0$  произведение  $JF = 0$ . Кроме того, в значении  $L$  – потерях кондукцией и конвекцией, составляющая кондукций будет отсутствовать, так как во время сна (в большинстве случаев, за исключением расположения постели на полу) человек не контактирует с твердым предметом. Остается составляющая потерь конвекцией (назовем  $L_k$ ).

Формула (5) примет вид:

$$Q = M - (S + L + B)F + A + E, \text{ Вт. (6)}$$

В целом применение данной формулы, учитывающей величину  $F$ , не подходит для расчета одеял.

Н.К. Витте [6] для расчета теплообмена тела человека с внешней средой предлагает следующую формулу:

$$\pm Q = M \pm S \pm L - E, \text{ Вт}, \quad (7)$$

где  $Q$  – величина задержанного в организме или потерянного тепла, ккал/мм;  $M$  – величина теплопродукции;  $S$  – теплоотдача радиацией;  $L$  – теплоотдача конвекцией;  $E$  – теплоотдача испарением.

Формула (7) только в самом общем виде описывает тепловой баланс человека, а для расчета одеял требуется детализация по ее отдельным компонентам.

П.А. Колесников, рассматривая вопросы теплопродукции и теплоотдачи человека [5], отметил, что общее количество тепла, отдаваемого человеком в окружающую среду в течение одного часа ( $Q$  ккал/час), в общем виде может быть определено как сумма следующих отдельных видов теплоотдачи: кондукцией  $Q_1$ ; конвекцией  $Q_2$ ; излучением  $Q_3$ ; испарением пота  $Q_4$ ; испарением влаги в легких  $Q_5$ ; нагреванием воздуха при дыхании  $Q_6$ , то есть :

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6, \text{ Вт}. \quad (8)$$

При этом отмечается, что теплопродукция организма человека должна быть равной теплоотдаче, что обеспечит постоянство температуры тела. Здесь же представлены отечественные и зарубежные материалы и расчеты по вопросам теплообмена организма человека с внешней средой [5].

Формула (8) при корректировке расчетов теплоотдачи кондукцией может рассматриваться и при расчете термического сопротивления одеял.

На наш взгляд, наиболее полно тепловой баланс человека представлен Р.А. Дель и др. в [7].

Авторы работы считают, что тепловой баланс достигается координацией процессов, направленных на образование тепла в организме (теплопродукция) и на его выделение (теплоотдача).

Теплообразование (теплопродукция) в наибольшей степени зависит от физиологических факторов, теплоотдача – от физических факторов окружающей среды. Физиологический фактор регулирует передачу тепла от внутренних органов и тканей человека к поверхности кожи.

В общем виде тепловой баланс человека представлен следующим уравнением:

$$Q_{\text{т.п}} + Q_{\text{т.в}} = Q_{\text{рад}} + Q_{\text{конв}} + Q_{\text{конд}} + Q_{\text{исп.д}} + Q_{\text{исп.дых}} + Q_{\text{исп.п}} + Q_{\text{дых.н}} \pm D, \text{ Вт}, \quad (9)$$

где  $Q_{\text{т.п}}$  – теплопродукция человека;  $Q_{\text{т.в}}$  – внешняя тепловая нагрузка (например, вследствие солнечной радиации);  $Q_{\text{рад}}$  – потери тепла радиацией;  $Q_{\text{конв}}$  – потери тепла конвекцией;  $Q_{\text{конд}}$  – потери тепла кондукцией;  $Q_{\text{исп.д}}$  – потери тепла вследствие испарения диффузионной влаги с поверхности кожи;  $Q_{\text{исп.дых}}$  – потери тепла вследствие испарения дыхания;  $Q_{\text{исп.п}}$  – потери тепла вследствие испарения пота;  $Q_{\text{дых.н}}$  – потери тепла вследствие нагревания вдыхаемого воздуха;  $D$  – изменение теплосодержания организма относительно комфортного уровня (дефицит тепла).

Все слагаемые уравнения теплового баланса отнесены к единице времени и выражены в ваттах.

Рассмотрим более подробно данное уравнение применительно к состоянию человека во время покоя (лежа) или комфортного сна.

Левая часть уравнения описывает теплопродукцию человека  $Q_{\text{т.п}}$  с возможной дополнительной тепловой нагрузкой  $Q_{\text{т.в}}$ . Что касается  $Q_{\text{т.в}}$ , то для рассматриваемого нами случая, оно отсутствует. В нашем случае вся энергия, вырабатываемая в теле человека  $Q_{\text{т.п}}$  – превращается полностью в тепловую  $Q_{\text{э.т}}$ , так как отсутствует внешняя механическая работа.

Тепловая энергия образуется в организме человека в результате биологического обмена веществ путем химических реакций с выделением тепла. Количество энергии, расходуемое организмом в состоянии покоя, соответствующей минимальной активности механизма терморегу-

ляции, называется основным (стандартным) обменом  $Q_0$ .

Таким образом, в левой части уравнения имеем:

$$Q_{т.п} + Q_{т.в} = Q_{э.т} + 0 = Q_0, \text{ Вт, (10)}$$

то есть теплопродукция человека в состоянии покоя (сна) равна основному обмену организма человека:

$$Q_{т.п} = Q_0.$$

В правой части уравнения (9), при нахождении человека в постели в состоянии сна или покоя, величиной  $Q_{конд}$  можно пренебречь, если постель не соприкасается непосредственно с твердым предметом (полом, землей и др.).

В современной кровати (диване, тахте) матрац, на котором спит человек, не соприкасается непосредственно с полом. Если матрац или то, что его заменяет, соприкасается с полом (частный случай), величина  $Q_{конд}$  учитывается в расчетах.

Кроме того, в обычных условиях в состоянии комфортного сна или покоя (лежа) с тела человека выделяется пар (так называемое сухое охлаждение), но не пот (так называемое мокрое охлаждение), то есть величину  $Q_{п}$  – потери тепла вследствие испарения пота, можно исключить.

Что касается дефицита тепла в организме в состоянии покоя (лежа) или сна, то его величина  $D$  – равна 0, если средства защиты человека во время сна (в нашем случае стеганые одеяла с наполнителем) обеспечивают тепловой баланс организма.

С этой целью, учитывая, что во время сна может иметь место постепенное понижение температуры окружающего воздуха, тепловое сопротивление стеганых одеял в дальнейшем рекомендуется рассчитывать

при наиболее низкой во время сна температуре в помещении, где спит человек.

Таким образом, уравнение теплового баланса организма человека во время покоя (лежа) или сна при комфортных теплоощущениях окончательно примет вид:

$$Q_0 = Q_{рад} + Q_{конв} + Q_{исп.д} + Q_{исп.дых} + Q_{дых.п}, \text{ Вт. (11)}$$

## ВЫВОДЫ

На базе аналитического исследования формул, предлагаемых различными авторами, найдено уравнение теплового баланса организма человека во время покоя (лежа) или сна при комфортных теплоощущениях.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Разбродин А.В.* Систематизация и классификация стеганых одеял с различными видами наполнителей // *Текстильная промышленность*. – 2003, № 7-8.
2. *Разбродин А.В.* Медико-гигиенические аспекты требований к созданию стеганых одеял. Здоровье населения и среда обитания. Информационный бюллетень. Ноябрь 2004, №11 (140). Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России.
3. *Склянный В.П.* Потребительские свойства текстильных товаров. – М.: Экономика, 1982.
4. *Афанасьева Р.Ф.* Гигиенические основы проектирования одежды для защиты от холода. – М.: Легкая индустрия, 1977.
5. *Колесников П.А.* Теплозащитные свойства одежды. – М.: Легкая индустрия, 1965.
6. *Vimte Н.К.* Тепловой обмен человека и его гигиеническое значение. – Киев: Госмедиздат, 1956.
7. *Дель Р.А., Афанасьева Р.Ф., Чубарова З.С.* Гигиена одежды. – М.: Легкая индустрия, 1979.

Рекомендована кафедрой технологии шерсти.  
Поступила 25.01.06.

## НАЧАЛЬНОЕ НАТЯЖЕНИЕ НИТИ В ПРОЦЕССЕ ОСЕВОГО СМАТЫВАНИЯ С КОНИЧЕСКОЙ БОБИНЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПОДВИЖНОГО НИТЕНАПРАВИТЕЛЯ\*

В.В. КАПРАЛОВ, Д.В. ЗРЮКИН, Е.Н. НИКИФОРОВА, Л.И. КИСИН

(Ивановская государственная текстильная академия)

Первопричина отклонений входного натяжения нити – изменение условий сматывания нити с паковки.

Характер изменения натяжения разматываемой нити на вязальных машинах существенно отличается от условий перемотывания пряжи на мотальных машинах. Причина этого заключается в том, что продольная скорость сматывания нити с паковки на вязальных машинах обычно не превышает 0,5 м/с, что в несколько раз ниже скорости нити на мотальных машинах.

В этих условиях натяжение нити определяется прежде всего не динамическими составляющими, а составляющей сил трения при сходе разматываемого витка нити с паковки [1]. Нити малой линейной плотности при осевом сматывании с конической паковки могут задевать за ее верхний торец, что увеличивает неравномерность натяжения нити и снижает ее качество.

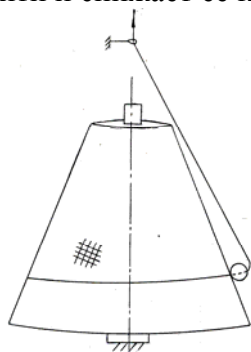


Рис. 1

В этом случае на сматываемый участок нити нами предлагается нанизывать керамический шарик с внутренним сквозным отверстием (рис.1) – нить отделяется от паковки на величину радиуса шарика и ус-

ловия сматывания становятся более равномерными. Керамический шарик свободно скользит по сматываемому участку нити и этот участок не трется по поверхности намотки.

Материал для изготовления шарика – керамика, так как между керамикой и материалом пряжи трение минимальное. Вес шарика  $G_{ш}$  подбирается таким, чтобы он был намного меньше разрывной нагрузки пряжи  $P_{разр}$  и в случае пульсирующего натяжения  $T_0$  при сматывании не создавал излишних сил инерции, способных разорвать пряжу. Также следует отметить, что вес шарика должен быть больше или равен силе отделения витков от поверхности намотки  $F_{от}$ :  $P_{разр} \gg G_{ш} \geq F_{от}$ .

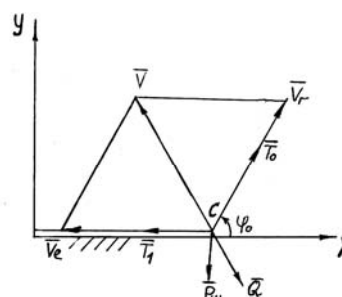


Рис. 2

Рассмотрим участок нити вблизи точки отрыва при осевом сматывании с паковки [2]. Если взять отрезки малой длины по обе стороны от точки отрыва С, то выделенный таким образом участок нити в первом приближении можно принять расположенным в плоскости (рис.2). Нить предполагаем гибкой, нерастяжимой и закрепленной на левом конце.

В этом случае при постоянной скорости сматывания  $V_T$  скорость точки С рас-

\* Работа выполнена при поддержке Совета по грантам Президента Российской Федерации для поддержки молодых российских ученых (МД-3638.2005.3)

кладывается на одинаковые по величине относительную и переносную составляющие:

$$V = V_r + V_e .$$

Для определения натяжения в произвольной точке нити, отрываемой от поверхности под некоторым углом  $\varphi_0$ , необходимо знать начальное натяжение  $T_0$  (натяжение в точке отрыва).

Выделим элемент нити длиной  $V_e dt$ , расположенный слева от точки излома. Обозначим:  $T_0$  – натяжение нити в области свободного движения;  $T_1$  – натяжение нити на левом конце выделенного элемента (в области прилегания к поверхности).

При отделении нити от поверхности необходимо преодолеть силу ее сцепления с соседними слоями. Сила сцепления распределена по некоторому участку нити в области свободного движения в окрестности точки С. Поскольку этот участок имеет малую длину, будем рассматривать, как это принято в сопротивлении материалов [3], силу сцепления  $Q$  сосредоточенной в точке С. В этой же точке сосредоточен и вес подвижного нитенаправителя (керамического шарика)  $G_{ш}$ .

Сила сцепления препятствует движению выделенного элемента. Рассмотрим случай, когда она направлена в сторону, противоположную движению элемента.

Процесс отделения нити от паковки при осевом сматывании можно представить как явление косоугольного удара по гибкой нити материальной точкой с постоянной скоростью  $V$ .

В соответствии с теорией косоугольного удара по гибкой нити используем теорему об изменении количества движения для выделенного элемента нити. Пренебрегая весом элемента, получим в проекциях на неподвижные оси  $X, Y$ :

$$\left. \begin{aligned} \mu V_e V \cos(x, \bar{V}) &= T_0 \cos \varphi_0 - T_1 + Q \sin \frac{\varphi_0}{2} , \\ \mu V_e V \sin(x, \bar{V}) &= T_0 \sin \varphi_0 - Q \cos \frac{\varphi_0}{2} - P_{ш} , \end{aligned} \right\} (1)$$

где  $\mu$  – линейная плотность нити.

Учитывая, что

$$V = 2V_e \sin \frac{\varphi_0}{2} ,$$

после простейших преобразований получим:

$$\left. \begin{aligned} \mu V_e^2 (1 - \cos \varphi_0) &= T_1 - T_0 \cos \varphi_0 - Q \sin \frac{\varphi_0}{2} , \\ \mu V_e^2 \sin \varphi_0 &= T_0 \sin \varphi_0 - Q \cos \frac{\varphi_0}{2} - P_{ш} . \end{aligned} \right\} (2)$$

Из второго уравнения (2) найдем:

$$T_0 = \mu V_e^2 + \frac{Q}{2 \sin \frac{\varphi_0}{2}} + \frac{P_{ш}}{\sin \varphi_0} . \quad (3)$$

Формула (3) показывает, что усилие отрыва нити от горизонтальной поверхности складывается из инерциальной составляющей, составляющей, которая зависит от силы сцепления нити с поверхностью и составляющей, учитывающей вес подвижного нитенаправителя.

Таким образом, натяжение  $T_0$ , необходимое для отрыва нити, растет с увеличением скорости сматывания, линейной плотности нити, силы сцепления, веса подвижного нитенаправителя и падает – с увеличением угла отрыва.

## ВЫВОДЫ

1. Определено начальное натяжение нити при осевом сматывании с учетом сил сцепления нити с поверхностью паковки и весом подвижного нитенаправителя.
2. Даны рекомендации для проектирования и использования подвижного нитенаправителя.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Цитович И.Г. Технологическое обеспечение качества и эффективности процессов вязания поперечно-вязаного трикотажа. – М.: Легпромбытиздат, 1992.
  2. Корягин С.П. Натяжение нити в зоне сматывания: Дис...канд. техн. наук. – Иваново, 1972.
  3. Беляев Н.М. Сопротивление материалов. – М.: Наука, 1976.
- Рекомендована кафедрой начертательной геометрии и черчения. Поступила 02.12.05.



# УПРАВЛЕНИЕ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ НА РЕГИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ НА ПРИМЕРЕ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

О.В. МЕЛЬНИКОВА

(Ивановский филиал Российского университета кооперации)

Децентрализация экономической политики государства и законодательное закрепление полномочий за субъектами Российской Федерации привело к локализации социально-экономических систем и формированию региональных рынков, что позволяет определить регион, как часть территории Российской Федерации, совпадающую с границами территории субъекта Российской Федерации.

Это объясняется целым рядом обстоятельств, среди которых можно выделить следующие: формирование регионов нового общественно-политического и экономического качества; реформирование отношений собственности; трансформация механизмов управления экономикой на федеральном уровне; становление объективных потребностей нового, менее централизованного хозяйственного механизма; формирование двух уровней собственности: государственной и муниципальной; трансформация бюджетно-финансовой системы страны, формирование бюджетного федерализма.

Региональные органы власти и управления несут основную ответственность за комплексное социально-экономическое развитие территории, обеспечение нормальных условий жизнедеятельности населения, развитие производственно-экономических комплексов и обеспечение их эффективной структуры.

Это позволяет рассматривать инвестиционную сферу региона как структурную составляющую экономики субъекта Российской Федерации, представляющую собой взаимосвязанную совокупность отраслей и организаций, включая управление, осуществляющих аккумуляцию ресурсов и долгосрочные вложения в экономику региона с целью получения прибыли, социально-экономического или другого полезного эффекта.

Решение проблемы повышения эффективности инвестиционной деятельности, в частности, в сфере текстильной промышленности России, и функционирование инвестиционной сферы регионов, является

чрезвычайно актуальной задачей в современных условиях.

Специфическими особенностями региональной инвестиционной сферы являются.

1. Особенности федеративного устройства страны, распределения предметов ведения и полномочий между федеральным центром и субъектами федерации.

2. Различия в уровнях развития региональных, хозяйственных комплексов. В настоящее время в регионах Российской Федерации сформировались, по сути, различные типы экономик – от малоразвитых – аграрных, текстильных до высокоразвитых – индустриальных и даже постиндустриальных.

3. Усиление неоднородности экономического пространства по отношению к среднероссийской величине ВРП на душу населения. 79 регионов подразделяют на шесть групп. Среди этих групп более 150% от средней величины показателя относятся к группе лидеров и менее 50% – к группе аутсайдеров.

4. Особенности структур региональных, хозяйственных комплексов – значительная дифференциация природно-климатических, социальных условий, ресурсных возможностей.

5. Особенности экономической политики органов власти в различных регионах, разные типы формирующихся рынков, различный уровень вмешательства; вытекающая из них степень самостоятельности, определенная законодательством.

Все сказанное выше обуславливает необходимость формирования специфических систем управления региональной инвестиционной политикой. И особенно такая специфическая система управления необходима в областях, связанных с текстильной промышленностью.

Для выявления особенностей функционирования и развития региональных инвестиционных комплексов необходимо проанализировать процесс взаимодействия отраслей, предприятий, финансово-банковских структур, органов власти, сис-

тем управления, формирующихся при реализации федеральных и региональных программ, отдельных инвестиционных проектов.

Органы власти субъектов Российской Федерации имеют широкие полномочия и возможности создать существенно различающиеся экономические условия деятельности в регионе. Это соответствует мировому опыту организации функционирования и развития инвестиционной деятельности, когда на уровне региона решаются задачи с учетом общегосударственных интересов и его особенностей и потребностей.

Каждый регион должен разработать стратегию устойчивого развития, имеющую цель – социально направленное экономическое развитие, охрану ресурсной базы и окружающей среды для нынешней ситуации и будущего.

Государственное регулирование на уровне региона инвестиционной деятельности в форме капитальных вложений осуществляется органами государственной власти региона и может предусматривать как создание благоприятных условий для развития инвестиционной деятельности в форме капитальных вложений, так и непосредственное участие региональных органов государственной власти в инвестиционной деятельности.

Благоприятные условия для развития инвестиционной деятельности в текстильной промышленности региональные власти могут создать, в частности, путем:

- установления специальных налоговых режимов;
- защиты интересов инвесторов;
- предоставления льготных условий пользования землей и другими природными ресурсами;
- создания и развития сети информационно-аналитических центров, публикующих рейтинговые оценки инвестиционной привлекательности регионов;

– проведения антимонопольной политики.

Непосредственное участие региональных органов государственной власти в инвестиционной деятельности осуществляется в форме:

- оказания помощи в разработке инвестиционных проектов и проведении их экспертизы;
- предоставления государственных гарантий по инвестиционным проектам за счет средств регионального бюджета;
- размещения на конкурсной основе средств регионального бюджета развития (либо на возвратной срочной и платной основе, либо на условиях закрепления в государственной собственности части акций создаваемого акционерного общества);
- выпуска облигационных займов, гарантированных целевых займов;
- вовлечения в инвестиционный процесс временно приостановленных и законсервированных строек и объектов, оказавшихся в государственной собственности;
- предоставления концессий российским и иностранным инвесторам по итогам торгов (аукционам и конкурсам).

Курсивом выделены те направления государственного регулирования, которые, на наш взгляд, наиболее проблематичные в любых отраслях народного хозяйства, в том числе и для текстильной промышленности, поскольку к непосредственному участию государства необходимо относиться крайне осторожно, а в перспективе объем ресурсов, перераспределяемых с участием государства, целесообразно сокращать.

Таким образом, в работе рассматриваются, на наш взгляд, наиболее спорные формы государственной поддержки инвестиционной деятельности на региональном уровне.

Рекомендована кафедрой экономики и бухгалтерского учета. Поступила 20.03.06.

УДК 378.001.891:658.562

## **ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ПО ПРОБЛЕМАМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ И ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УСЛУГ**

*М.В. ГОРШЕНИНА, Б.Н. ГУСЕВ*

**(Сызранский филиал Самарского государственного технического университета,**

24 и 25 ноября 2005 г. в Сызранском филиале Самарского государственного технического университета (СфСамГТУ) состоялась VIII Всероссийская научно-техническая конференция "Проектирование, контроль и управление качеством продукции и образовательных услуг". Организаторами ее явились Министерство образования и науки Российской Федерации, Всероссийский исследовательский центр по проблемам качества подготовки специалистов, Международная академия наук педагогического образования, Тольяттинский государственный университет, администрация г. Сызрани и СфСамГТУ.

Главная цель конференции заключалась в обобщении опыта и консолидации усилий научных, педагогических и практических работников в области решения проблемы повышения конкурентоспособности потребительской продукции (услуг) путем решения научных и практических задач проектирования, контроля и управления их качеством.

В рамках конференции работали три секции: управление качеством на производстве, управление качеством в образовании, средства и методы управления качеством, а также научно-практический семинар по проблемам организации систем менеджмента качеством в образовательных учреждениях, надежности производственных систем и квалиметрическому обеспечению и оценке систем менеджмента качеством.

Наиболее представительной (94 доклада) являлась секция "Управление качеством в образовании". В этом же направлении на научном семинаре были осуществлены проблемные доклады проректора по качеству и инновационной работе Брянского государственного технического университета, профессора О.А. Горленко по организации систем менеджмента качеством в образовательных учреждениях и за-

ведующего кафедрой СфСамГТУ профессора Ю.К. Черновой по квалиметрическому обеспечению и оценке систем менеджмента качеством.

В свете решения задач для текстильной промышленности наиболее актуальными являлись доклады представителей ИГТА по формированию методологических основ проектирования качества продуктов прядильного производства (Матрохин А.Ю.), оценке эффективности технологических процессов текстильной промышленности с применением качественных характеристик (Чистякова Н.Э.), определению показателей качества текстильных материалов с использованием компьютерных технологий (Коробова Т.Н.), разработке системы сбалансированных показателей результативности по процессу "Закупки" в СМК (Гусева М.С.) и другие.

В рекомендациях, выработанных конференцией, отмечена актуальность и перспективность научно-исследовательских и практических работ в области обеспечения и управления качеством в различных отраслях промышленности и сферах образования.

В частности, предложено создать постоянно действующий межрегиональный научно-системный совет по проблемам качества с центром в г. Сызрани. При этом на первом этапе необходимо разработать проект некоммерческой организации, связанной с проектированием и продвижением практических вопросов формирования качества и конкурентоспособности потребительской продукции. Осуществить формирование в каждом вузе школы-семинара по проблемам повышения качества продукции и образовательных услуг и другие.

Рекомендована кафедрой материаловедения и товароведения ИГТА. Поступила 20.01.06