

Федеральное агентство по образованию

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

**ТЕХНОЛОГИЯ
ТЕКСТИЛЬНОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ОСНОВАН В ДЕКАБРЕ 1957 ГОДА, ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД

**№ 4С (291)
2006**

Издание Ивановской государственной текстильной академии
ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

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.: (4932) 35-78-87. Факс: (4932) 41-50-88.

E-mail: ttp@igta.ru

<http://www.igta.ru>

Издание зарегистрировано в Министерстве печати РФ. Регистрационный №796. Сдано в набор 01.07.2006. Подписано в печать 15.08.2006. Формат 60x84 1/8. Бум. кн.-журн. Печать офсетная. 13,95 усл.-печ. л.; 14,2 усл. кр.-отт. Заказ 2818.

Тираж 450 экз.

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

УДК 658.511.5

**ИНТРАПРЕНЕРСТВО КАК СПОСОБ ОРГАНИЗАЦИИ
МОДЕРНИЗАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЕМ***М.А. БУЯНОВ, Н.Н. МОСИНА**(Костромской государственной технологической университет)*

Перспективы вхождения России во всемирную торговую организацию обуславливают потребность существенного подъема качества отечественной продукции для достижения ее конкурентоспособности на внутреннем и внешнем рынках. Такой подъем реален только на основе модернизации многих отраслевых технологических укладов. Модернизация технологических систем предприятий требует серьезных инвестиционных ресурсов, голод на которые особо ощущается в отраслях, переживающих конъюнктурный кризис [1]. Действительно в ряде отраслей, например текстильной, отличающейся высокой стоимостью активной части основных фондов, средний возраст действующего оборудования и технологий достигает двадцати лет. Низкая инвестиционная активность в отраслях потребителей прямым образом затрагивает отрасли машиностроительного комплекса, обеспечивающие их средствами технологического оснащения. В этих условиях компромиссным решением может стать не производство оборудования, а его модернизация. Такое решение может обеспечить существенное омоложение парка технологического оборудования. Об этом свидетельствует мировой опыт, согласно которому, например в США, затраты на модернизацию превышают 75% от общих затрат на обновление основных фондов [2]. Эффект модернизации заключается в обеспечении изменения функциональных возможностей оборудования, в том числе изменения в используемом сырье и материалах, виде и характеристиках выпускаемой продукции, техни-

ческом уровне и уровне внутривидовой автоматизации, при затратах, как правило, не превышающих одной третьей от стоимости нового оборудования с аналогичными или близкими выходными параметрами. В этом случае для предприятия потребителя задача экономического выбора заключается в определении групп оборудования, подлежащих модернизации, капитальному ремонту или замене. Предприятие производитель, подстраиваясь под интересы потребителя, выполняет заказы на модернизацию по техническим требованиям последнего. Целевая модернизация требует организации работы производителя при ограниченном количестве объектов модернизации по типу мелкосерийного производства, а также постоянного контакта с заказчиком. При этом характер работ будет существенно отличаться от принятых при выпуске основной продукции. Главными видами (группами) работ становятся: проектирование элементов модернизации, организационно-технологическая подготовка производства, сборно-разборочные и дефективные работы, изготовление и реставрация деталей или узлов модернизации.

Различия в способах организации, структуре работ и необходимость гибкого подхода к развитию такого направления бизнеса вызывают потребность в предпринимательском подходе. Очевидно, что это должно быть внутреннее предпринимательство, основанное на интеграции экономических, ресурсных возможностей предприятия и предпринимательских способностей конкретной личности. Такое на-

правление в организации предпринимательства именуется интрапренерством [3, 4]. Его развитие в западных странах было продиктовано потребностью в революционных изменениях в системе менеджмента и экономического мышления, которая обусловлена:

- управленческим консерватизмом в традиционных организациях;
- их инновационной инертностью, в том числе в развитии обеспечивающей инфраструктуры;
- давлением со стороны малого бизнеса, обладающего организационной мобильностью и гибкостью.

Действительно, в традиционной организации персонал занят производством основной продукции и соответственно любые рискованные решения откладываются, требуется большое количество согласований, размывается персональная ответственность.

Отсюда первым условием для внутреннего предпринимательства (интрапренерства) должно быть формирование в организации творческого потенциала персонала и системы мотивации творчества. При наличии творческих личностей, творческих подразделений, специально создаваемых структурных подразделений, в форме, например, групп инноваций, венчурных групп, или неформальных групп, их эффективная деятельность может осуществляться только при условии делегирования им следующих полномочий:

- по распоряжению материальными, техническими и финансовыми ресурсами;
- по коммерческой самостоятельности, выходу на рынок с собственной продукцией;
- по формированию собственной кадровой политики и мотивации работников;
- по самостоятельному распоряжению частью прибыли.

Только при наличии таких условий может полностью раскрыться творческий потенциал, предпринимательский талант как личностей, так и групп. Подобные проекты внутрифирменного предпринимательства основываются на праве хозяйственного ведения или на праве собственности в

форме владения части акций, или доли капитала, когда интрапренер выступает не наемным работником, а совладельцем предприятия.

Отличие интрапренерства от малого бизнеса при общем предпринимательском подходе к организации заключается в его внутрифирменном содержании, в сохранении инновационных групп в структуре предприятия, в использовании ресурсных возможностей последнего.

Организационной основой развития интрапренерства является: гибкая технология, гибкая производственная структура и гибкая управленческая структура. Гибкость управленческой структуры обеспечивается за счет формирования единой команды из специалистов разных профилей, работающей в тесном доверии и согласии на основе совместно выработанных принципов и целевых установок. Основные принципы интрапренерства можно выразить короткой формулой, отражающей его логику: творчество-гибкость-независимость-риск.

Принимая структуры внутрифирменного предпринимательства как подразделения стратегического бизнеса, исповедующие идеологию немедленного реагирования, что, безусловно, связано с высокими рисками, логично наделять их достаточно широкими правами. Эти права должны касаться следующих видов деятельности:

- исследовательские работы, проектирование и изобретательство;
- совершенствование выпускаемой и создание новой продукции;
- краткосрочное и среднесрочное планирование;
- выпуск продукции на внутренний и внешний рынки.

Все эти виды деятельности в полной мере следует отнести и к модернизации оборудования, которую вполне можно считать новым видом услуг предприятия, сочетающих и элементы производства нового вида продукции – узлов модернизации.

Рассмотрим вариант проекта интрапренерства на примере промышленного предприятия, производящего технологическую

оснастку для ткацких станков – Московского экспериментального завода МЭЗ-1. Анализ продуктового портфеля предприятия за последние годы показывает, что доля профильной продукции в выпускаемой номенклатуре неуклонно снижается, хотя и имеет место увеличение ее общего объема. В 2004-2005 гг. удельный вес производства технологической оснастки составлял уже не более 50%. Возникла угроза потери области специализации предприятия и соответственно высококвалифицированного производственного персонала. С 2005 года на заводе сформирована инновационная группа в форме специального конструкторского бюро, включающего 16 штатных работников, в том числе 4 кандидата технических наук, 4 инженера, 5 станочников, 2 слесаря и термист. Как видим, налицо команда, состоящая из специалистов разного профиля, что является необходимым первым условием интрапренерства. Вторым условием, имеющим место в организации, является заинтересованность высших управленческих звеньев в развитии интрапренерства. Основное направление работ – модернизация ткацких станков. Наличие творческого коллектива, имеющего высокий интеллектуальный потенциал и опыт работы в области исследования и проектирования ткацкого оборудования, создает условия для выполнения проектов целевой модернизации, позволяющих:

- повысить производительность ткацких станков на 20-30%;
- расширить ассортиментные возможности станков с целью выпуска тканей с высокой поверхностной плотностью;
- повысить надежность станков, снизить расход запасных частей;
- повысить надежность технологической оснастки, эффективность ее использования.

Наиболее доступна и в то же время достаточно эффективна модернизация батанного и зевообразовательного механиз-

мов, обеспечивающая изменение законов перемещения берда и ремизных рам ткацких станков СТБ. Такая модернизация позволяет достигать изложенного выше эффекта, включая повышение надежности станков за счет снижения динамических нагрузок на их механизмы.

Признаки формирования внутрифирменного предпринимательства явно просматриваются и в сроках достижения экономических успехов данным инновационным подразделением. Если в традиционных организациях достижение успеха закладывается в рамках месячных и квартальных планов, а предпринимательские фирмы на выживание и стабильный рост планируют от 5 лет и более, то для интрапренерства этот период находится в промежутке между временем предпринимателя и традиционного менеджера. Действительно, по результатам работы МЭЗ-1 за 2 месяца 2006 года объем реализации по услугам целевой модернизации составил 4% общего объема реализации. На начало 2007 г. планируется удельный вес доходов от модернизации 30-40% общего их уровня. Для окончательного оформления интрапренерской структуры осталось только предоставить ей право хозяйственного ведения.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Беркович М.И.* Макроэкономическая дестабилизация и отраслевой кризис: Монография. – Кострома: Изд-во КГТУ, 1997.
2. *Астафьев И.В.* Разработка метода экономического обоснования путей модернизации оборудования. Дис... канд. экон. наук. – Иваново, 1990.
3. *Томилов В.В., Крупанин А.А., Хакунов Т.Д.* Маркетинг и антрепренерство в системе предпринимательства. – СПб.: СПб ГУЭФ, 1998.
4. *Тэпман Л.Н.* Предпринимательское управление. Зарубежный опыт. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2004.

Рекомендована кафедрой предпринимательства и малого бизнеса. Поступила 21.06.2006.

КАДРОВЫЙ АСПЕКТ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ

Г.Л. ШАБЛОВА

(Костромской государственной технологической университет)

С развитием в российской экономике рыночных отношений выяснилось, что большинство отечественных предприятий оказались неготовыми к существованию в новых условиях. При этом стало очевидным, что на первый план выходит конкуренция не только в области товаров, услуг и технологий, но и в обеспечении управления производством. «Как никогда ранее становится верным правило: «Нет отстающих предприятий – есть отстающее управление». [1, с.VIII].

С переходом к рыночным отношениям меняются подходы к решению проблем, связанных с созданием условий для наиболее полной реализации творческой активности человека. Становится актуальной концепция управления, в центре которой находится человек, рассматриваемый как важнейший ресурс предприятия. В соответствии с ней система управления должна быть организована так, чтобы обеспечить условия для более полного использования способностей работника в процессе производства, что является основой эффективной деятельности предприятия. Использование человеческого фактора производства зависит от технического оснащения и методического обеспечения труда работника, в зависимости от которых работник так или иначе может себя реализовать. Эффективность отдачи не в последнюю очередь предопределена совокупностью его профессиональных знаний, умений, навыков, способностей и мотивов к труду (что принято называть личным фактором производства – ЛФ).

Для выявления тенденций и особенностей кадрового аспекта организации управления производством нами использован контент-анализ. Исследования на основе контент-анализа состояли в следующем:

- проведен контент-анализ публикаций, посвященных опыту успешно работающих в настоящее время предприятий;
- выполнен контент-анализ публикаций, содержащих материалы по управлению человеческими ресурсами предприятия;
- обоснованы ключевые направления совершенствования организационно-технического обеспечения управления производством (с учетом тенденций и особенностей кадрового аспекта).

Выбор контент-анализа в качестве основного инструмента проведенных исследований обусловлен тем, что данный метод позволяет определить насыщенность информационной среды объектом поиска с формальной фиксацией, детальной числовой обработкой, оценкой и анализом содержания информационного источника в контексте конкретной исследовательской проблемы [2].

При проведении контент-анализа в качестве единицы наблюдения нами был выбран журнал «Эксперт», который уже более 10 лет является ведущим в России еженедельным периодическим изданием, публикующим материалы по вопросам экономики, организации и управления производством. Выбор данного журнала объясняется желанием обеспечить исследования богатым фактическим материалом для анализа. В качестве расчетной единицы, позволяющей осуществить числовую обработку при контент-анализе, были выбраны число публикаций и количество упоминаний ключевых выражений в тексте. На все собранные материалы оформлялась регистрационная карта, в которую заносились их характеристики.

При проведении контент-анализа публикаций, посвященных предприятиям, ус-

пешно работающим в настоящее время, нами были охвачены все номера журнала "Эксперт" за 2004 год. Из их числа были отобраны номера, которые содержали публикации по успешно работающим предприятиям как отечественным, так и зарубежным. В публикациях выделялись текстовые фрагменты, в которых описывались причины успешности ведения бизнеса. В этих текстовых фрагментах выявлялись ключевые выражения, отражающие различные аспекты управления человеческими ресурсами предприятия.

В результате проведенных исследований нами было выявлено семь выражений,

отражающих различные аспекты управления человеческими ресурсами. Такими ключевыми выражениями оказались: способность к творчеству (креативность работников), управление знаниями, профессиональные навыки, стимулирование роста образования, престиж компетенции, интуиция, интеллект. Нами была рассчитана частота встречаемости каждого ключевого выражения в публикациях, посвященных опыту успешно действующих в настоящее время на рынке предприятий, и проведено ранжирование (табл. 1 – по материалам журнала "Эксперт" за 2004 г.).

Т а б л и ц а 1

Ключевое выражение	Доля, %	Ранг
Способность к творчеству / креативность работников	20,1	2
Управление знаниями	32,6	1
Профессиональные навыки	15,4	4
Стимулирование роста образования	19,8	3
Престиж компетенции	4,4	6
Интуиция	2,9	7
Интеллект	4,8	5

Как видно из данных таблицы 1, ранжирование ключевых выражений по частоте встречаемости дало нам возможность выделить пять основных особенностей кадрового аспекта организации управления производством, позволяющих предприятиям успешно работать в настоящее время. Ими оказались: управление знаниями (составляет 32,6% по встречаемости в структуре ключевых выражений управления человеческими ресурсами), способность к творчеству (креативность) работников (29,1%), стимулирование роста образования (19,8%), профессиональные навыки (15,4%) и интеллект (4,8%).

Дополнительный контент-анализ публикаций, содержащих ключевые выражения, выделенные при исследовании успешных предприятий, должен был дать ответ на вопрос, насколько в настоящее время данные аспекты работы с кадрами разработаны теоретически. При проведе-

нии этого вида контент-анализа нами изучены все номера журнала "Эксперт" с 1995 по 2004 годы. Были отобраны номера, которые содержат публикации с текстовыми фрагментами, посвященными управлению человеческими ресурсами предприятия. В текстовых фрагментах выделялись ключевые выражения, выявленные при проведении контент-анализа публикаций, посвященных успешно работающим в настоящее время предприятиям.

В результате проведенных исследований нами также было осуществлено ранжирование ключевых выражений, позволяющее определить, какие аспекты управления человеческими ресурсами предприятия наиболее часто привлекали внимание ученых и практиков за последнее десятилетие (табл. 2 – по материалам журнала "Эксперт" за период с 1995 по 2004 гг.).

Ключевое выражение	Доля, %	Ранг
Способность к творчеству / креативность работников	17,3	4
Управление знаниями	18,9	3
Профессиональные навыки	19,2	1
Стимулирование роста образования	19,1	2
Престиж компетенции	10,2	5
Интуиция	5,3	7
Интеллект	10,0	6

Установлено, что основное внимание ученых и практиков (на 40%) уделялось аспектам развития профессионально-квалификационных навыков и стимулирования роста образования; а управлению знаниями было присвоено третье место; способности к творчеству (креативности) работников – четвертое место; интеллекту – шестое место. В соответствии с этим можно утверждать, что в настоящее время положительный опыт успешных организаций

пока еще не в должной мере осмыслен теорией управления.

Об этом, в частности, свидетельствует и то, что из выделенных при анализе успешных предприятий пяти основных направлений управления человеческими ресурсами три направления получили при втором контент-анализе более низкие ранговые места (динамика показателей представлена на рис. 1).

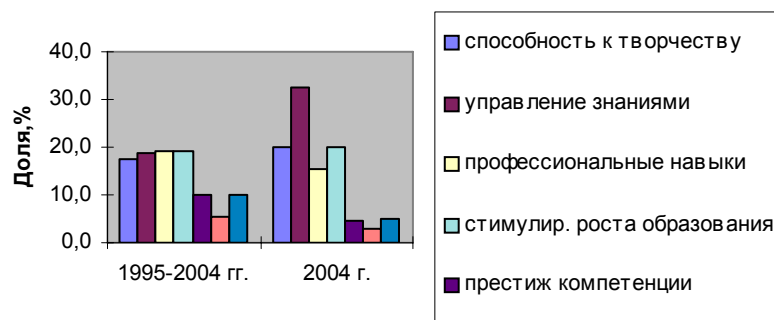


Рис. 1. Динамика тенденций и особенностей кадрового аспекта организации управления производством (по результатам контент-анализа)

В связи с вышеизложенным, по нашему мнению, при разработке организационно-технического обеспечения управления производством необходимо теоретически осмыслить опыт передовых предприятий, применяющих управление знаниями, использующих креативный ресурс работников, стимулирующих рост их образования, развитие профессиональных навыков, создающих условия для повышения потенциальных возможностей работников на основе развития интеллектуальных компонентов в их деятельности, как факторов успешности на рынке.

Одновременно, на наш взгляд, необходимо отметить, что процесс управления осуществляется человеком; каждое управленческое решение в какой-то ме-

ре отражает индивидуальность его инициатора и систему его ценностей. Роль специалиста проявляется во влиянии на процесс подготовки решения, оценки существующего управленческого решения и оценки результатов его выполнения. Эффективность управления зависит от того, насколько специалист обеспечен технически и организационно-методически.

Мы согласны с мнением, высказанным в работе О.С. Виханского и А.И. Наумова [3], что единственно возможным реальным движением системы управления может быть только движение ее кадров, во-первых, по вертикали (должностное повышение), во-вторых, по горизонтали (смена профиля работ и рабочего места) и

в-третьих, вглубь (повышение профессиональной квалификации, производственного кругозора и навыков работы; овладение современными средствами обработки и передачи информации).

В рамках многоаспектного подхода к определению сущности организационно-технического обеспечения управления производством нами установлено, что данная система пред-

ставляет собой совокупность функционально обособленных областей управленческой деятельности, дифференцированных на три подсистемы (рис.2): технические средства (ось Z); трудовая активность персонала (ось X); организационно-методические средства, поддержанные современными информационными технологиями (ось Y).

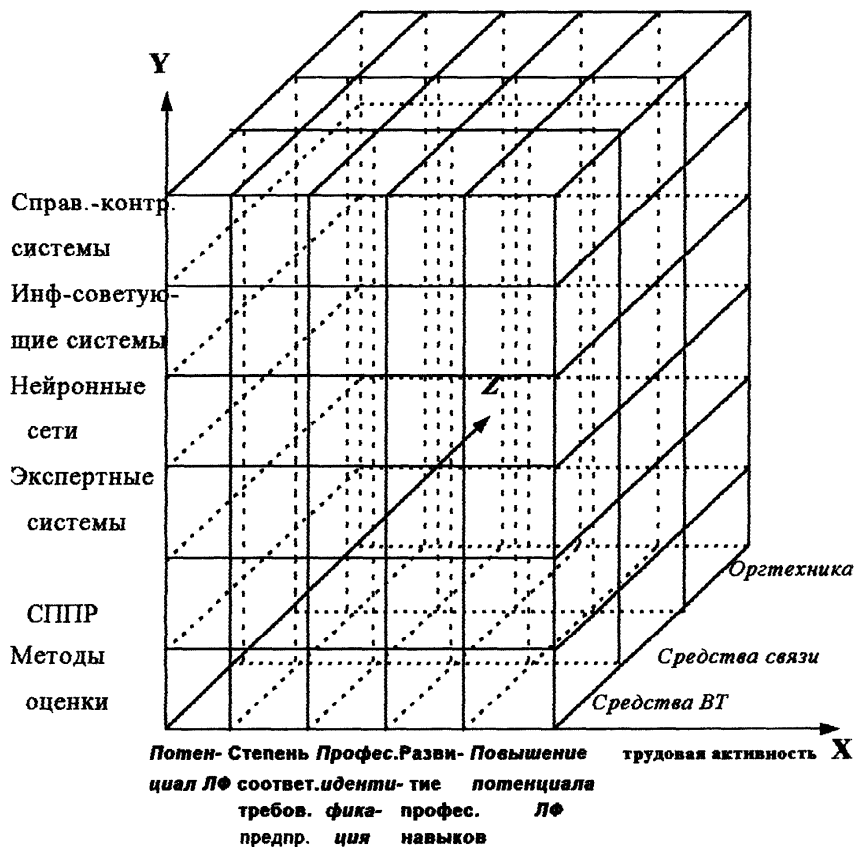


Рис 2. Среда организационно-технического обеспечения управления производством

Нами предложена организационно-техническая методология подготовки ре-

шений по управлению личным фактором производства (рис.3).

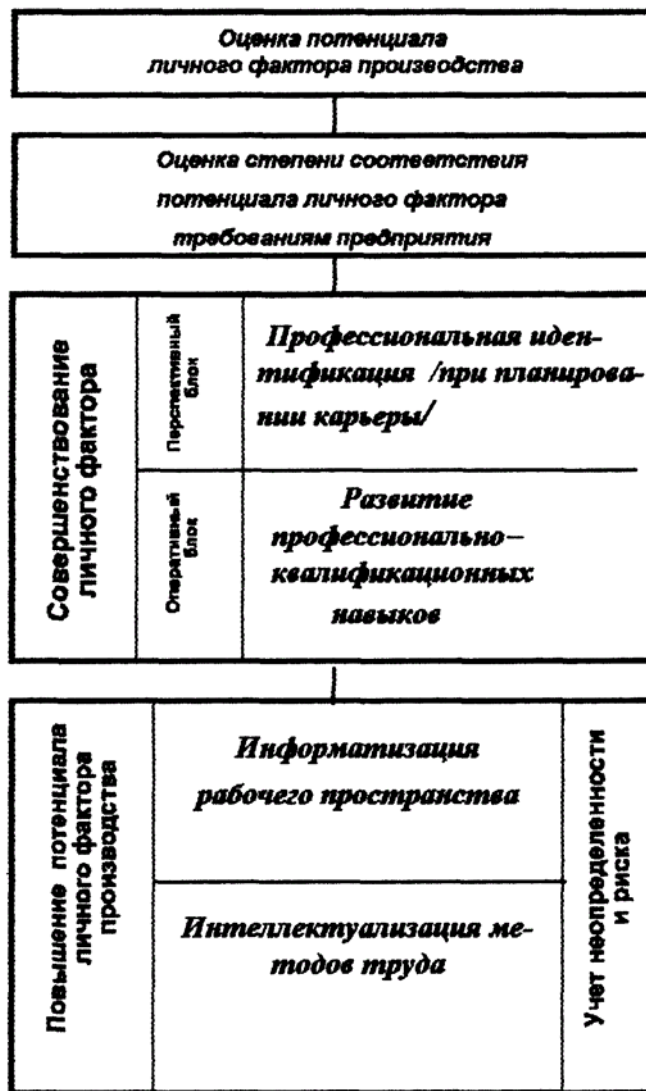


Рис. 3. Основные процедуры организационно-технической методологии подготовки решений по управлению личным фактором производства

Для каждого этапа нами разработано и апробировано организационно-техническое обеспечение, результаты представлены в работах [4-6].

В Ы В О Д Ы

1. Особенность авторского подхода заключается в следующей позиции: трудовая активность персонала управления определена действующей на предприятии системой ее развития в зависимости от диалектической взаимосвязи технических и организационных средств обеспечения. Хотя в то же время при традиционном подходе исследуется трудовая активность работника или

коллектива – как результат действия психофизических особенностей личности или проявления организационной культуры коллектива.

2. Современные информационные технологии выступают интеграционным ресурсом развития трудовой активности, обеспечивая: оценку потенциала личного фактора производства, оценку степени соответствия потенциала ЛФ требованиям предприятия, профессиональную идентификацию в процессе планирования карьеры, развитие профессионально-квалификационных навыков, повышение потенциала ЛФ производства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мильнер Б.З. Теория организации: Учебник. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: ИНФРА-М, 2003. - XVIII (Серия "Высшее образование").

2. Шалак В.И. Современный контент-анализ. Применения в области: политологии, рекламы, социологии, экономики, психологии, культурологии. - М.:Омега-Л, 2004.

3. Виханский О.С., Наумов А.И. Менеджмент: человек, стратегия, организация, процесс: Учебник. 2-е изд. - М.:Фирма Гардарика, 1996.

4. Шаблова Г.Л. Организация управления личным фактором производства. // Изв. вузов. Техно-

логия текстильной промышленности. - 2005, № 2. С.7...9.

5. Шаблова Г.Л. Искусственный интеллект, как средство повышения потенциала личного фактора производства. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. - 2004, №5. С.95...97.

6. Шаблова Г.Л. Информационные аспекты оценки, подбора и подготовки персонала фирмы. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. - 2003, №1. С.139...141.

Рекомендована кафедрой экономики и управления. Поступила 21.06.2006.

УДК 658.7

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ТОРГОВО-ЗАКУПОЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ ТЕКСТИЛЬНОЙ КОМПАНИИ*

К.М. МАРКОВ

(Ивановская государственная текстильная академия)

В работе предлагается опыт текстильной компании ООО "Максима-стиль" по экономическому обоснованию эффективности автоматизации управления торгово-закупочной деятельностью.

Компания ООО "Максима-стиль", которая входит в состав холдинга ЗАО «Мега», включающий в себя, кроме вышеуказанной компании, такие крупные предприятия Ивановской области, как: прядильно-ткацкая фабрика ООО "Тезинка", ткацкая фабрика ОАО "Колобовская ткацкая фабрика", отделочные предприятия ОАО "Зиновьевская Мануфактура" и АО Отделочная фабрика "Красный Октябрь".

Разнопрофильность деятельности компании привела к необходимости оперативной оценки эффективности автоматизации управленческой деятельности с последующим принятием решения о выборе экономически-целесообразного варианта автоматизации.

Создание автоматизированной системы управления торгово-закупочной деятельностью сопряжено с большими затратами, поэтому при определении их экономиче-

ской эффективности обязательно учитываются единовременные затраты: приобретение необходимого комплекса технологических средств, проведение наладки и настройки программного обеспечения, обучение персонала и текущие расходы, обеспечивающие нормальное функционирование автоматизированного управления.

В докладе предлагается методика экономического обоснования эффективности автоматизации, в основе которой лежит механизм сопоставления затрат на автоматизацию управления с затратами предыдущего периода.

В качестве показателей, определяющих экономическую целесообразность затрат на создание системы, рассматривают годовой экономический эффект и коэффициент экономической эффективности капитальных вложений.

Полученные в результате расчета коэффициенты сопоставляют с отраслевыми нормативными показателями. Если значение расчетных коэффициентов равно или выше нормативных, то создание системы считается экономически эффективным.

* Работа выполнена под руководством проф., докт. экон. наук С.В. Гориновой.

Экономический эффект от внедрения системы проявится в сокращении документооборота, своевременном выполнении договорных обязательств компании, сокращении времени на обработку информации, снижении количества рутинных операций и повышении контроля за качеством управления.

Методика расчета зависит от внедрения комплекса задач, которые определяются типами проектов:

– применение автоматизации вместо ручного способа обработки;

– автоматизация обработки экономической информации с применением новых технологий решения задач на базе современных экономико-математических методов и др.

В качестве примера рассмотрим вариант расчета экономической эффективности от замены ручного способа обработки информации на автоматизированный.

Годовая экономия от замены ручного труда по обработке информации определяется по формуле:

$$\Xi = C_{p1} - C_{p2}, \quad (1)$$

где C_{p1} – годовые эксплуатационные расходы при ручной обработке информации, руб.; C_{p2} – годовые эксплуатационные затраты при автоматизированной обработке информации, руб.;

$$C_{p1} = \frac{\sum Z_i T_i (1 + \alpha)(1 + \beta)}{Q} n, \quad (2)$$

где Z_i – среднемесячная заработная плата работника 1 (основная), руб.; T_i – среднемесячные трудовые затраты работника 1, чел./дней; α – коэффициент накладных расходов; β – коэффициент дополнительной заработной платы и отчислений на социальное страхование; Q – среднее количество рабочих дней в месяце, дн.; n – количество месяцев, в течение которых производятся данные затраты.

$$T_1 = \frac{\sum_j \sum_i T_{1ij}}{ч}, \quad (3)$$

где T_{1ij} – трудозатраты работника 1 в течение рабочего дня j по операции i , чел./ч.; $ч$ – количество часов в рабочем дне;

$$C_{p2} = C_1 + C_2 + C_3, \quad (4)$$

где C_1 – годовые затраты машинного времени на решение задачи, руб.; C_2 – годовые затраты на заполнение документов, анализ и корректировку данных, руб.; C_3 – годовые затраты на настройку оборудования при решении задачи, руб.:

$$C_1 = n \sum_q S_q T_q, \quad (5)$$

где S_q – себестоимость часа работы оборудования вида q при решении задачи, руб.; T_q – время работы оборудования q при решении задачи в течение месяца, машино-ч.

C_2 рассчитывается аналогично C_{p1} по формуле (2):

$$C_3 = K_3 \gamma, \quad (6)$$

где K_3 – единовременные затраты на обучение персонала, адаптацию, настройку оборудования при решении задачи, руб.; γ – коэффициент настройки оборудования:

$$K_3 = K_{31} + K_{32} + K_{33}, \quad (7)$$

где K_{31} – единовременные затраты по заработной плате персонала на обучение, адаптацию, настройку оборудования, руб.; K_{32} – единовременные затраты машинного времени на обучение персонала, адаптацию, настройку оборудования, руб.; K_{33} – прочие накладные расходы.

K_3 рассчитывается так же, как C_{p1} по формуле (2):

$$K_{32} = \sum_q S_q T_q, \quad (8)$$

где T_q – время работы оборудования на обучение персонала, адаптацию, настройку оборудования, машино-ч;

$$K = (K_{31} + K_{32})h, \quad (9)$$

где h – коэффициент одновременных расходов.

Расчетный коэффициент экономической эффективности определяется по формуле:

$$E_p = \frac{\mathcal{E}}{K}, \quad (10)$$

срок окупаемости:

$$T = \frac{K}{\mathcal{E}}, \quad (11)$$

где K – одновременные затраты на решение задачи, руб.

Создание системы эффективно, если расчетный коэффициент эффективности больше или равен нормативному коэффициенту: $E_n = 0,3$:

$$K = K_1 + K_2 + K_3, \quad (12)$$

где K_1 – одновременные затраты на проектирование. Рассчитываются по действующей сметной стоимости НИОКР и обобщенно определяются по формуле:

$$K_1 = \frac{\sum P_1 T_1 (1 + \alpha)(1 + \beta)}{Q} n, \quad (13)$$

где n – длительность проектирования, мес.; K_2 – затраты на оборудование, руб.:

$$K_2 = \frac{S \left(1 - \frac{ta}{100}\right) (1 + \alpha_0) T_z}{F}, \quad (14)$$

где S – балансовая стоимость ПК, руб.; t – длительность эксплуатации ПК (комплекта) до начала решения задачи, лет; a – годовая норма амортизации, %; α_0 – коэффициент, определяющий стоимость вспомогательного оборудования; T_z – время работы ПК для решения задачи, машино-час; F – планируемый годовой фонд времени, машино-ч:

$$F = t_c T_c, \quad (15)$$

где t_c – среднесуточная фактическая загрузка ПК, час; T_c – среднее количество дней работы ПК в год.

Практическая апробация данной методики в условиях компании ООО "Максима-стиль" подтвердила целесообразность выбранного типа проекта автоматизации, при котором годовой экономический эффект \mathcal{E} составил около 20 млн.р./год, расчетный коэффициент экономической эффективности $E_p = 1,09$ и срок окупаемости проекта $T=0,92$ года.

Рекомендована кафедрой организации производства и логистики. Поступила 21.06.2006.

ВЕРОЯТНОСТНАЯ ОЦЕНКА РЕАЛИЗУЕМОСТИ ОПЕРАТИВНЫХ ПЛАНОВ В ЕДИНИЧНОМ И МЕЛКОСЕРИЙНОМ ПРОИЗВОДСТВАХ

Ю.Л.ЛУСТГАРТЕН, Е.А.ДЕМЧИНОВА

(Костромской государственной технологической университет)

Спецификой современного рынка, в том числе и текстильной продукции, являются многоассортиментные разновеликие по объему заказы. Гибкость ассортиментной политики выступает одним из главных требований в работе современных предприятий. Таким образом, даже производства, которые раньше позиционировались как крупносерийные, сегодня все больше приобретают черты мелкосерийного и даже единичного производства.

Календарное планирование единичного и мелкосерийного производств (ЕМП) имеет свою специфику (например, [1]). Эта специфика не позволяет эффективно использовать такие современные методологии как, например, ERP или JIT [2]. При этом существенно осложняется не только процесс планирования, но и процесс непосредственного выполнения производственного задания, так как добавляются риски, влияние которых в серийном и массовом производстве не так заметно. Прежде всего, речь идет об отсутствии отлаженного техпроцесса, в связи с чем возникают угрозы отклонения от запланированного времени обработки, а также появления неисправимого брака, который приводит к необходимости либо менять производство смежных элементов, либо вообще начинать изготовление этого элемента заново.

Формальные критерии оценки оперативного календарного планирования были рассмотрены в [3]. В данной статье предлагается вероятностный подход к оценке выполнимости плана на основе вероятностных характеристик выполнимости отдельных операций.

Известно, что минимальным периодом планирования в ЕМП является сменное задание. Отклонения от плана внутри сменного задания могут быть компенсированы двумя способами:

– действиями мастера или цехового

плановика;

– перепланированием задания на последующие периоды.

Чтобы исключить или по крайней мере снизить влияние отклонений возникают требования повышения надежности реализации кратковременного (сменного) плана.

Рассмотрим формализованную постановку и подходы к вероятностной оценке реализуемости оперативных планов.

Введем обозначения: множество $R = \{R_i\}$ – работы (операции), включенные в план; T_i – плановая длительность работы i ; t_i – плановый момент начала работы i ; P_i – вероятность успешного выполнения работы i , при этом под успехом подразумевается выполнение работы даже с превышением запланированного времени T_i .

Характеристика T – является нормируемой величиной, а t выступает уже результатом нормирования. Что касается значений величины P_i , то в данной работе исходим из того, что эта характеристика определяется на основе априорной информации (предыдущего опыта) и интуитивно-логического мнения экспертов.

Для каждой работы, в соответствии с технологическим процессом, определены два множества: $R_{pr}(i)$ – множество работ, предшествующих работе i , и $R_{pos}(i)$ – множество работ, последующих за работой i .

При невыполнении (неисправимом браке) какой-либо работы i автоматически следует невозможность выполнения всех работ из множества $R_{pos}(i)$.

При переходе к периоду планирования, обозначим:

$S_j \subset R$ – множество работ, включенных в смену j , $\sum_{i:R_i \in S_j} T_i$ – объем работ, запланированных на смену j .

Тогда $S_j \cap R_{pos}(i)$ – множество работ, зависящих от работы i в смене j и

$\sum_{k:R_i \in S_j \cap (R_{\text{pos}(i)} \cup i)} T_k$ – объем работ в смене j ,

зависящий от работы i .

Оценим возможные отклонения от плана. Рассмотрим цепочку последовательных работ внутри одной смены. Хотим определить вероятность отклонения общего фактического времени, затраченного на выполненные операции в смене, от планового времени. Можно задать случайную величину X – величину отклонения от плана одной цепочки работ, то есть задается:

$$P_i = P \left(X = \sum_{i \in R_{\text{pos}(i)} \cup i} T_i \right) = \prod_{k \in R_{\text{pr}(i)}} P_k (1 - P_i),$$

очевидно, что $P(X=0) = \prod_{k \in R_{\text{pr}(i)}} P_k$ – веро-

ятность успешного выполнения всей цепочки.

Рассматривая несколько цепочек операций внутри одной смены, получаем несколько случайных величин отклонения от плана. В данной работе будем рассматривать ситуации, когда операции сборки узла и производства составляющих его деталей находятся в разных сменах. Тогда реализации рассматриваемых случайных величин не пересекаются и случайные величины являются независимыми.

Для вычисления полного отклонения от плана требуется найти сумму дискретных случайных величин, при этом количество значений, принимаемых итоговой величи-

ной, имеет порядок $\prod_{i=1}^k n_i$, где n_i – количе-

ство значений, принимаемых i -й случайной величиной, k – количество случайных величин (количество запущенных в смене деталей). Так как значение k может исчисляться сотнями, а количество значений соответствует количеству необходимых операций, очевидно, что работать с такой огромной величиной невозможно.

Для оценки искомой суммы сделаем упрощения, идея которых состоит в том, что случайные величины будут принимать фиксированное число значений.

Если X_i – случайные величины отклонения, $i=1..N$, A_i – множество значений,

принимаемых i -й случайной величиной,

$X_{\Sigma} = \sum_{i=1}^N X_i$ – искомая случайная величина,

характеризующая отклонения от плана,

тогда $M = \sum_i^N \max(A_i)$ – максимальное

значение, принимаемое случайной величиной X_{Σ} .

Введем случайные величины $Y_i, i=1..N$, такие что множество значений, принимаемых случайной величиной Y_i , будет:

$$B_i = \left\{ \Delta x k \mid k=1, \left[\frac{M}{\Delta x} \right] \right\},$$

где Δx – шаг значений итоговой случайной величины. Выбор этого шага достаточно произволен, и связан с получаемым количеством принимаемых значений и их точностью.

Вероятности реализаций величины Y_i определим следующим образом:

$$p_{ik} = P(Y_i = \Delta x k) = F_i(\Delta x k) - F_i(\Delta x(k-1)), \quad (1)$$

где F_i – функция распределения случайной величины X_i .

При введенной системе новых случайных величин достаточно легко можно найти их сумму: $Y_{\Sigma} = \sum_{i=1}^N Y_i$, так как множест-

во значений, принимаемых случайной величиной Y_{Σ} тоже является множество B .

При этом подразумеваем, что значения большие M не рассматриваются, так как вероятность их реализации заведомо равна 0. Итак:

$$P(Y_{\Sigma} = b) = \sum_{A_1 + A_2 + \dots + A_n = b} (p_{i1} \times p_{i2} \times \dots \times p_{in}).$$

Формула (1) вносит погрешность в значения, принимаемые случайной величиной Y_{Σ} . Отклонение каждого значения не превышает $N\Delta x$.

Полученная случайная величина Y_{Σ} отражает вероятность отклонения от пла-

нового объема за исследуемый период, в

частности за смену.

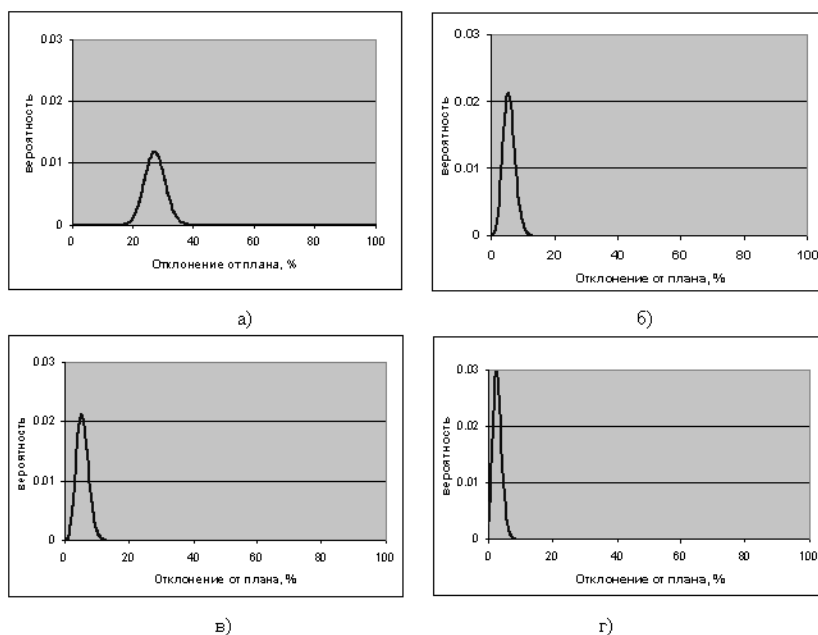


Рис. 1. Распределение вероятностей отклонения от плана

Учитывая большое количество суммируемых величин (доходит до сотен) и исходя из центральной предельной теоремы, можно ожидать, что результирующая дискретная случайная величина будет хорошо аппроксимироваться нормальным распределением. Были проведены вычислительные эксперименты на тестовых данных: исследовалась сумма 100 случайных величин с 10 возможными исходами для каждой. Вероятности брака генерировались случайным образом, с разными параметрами, причем максимальная вероятность неуспеха операции варьировалась от 0,05 до 0,001. Результаты четырех экспериментов представлены на рис. 1. На рис. 1-а представлены результаты эксперимента при минимальной вероятности успеха, равной 0,9, на рис. 1-б и в – минимальная вероятность успеха составляла 0,95, но различались дисперсии, а на рис. 1-г минимальная вероятность составляла 0,99. Для удобства анализа, по оси ординат использована относительная величина отклонения в процентах от плана, а не абсолютные значения. Отметим, что для строго окончательного вывода о нормальности результирующего распределения тре-

буются дополнительные исследования.

Таким образом, получили случайную величину, характеризующую прогнозируемое количественное отклонение от календарного плана, которая может быть использована для сравнения различных версий плана. Отметим, что данная характеристика должна использоваться как составляющая часть комплексного подхода к оценке календарного плана.

ЛИТЕРАТУРА

1. Костров А.В. Информационный менеджмент. Оперативное управление производством: учеб. пособие / А.В. Костров, А.Н. Соколов, А.А. Фаткин; Владим. гос. ун-т. – Владимир: Изд-во ВлГУ, 2005.
2. Питеркин С.В. Точно вовремя для России. Практика применения ERP-систем. / С.В.Питеркин, Н.А.Оладов, Д.В.Исаев – М.: Альпина Бизнес Букс, 2005.
3. Лустгартен Ю.Л. Система критериев для оценки календарного планирования единичного и мелкосерийного производств. //Вестник КГТУ. Системный анализ. Теория и практика. – 2006, № 1. С. 21...23.

Рекомендована кафедрой экономики и управления. Поступила 21.06.2006.

РЕСУРСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ В УСЛОВИЯХ КОНКУРЕНТНОЙ СРЕДЫ

О.Б.УЛЬЯНОВА, Д.Г.УЛЬЯНОВ

(Краснодарский филиал Ивановской государственной текстильной академии)

В текстильной промышленности сырье составляет материальную основу готовой продукции.

Ситуация с сырьевым снабжением в текстильной промышленности остается крайне сложной и зависимой от экспорта. Россия вынуждена завозить из ближнего зарубежья 100% хлопка-волокна, 44% шерсти, 70% синтетических волокон, 100% натурального шелка.

При выходе России на уровень развитых стран отечественная текстильная промышленность будет развиваться в соответствии с общемировыми тенденциями. В связи с пережитым глубоким экономическим кризисом в текстильной промышленности изначально необходимо решить первостепенные задачи, в числе которых следует отметить создание базы отечественного текстильного сырья для производства товаров для населения.

Учитывая, что в структуре ассортимента отечественных текстильных предприятий ткани из хлопкового волокна занимают преобладающую долю, отсутствие собственной сырьевой базы хлопка ущербно для их устойчивого развития.

Хлопковых промышленных посевов Россия практически не имеет, за исключением Южного федерального округа, и это серьезно осложняет положение отечественных производителей, ставя их в пол-

ную зависимость от мировых поставщиков хлопкового волокна. Аналогичная ситуация – с шелком и высококачественной тонкой шерстью.

Богатый опыт выведения новых сортов и возделывания хлопчатника накоплен в Краснодарском крае на базе ЗАО "Югтекс", где в течение шести лет, несмотря на сложные финансовые условия, плодотворно работал научно-производственный центр "Хлопководство" под руководством профессора А.Касьяненко. Созданные сорта хлопка Югтекс-1, Югтекс-2 запатентованы и прошли технологические испытания в условиях текстильного предприятия, получив положительное заключение.

Аналогичной темой занимаются и другие группы селекционеров хлопчатника: это ООО "Русский хлопок" в Астрахани, НПО "Нива Ставрополья", г.Буденновск, Дагестанская сельхозакадемия, Калмыкия.

История развития хлопководства в нашей стране, имеющая начало в 30–40-е годы на юге России, давала стране около 80 тыс. т волокна.

По данным "Российской хлопковой палаты" на начало июня 1997 года на юге России (Астраханская область, Краснодарский край, Ставропольский край, Калмыкия, Дагестан) хлопком засеивалось более тысячи гектаров. При средней урожайности 18 центнеров хлопка-сырца с гектара.

Т а б л и ц а 1

Наименование показателей	Единица измерения	1 год	3 год	7 год
Площади посевов	га	30150	150000	500000
Производство хлопка-волокна	тонны	15075	100000	333000
Выход продукции хлопководства	тыс.дол.	27183	171176	561040
С/с 1 кг хлопка-волокна	дол.	1,06	0,76	0,75

Потенциал посевных площадей в Юж-

ном федеральном округе по регионам

представлен в табл. 1 – основные технико-экономические показатели программы¹..

Научные и производственные заделы по данному вопросу воплотились в проект программы "Хлопок России", принятой Правительством в 1996г.

Целью программы было создание в России собственной сырьевой базы для текстильной отрасли, а также развитие новой отрасли растениеводства – хлопководства и новой отрасли перерабатывающей промышленности – хлопкоперерабатывающей.

Потенциально новая отрасль может производить 330 тысяч тонн хлопкового волокна на сумму 420 миллионов долларов США, а также другую продукцию хлопководства (сортовые семена, масла, жмых, мед и пр.) не менее чем на 140 миллионов долларов.

На начало 90-х годов для нормального и ритмичного функционирования всех имеющихся производственных мощностей и удовлетворения потребностей в хлопчатобумажных тканях и продукции, вырабатываемой на основе хлопкового сырья, требовалось ежегодно около 700 тысяч тонн волокна хлопкового.

Отсутствие собственной сырьевой базы, экономические и политические манипуляции поставщиков этого сырья имели разрушительные для легкой промышленности страны последствия: снижение удельного веса легкой промышленности в ВВП с 20% до 2% и соответственно потребление хлопка до 350 тысяч тонн.

Создание собственной сырьевой базы в России имеет по меньшей мере 5 аспектов общегосударственного значения:

– *экономический* – создание условий для ритмичной и стабильной работы текстильной, швейной, трикотажной и смежных с ними отраслей промышленности. Повышение конкурентоспособности отечественных товаров с пониженной себестоимостью;

– *политический* – уход от глобальной сырьевой зависимости от поставок хлопка из-за рубежа для хлопкоперерабатывающих отраслей промышленности, что по-

зволит выстраивать новые взаимоотношения со многими странами;

– *социальный* – в условиях, когда текстильная и легкая промышленность, в силу сырьевых проблем, переживают наибольший, в сравнении с другими спад, меры по обеспечению ритмичной и стабильной работы этих предприятий вновь обеспечат занятость сотням тысяч работников, снимут социальную напряженность в отдельных регионах России;

– *агроэкологический* – разнообразие культур севооборота, уменьшение доли злаковых и культур сплошного сева, отсутствие общих возбудителей болезней, высокое последствие как пропашного предшественника для большинства других экономически значимых культур, мелиорирующие и обогащающие почвенный горизонт биофильными элементами функции. Эти свойства хлопчатника будут способствовать улучшению фитосанитарной обстановки, более равномерному использованию трудовых ресурсов и техники в течение вегетационного периода;

– *аспект безопасности страны* – с учетом того, что хлопок является сырьем для многих видов продукции, связанных с обеспечением обороноспособности страны (обмундирование для военных, порох, ракетостроение и пр.), наличие собственной сырьевой базы является важным элементом обеспечения военной безопасности страны.

Реализация Программы предполагает создание научно-производственной и материально-технической базы для возделывания хлопчатника в южных регионах России, организацию на основе высокоэффективных технологий выращивания и переработки хлопка в объемах до 330 тыс. тонн.

Себестоимость производства хлопкового волокна на основе собственной сырьевой базы снизится в среднем на 0,5 доллара за кг, что позволит снизить стоимость изделий и повысить их конкурентоспособность на внутреннем и внешнем рынках.

Согласно статистическим данным информационного агентства "Анитекс"

¹ Программа "Хлопок России".

(табл. 2 – потенциальные площади посевов и объемы производства хлопкового волокна по регионам Юга России), текстильная промышленность за последние пять лет

(2000 - 2005гг.) стабилизировалась и перерабатывает от 280 до 311 тыс. тн хлопка в год.

Т а б л и ц а 2

Регионы	Ед. изм.	1год	2год	3год	4год	5год	6год	7год	8год
Краснодарский край	га т	20000 10000	30000 18000	40000 26666	50000 33333	60000 40000	70000 46000	85000 56666	100000 66000
Ставропольский край	га т	5000 2500	20000 12000	60000 40000	100000 66666	140000 93333	180000 12000	220000 146666	250000 165000
Астраханская область	га т	5000 2500	20000 12000	40000 26666	50000 33333	60000 40000	70000 46666	85000 56666	100000 66000
Республика Дагестан	га т	150 75	5000 3000	10000 5666	20000 13333	30000 20000	40000 26666	40000 26666	50000 33000
Россия (всего)	га т	30150 15075	75000 45000	150000 100000	220000 147000	290000 194000	360000 240000	430000 287000	500000 330000

В результате вышеприведенного исследования можно заключить, что текстильным предприятиям России Программа "Хлопок России" позволит:

- за счет более низкой себестоимости повысить рентабельность работы текстильной и смежных с ней отраслей;
- повысить конкурентоспособность продукции по цене, а значит и увеличить объемы продаж;
- исключить зависимость от мировых производителей хлопка;
- снизить отвлечение оборотных средств текстильных предприятий на по-

купку сырья;

- ускорить сроки поставки сырья;
- снизить транспортные затраты и время на перевозку.

Перечисленные преимущества обеспечат снижение сырьевой зависимости текстильных предприятий от экспорта и повышение экономической безопасности отрасли, что гарантирует ее устойчивое развитие.

Рекомендована кафедрой экономики промышленности ИГТА. Поступила 21.06.2006.

УДК 658.01:677

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ДИНАМИКА ТЕКСТИЛЬНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

Н.К. ТЕМНОВА

(Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна)

Трансформационные изменения, произошедшие в ходе радикальной экономической реформы России, отразились на структуре экономики регионов, архитектонике промышленности и ее отраслей [1]. Это в полной мере относится к текстильной промышленности, состояние которой оценивается как состояние неустойчивого балансирования. Основопологающей причиной такого положения является состоя-

ние отдельных хозяйственных единиц, формирующих отраслевой комплекс.

Разрушение ранее действовавших контуров хозяйственных отношений в отрасли привело к потере ее рыночных позиций, снижению конкурентоспособности текстильной продукции на внешнем и внутреннем рынках. В среднесрочной перспективе сохраняется угроза спада производства в текстильной промышленности с последующей ликвидацией значительной

части текстильных предприятий, в первую очередь, из-за быстро растущего физического износа оборудования, который превышает 65%.

При этом на многих предприятиях отрасли сохранены достаточно высокий производственно-организационный и коммерческий потенциал, опыт хозяйствования и традиции, которые должны быть использованы для формирования позитивной экономической динамики текстильной отрасли.

Основу динамического развития текстильного промышленного комплекса формирует экономическая динамика промышленных предприятий, которая отражает результативность экономических отношений между субъектами рыночных взаимодействий и дает системное представление об изменениях, происходящих во внутренней среде этих хозяйствующих субъектов.

Экономическая динамика рассматривается не как динамика роста или динамика регресса, а как результат движения экономических субъектов в экономическом пространстве, как следствие нарушения равновесия и отклонения от состояния устойчивости, как потенциал изменения субъект-субъектных отношений во времени.

Экономическая динамика изменчива, ее нельзя представить одной характеристикой, поскольку она является сложным экономическим явлением, имеет сложную структуру, определяется качественными параметрами и качественными изменениями, происходящими на предприятии, которые формируют индикаторы экономической динамики.

Одним из таких индикаторов может рассматриваться вектор экономической динамики. Так, прогрессивное положительное изменение вектора экономической динамики является следствием развития предприятия, отрицательные изменения градиента – есть деградация развития, регресс предприятия и его последующий распад.

Объективная оценка экономической динамики необходима, поскольку требуется осмысление трансформационных процессов, происходящих в результате рыночных взаимодействий, слияния и поглощения предпри-

ятий. Современные слияния и другие нарушения рыночных пропорций – это часто стихийные решения, возникающие как результат перераспределения собственности, что может иметь не только позитивный, но и деструктивный характер.

Концепция экономической динамики промышленного предприятия [2] основана на гипотезе о том, что экономическая динамика промышленного предприятия может быть представлена как компромисс в разрешении противоречий между требованиями бизнес-среды и внутрипроизводственными возможностями предприятия. Эти противоречия решаются как уступка между коммерческим потенциалом предприятия и его производственно-организационным потенциалом при иницировании изменения этих потенциалов бизнес-средой. Иницирующее, побуждающее воздействие на экономическую динамику предприятия оказывают инновационные и инвестиционные усилия предприятия, как толчок, как стимул преобразования и развития.

Основу экономической динамики промышленного предприятия составляют его внутренние ресурсы, формирующие производственно-организационный потенциал, а также коммерческий потенциал, характеризующий востребованность предприятия во внешнем экономическом пространстве, то есть в бизнес-среде.

Внешняя среда, влияющая на востребованность коммерческого потенциала предприятия, имеет следующие аспекты:

- конкурентоспособность вида выпускаемой продукции;
- научно-интеллектуальный потенциал региона, уровень образования в регионе, научно-технический потенциал региона;
- территориальное расположение и социально-экономическая значимость территории;
- динамика промышленно-производственного комплекса региона;
- тип технологического процесса с точки зрения структуры потребляемых ресурсов;
- государственное регулирование развития региональных рынков в социальных

и политических интересах, интересах экономической безопасности.

Внешняя бизнес-среда существует как среда реализации экономических интересов субъектов рынка – производителей и потребителей. Субъекты рынка реализуют свои экономические интересы в условиях институциональных норм, принятых каждым территориальным образованием – государством, регионом, рынком. Бизнес-среда задает условия и формулирует требования к предприятию-производителю и к производству.

Первым уровнем бизнес-среды, определяющим экономическую динамику промышленного текстильного комплекса и его субъектов, является государство с его государственными границами, государственными и институциональными нормами ведения деловых отношений. Бизнес-среда этого уровня может быть представлена кредитно-денежной, налоговой, таможенной, ценовой, социальной и научно-технической политикой.

Проводимая кредитно-денежная политика как фактор бизнес-среды предприятия на государственном уровне характеризуется рядом показателей. Важнейшими из них являются ставка рефинансирования Центрального банка России, которая определяет цену и доступность для хозяйствующих субъектов кредитных ресурсов коммерческих банков, влияет на инвестиционную активность предприятий. Такой фактор кредитно-денежной политики, как курс национальных валют, определяет возможность и целесообразность для предприятия экспортировать произведенные товары, импортировать ресурсы, технологии, патенты, лицензии, ноу-хау, что характеризует инновационную активность предприятия.

Для поддержания позитивной экономической динамики текстильного комплекса по этой составляющей бизнес-среды необходима государственная поддержка долгосрочного кредитования наукоемких проектов, увеличение срока возврата кредитов.

Государственная налоговая политика представлена видами налогов, ставками налогов, объектами налогообложения, сис-

темой распределения налогов между уровнями бюджетной системы страны, налоговыми льготами и др., что определяет налоговый климат в стране и является основополагающим в активизации инновационно-инвестиционной деятельности предприятий.

Таможенная политика государства представлена таможенными нормами и правилами, таможенными квотами, ограничениями, барьерами и др., которые необходимы для защиты государственных интересов при пересечении товарами государственных границ. Таможенная политика, как часть бизнес-среды предприятия, используется как инструмент стимулирования инновационной активности, когда приобретает оборудование, технологии, сырье. Для развития научно-технического потенциала отрасли необходимо пересмотреть таможенные ограничения, пошлины на продажу и научных достижений (патентов) за территорию государства. В то же время таможенные пошлины на ввозимую наукоемкую продукцию необходимо снижать, чтобы стимулировать ввоз такой продукции.

Ценовая политика государства должна поддерживать те предприятия, которые применяют гибкую политику цен, в первую очередь на наукоемкую продукцию.

Социальная политика государства направлена на поддержку организаций, подготавливающих специалистов, способных обеспечить работу предприятий и организаций, выпускающих наукоемкую продукцию.

Научно-техническая политика характеризуется обеспечением подготовки и реализации таких решений, по сути, являясь поддержкой отраслевых НИИ, университетов, академий.

Вторым уровнем бизнес-среды, воздействующим на экономическую динамику текстильного комплекса и его субъектов, являются экономические отношения с регионами. Именно специфика и характер этих отношений сформировал особенности регионального развития и феномен регионально-кустового размещения текстильных предприятий в Ивановской, Москов-

ской, Костромской, Тверской, Вологодской областях, Москве и Санкт-Петербурге. Значимость этого уровня бизнес-среды особенно важна для экономики тех регионов, в которых преобладает «текстильный профиль», а текстильные предприятия являются бюджетообразующими и градообразующими.

Третьим уровнем бизнес-среды, формирующим экономическую динамику предприятий и текстильного промышленного комплекса, являются экономические отношения с отраслевыми товарными рынками, а также рынками, обслуживаемыми предприятиями текстильной промышленности. Факторами инициирования экономической динамики являются экономические интересы предприятий, которые также порождены рынком и являются разновидностью рыночных интересов [3]. Но при этом, как инициаторы бизнес-среды, рынок и экономические интересы предприятия – не одно и то же. Например, для предприятий, вырабатывающих ткани, требования к их ассортименту, внешнему виду и характеристикам определяются рынком, который реализует экономические интересы предприятия через цену и объем продаж. Именно рынок побуждает экономические интересы предприятия, становится инициатором его экономической динамики, но и является самым неустойчивым и динамичным фактором бизнес-среды.

Рассогласования экономических интересов субъектов страт бизнес-среды приводит к противоречивым тенденциям, выражающимся в том, что в настоящее время институциональное обеспечение экономических отношений на государственном и региональном уровнях сдерживает позитивную экономическую динамику текстильных предприятий и текстильного промышленного комплекса в целом.

Институциональная поддержка экономического развития текстильного комплекса должна осуществляться по следующим направлениям:

– бюджетное кредитование (содействие в кредитовании) проектов быстрой оку-

паемости, обеспечивающих рост нераспределенной прибыли и объема производства:

– введение 100-процентного льготирования величины нераспределенной прибыли, используемой для капитализации;

– пресечение недобросовестной конкуренции путем ликвидации всех каналов поступления на российский рынок продукции легкой промышленности беспощинно или с льготным налогообложением;

– обеспечение стабильности функционирования рынка сырья, включая использование системы межгосударственных договоров и соглашений; регулирование оптового рынка сырья.

Положительные изменения в этих направлениях отразятся на предприятиях смежных отраслей, технологически «завязанных» на текстиль, производящих химикаты, красители, текстильное оборудование и технологическую оснастку.

Таким образом, знания факторов инициирующего воздействия бизнес-среды, силы и направленности этих воздействий на экономическую динамику предприятия позволяют прогнозировать вектор экономической динамики как отдельных предприятий, так и текстильного промышленного комплекса в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Темнова Н.К. Оценка трансформационных сдвигов в промышленности региона // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2005, № 1. С.3...9.

2. Темнова Н.К. Концептуальные положения экономической динамики промышленных предприятий // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2005, № 6. С.3...8.

3. Темнова Н.К. Инициирование экономической динамики текстильных предприятий // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2006, № 1. С.9...14.

Рекомендована кафедрой менеджмента ИГТА.
Поступила 21.06.2006.

УДК 677.074

**ЭКСПРЕСС-МЕТОД ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАЗДВИГАЕМОСТИ
ЛЬНЯНЫХ ТКАНЕЙ В ШВАХ**

Т.А. КОЛМОГорова, Н.А. СМирнова, Е.Е. ХОХЛОВА

(Костромской государственной технологической университет)

Швейные изделия из льняных тканей обладают многими положительными свойствами: обеспечивают впитывание влаги, вентиляцию пододежного пространства, мало загрязняются, легко стираются и быстро сохнут. Однако в процессе эксплуатации одежда подвергается растягивающим нагрузкам, в результате чего в области швов наблюдается раздвижка нитей. Раздвижка портит внешний вид одежды, снижает прочность тканей в швах, сокращает сроки эксплуатации изделий. Поэтому важно прогнозировать способность ткани к раздвижке на стадии выбора материалов на изделие. Актуальность прогнозирования раздвижки обусловлена направлением моды, предполагающим изготовление изделий малых объемов прилегающего силуэта.

Оптимизация структуры льняных тканей требует изучения взаимосвязи характеристик строения и раздвигаемости, определяемой величиной смещения (в мм) нитей от шва при величине нагрузки, равной эксплуатационной, 9 даН [1], за время нагружения 1 ч.

Для исследования раздвигаемости тканей было выбрано 45 видов льняных тканей различных переплетений с разной

толщиной нитей как равноплотных, так и неравноплотных.

Анализ взаимосвязи характеристик строения исследуемых тканей и величины раздвижки показал, что доминирующее влияние на раздвижку оказывает переплетение ткани. При количественной оценке переплетения использование известных характеристик строения [2] для льняных тканей оказалось неприемлемым, поскольку в нашем случае эти характеристики, например, коэффициент переплетения согласно Н.С. Ереминой, имели довольно близкие значения. В связи с этим за характеристику переплетения предлагаем принять показатель n , характеризующий связность нитей в ткани и равный числу перекрытий на 1 см^2 ткани.

Анализ взаимосвязи раздвижки и показателей n показал функциональную зависимость, описываемую уравнением прямой:

$$Y=KX+B,$$

где Y – величина смещения нитей, мм; X – число перекрытий на 1 см^2 (n); K и B – коэффициенты, характерные для данного вида тканей (табл.1 – коэффициенты уравнения $Y=Kx+B$).

Таблица 1

Показатель структуры	Направление смещения нитей	Коэффициенты		Коэффициенты корреляции
		K	B	
n	основа	-0,03	6,38	0,81
	уток	-0,05	8,13	0,79

Математическое описание зависимости выполнено с помощью математического

пакета MathCAD. Установленная зависимость дает возможность экспрессной

оценки раздвижки льняных тканей в швах по показателю n , характеризующему связность нитей в ткани и равному числу перекрытий на 1 см^2 ткани.

Разработанный метод прогнозирования раздвигаемости нитей в швах изделий из льняных тканей позволит предупредить и снизить возможность появления раздвигаемости нитей уже на стадии проектирования тканей или при выборе материалов на изделие. В зависимости от прогнозируемой величины раздвижки из конкретных тканей проектируются изделия определенного назначения, силуэта, покроя с различными конструктивными членениями, количеством и направлением швов.

Экспресс-метод прогнозирования имеет большое практическое значение и может быть полезен как для швейной промышленности, так и для текстильной. Так, текстильщики, получив заказ на изготовление, например, практически "нераздвигающейся" ткани, используют метод прогнозирования при проектировании структурных характеристик ткани с требуемым показателем n .

ВЫВОДЫ

1. Предложен и обоснован показатель для количественной оценки переплетения, характеризующий связность нитей в ткани.

2. На основании эмпирических данных установлена функциональная зависимость между раздвижкой льняных тканей в швах и показателем связности нитей в переплетении.

3. Показана возможность регулирования раздвижки нитей на стадии проектирования льняных тканей и прогнозирования раздвигаемости нитей в швах при проектировании одежды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Материаловедение в производстве изделий легкой промышленности (швейное производство): Учебник для студентов высших учебных заведений / Б.А. Бузов, Н.Д. Алыменкова. – М.: Издательский центр «Академия», 2004.

2. Скланников В.П. Строение и качество тканей. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984.

Рекомендована кафедрой ТМШП КГТУ. Поступила 21.06.2006.

УДК 677.072.612.017.428

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛУЦИКЛОВЫХ РАЗРЫВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НЕОДНОРОДНЫХ КОМБИНИРОВАННЫХ НИТЕЙ

И.Л. ВЕРНЯЕВА, И.А. КОРЖЕВА, В.А. КОПНИН

(Костромской государственной технологической университет)

При изготовлении армирующих текстильных материалов для композитов основными физико-механическими свойствами являются: жесткость, прочность, стойкость к эрозионному уносу, термостабильность и термостойкость и др.

Термостойкость и термостабильность определяются в первую очередь материалом, армирующей основой и связующей матрицей. Они должны обеспечить стабильно устойчивое состояние композита при тепловых волнах и тепловых ударах. Поэтому основным компонентом комби-

нированной нити является термостойкий сердечник (углерод, стекло, базальт и др.). Для рассеивания тепла с поверхности работы в состав нити вводят металлическую составляющую (медь, вольфрам и др.). Эрозионный унос можно снизить путем создания прочной связи между матрицей и волокнистым материалом. Это обеспечивается путем повышения адгезионных свойств армирующего материала, за счет ввода дополнительной волокнистой составляющей, обладающей высокой сорбцией к связующему [1].

В представленной работе проводится определение прочностных характеристик текстильных армирующих материалов. Для определения прочности необходимо найти комплексный метод, который выявит не только факторы, определяющие прочность, но и позволит понять механизм разрушения и спрогнозировать на этапе изготовления комбинированной нити и текстильных полотен (трикотажа, ткани) работу композита в реальных условиях.

Углеродные и стеклянные нити относятся к нитям с ярко выраженной анизотропией, а металлические монопилиты к сравнительно однородным и изотропным. При рассмотрении комбинированной нити как единого продукта, свойства ее порой трудно предугадать, а предлагаемые методы теоретического расчета и прогнозирования свойств комбинированных материалов не могут быть применены вследствие их приближенности. Поэтому был выбран экспериментальный метод исследований.

Для моделирования поведения нити в процессе формирования армирующего полотна также определялась жесткость нитей при растяжении в начальной стадии деформирования. С этой целью проводились испытания на растяжение с относительным удлинением образцов комплексной нити до 1%. Для исследования механизма неоднородного разрушения при приложении растягивающей нагрузки вдоль оси нити, была записана диаграмма нагрузка-удлинение.

Испытания осуществлялись на разрывной машине марки 2166P-5, оснащенной устройством акустической эмиссии и тензорезисторным силоизмерителем. Регистрация акустической эмиссии осуществлялась при помощи быстродействующего самописца НЗОЗО-1. Для закрепления нитей применялись захваты с плоскими губками и при растяжении комплексных нитей дополнительно использовались прокладки из микропористой резины. Образцы нитей растягивались с постоянной скоростью в диапазоне 20-200 мм/мин. Влияния скорости в этом диапазоне на механические характеристики нитей не обнаружено.

Испытанию подвергались комбинированные нити различной линейной плотности и состава А1, А2, А3, (стекло-медь) и В1, В2, В3 (углерод-вольфрам). Нить вариантов А представляет собой сердечник из комплексной стеклянной нити и рыхлого волокнистого наполнителя, обкрученная медной проволокой. Данная нить используется для получения фрикционных накладок. Нити вариантов В имеют сердечник из углеродной комплексной нити и нескольких стренг вольфрамовой проволоки, обкрученной хлопчатобумажной пряжей. Нить используется для изготовления трикотажных армирующих полотен специального назначения. Результаты испытаний представлены в табл. 1 (показатели разрывных характеристик при растяжении комбинированных нитей).

Т а б л и ц а 1

Варианты	Линейная плотность, текс	Абсолютная разрывная нагрузка, Н	Относительная разрывная нагрузка, Н/текс	Разрывное удлинение, %
А1	1900	212,1	0,112	5,6
А2	3600	199,5	0,055	6,2
А3	3100	167,2	0,054	6,5
В1	505,6	61,18	0,120	2,02
В2	901,1	69,92	0,078	3,00
В3	1322	90,85	0,069	3,32

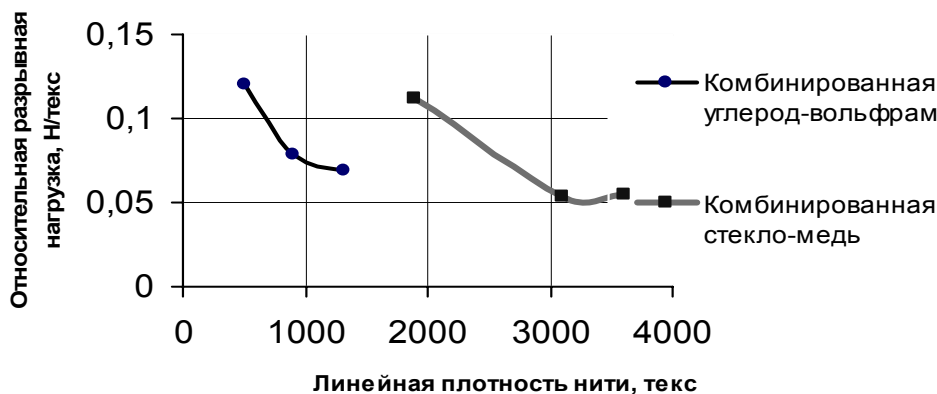


Рис.1 Изменение относительной разрывной нагрузки в зависимости от линейной плотности нити

По результатам испытаний выявлена зависимость относительной разрывной нагрузки от линейной плотности нити (рис. 1).

Разрывные характеристики комбинированной нити зависят от ее линейной плотности. С увеличением последней в 2,6 раза абсолютная нагрузка увеличивается лишь в 1,48 раза, а относительная уменьшается в 1,76. Данный факт объясняется следующим: при изготовлении комбинированной нити крутка обкручивающего компонента остается постоянной, следовательно, с ростом линейной плотности происходит переуплотнение структуры, это приводит к напряженному состоянию и повреждению компонентов нити, а следовательно, к снижению относительной разрывной нагрузки. При наработке комбинированных нитей большой линейной плотности следует учитывать этот факт и рекомендовать снижать крутку обкручивающего компонента при увеличении линейной плотности.

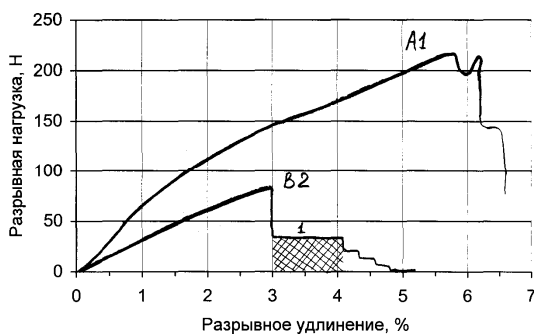


Рис.2. Диаграммы растяжения комбинированных нитей (A1 – стекло-медь, B2 – углерод-вольфрам).

Механизм разрушения комбинированных нитей различной структуры можно проследить по диаграммам нагрузка-удлинение (рис.2). В момент разрыва элементарной нити энергия деформации выделяется в виде импульса отдачи, который передается зажиму и воспринимается датчиком с последующей регистрацией на ленте самопишущего прибора.

Наблюдения и диаграммы свидетельствуют, что потеря прочности комплексными нитями связана с разрывом и растаскиванием пучков волокон. Характер деформации разрыва зависит от структуры комбинированной нити и свойств ее отдельных элементов. Углеродная и стеклянная нити имеют меньшую в сравнении с вольфрамом и медью величину удлинения, чем и объясняется их значительная хрупкость [2].

При разрыве композиции углерод-вольфрам (вариант В) основную нагрузку в составе комбинированной нити, как и предполагалось, воспринимает термостойкий сердечник, углерод. Далее происходит поэлементарное разрушение металлической составляющей, это как уже отмечалось, вызвано различным значением упругой продольной характеристики. На участке 1 диаграммы все стренги вольфрама воспринимают нагрузку, далее происходит их поэлементарное разрушение комбинированной нити.

При растяжении комбинированных нитей варианта А (стекло-медь) наблюдается более равномерное разрушение всей композиции. Это связано с тем, что волок-

нистая составляющая, вводимая для увеличения адгезии, равномерно распределяясь по объему нити [3], создает обжатие стеклоровинга, увеличивая трение и обеспечивая работу одновременно всех элементов нити. Кроме того, наличие указанной составляющей снижает повреждаемость хрупкого сердечника при обкручивании жесткой проволокой, так как оно является «амортизатором» и снижает количество прямых контактов хрупкого сердечника с металлическим составляющим.

По результатам исследования можно сделать выводы:

– прочностные показатели комбинированной нити определяются прочностью термостойкого компонента;

– относительная прочность комбинированной нити падает с увеличением линейной плотности комбинированной нити;

– при наработке комбинированных нитей большой линейной плотности следует

снижать крутку обкручивающего компонента при увеличении линейной плотности в целях предотвращения переуплотнения структуры;

– структура комбинированной нити определяет характер разрушения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Композиционные материалы / Под ред. Д.М. Карпинос. – Киев: Наукова думка, 1985.

2. Коржева И.А. Разработка технологии армирующих трикотажных полотен на основе комбинированных нитей для композиционных материалов: Дис...канд. техн. наук. – Кострома, КГТУ, 2001.

3. Верняева И.Л. Создание технологии и оборудования получения комбинированных нитей для безасбестовых фрикционных накладок: Дис...канд. техн. наук. – Кострома, КГТУ, 1996.

Рекомендована кафедрой МТВМ. Поступила 21.06.2006.

УДК 677.06.620.17

ЯВЛЕНИЕ "ОДНОНАПРАВЛЕННОЙ" ВЯЗКОСТИ ПРИ СЖАТИИ УПРУГОВЯЗКОГО ТЕЛА

Г.К. КУЗНЕЦОВ, С.Н. ТИТОВ, В.В. ФАРУКШИН, Н.В. СОЧИШИН

(Костромской государственной технологической университет)

Известно понятие об упругом гистерезисе и потерях энергии при деформации твердого тела, что объясняется неидеальными упругими свойствами деформируемого тела [1]. При деформировании тел с резко выраженными вязкими свойствами, к которым относятся волокнистые материалы, различные полимеры и др., данное явление можно описать следующим образом. При сжатии такого тела с определенной скоростью деформирования усилие сопротивления составляется из упругой и вязкой компоненты:

$$F = c x + h \dot{x},$$

где c – коэффициент жесткости (упругости); h – коэффициент вязкого сопротив-

ления; x – величина деформации.

Второе слагаемое правой части, определяющее вязкую компоненту, пропорционально скорости деформации и всегда направлено в сторону, противоположную направлению движения тела в вязкой среде. При восстановлении деформированного тела сопротивление вязкой среды отсутствует, но сила упругости, пропорциональная величине деформации, сохраняется:

$$F = c x .$$

Это явление, которое можно назвать «однаправленной» вязкостью, упоминается в работах [2], [3]. Возникновение гипотезы об «однаправленной» вязкости

было побуждено итогами изучения упруго-вязких систем текстильных машин, в частности, механизмов фрикционного намотывания [4] и вытяжных механизмов прядильных машин [5].

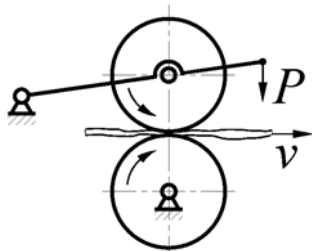


Рис. 1

Работы выполнялись на устройствах, построенных по одной принципиальной схеме, включающей валковый механизм с промежуточным упруговязким элементом (тело намотки, покрытие нажимного валика), изображенной на рис. 1. При проведении экспериментов были замечены отличия от классических закономерностей протекания колебательных процессов.

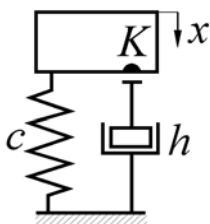


Рис. 2

Динамическая модель деформируемого упруговязкого тела с учетом “однонаправленной” вязкости представлена на рис. 2. Здесь контакт в точке К сохраняется и при сжатии, и при обратном движении, но сила взаимодействия в этой точке при обратном движении характеризуется только жесткостью c . Вязкого сопротивления, определяемого коэффициентом h , при обратном движении не возникает.

Изучение процесса деформирования тела по такой модели проведено при условии, что начальная нагрузка обеспечивает деформацию, превышающую вероятную амплитуду колебаний. Это соответствует условиям работы реальных упруговязких

систем в текстильных машинах. В ходе теоретических исследований получены следующие зависимости [3]:

$$\ddot{x} + \mu(1 + \text{sign } \dot{x})\dot{x} + \omega^2 x = 0$$

(при свободных колебаниях),

$$\ddot{x} + \mu(1 + \text{sign } \dot{x})\dot{x} + \omega^2 x = A \sin pt$$

(при вынужденных колебаниях),

где ω – частота собственных колебаний системы; p – частота возмущающего воздействия; A – амплитуда возмущающего воздействия; t – время; $\mu = h/2m$ – динамическая вязкость системы, имеющей приведенную массу m .

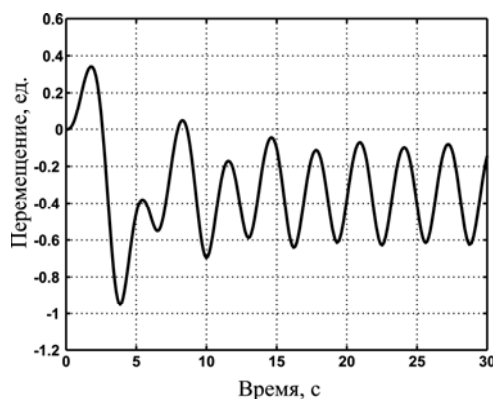


Рис. 3

Численное решение данных уравнений, даже для простейшего случая (m , h и c – постоянные величины), приводит к тому, что, по сравнению с традиционным влиянием вязкого сопротивления, имеет место смещение положения динамического равновесия по отношению к положению статического равновесия. При этом величина смещения увеличивается с возрастанием частоты возмущающего воздействия. На рис. 3 приведен результат решения уравнения вынужденных колебаний “единичной” системы ($\omega = 1 \text{ с}^{-1}$, $\mu = 1 \text{ с}^{-1}$) при частоте возмущающего воздействия $p = 2 \text{ с}^{-1}$ и его амплитуде $A = 1 \text{ ед./с}^2$.

Для проверки данной гипотезы проведен эксперимент на стенде, описанном в [6]. Отличительной особенностью используемой измерительной системы является бесконтактный способ регистрации

колебаний, исключая ее влияние на процесс колебаний. Узел, имитирующий рабочий орган машины, состоит из двух металлических секторов. Верхний сектор обрезают, на нем крепится легкая шторка. Положение ее фиксируется оптическим датчиком, сигнал с которого подается на аналого-цифровой преобразователь (АЦП) и обрабатывается вычислительной системой.

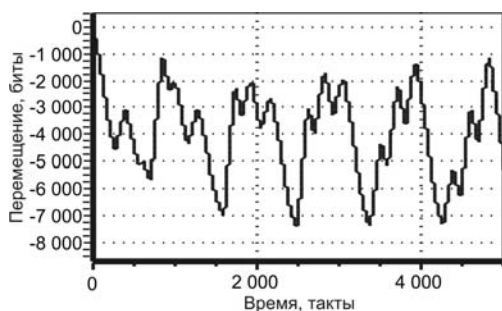


Рис. 4

Полученный при опытах результат подтверждает теоретические выводы. Экспериментальный график колебательного процесса приведен на рис. 4. Здесь перемещение измерено непосредственно в битах вычислительной системы, а время представлено количеством тактов считывания буфера АЦП при частоте дискретизации 22,25 кГц. Эксперимент проводился при частоте вращения электродвигателя с неуравновешенным ротором, обеспечивающим силовое возмущающее воздействие на колебательную систему, 1390 об/мин., что соответствует частоте возмущения $\rho = 145,5 \text{ с}^{-1}$.

Таким образом, явление “однонаправленной” вязкости подтверждается, и его следует учитывать при анализе взаимодействий валка с упруговязким прокатываемым материалом при реализации технологических процессов в валковых механизмах, а также при назначении режимов обработки текстильных материалов.

При этом “однонаправленная” вязкость снижает эффективное усилие в жале валов, порождая эффект “всплытия” обрезаемого вала (или, соответственно, паковки с пряжей).

Действительно, элемент материала на входе в валковую пару испытывает деформацию сжатия с определенной скоростью. При этом сила взаимодействия состоит из упругой и вязкой компонент. На выходе из пары контакт материала с поверхностью валка сохраняется, но вязкая компонента не действует. При учете этих положений увеличивается сдвиг эпюры нормальных напряжений и площадки контакта в сторону, противоположную движению материала [5]. Данная картина была замечена при изучении качения тел по упруговязкому основанию, но без учета описываемого явления [7].

ЛИТЕРАТУРА

1. Хайкин С. Э. Физические основы механики. — М: Физматгиз, 1962.
2. Фарукишин В. В., Титов С. Н., Кузнецов Г. К. Влияние вязких свойств системы на ее упругие колебания // Вестник КГТУ, № 9, 2004.
3. Титов С. Н. Нелинейная механика текстильных процессов. — Кострома: Изд-во КГТУ, 2004.
4. Титов С. Н. Комплексный анализ и усовершенствование мотального механизма ПСК-225-ЛЮ: Дис...канд. техн. наук. — Кострома, КТИ, 1994.
5. Фарукишин В. В. Совершенствование методов расчета вытяжных механизмов для мокрого прядения льна: Дис...канд. техн. наук. — Кострома, КГТУ, 1999.
6. Фарукишин В. В., Титов С. Н., Кузнецов Г. К. Методы экспериментального определения упруговязких характеристик механико-технологических систем текстильных машин // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. — 2003, № 3.
7. Ишлинский А. Ю. Трение качения. Прикладная математика и механика. — 1939. Вып. 2.

Рекомендована кафедрой теории механизмов и машин и проектирования текстильных машин. Поступила 21.06.2006.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПЛЕКСОВ ЛЬНЯНЫХ ВОЛОКОН*

М.В. КИСЕЛЕВ, Р.П. ВОЙЦЕХОВСКИЙ, А.А. СМИРНОВ

(Костромской государственной технологической университет)

Одной из перспективных задач, стоящих перед текстильным материаловедением, является прогнозирование свойств текстильных материалов [1]. Для решения поставленной задачи необходимо применять методы математического моделирования с учетом реального строения и свойств материалов.

Формирование нити определяется качеством исходного сырья и технологическим процессом его переработки, поэтому моделирование структуры исходного сырья представляет большой интерес. Данная работа является началом цикла работ по математическому моделированию ком-

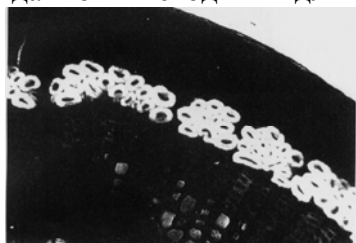
плекса льняных волокон, в которой на первом этапе исследуются законы распределения координат центров элементарных волокон по поперечному сечению комплекса. В качестве исходного материала для обработки исследуемого объекта были взяты фотографии поперечных срезов льняного волокна на различных стадиях его переработки [2]. Методика обработки растрового изображения использует последние достижения современной компьютерной техники и программного обеспечения. Разработанная методика включает последовательные преобразования растрового изображения и представлена в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

№ п/п	Содержание этапа обработки изображения поперечного сечения комплекса	Используемое программное обеспечение
1	Сканирование (фотографирование) поперечного сечения комплексов	Штатное ПО фотокамеры или сканера
2	Выделение площади одного комплекса из совокупности комплексов на фотографии. Корректировка яркости и контраста.	Adobe Photoshop
3	Векторизация полученного на предыдущем этапе изображения	R2V
4	Определение координат центра тяжести сложных тел и координат центров элементарных волокон. Запись их в БД (файл).	Компас-3D
5	Статистическая обработка полученных координат. Получение закона распределения координат центров элементарных волокон по осям X и Y.	ППП Statistica v. 5.0

На рис. 1...5 показаны этапы реализации данной методики для комплексов

льняных волокон, находящихся внутри среза стебля соломы.



а. Сканированное изображение среза стебля соломы льна.



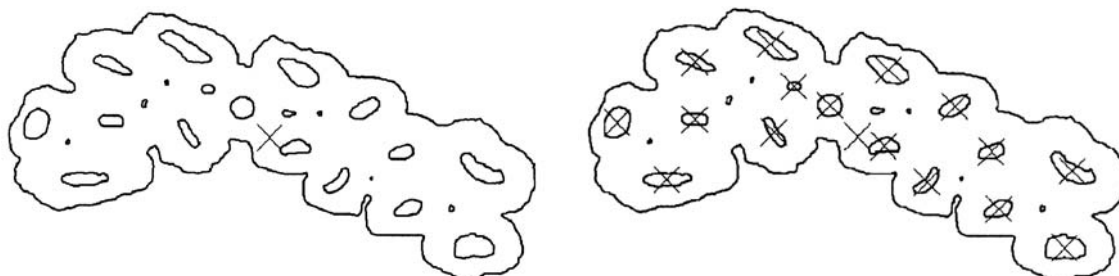
б. Изображение отдельных комплексов.

Рис.1 Компьютерная обработка поперечных срезов льна.

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



а. Изображение комплексов волокон, подвергнутое векторизации в программе «R2V».



б. Геометрический центр комплекса

в. Центры воздушных каналов элементарных волокон.

Рис.2. Пример реализации 3 и 4 этапов методики.

При вычислении координат центров воздушных каналов геометрический центр комплекса совмещался с началом координат, при этом изображение комплекса ориентировалось на плоскости, путем описания около него эллипса и достижения параллельности диаметров эллипса с осями координат.

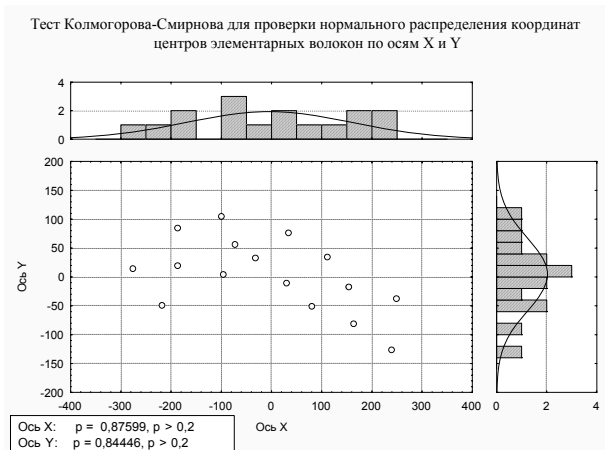
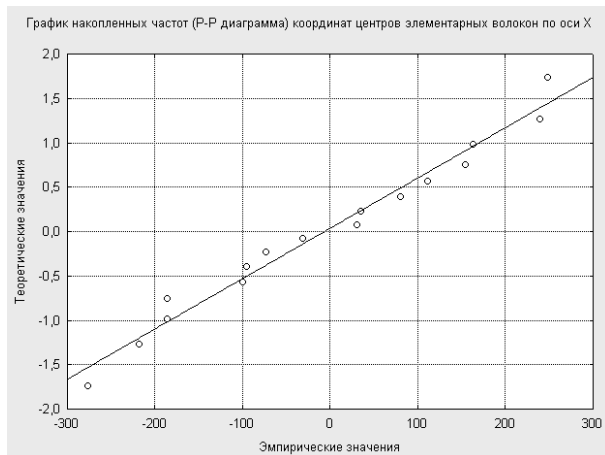
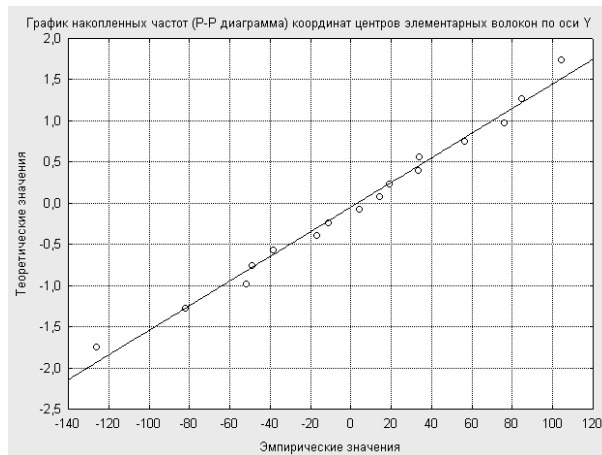


Рис. 3. Результаты статистической обработки координат центров элементарных волокон в комплексе .

С целью определения закона распределения координат центров элементарных волокон по площади комплекса, прежде всего, использовались параметрические модели. При этом исследовалась возможность описания исследуемых величин нормальным законом распределения. Соответствие данному закону оценивалось по параметру p – накопленная частота, значение которого очень чувствительно к закону распределения вероятностной величины. Отклонение от нормального распределения считается существенным при значении $p < 0,05$ и несущественным при $p > 0,2$. Существует еще и графический способ (построение графиков накопленных частот (P-P Plots), где на оси X располагаются эмпирические значения, а по Y – теоретические. При этом, чем ближе точки графиков к прямой, тем меньше отличие эмпирического распределения от нормального. Данные графики показаны на рис. 4 для координат X и Y соответственно.



а)



б)

Рис 4. График накопленных частот координат центров элементарных волокон по осям координат (а – по оси X; б – по оси Y).

По аналогичной методике были исследованы поперечные срезы чесаного льна из



различных сортоучастков (см. рис 5).



Рис.5. Поперечный срез чесаного льняного волокна Бежецкого сортоучастка.

Визуальное сравнение комплексов в льносолеме и в чесаном льняном волокне показывает отличия, обусловленные его технологической обработкой.

Применение разработанной методики к чесаному льну не показало каких-либо существенных отличий от льняных комплексов в соломе. По данной методике было исследовано более 100 поперечных срезов льняных комплексов урожая различных лет различных районов. Девяносто девять процентов исследованных образцов показали соответствие нормальному закону распределения изменение координат центров элементарных волокон в комплексах.

ВЫВОДЫ

1. Разработана компьютерная методика определения закона распределения центров элементарных льняных волокон в комплексах на различных стадиях технологического процесса.

2. Установлено, что в подавляющем большинстве, закон распределения центров элементарных льняных волокон в комплексах является нормальным. Данный вывод позволит сделать еще один шаг для уменьшения неопределенности в постановке задачи о построении геометрической модели комплекса льняных волокон с учетом большого рассеяния его геометрических свойств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Щербаков В.П. Прикладная механика нити. Учебное пособие. – М.:РЮ МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2001.
2. Лабораторная оценка физико-механических и технологических свойств льносырья урожая 1991 г. – ВНИИЛП, 1991.

Рекомендована кафедрой теории механизмов и машин и проектирования текстильных машин. Поступила 21.06.2006.

УДК 677.11: 620.1

**СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СВОЙСТВ ЛЬНОТРЕСТЫ
ПЕРЕД ЕЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКОЙ**

Ю.В. ДРОЗДОВ

(Костромской государственный технологический университет)

Для оптимизации режимов работы переработки льнотресты необходимо изучить особенности варьирования свойств тресты. Понимание существа закономерностей изменения этих свойств позволит обоснованно подойти к вопросу разработки технических решений для адекватного уменьшения негативного влияния этого варьирования на качество работы агрегата при получении трепаного льна.

Неоднородность свойств тресты обусловлена комплексом различных факторов. В этой связи наиболее целесообразным подходом к исследованию варьирования свойств тресты является их представление в форме случайных функций [1], [2]. Получить комплексную оценку случайной функции позволяет спектральный анализ.

Целью данного исследования является анализ спектральных характеристик изменения различных свойств стланцевой льнотресты перед ее переработкой на мяльно-трепальном агрегате.

Дискретные преобразования Фурье позволяют оценить статистические характеристики случайного процесса по одной ограниченной выборочной реализации. Необходимым условием возможности применения преобразований Фурье является эргодичность функции. Существуют три основных признака, по которым можно сделать вывод об эргодичности функции [4]:

- 1) математическое ожидание является постоянной величиной;
- 2) дисперсия является постоянной величиной;
- 3) корреляционная функция есть функ-

ция не двух, а одного аргумента.

Если хотя бы одно из указанных условий не будет выполняться, то преобразование Фурье будет давать неверные результаты.

Для получения необходимых исходных статистических данных на участках выращивания льна случайным образом выбирались три ленты, длина которых была необходима для формирования одного рулона. Из этих лент через каждый метр отбирали пробы стеблей тресты для определения технологических свойств. Всего было отобрано около 300 проб для каждой ленты. В соответствии с [3] для каждой пробы были определены сноповая длина, растянутость, диаметр стеблей, отделяемость, среднеквадратическое отклонение (СКО) по комлевым концам, СКО по вершиночным концам, средняя длина стеблей.

Полученные данные перед их статистической обработкой проверили на эргодичность, то есть на соблюдение трех приведенных ранее условий.

Для выявления стационарности случайного процесса по математическому ожиданию оценивается средняя арифметическая для нарастающей длин реализации, то есть:

$$m_x(L_1), m_x(L_2), \dots, m_x(L_i), \dots, m_x(L_n), \quad (1)$$

где $L_1, L_2, \dots, L_i, \dots, L_n$ – длины реализации случайной функции, отсчитываемые от начала реализации; $m_x(L_i)$ – математическое ожидание, вычисляемое как:

$$m_x(L_i) = \frac{\sum_{o=1}^i x_o}{i}, \quad (2)$$

где x_o – наблюдаемые значения случайной функции (то есть экспериментально полученные значения исследуемого свойства).

Если исследуемый ряд (1) сходится к некоторому среднему значению, то можно говорить о постоянстве математического ожидания, что является соблюдением первого условия эргодичности. Условие сходимости выполняется тогда, когда начиная с какой-то определенной длины L_i , для любых значений исследуемого ряда выполняется неравенство:

$$|m_x(L_i) - m_x(L_n)| < \varepsilon, \quad (3)$$

где L_n – максимальная длина реализации, $\varepsilon = 0,05m_x$.

Были исследованы изменения математического ожидания в зависимости от длины реализации слоя для его различных свойств. В качестве примера на рис. 1 приведена графическая зависимость изменения математического ожидания диаметра стеблей в зависимости от длины реализации. В табл. 1 приведены размеры реализаций, при которых изменения свойств можно рассматривать как стационарную функцию.

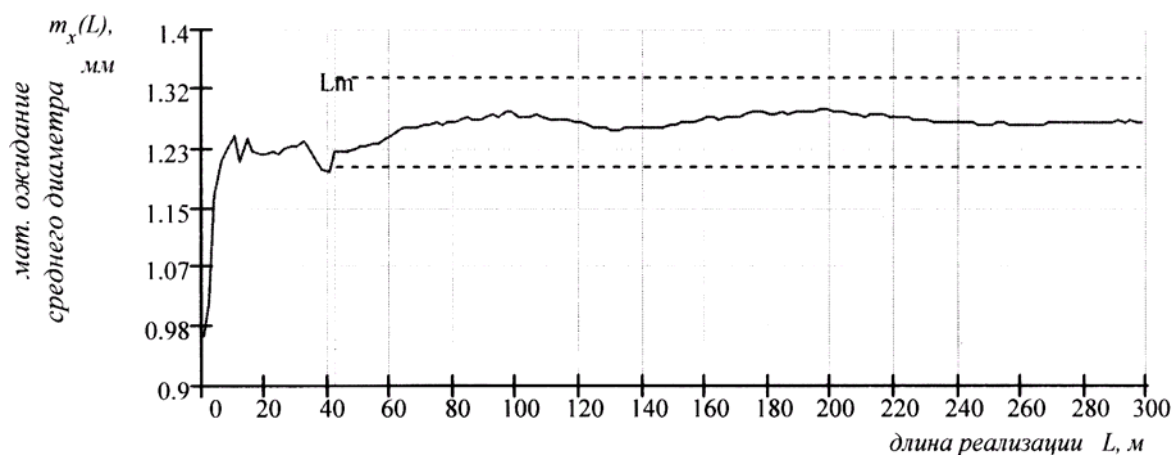


Рис. 1. Кривая изменения математического ожидания в зависимости от длины реализации слоя стеблей для диаметра стеблей

О соблюдении второго условия стационарности случайной функции (постоянства среднеквадратического отклонения) можно судить по числовому ряду:

$$\sigma_x(L_1), \sigma_x(L_2), \dots, \sigma_x(L_i), \dots, \sigma_x(L_n), \quad (4)$$

где $\sigma_x(L_i)$ – среднеквадратическое отклонение, вычисляемое как:

$$\sigma_x(L_i) = \sqrt{\frac{\sum_{o=1}^i (x_o - m_x(L_i))^2}{i-1}}. \quad (5)$$

График изменения среднеквадратического отклонения диаметра стеблей представлен на рис.2.

В табл. 1 (исследование спектральных характеристик свойств тресты в слое) приведены вычисленные длины реализаций, для которых второе условие соблюдается.

Исследуемое свойство	Длина реализации, при которой наблюдается стационарность по:		Область частот с максимальной спектральной плотностью (9/10 всей спектральной мощности) частота, м ⁻¹ период, м	Максимум спектральной плотности частота, м ⁻¹ период, м
	математическому ожиданию m $L_m \geq$	дисперсии, м $L_d \geq$		
Сноповая длина	62	100	$0 - 0,15$ более 6,7	$0,012$ 83
Растянutosть стеблей	0	120	$0 - 0,2$ более 5	$0,011$ 91
Средний диаметр стеблей	41	87	$0 - 0,17$ более 5,9	$0,003$ 300
Отделяемость волокна в стеблях тресты	3	164	$0 - 0,22$ более 4,6	$0,163$ 6
Разброс по комлям	82	82	$0 - 0,2$ более 5	$0,165$ 6
Разброс по вершинам	18	140	$0 - 0,25$ более 4	$0,175$ 6
Средняя длина стеблей	18	110	$0 - 0,25$ более 4	$0,020$ 50
Влажность	15	130	$0 - 0,4$ более 2,5	$0,15$ 6,7

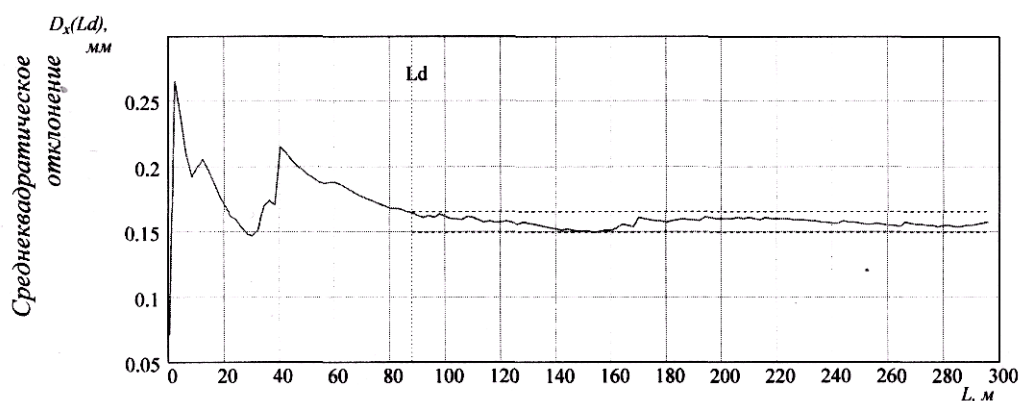


Рис. 2. Кривая изменения среднеквадратического отклонения в зависимости от длины реализации слоя стеблей для диаметра стеблей

Представленные графические зависимости позволяют заключить, что при разной длине реализации (большей L_m) среднеквадратическое отклонение не имеет большого разброса и удовлетворяет неравенству:

$$|\sigma_x(L_i) - \sigma_x(L_n)| < \varepsilon, \quad (6)$$

где $\varepsilon = 0,05\sigma_x(L_n)$.

Следовательно, представленные случайные функции удовлетворяют второму условию стационарности.

Третье условие стационарности означа-

ет, что значение спектральной функции должно зависеть только от частоты. Исследования спектральной функции подтвердили, что это условие соблюдается.

Таким образом, изменения исследуемых свойств стланцевой льнотресты могут быть представлены как функция случайного стационарного эргодичного процесса.

Эргодичность исследуемых случайных функций позволяет применить к ним дискретное преобразование Фурье с целью выявления скрытой периодичности изменения основных свойств слоя. С помощью преобразования Фурье был определен частотный состав функции.

В результате можно сделать вывод о том, какой диапазон частот имеет больший удельный вес в общих колебаниях исследуемых свойств.

В результате обработки данных в сис-

теме Statistica получены графические зависимости изменения спектральных плотностей в зависимости от частоты для различных свойств стланцевой льнотресты (рис.3).

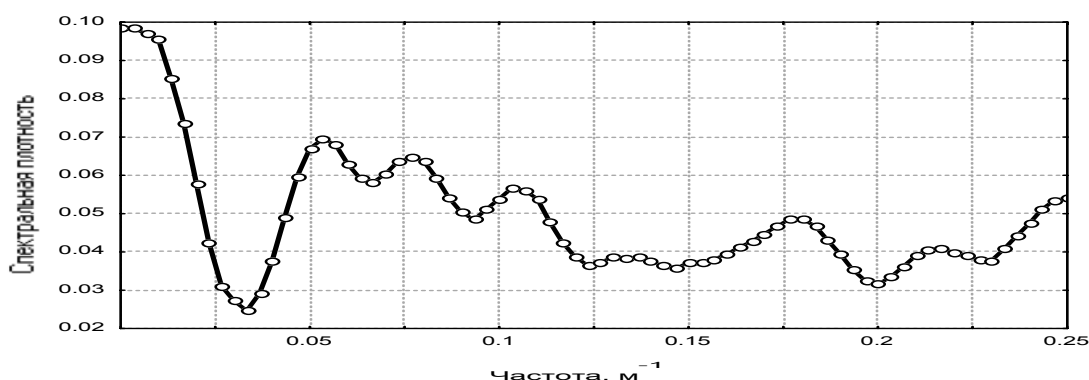


Рис. 3 График изменения спектральной плотности в зависимости от частоты при исследованиях варьирования диаметра стеблей

Обработка полученных данных также представлена в табл. 1. Анализ результатов позволяет сделать вывод, что случайную составляющую в изменении свойств слоя можно рассматривать как случайный эргодичный процесс: при исследовании длины ленты более 100 м – для сноповой длины, 120 м – для растянутости, 87 м – для диаметра стеблей, 164 м – для отделяемости, 82 м – для среднеквадратического отклонения по комлевым концам, 140 м – для среднеквадратического отклонения по вершиночным концам, 110 м – для средней длины стеблей.

Проведенные исследования показали, что по всем изучаемым свойствам максимальная спектральная плотность находится в области низких частот. При этом было установлено, что внесение изменений в режим работы МТА, функционально связанного с анализируемыми свойствами слоя (кроме влажности), через расстояние менее 4 метров нецелесообразно.

ВЫВОДЫ

1. Полученные данные позволяют обоснованно подойти к вопросу проектирования систем автоматического управления режимами работы МТА.

2. Система, контролирующая изменение среднего диаметра стеблей, должна

обладать самой большой инерционностью (изменение этого параметра имеет максимум спектральной характеристики при периоде 333 м).

3. Системы, контролирующие изменение сноповой длины, растянутости и средней длины, должны обладать меньшей инерционностью и отслеживать их изменения внутри рулона (период около 6 м).

4. Система, контролирующая изменение СКО по комлевым и вершиночным концам, должны отрабатывать период, не превышающий 6 м.

ЛИТЕРАТУРА

1. Особенности варьирования технологических свойств стланцевой льняной тресты/ Пашин Е.Л., Лапшин А.Б., Соснин К.И., Дроздов Ю.В., Румянцев И.А. – Всероссийский НИИ по переработке лубяных культур. – Кострома, 2002, 16 с. – Библиогр.: 2 назв.- ил., рус. – Деп. в ВИНТИ 18.03.02, №489-В2002
2. Дроздов Ю.В., Пашин Е.Л. Разработка и апробация метода оценки случайной функции // Сб. научн. тр. молодых ученых КГТУ. – Кострома, КГТУ. Вып. 3. 2002.
3. ГОСТ 29383–89. Треста льняная. Требования при заготовках. – М.: Изд-во стандартов, 1989.
4. Марпл-мл. С.Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения / Пер. с англ. – М.: Мир, 1990.

Рекомендована кафедрой автоматизации и микропроцессорной техники. Поступила 21.06.2006.

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ ЛЬНОТРЕСТЫ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЛЕКСА АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЛЬНОТРЕСТЫ

С.С. ПЕТРОВ, В.Г. ДРОЗДОВ

(Костромской государственной технологической университет)

Известно, что на выход и номер длинного трепаного льна оказывают влияние следующие факторы:

- агротехнические мероприятия по подготовке к посеву, выращиванию, своевременной уборке и росной мочке льна в льносеющих хозяйствах;

- мероприятия и условия транспортировки и хранения рулонов стланцевой льнотресты на предприятиях ПОЛВ;

- особенности периодической настройки рабочих органов мяльно-трепального агрегата (МТА);

- технологические свойства стланцевой льнотресты, поступающей на переработку.

Установлено, что технологические свойства тресты широко варьируются даже в пределах одного рулона [1]. Согласно выводам [2] к таким свойствам отнесены цвет стеблей, их длина и диаметр. Вследствие периодического характера варьирования свойств слоя сырья, обусловленного вышеприведенными факторами, необходима оперативная регулировка режима работы МТА, направленная на выбор соответствующего режима обработки сырья с текущими технологическими показателями качества.

Предлагается методика оперативного видеоконтроля варьирования технологических свойств льнотресты и выбор соответствующего режима работы МТА по результатам анализа данных видеоконтроля. Согласно рекомендациям [3] режим обработки льнотресты устанавливается по степени ее вылежки, или по показателю отделяемости стеблей льнотресты, так как данный показатель характеризует возможность отделения волокнистых комплексов от древесины стеблей после процесса росной мочки, при этом полагается, что влажность сырья не превышает 15...20%.

Автоматический контроль показателя отделяемости осуществляется непосредственно в технологическом процессе получения длинного льноволокна. В основе данного метода контроля лежит зависимость цветовых характеристик стеблей слоя перерабатываемой тресты от степени вылежки. Проведенные исследования показали возможность определения технологического показателя отделяемости с достаточной точностью при помощи обработки видеоизображения движущегося в технологическом потоке слоя стеблей льнотресты. Результаты исследований приведены на рис. 1.



Рис. 1. Зависимость показателя отделяемости стланцевой льнотресты от ее средневзвешенного цвета по слою (модель цвета 8-бит RGB)

$$O=10,3359-0,0222R+0,0087G-0,0269B, \quad (1)$$

где O – прогнозируемый показатель отделимости льнотресты (при вероятности $P=0,95$); R , G и B – средневзвешенные средние компоненты цвета стеблей льнотресты при использовании 8-битной модели цвета RGB.

Полученные результаты согласуются с выводами ранее проведенных экспериментальных исследований [4, 5], и считаются достоверными в пределах применимости предложенной методики измерений показателя отделимости стланцевой льнотресты.

Получение видеоинформации о состоянии стеблей слоя льнотресты на входе в МТА возможно при помощи датчиков на основе полупроводниковых светочувствительных элементов. Выбор конкретной реализации такого датчика диктуется теми требованиями, которые предъявляет разработанный алгоритм контроля и управления технологическим оборудованием, так как при сопоставимой стоимости реализации датчика на основе дискретных фотодиодов являются неприемлемыми его разрешающая способность и низкая информа-

тивность по сравнению с датчиком на основе ПЗС-матрицы с интегрированным видеокодеком. Также отпадает необходимость в построении платы сопряжения и программирования интерфейса для видеодатчика на основе дискретных фотодиодов, потому что видеодатчик с ПЗС-матрицей, реализованный, например на основе веб-камеры, полностью совместим со стандартными протоколами ввода/вывода для RS232 или USB1.0 и выше. Получаемая от такого датчика информация, представляет собой поток видеок кадров, которые подвергаются машинной обработке.

Рассмотрим информационную структуру комплекса контроля параметров льнотресты в технологическом потоке МТА, представленную на рис.2. Функционирование комплекса контроля направлено на регулирование процесса механической обработки посредством выбора скоростного режима работы МТА. Основу комплекса составляет программно-аппаратная среда, задачей которой является прием и анализ информации о технологических свойствах сырья на входе МТА и управление электроприводом его рабочих органов.

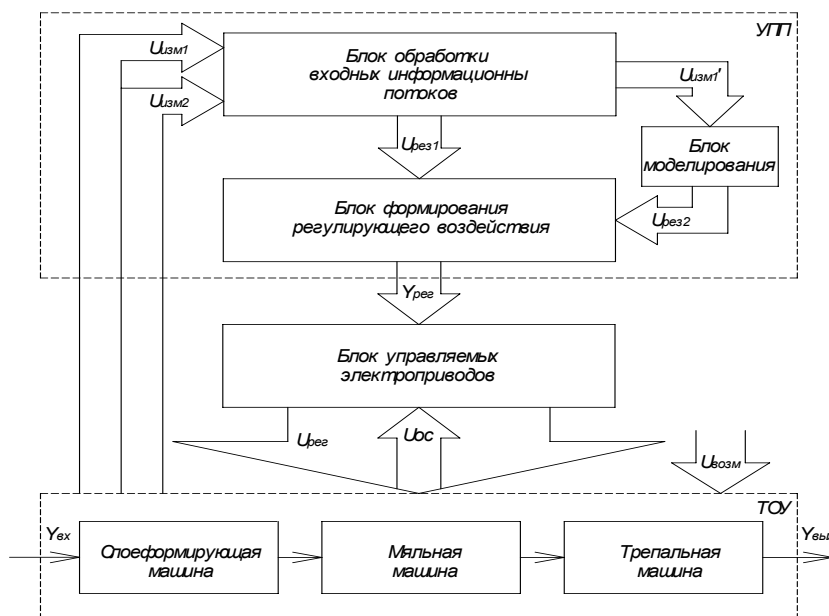


Рис.2. Информационная структура комплекса контроля

Задачу приема и анализа входящих информационных потоков $U_{изм1}$ и $U_{изм2}$ и

формирование выходного информационного потока $U_{рез}$ выполняет управляющий

пакет программ (УПП). Из потока $U_{изм1}$, поступающего с видеодатчиков, УПП определяет средневзвешенные значения цвета и вариации цвета (пестроты) и средние значения геометрических параметров стеблей слоя по алгоритмам машинной обработки полноцветного изображения [6].

Растянutosть стеблей в слое и расположение слоя относительно граничных линий являются дополнительными технологическими показателями, получаемыми УПП из потока $U_{изм2}$ по методике, представленной в [7]. Данные потока $U_{изм1}$ дополнительно преобразуются во входной поток $U_{изм1}'$ блока моделирования поведения слоя в процессе мятья, результатом функционирования которого является величина приобретенного смещения слоя стеблей в процессе мятья относительно его оптимального рассчитанного положения, входящая в поток $U_{рез2}$ [7]. Учет информации из потока $U_{рез2}$ позволяет снизить потери сырья из-за непопадания стеблей в зажим транспортеров трепальных секций МТА.

Поток $U_{изм1}$ несет также информацию о геометрических параметрах слоя. Видеодатчики установлены непосредственно перед первыми мяльными парами МТА, поэтому эта информация используется как корректирующая обратная связь для потока $U_{изм2}$.

Так как показатель отделяемости изменяется волнообразно по длине обрабатываемого рулона, на что указано в [2], был проведен анализ этого явления. Согласно полученным выводам, показатель отделяемости, в основном, варьирует относительно своего среднего значения с высокой частотой, причем амплитуда не превышает $\pm 10...15\%$ от величины среднего значения.

Колебания показателя отделяемости большой амплитуды носят низкочастотный характер, поэтому необходимо использовать фильтр нижних частот (ФНЧ) для устранения необоснованно частых смен режима работы МТА. Амплитудно-частотная характеристика ФНЧ, удовлетворяющему нашим требованиям, приведена на рис. 3.

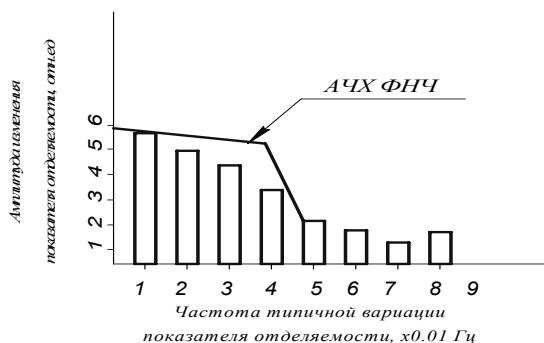


Рис.3. Амплитудно-частотная характеристика ФНЧ, применяемого при предобработке видеоданных о стеблевом слое

На основании экспериментальной зависимости (1) УПП определяет показатель отделяемости, после этого полученные данные проходят через программно-реализованный ФНЧ. Выполняется расчет соответствующих параметров, входящих в поток $U_{рез1}$.

Блок формирования регулирующего воздействия по величинам потоков $U_{рез1}$ и $U_{рез2}$ вычисляет переменные информационного потока $Y_{рег}$: скорости валов двигателей электропривода трепальных секций, главного конвейера, приводов мяльной и слоеформирующей машин МТА. Алгоритм расчета базируется на рекомендациях [3], [8]. Графически работа алгоритма представлена на рис.4.

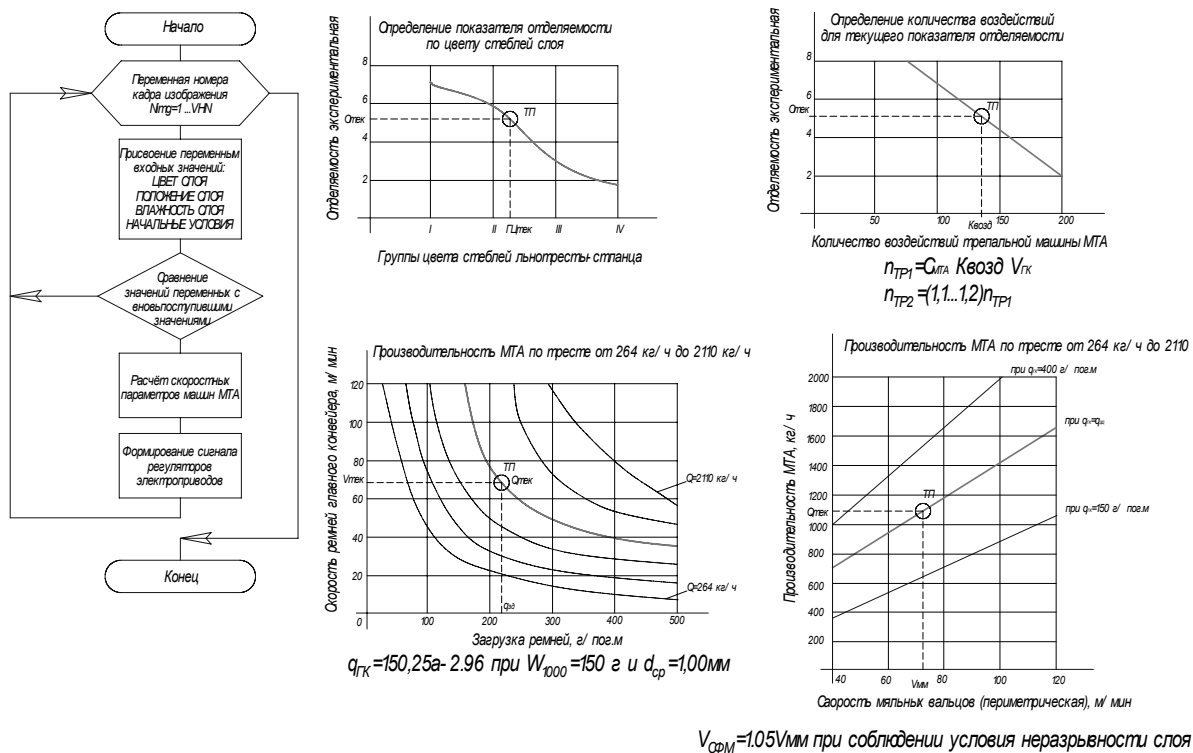


Рис.4. Графическое представление алгоритма выбора скоростных режимов рабочих органов МТА

Величина $U_{рез2}$ задает поправку для регулирующего сигнала исполнительного механизма сдвига слоя. Далее, блок управляемых электроприводов посредством соответствующего регулирования напряжения питания электропривода МТА (выходной поток $U_{пер}$) изменяет режим обработки льноотресты до следующего существенного изменения ее технологических свойств. В качестве исполнительных механизмов ККПЛ нами предлагается использование широтно-импульсных преобразователей частоты питающего напряжения с обратной связью по скорости вращения вала двигателя $U_{ос}$, основным достоинством которых является большой диапазон (до $0,03n_{ном}$) изменения скорости вращения при малом падении тяговых характеристик асинхронных двигателей. Это позволит, наряду с автоматическим управлением текущего положения слоя, автоматизировать выбор соответствующего режима обработки слоя льноотресты на МТА и снизить потери длинного льноволокна.

ВЫВОДЫ

1. Показана необходимость применения оперативного контроля технологических свойств льноотресты, оказывающих значимое влияние на выход длинного трепаного льна при соответствующем режиме ее обработки на МТА и разработана соответствующая методика контроля.
2. Для обеспечения режима обработки, соответствующего технологическому качеству перерабатываемой льноотресты, предложена реализация комплекса контроля параметров льноотресты, поступающей на вход МТА.
3. Разработан алгоритм выбора скоростных параметров машин МТА на основе видеoinформации о слое льноотресты, поступающей на переработку.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пашин Е.Л., Лапшин А.Б., Соснин К.И., Дроздов Ю.В., Румянцева И.А. Особенности варьирования технологических свойств стланцевой льняной тресты. Доклад о НИР. – Кострома: ВНИИЛК, 2001.

2. Пашин Е.Л. Зависимость эффективности трепания льна от его свойств и режимов работы трепальной машины // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1998, №1.

3. Храпцов В.Н. и др. Справочник по заводской первичной обработке льна. – М.: Легкая и текстильная промышленность, 1984.

4. Кудряшова Т.А. Разработка инструментального метода оценки льносырья по цвету: Дис... канд. техн. наук. – Торжок, 1991.

5. Виноградова А.Е. Совершенствование метода оценки качества льняной тресты: Дис... канд. техн. наук. – Кострома, 2005.

6. Павлидис Т. Алгоритмы машинной графики и обработки изображений / Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1986.

7. Дроздов В.Г., Дроздов Ю.В. Автоматический контроль структурных параметров слоя стеблевого материала: Учебное пособие. – Кострома, Изд-во КГТУ, 2003.

8. Дьячков В.А., Сорокин Н.К. Использование ЭВМ для оценки качества льняного сырья // Технические культуры. – 1990, №6.

Рекомендована кафедрой автоматизации и микропроцессорной техники. Поступила 21.06.2006.

УДК 677.021

ПРОЦЕСС ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВОЛОКНА С КОЛОСНИКОМ ТРЕУГОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ*

А.Р. КОРАБЕЛЬНИКОВ, Д.А. ЛЕБЕДЕВ, Е.И. ГРОМОВА

(Костромской государственной технологической академии)

Колосниковая решетка является одним из наиболее важных элементов очистительной секции. При совместной работе с пильным цилиндром колосниковая решетка способствует выделению из волокна сорных примесей и пороков. При проектировании колосниковых решеток стремятся получить максимальную очистительную способность машины при минимальном выходе в угар или порче прядогого волокна. Для того чтобы лучше понять существо происходящих при очистке явлений (механизм соровыделения) необходимо подробно исследовать сложный процесс взаимодействия волокна с колосником. В нашей работе остановимся на рассмотрении случая взаимодействия с колосником треугольного профиля. Схожие вопросы были затронуты ранее в работах [1...6]. Здесь нами предполагается создать теоретиче-

ские предпосылки для разработки колосниковой решетки с регулируемыми параметрами.

Полное усилие динамического взаимодействия прядки волокна с колосником будет состоять из следующих составляющих: силы ударного взаимодействия приведенной массы прядки о кромку колосника, силы инерции относительного движения прядки по колоснику и центробежных сил инерции вращения свободного конца прядки.

Здесь рассмотрим метод расчета последних двух.

После начала взаимодействия с колосником прядь волокна будет совершать сложное движение. Для упрощения примем, что прядь волокна до взаимодействия с колосником движется поступательно со скоростью V .

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

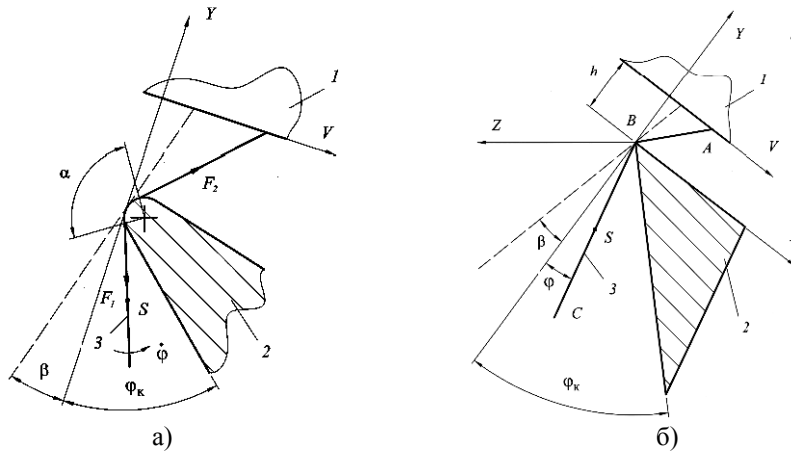


Рис. 1. Взаимодействие пряди волокна с колосником треугольного профиля:
1 – пильный цилиндр; 2 – колосник; 3 – прядь волокна

Рассмотрим движение свободного конца пряди (BC), изменение длины которого вызвано равномерным движением конца пряди, закрепленного на пильном цилиндре в точке А (рис. 1-а). Свободный участок совершает (помимо прямолинейного движения вдоль своей оси) вращательное движение по отношению к колоснику, в результате чего происходит огибание рабочей кромки. Любой элемент пряди в участке, опирающемся на кромку колосника, скользит по ней, вращаясь относительно центра кривизны кромки. Будем полагать при этом, что движение происходит в плоскости поперечного сечения колосника (XY); упругие свойства волокон в продольном и поперечном направлениях не учитываем.

Для вывода дифференциального уравнения движения применим закон изменения момента количества движения. Подобная задача для маятника переменной длины решалась в работе [7]. Принимая во внимание, что момент аэродинамического сопротивления при огибании прядкой колосника оказывает незначительное влияние на перемещение пряди, при анализе движения им пренебрегаем [3].

В этом случае, полагая изгибную жесткость волокна малой, получим следующее дифференциальное уравнение

$$\ddot{\varphi} - \frac{2}{L} \frac{dL}{dt} \dot{\varphi} + \frac{g}{L} \sin \varphi = 0, \quad (1)$$

где $L = BC$ – длина свободной части пряди волокна; φ – угол поворота пряди при движении свободного конца.

Согласно [1] текущая длина контролируемой пильным цилиндром и колосником части пряди волокна определится из выражения

$$L_T = \sqrt{V^2 t^2 + 2Vt h \operatorname{tg} \beta + \frac{h^2}{\cos^2 \beta}}, \quad (2)$$

где h – величина технологической разводки (расстояние между пильным цилиндром и колосником); β – угол отклонения пряди волокна от радиального направления при вращении пильного диска под действием сил аэродинамического сопротивления.

В таком случае длина свободной части пряди волокна определится как

$$L = L_B - L_T = L_B - \sqrt{V^2 t^2 + 2Vt h \operatorname{tg} \beta + \frac{h^2}{\cos^2 \beta}}, \quad (3)$$

где L_B – длина захваченной пильным цилиндром пряди волокна.

Продифференцировав выражение (2) по времени, получим относительную скорость движения пряди по колоснику, равную скорости прямолинейного движения свободного участка пряди вдоль своей оси

$$\frac{dL_T}{dt} = \frac{V^2 t + V h t g \beta}{\sqrt{V^2 t^2 + 2 V h t g \beta + \frac{h^2}{\cos^2 \beta}}}. \quad (4)$$

Относительная скорость движения пряди по колоснику согласно [1] изменяется от нуля (при $t=0$) до максимального значения (при $L_T = L_B$) за время, которое можно найти из следующей зависимости

$$t = \frac{\sqrt{L_B^2 - h^2} - h t g \beta}{V}. \quad (5)$$

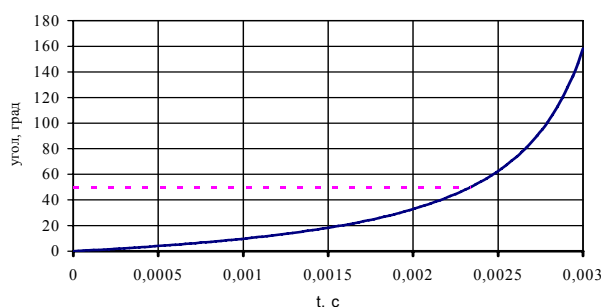


Рис. 2. Зависимость угла поворота пряди волокна φ от времени t

При этом задавались следующие параметры системы: угол β примем согласно опытам постоянным и равным 25 град; технологическую разводку h – 1 мм; длину волокна L_B – 35 мм; скорость движения пыльного цилиндра V – 10 м/с [2]. Время взаимодействия для этого случая из (5) будет равно 0,00345 с. Результаты расчетов приведены в виде графиков на рис. 2 и 3.

Поворот свободного конца пряди будет продолжаться до момента соприкосновения с передней гранью колосника. На рис. 2 этот момент соответствует точке пересечения двух графиков: графика изменения угла поворота пряди волокна φ от времени t и графика изменения угла установки колосника φ_k . Поворот свободного конца пряди происходит за время $t=0,0024$ с (на рис. 3 это время отмечено пунктиром).

Найденные значения угловой скорости $\dot{\varphi}$ и угла поворота φ пряди позволяют рассчитать усилия натяжения пряди во-

За ничтожно малый промежуток времени, в течение которого элемент пряди соприкасается с кромкой, его скорость резко изменяется. Это означает, что ускорения, действующие на элементы пряди и находящиеся на них сорные примеси, должны быть очень велики. Такое положение вещей объясняет высокую эффективность очистки волокна при взаимодействии с колосником.

Дифференциальное уравнение (1) решалось численным методом с помощью прикладного математического пакета MathCAD.

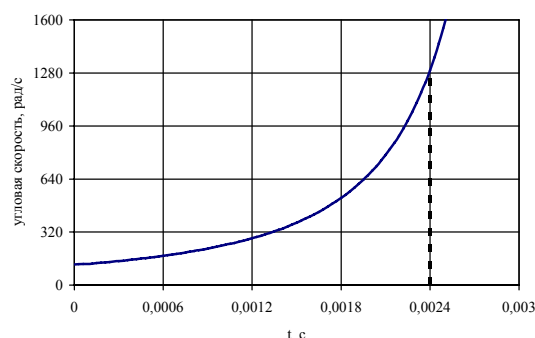


Рис. 3. Зависимость изменения угловой скорости пряди волокна $\dot{\varphi}$ от времени t

локна. Зная природу этих сил, зависимость от того или иного регулируемого фактора, можно добиваться такого их сочетания, которое позволит получить максимальный эффект очистки.

Общее натяжение в набегающем сечении пряди F_1 будет складываться из натяжения от сил инерции в относительном движении – F_1^* и натяжения от центробежных сил инерции – F_1^{**} (как и в случае [3] и [8]).

Согласно данным, представленным в [1], первая искомая составляющая определится следующим образом:

$$F_1^* = T(L_B - L_T) \frac{d^2 L_T}{dt^2}, \quad (6)$$

где T – линейная плотность пряди волокна; $\frac{d^2 L_T}{dt^2}$ – ускорение относительного движения пряди по колоснику, которое согласно [2] будет равно

$$\frac{d^2L_T}{dt^2} = \frac{V^2 h^2 \left(\frac{1}{\cos^2 \beta} - \operatorname{tg}^2 \beta \right)}{\sqrt{\left(V^2 t^2 + 2Vt h \operatorname{tg} \beta + \frac{h^2}{\cos^2 \beta} \right)^3}}. \quad (7)$$

Выражение для определения составляющей натяжения от действия центростремительных сил инерции имеет вид:

$$F_1^{**} = T(L_B - L_T) \frac{L_B - L_T}{2} \dot{\varphi}^2. \quad (8)$$

Тогда общее натяжение в набегающем сечении пряжи определится как:

$$F_1 = F_1^* + F_1^{**} = TL \left(\frac{d^2L_T}{dt^2} + \frac{L}{2} \dot{\varphi}^2 \right). \quad (9)$$

Натяжение же части пряжи волокна, находящейся между пильным цилиндром и колосником, вычисляется по формуле Эйлера

$$F_2 = F_1 e^{\mu \alpha}, \quad (10)$$

где μ – коэффициент трения волокна по колоснику; α – угол огибания волокном рабочей кромки колосника.

Угол α можно определить из следующего выражения:

$$\alpha = \arccos \left(\frac{h}{L_T} \right) - \beta + \varphi. \quad (11)$$

Поскольку в выражении (9) параметры L , $\frac{d^2L_T}{dt^2}$ и $\dot{\varphi}$ зависят от времени

взаимодействия, то произведем расчет величины усилия F_1 при следующих значениях: $T = 1,6 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{м}}$ (1600 текс),

$t = 0 \div 0,0024$ с (при $t = 0,0024$ с угол поворота свободной части пряжи волокна φ достигает приблизительно 50° при угловой скорости $\dot{\varphi}$ около 1280 рад/с).

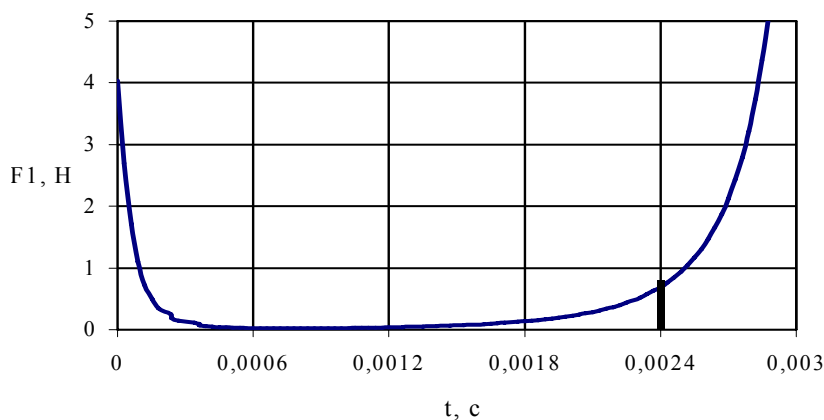


Рис. 4. Зависимость изменения натяжения F_1 свободной части пряжи волокна от времени t

Результаты вычислений представлены в графической форме на рис. 4.

Анализируя график действия сил на прядку волокна при взаимодействии с колосником (рис. 4) можно видеть, что общее натяжение в набегающем сечении прядки с течением времени изменяется. Это можно объяснить влиянием ускорения относительного движения пряжи по колоснику и

угловой скорости. В начальный момент времени ускорение относительного движения пряжи по колоснику будет наибольшим, а затем с увеличением времени взаимодействия оно уменьшается. На основании изложенного можно заключить следующее: изменяя угол φ_k , можно регулировать усилие натяжения прядки.

Таким образом, при взаимодействии с

колосником прядь волокон в результате плотного прижатия копирует профиль рабочей кромки. На фрагмент, ограниченный двумя радиальными сечениями, образующими между собой угол α , участка пряди волокон, находящегося на поверхности колосника, будет действовать сила нормального давления как результирующая от действия сил натяжения пряди в набегающей F_1 и сбегающей F_2 ветвях:

$$N = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 - 2F_1F_2 \cos \alpha}. \quad (12)$$

Следовательно, найденное значение силы будет составляющей полного усилия динамического взаимодействия пряди волокна с колосником. Определение величины полного усилия взаимодействия (с учетом силы ударного взаимодействия приведенной массы пряди о кромку колосника) в дальнейших исследованиях позволит более подробно изучить процессы сороудаления и дробления комплексов льняного волокна.

ВЫВОДЫ

1. Разработана математическая модель взаимодействия пряди волокна с колосником треугольного профиля, которая описывает процесс взаимодействия пряди волокна с элементом колосниковой решетки. Представлена методика расчета основных кинетостатических параметров процесса.

2. Предложена методика, позволяющая оценить силы натяжения, действующие на элементы пряди волокна, при различных технологических и конструктивных характеристиках очистительной секции.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Корабельников Р.В., Корабельников А.Р.* Взаимодействие прядки волокна с колосником в пильных волоконоочистителях // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2000, № 1.
 2. *Корабельников Р.В.* Теория и практика совершенствования очистителей волокна: Монография. – Кострома: КГТУ, 2001.
 3. *Корабельников А.Р. и др.* Процесс ударного взаимодействия частицы волокна с рабочим органом // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2003, № 1.
 4. *Корабельников Р.В. и др.* Взаимодействие волнообразной частицы с рабочим органом с учетом нелинейности восстанавливающей силы // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2003, № 2.
 5. *Разин С.Н., Пашин Е.Л.* Теоретические основы совершенствования механической модификации льна: Монография. – Кострома: КГТУ, 2005.
 6. *Лапшин А.Б., Пашин Е.Л.* Развитие теории процесса трепания льна: Монография. – Кострома: КГТУ, 2004.
 7. *Тимошенко С.П.* Колебания в инженерном деле. – М.: Наука, 1967.
 8. *Корабельников Р.В., Новиков Э.В.* Изучение захлестывания волокна за бильную планку в процессе трепания // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2005, № 6.
- Рекомендована кафедрой теории механизмов и машин и проектирования текстильных машин. Поступила 21.06.2006.

УДК 677.021

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА ФОРМУЛЫ ЭЙЛЕРА ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ГИБКОЙ НИТИ С ШЕРОХОВАТЫМ ЦИЛИНДРОМ

С.Н. РАЗИН, А.Г. ГРИШИН, Н.И. КОВАЛЕНКО

(Костромской государственный технологический университет)

Часто, при исследовании взаимодействия гибкой нити (ленты) с шероховатым цилиндром, используется формула Эйлера, которая связывает силы натяжения нити в ведомой и ведущей ветвях, и для случая предельного состояния равновесия имеет

вид:

$$T_1 = T_0 \exp(f\varphi), \quad (1)$$

где T_1, T_0 – силы натяжения в ведущей и

ведомой ветвях нити; f – коэффициент трения нити о поверхность цилиндра; φ – угол обхвата нитью цилиндра.

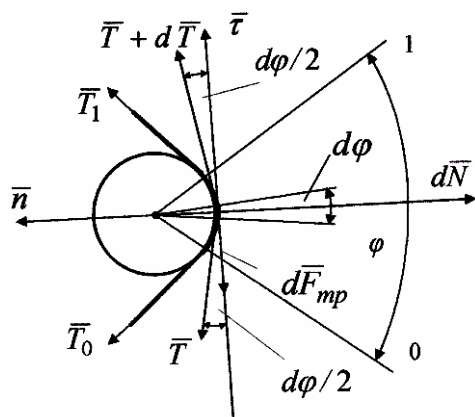


Рис. 1

Однако при этом забывают о тех допущениях, которые были сделаны при выводе этой формулы. В действительности, решением системы уравнений проекций сил на касательную и нормаль (рис. 1), действующих на выделенный элемент нити:

$$\begin{cases} T \, d\varphi = dN, \\ dT = f \, dN, \end{cases} \quad (2)$$

будет зависимость (1) только в том случае, если коэффициент трения f – величина постоянная. Согласно исследованиям [1] коэффициент трения нити и других волокнистых продуктов о шероховатую поверхность зависит от многих факторов, таких как скорость движения нити по поверхности, влажность, сила давления нити на поверхность. Известно, что распределение сил давления нити на поверхность при ее взаимодействии с цилиндром не является равномерным. Вблизи сечения 0 (ведомая ветвь) давление меньше, чем вблизи сечения 1 (ведущая ветвь). Представляет интерес вопрос о том, как сильно влияет на результат пренебрежение изменением коэффициента трения на участке контакта нити и цилиндра.

Учтем, что:

$$d\varphi = ds/r, \quad dN = q(s)b \, ds,$$

где r – радиус цилиндра, м; b – ширина

участка контакта, м; ds – длина элемента нити, м; $q(s)$ – давление нити на поверхность цилиндра, Па. Тогда система (2) примет вид:

$$\begin{cases} T \frac{ds}{r} = q(s)b \, ds, \\ dT = f(q)q(s)b \, ds. \end{cases} \quad (3)$$

Из первого уравнения системы (3) следует, что:

$$T = q(s)br. \quad (4)$$

Тогда

$$dT = q'(s)br \, ds.$$

Подставляя это во второе уравнение системы (3), получим

$$q'(s)br \, ds = f(q)q(s)b \, ds.$$

Разделив переменные, имеем

$$\int_{q(0)}^{q(s)} \frac{rdq}{qf(q)} = \int_0^s ds. \quad (5)$$

Из (4) находим:

$$q(0) = T_0 / br, \quad q(s) = T / br.$$

В работе [1] приведены экспериментальные данные о коэффициенте трения льняного волокна о металлическую поверхность, представленные в табл. 1.

Таблица 1

Давление, Па	$1 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^4$	$4 \cdot 10^4$	$6 \cdot 10^4$	$8,4 \cdot 10^4$
Коэффициент трения	0,22	0,21	0,19	-	0,18

Получим функцию, описывающую изменение коэффициента трения в зависимости от давления. Аппроксимируя табличные значения полиномом второго порядка, методом наименьших квадратов получим:

$$f = 0,235 - 1,518 \cdot 10^{-6} q + 1,027 \cdot 10^{-11} q^2. \quad (6)$$

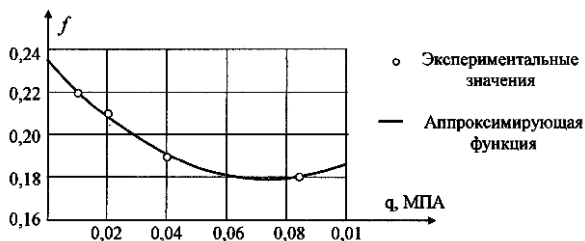


Рис. 2

$$\int_{T_0/br}^{T/br} \frac{rdq}{q(0,235 - 1,518 \cdot 10^{-6}q + 1,027 \cdot 10^{-11}q^2)} = \int_0^s ds. \quad (7)$$

Подынтегральная функция в левой части формулы (7) является рациональной дробью, и поэтому этот интеграл можно взять. В результате интегрирования получается громоздкая формула, из которой выразить T , как функцию T_0 , b , r и s , не удастся. Поэтому исследование формулы (7) проводилось в среде Mathcad численными методами.

Исследование проводилось при следующих значениях параметров: $r=0,001$ м; $b=0,01$ м.

Значение T_0 выбиралось из условия (4) так, чтобы давление нити на цилиндр не выходило за пределы, для которых достоверно известен коэффициент трения, то есть из условия:

$$0,01 \text{ МПа} \leq q \leq 0,084 \text{ МПа}.$$

При исследовании определялись четыре значения силы натяжения нити в сечении 1:

T – сила натяжения нити в сечении 1, рассчитанная по формуле (7);

T_1 – сила натяжения нити в сечении 1, рассчитанная по формуле (1), для коэффициента трения f , найденного по формуле (6) при $q = q(0) = T_0 / br$, то есть коэффициента трения в сечении 0;

T_2 – сила натяжения нити в сечении 1, рассчитанная по формуле (1), для коэффициента трения f , найденного по формуле (6) при $q = q(s) = T / br$, то есть коэффициента трения в сечении 1;

T_3 – сила натяжения нити в сечении 1, рассчитанная по формуле (1), для коэффициента трения $f = [f(q(0)) + f(q(s))]/2$, то

График аппроксимирующей функции и экспериментальные значения коэффициента трения представлены на рис.2.

Подставляя (6) в (5), получим:

есть среднего арифметического между значениями коэффициента трения в сечениях 0 и 1.

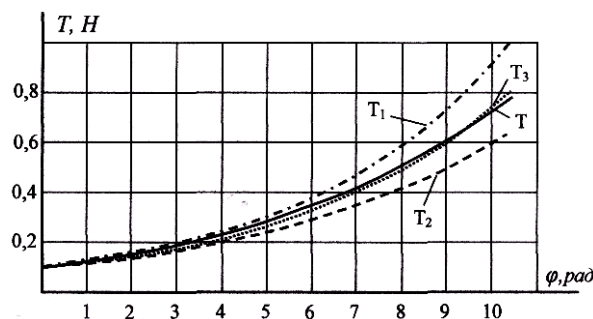


Рис. 3

Зависимость силы натяжения от угла обхвата представлена в виде графиков на рис. 3.

Анализ представленных графиков позволяет сделать выводы.

1. При небольших углах обхвата ($\varphi \leq \pi$) различие в силах натяжения, рассчитанных по формулам (1) и (7), невелико. Так, относительное отклонение, для $\varphi = \pi$, рассчитанное по формуле:

$\delta_i = |T_i - T| \cdot 100 / \max(T_i, T)$, составило при $T_0 = 0,1$ Н:

для $i=1$: $\delta_1 = 1,7$ %; для $i=2$: $\delta_2 = 2,0$ %;
для $i=3$: $\delta_3 = 0,14$ %;

при $T_0 = 0,2$ Н:

для $i=1$: $\delta_1 = 2,5$ %; для $i=2$: $\delta_2 = 2,6$ %;
для $i=3$: $\delta_3 = 0,07$ %;

при $T_0 = 0,4$ Н:

для $i=1$: $\delta_1 = 2,2$ %; для $i=2$: $\delta_2 = 1,5$ %;
для $i=3$: $\delta_3 = 0,36$ %.

2. При больших значениях угла обхвата ($\varphi > \pi$) различие в силах натяжения,

рассчитанных по формулам (1) и (7), может стать ощутимым.

Так, относительное отклонение для $\varphi = 2\pi$ составило при $T_0 = 0,1$ Н:

для $i = 1$: $\delta_1 = 7,6$ %; для $i = 2$: $\delta_2 = 9,2$ %;
для $i = 3$: $\delta_3 = 0,91$ %;

при $T_0 = 0,2$ Н:

для $i = 1$: $\delta_1 = 9,5$ %; для $i = 2$: $\delta_2 = 8,1$ %;
для $i = 3$: $\delta_3 = 0,7$ %.

Относительное отклонение для $\varphi = 3\pi$ составило при $T_0 = 0,1$ Н:

для $i = 1$: $\delta_1 = 17,3$ %; для $i = 2$: $\delta_2 = 18,1$ %;
для $i = 3$: $\delta_3 = 0,4$ %.

3. Использовать формулу Эйлера с погрешностью, не превышающей 1% можно, если в качестве коэффициента трения выбрать среднее арифметическое коэффициентов трения в сечениях 0 и 1.

В заключение отметим, что сравнительно небольшие значения сил натяжения получились вследствие того, что исследовался случай с малым радиусом огибаемого цилиндра. При увеличении r или b , например в 10 раз, необходимо для создания давления в сечении 0, равного 10^4 Па, увеличить и силу натяжения в сечении 0 в 10 раз.

ЛИТЕРАТУРА

1. Крагельский И.В. Физические свойства лубяного сырья. – М.: Гизлегпром, 1939.

Рекомендована кафедрой теоретической механики и сопротивления материалов. Поступила 21.06.2006.

УДК 677.11.620.1

МОДЕЛИРОВАНИЕ УДАРА ПО ПРЯДИ ДЛЯ РАЗНЫХ СХЕМ ЕЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С БИЛАМИ В ПОЛЕ ТРЕПАНИЯ

С.В. БОЙКО, А.Г. ГРИШИН, А.Б. ЛАПШИН, Е.Л. ПАШИН

(Костромской государственный технологический университет,
Всероссийский НИИ по переработке лубяных культур)

Общеизвестно, что в процессе трепания льна скачкообразное повышение давления на слой волокна в момент удара вызывает повреждение волокна в зоне соприкосновения с рабочей кромкой, что приводит к снижению процента выхода волокна [1]. К тому же в зоне повышенного давления наблюдается поперечное сжатие пряжи, снижающее эффективность обескостривания, так как условия для выделения костры из внутренних слоев совокупности волокна в слое неблагоприятны [2].

С учетом этого является актуальной задача по интенсификации процесса трепания на основе более совершенной схемы его силового нагружения в поле трепания.

Одним из направлений решения этой задачи является снижение натяжения пряжи в начальный момент взаимодействия с ней била вблизи точки закрепления пряжи. Это уменьшение, вероятно, возможно за счет применения дополнительно располо-

женных с тыльной стороны бил шарнирно закрепленных дополнительных кромок – опор (рис.1).

В качестве динамической модели слоя волокна при такой схеме трепания была выбрана дискретная модель [3]. Она представляется в виде предварительно растянутой, не обладающей жесткостью при изгибе многомассовой струной, верхний конец которой жестко закреплен, а у нижнего конца может быть несколько вариантов закрепления: 1) жестко закрепленный конец, 2) закрепление с демпфирующим в поперечном направлении элементом.

Заметим, что модель первого варианта соответствует процессу трепания двухбильными барабанами, в котором слой соприкасается только с одной кромкой. Модель второго варианта соответствует предлагаемому варианту трепания трехбильными барабанами с дополнительными

тыльными опорами, отклоняющимися в момент удара.

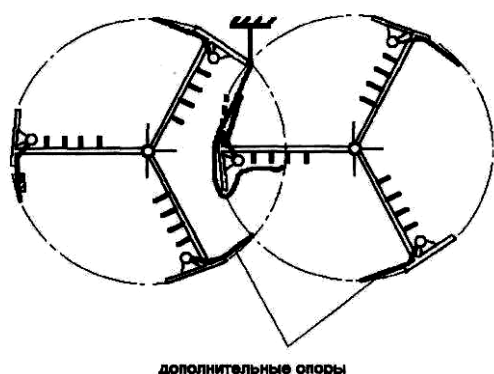


Рис. 1

Модель ударного воздействия била на волокно заключается в следующем. Обрабатываемая прядь представляет собой последовательно закрепленные пары пружина-груз (точечная масса). В момент времени $t > 0$ кромка ударяющего била, представляемая в виде полуплоскости, вследствие своего перемещения с определенной скоростью, "растянет" пружину, с которой она соприкоснется (рис.2). В этом случае величина силы, действующая на ближайшие массы выше и ниже точки контакта, со стороны "растянутой" пружины будет пропорциональна ее деформации и направлена вдоль пружины в сторону била для каждой точки соответственно (при дальнейшем движении пружина может быть и сжата, и направление действия си-

лы будет противоположным). Будем считать, что пружины и грузы скользят вдоль кромки била без трения.

Используя эту модель, проанализировали указанные случаи ударного нагружения слоя волокна при трепании. Решаемая задача требует введения в исходную модель жесткой или подвижной дополнительной опоры (рис. 2-а и б) соответственно.

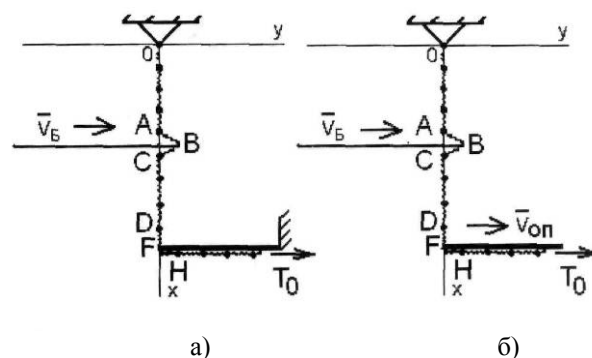


Рис. 2

Допустим, что точка А на этом рисунке будет i -й точкой с координатами (X_i, Y_i) . Точка С – это $(i+1)$ -я точка с координатами (X_{i+1}, Y_{i+1}) . Точка В – бесконечно тонкая кромка полуплоскости (ударяющего била) с координатами в текущий момент времени (X_B, Y_B) . В момент времени $t=0$ длина пружинки между точками i и $i+1$ была равна AC . При $t > 0$ кромка била "растянула" пружинку и ее длина стала $AB+BC$. По теореме Пифагора:

$$AB + BC = \sqrt{(X_B - X_i)^2 + (Y_B - Y_i)^2} + \sqrt{(X_B - X_{i+1})^2 + (Y_B - Y_{i+1})^2}. \quad (1)$$

Тогда $\Delta l = AB + BC - l_0$ – удлинение

пружины. По закону Гука величина силы упругости пружины:

$$\pm |\vec{F}_п| = \frac{ES}{l_0} \Delta l = \frac{ES}{l_0} (AB + BC - l_0), \text{ (знак «+» – когда пружинка растянута)}. \quad (2)$$

Растянутая пружинка (как на рисунке), стремясь "сжаться", действует на точку А в направлении АВ. Единичный вектор в направлении АВ будет:

$$\frac{\vec{AB}}{|\vec{AB}|} = \frac{(X_B - X_i)\vec{i} + (Y_B - Y_i)\vec{j}}{\sqrt{(X_B - X_i)^2 + (Y_B - Y_i)^2}}. \quad (3)$$

Умножая величину силы со знаком плюс (пружинка растянута) на этот вектор,

получим вектор силы, действующей со стороны пружинки на точку А:

$$\vec{F}_n = \frac{ES}{\ell_0} (AB + BC - \ell_0) \frac{\vec{AB}}{|\vec{AB}|} = \frac{ES}{\ell_0} (AB + BC - \ell_0) \frac{(X_B - X_i)\vec{i} + (Y_B - Y_i)\vec{j}}{\sqrt{(X_B - X_i)^2 + (Y_B - Y_i)^2}}. \quad (4)$$

Кроме этого, на i -ю точку, то есть на точку А, действует сила со стороны $(i-1)$ -й точки. Проекция этой силы можно вычис-

лить на основе системы [5], полученной ранее в [1]:

$$\left\{ \begin{array}{l} X_i^{t+1} = 2X_i^t - X_i^{t-1} + (\Delta t)^2 \frac{ES}{m_i} \left(\frac{1}{\ell_0} - \frac{1}{\sqrt{(X_i^t - X_{i-1}^t)^2 + (Y_i^t - Y_{i-1}^t)^2}} \right) (X_{i-1}^t - X_i^t) + \\ + (\Delta t)^2 \frac{ES}{m_i} \left(\frac{1}{\ell_0} - \frac{1}{\sqrt{(X_{i+1}^t - X_i^t)^2 + (Y_{i+1}^t - Y_i^t)^2}} \right) (X_{i+1}^t - X_i^t), \\ Y_i^{t+1} = 2Y_i^t - Y_i^{t-1} + (\Delta t)^2 \frac{ES}{m_i} \left(\frac{1}{\ell_0} - \frac{1}{\sqrt{(X_i^t - X_{i-1}^t)^2 + (Y_i^t - Y_{i-1}^t)^2}} \right) (Y_{i-1}^t - Y_i^t) + \\ + (\Delta t)^2 \frac{ES}{m_i} \left(\frac{1}{\ell_0} - \frac{1}{\sqrt{(X_{i+1}^t - X_i^t)^2 + (Y_{i+1}^t - Y_i^t)^2}} \right) (Y_{i+1}^t - Y_i^t). \end{array} \right. \quad (5)$$

Обозначим эту силу \vec{F}_{i-1} . Тогда по второму закону Ньютона:

$$m\vec{a}_i = \vec{F}_{i-1} + \vec{F}_n. \quad (6)$$

Запишем его в проекциях на оси декартовых координат, заменяя ускорение второй производной по времени от радиус-вектора:

$$\begin{aligned} m \frac{d^2 X_i}{dt^2} &= ES \left(\frac{\ell_{i-1,i}}{\ell_0} - 1 \right) \frac{(X_{i-1} - X_i)}{\ell_{i-1,i}} + \frac{ES}{\ell_0} (AB + BC - \ell_0) \frac{(X_B - X_i)}{\sqrt{(X_B - X_i)^2 + (Y_B - Y_i)^2}}, \\ m \frac{d^2 Y_i}{dt^2} &= ES \left(\frac{\ell_{i-1,i}}{\ell_0} - 1 \right) \frac{(Y_{i-1} - Y_i)}{\ell_{i-1,i}} + \frac{ES}{\ell_0} (AB + BC - \ell_0) \frac{(Y_B - Y_i)}{\sqrt{(X_B - X_i)^2 + (Y_B - Y_i)^2}}. \end{aligned} \quad (7)$$

Это дифференциальные уравнения движения i -й точки, расположенной выше кромки била. Для $(i+1)$ -й точки уравнения

выводятся аналогично. Они будут иметь вид:

$$m \frac{d^2 X_{i+1}}{dt^2} = \frac{ES}{\ell_0} (AB + BC - \ell_0) \frac{(X_B - X_{i+1})}{\sqrt{(X_B - X_{i+1})^2 + (Y_B - Y_{i+1})^2}} + ES \left(\frac{\ell_{i,i+1}}{\ell_0} - 1 \right) \frac{(X_{i+1} - X_i)}{\ell_{i,i+1}},$$

$$m \frac{d^2 Y_{i+1}}{dt^2} = \frac{ES}{\ell_0} (AB + BC - \ell_0) \frac{(Y_B - Y_{i+1})}{\sqrt{(X_B - X_{i+1})^2 + (Y_B - Y_{i+1})^2}} + ES \left(\frac{\ell_{i,i+1}}{\ell_0} - 1 \right) \frac{(Y_{i+1} - Y_i)}{\ell_{i,i+1}}.$$

Дифференциальные уравнения движения k -й точки, расположенной выше нижней дополнительной опоры и $(k+1)$ -й точ-

ки, расположенной ниже ее, выводятся подобно предложенной процедуре. В итоге они имеют вид:

$$m \frac{d^2 X_k}{dt^2} = ES \left(\frac{\ell_{k-1}}{\ell_0} - 1 \right) \frac{(X_{k-1} - X_k)}{\ell_{k-1,k}} + \frac{ES}{\ell_0} (DF + FH - \ell_0) \frac{(X_F - X_k)}{\sqrt{(X_F - X_k)^2 + (Y_F - Y_k)^2}},$$

$$m \frac{d^2 Y_k}{dt^2} = ES \left(\frac{\ell_{k-1}}{\ell_0} - 1 \right) \frac{(Y_{k-1} - Y_k)}{\ell_{k-1,k}} + \frac{ES}{\ell_0} (DF + FH - \ell_0) \frac{(Y_F - Y_k)}{\sqrt{(X_F - X_k)^2 + (Y_F - Y_k)^2}},$$

$$m \frac{d^2 X_{k+1}}{dt^2} = ES \left(\frac{\ell_{k+1}}{\ell_0} - 1 \right) \frac{(X_{k+1} - X_k)}{\ell_{k,k+1}} + \frac{ES}{\ell_0} (DF + FH - \ell_0) \frac{(X_F - X_{k+1})}{\sqrt{(X_F - X_{k+1})^2 + (Y_F - Y_{k+1})^2}},$$

$$m \frac{d^2 Y_{k+1}}{dt^2} = ES \left(\frac{\ell_{k+1}}{\ell_0} - 1 \right) \frac{(Y_{k+1} - Y_k)}{\ell_{k,k+1}} + \frac{ES}{\ell_0} (DF + FH - \ell_0) \frac{(Y_F - Y_{k+1})}{\sqrt{(X_F - X_{k+1})^2 + (Y_F - Y_{k+1})^2}}.$$

Предлагаемая модель удара и дальнейшего взаимодействия нити с кромкой била и нижней опорой предполагает описание движения нити (пряжи) системой (5). При использовании этой модели необходимы последовательные корректировки расчетов. Следует производить замену исходных уравнений на полученные: (8), если кромка полуплоскости (била) оказывает влияние на движение i -й и $(i+1)$ -й точки, или (9), если нижняя опора оказывает влияние на движение k -й и $(k+1)$ -й точки. Для этого в программе вычислений необходимо задать уравнения движения кромки била и нижней опоры (в случае неподвижной дополнительной опорой ее координаты не изменяются).

Значение координат массовых точек в момент времени $i+1$ сначала вычисляем по формулам (5). Затем реализуем проверку: во-первых, оказывает ли кромка била влияние на движение нити, во-вторых, оказывает ли на ее движение нижняя опо-

ра. Для этого определяем, для каких двух соседних точек нити отрезок, их соединяющий, пересекает полуплоскость (на рис. 3 отрезки AC и DH). Если таких точек нет, то нить "свободна", поэтому уходим на новый цикл по времени. Если есть, то для этих двух точек значения вычисляем по разностным аналогам вышеприведенных уравнений (7), (8) и (9) соответственно.

Анализируя различные случаи ударного нагружения слоя волокна при трепании, пришли к выводу, что характер перемещения слоя волокна и его нагружения в момент удара существенно различается для случая неподвижной и подвижной дополнительной нижней опоры. Неподвижная верхняя опора моделирует зажим волокна в зажимном транспортере, а нижняя – дополнительную, неподвижную (первая модель, рис. 2 -а) или отклоняющуюся (вторая модель, рис. 2-б) в момент удара. В первом приближении были приняты ли-

нейные законы движения била и дополнительной опоры.

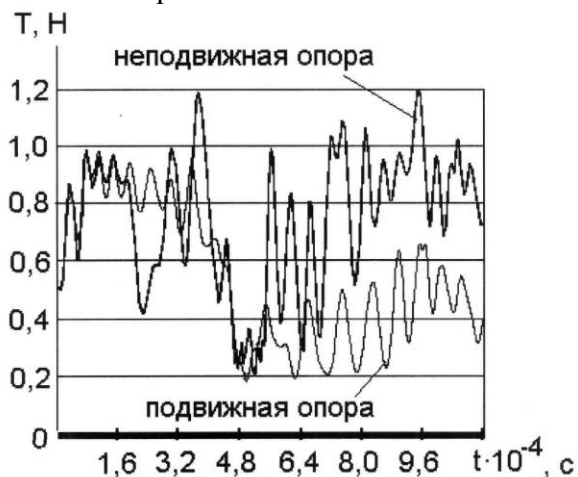


Рис. 3

На рис.3 представлены зависимости силы натяжения пряди в момент удара била по волокну для случая неподвижной и подвижной дополнительной нижней опоры.

Расчет проводили при следующих исходных данных: длина обрабатываемого участка пряди 0,5м; погонная масса пряди 0,00225 кг; площадь поперечного сечения пряди 0,00003 м²; модуль упругости 1000 МПа; начальное натяжение пряди 0,5Н; скорость била 10 м/с. За время удара приняли промежуток времени, за который продольная волна, возникающая в пряди в момент удара билом, дважды отразится от дополнительной нижней опоры и достигнет кромки ударяющего била. Расчеты показали, что при принятых исходных данных, время удара составит приблизительно

0,001с.

Анализируя графические результаты расчета, заключаем, что максимальное значение натяжения пряди в зоне удара билом в самом начале удара практически одинаково для обоих вариантов. Но время, на протяжении которого сохраняется максимальное значение натяжения волокна, для исследуемых вариантов является разным. Для варианта взаимодействия пряди с дополнительной подвижной опорой натяжение во второй половине периода взаимодействия снижается до 50%. Это обстоятельство позволяет заключить о предпочтительности второй схемы. При ее использовании можно ожидать меньшего проявления негативных последствий, связанных с обескостриванием прядей и их сохранением при трепании в виде длинноволокнистых комплексов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Суслов Н.Н. Исследование процесса трепания льна: Дис....докт. техн. наук. – Кострома, 1961.
2. Ипатов А.М. Теоретические основы механической обработки стеблей лубяных культур. – М.: Легпромбытиздат, 1989.
3. Лапшин А.Б., Пашин Е.Л. Преобразования двумерного дискретного представления нити к редуцированным уравнениям континуального представления // Изв. вузов. Машиностроение. – 2002, № 8. С.3...10.

Рекомендована кафедрой теоретической механики и сопротивления материалов КГТУ. Поступила 21.06.2006.

УДК 677.072/073

УНИФИКАЦИЯ СОРТИРОВОК, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ВЫРАБОТКИ ПРЯЖИ ШИРОКОГО СПЕКТРА ЛИНЕЙНОЙ ПЛОТНОСТИ

Н.А.МАСЛОВА, Ю.Н.РАССКАЗОВ, М.И.БЕРКОВИЧ

(Костромской государственный технологический университет)

В статье изложены результаты применения совершенствования методики проектирования качественных характеристик пряжи (относительной и разрывной нагрузки, коэффициенты вариации), которая основана на унификации сортровок и позволяет обеспечить выпуск продукции необходимого качества при снижении стоимости использованного сырья.

В связи с изменением спроса потребителей хлопкопрядильным предприятиям страны необходимо поддерживать производство разнообразного ассортимента пряжи. Между тем, их технологические возможности ограничены числом агрегатов (цепочек машин – от разрыхлительно-трепального отдела до прядения), настроенных на производство пряжи заданной линейной плотности. В связи с этим изменение линейной плотности конечного продукта – пряжи вызывает необходимость в частой и нежелательной переналадке всего оборудования, участвующего в ее производстве.

Для того, чтобы изменения в настройке оборудования технологической цепочки были минимальными, необходимо исполь-

зовать унифицированные сортровки, позволяющие на большей ее части поддерживать постоянные заправочные характеристики, изменяя их только на завершающих переходах, например, на ровничных или прядильных машинах.

До настоящего времени, для того чтобы определить назначение хлопкового волокна в ту или иную сортровку, производится измерение его качественных характеристик методами, принятыми в ГОСТе 32979–76 с последующим расчетом ожидаемых качественных характеристик пряжи [1], [2]:

- ожидаемой относительной разрывной нагрузки;
- коэффициента вариации по относительной разрывной нагрузке.

Сопоставление расчетных (по формулам А.Н. Соловьева и К.И. Корицкого) и фактических значений ожидаемой относительной разрывной нагрузки и его коэффициента вариации в пряже, выработанной прядильным производством ОАО "Корпорация ЧХБК" в течение 2004-2005 гг. (рис. 1), показало, что они не совпадают.

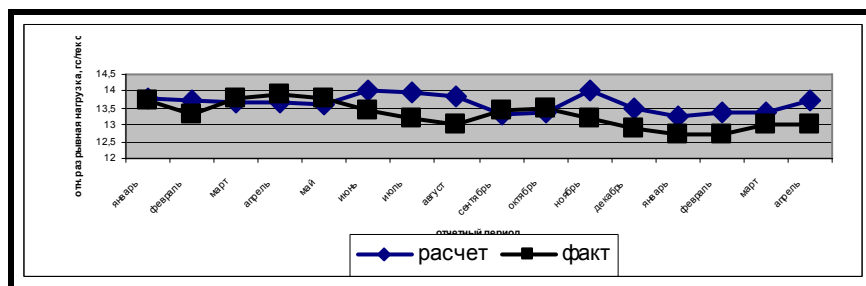


Рис. 1. Сопоставление значений расчетной и фактической относительной нагрузки пряжи №№ 50, 54, 65

На наш взгляд, это было связано: в течение 1-го периода – с неравномерностью качественных характеристик хлопкового волокна внутри партии. В течение 2-го периода – на предприятии были внедрены новые методы приемки хлопкового волокна и переформирования партий в однородные по качеству объемы, поэтому было выявлено, что расчетные уравнения не адаптированы к комплексу качественных характеристик хлопкового волокна современных селекций, а также к классификации межгосударственного стандарта.

Обработка статистических данных о качестве пряжи, производимой на ЧХБК, показала, что для получения уточненных расчетных показателей в существующие уравнения необходимо вводить следующие поправочные коэффициенты:

– для расчета относительной разрывной нагрузки пряжи $K_1 = 0,96$;

– для расчета коэффициента вариации относительной разрывной нагрузки пряжи $K_2 = 0,92$.

В процессе производства пряжи различных групп линейных плотностей, реализуемой в рыночных условиях, при подборе сырья в унифицированную сортировку необходимо рационально использовать не только качественные характеристики сырья, но и учитывать его стоимость. В результате на предприятии эта процедура была пересмотрена – с целью удешевления сырья и с учетом из технологических возможностей; для производства тонкой пряжи было использовано волокно более низкого типа – с большей линейной плотностью (толщиной) и менее длинное, чем это рекомендовано в существующих нормативных документах.

Расчетным путем исходя из качественных характеристик волокон различных типов, приведенных в O'zDSt 604:2001, а также известного уравнения [3] было определено, что необходимая относительная

В табл. 1 показано сопоставление стандартных и расчетных значений качествен-

разрывная нагрузка пряжи достигается при содержании в поперечном сечении не менее 75 волокон (табл. 1).

Для расчета коэффициента вариации относительной разрывной нагрузки пряжи было использовано уравнение:

$$C_{\text{пряжи}} = 100\sqrt{1 + (C_F/100)^2} / \sqrt{n} = \\ = 100\sqrt{1 + 4(C_d/100)^2} / \sqrt{n},$$

где $C_{\text{пряжи}}$ – коэффициент вариации площади поперечного сечения пряжи, в котором волокна распределяются по закону Пуассона, %; $C_F = 2C_d$ – коэффициент вариации по площади поперечного сечения волокон, %; C_d – коэффициент вариации по диаметру волокон, %; n – среднее число волокон в поперечном сечении пряжи, определяемое формулой:

$$n_{\text{ср}} = T_{\text{пр}} / T_{\text{в}},$$

где $T_{\text{пр}}$, $T_{\text{в}}$ – средняя линейная плотность пряжи и волокна, текс.

Или

$$C_F = 100K\sqrt{n},$$

где $K = \sqrt{1 + 4(C_d/100)^2}$ – для хлопкового волокна при $C_F = 35\%$, $K = 1,06$.

Для того чтобы установить значение коэффициента вариации (неровноту) диаметра хлопковых волокон различного типа, принимаем, что его можно приравнять коэффициенту вариации показателя микронейр, характеризующего их линейную плотность (диаметр и степень зрелости). Этот показатель измеряется УЦ "Сифат" (Республика Узбекистан) в образцах хлопка различных селекций и, независимо от типа волокна, он колеблется в пределах от 0,1 до 0,2 % (в расчетах принято – 0,2%).

ных характеристик пряжи, выработанной из хлопкового волокна различного типа, а

также снижение стоимости сырья в сортировках, использующих рекомендуемый

тип хлопкового волокна.

Т а б л и ц а 1

Текс (№) пряжи	Качественные характеристики пряжи, требуемые по стандартам		Число волокон в поперечном сечении пряжи			В существующих сортировках		Предлагаемые		Снижение стоимости волокна	
	относительная разрывная нагрузка, сН/текс	коэффициент вариации относительной разрывной нагрузки, %	75		100	тип волокна	ценовой коэффициент	тип волокна	ценовой коэффициент	ценовой коэффициент	%
			коэффициент вариации площади поперечного сечения пряжи, %								
			расчет	с учетом поправочного коэффициента K=0,96	расчет						
10 (100)	18,0	13,8	12,01	12,51	10,4	1a	1,7	1б	1,6	0,1	1,0
11,76 (85)	18,0	13,8	12,01	12,51	10,4	1a	1,6	2-3	1,35-1,2	0,25-0,4	2,5 -4,0
14,7 (68)	12,9	13,8	12,01	12,51	10,4	1б,1	1,5	4	1,05	0,45	4,5
15,4 (65)	18,0	13,8	11,89	12,39	10,3	1-2	1,5-1,35	4-5	1,0-1,05	0,3-0,5	3,0 – 5,0
18,5 (54)	11,3	12,5	11,89	12,39	10,3	3-4	1,2-1,05	5-6	1,0-0,95	0,1-0,2	1,0 – 2,0

Как следует из табл. 1, равномерность пряжи, произведенной из волокна более низкого типа, ухудшается, но величина коэффициента вариации поперечного сечения, сопоставляемая с ее коэффициентом вариации относительной разрывной нагрузки – не ниже требуемого стандартного значения. Относительная разрывная нагрузка пряжи также соответствует требованиям стандарта, предъявляемым к продукции 1-го сорта (табл. 1). Одновременно стоимость сырья, используемого для производства высокономерной пряжи из волокна более низкого типа, снижается на величину от 1 до 5%.

ВЫВОДЫ

1. Усовершенствование методики проектирования качественных характеристик пряжи позволило предприятию осуществить подбор сырья в сортировку, обеспечивая производство качественной продук-

ции и сокращая количество претензий покупателей, а также объем упущенной выгоды, связанной с возмещением этих претензий.

2. Стоимость сырья, используемого для производства высокономерной пряжи из волокна более низкого типа, снижается на величину от 1 до 5%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Севостьянов А.Г. Составление смесок и смешивание в хлопкопрядильном производстве. – М.: Гизлегпром, 1954.
2. Корицкий К.И. Техничко-экономическая оценка и проектирование качества текстильных материалов. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983.
3. Борзунов И.Г. и др. Прядение хлопка и химических волокон. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982.

Рекомендована кафедрой экономики и управления. Поступила 21.06.2006.

АНАЛИЗ ПРОЦЕССА НАМАТЫВАНИЯ РОВНИЦЫ КАК ОБЪЕКТА РЕГУЛИРОВАНИЯ ЕЕ НАТЯЖЕНИЯ

А.П. СОРКИН, А.А. ЗАДВИЖКИН

(Костромской государственный технологический университет)

В работе [1] показано, что механизм наматывания ровницы без принудительного привода катушек с индукционными тормозками обеспечивает стабилизацию натяжения ровницы в стационарном режиме работы машины с использованием программного регулирования тока в обмотках тормозков. Однако в нестационарных режимах, то есть в период пуска и останова машины, имеет место отклонение натяжения ровницы от заданного уровня. Исключить такое явление можно введением корректирующего контура системы автоматического регулирования с использованием датчика уровня натяжения ровницы в зоне вытяжного прибор – головка рогульки.

Рассмотрим процесс наматывания ровницы с крутильно-мотальным механизмом без принудительного привода катушек с индукционными тормозками.

Уравнение динамики зоны намотки можно представить в виде

$$v_B K_y - \frac{v_H}{1+\varepsilon} = \frac{d}{dt} \left(\frac{\ell}{1+\varepsilon} \right) = -\ell \frac{d\varepsilon}{(1+\varepsilon)^2 dt}, \quad (1)$$

где ℓ – длина зоны намотки от выпускной пары вытяжного прибора до катушки; ε – относительная деформация ровницы; v_B и v_H – соответственно скорости выпуска ровницы вытяжным прибором и намотки на катушку; K_y – коэффициент укрутки ровницы;

$$v_H = 2\pi r_H^0 n_0. \quad (2)$$

Здесь n_0 – число витков, наматывающихся на катушку в секунду:

$$n_0 = n_p - n_k, \quad (3)$$

где n_p и n_k – соответственно частоты вращения рогульки и катушки.

Натяжение ровницы можно выразить как

$$T = \varepsilon/\alpha_1, \quad (4)$$

где α_1 – коэффициент продольной деформации ровницы от ее натяжения, $1/H$;

$$\alpha_1 = 1/G_p.$$

Здесь G_p – жесткость ровницы при растяжении, H .

Из (4)

$$\varepsilon = \alpha_1 T, \quad (5)$$

С учетом (5) выражение (1) можно записать в виде

$$v_B K_y - \frac{v_H}{1+\alpha_1 T} = -\frac{\alpha_1 \ell}{(1+\alpha_1 T)^2} \frac{dT}{dt}. \quad (6)$$

Дифференциальное уравнение, устанавливающее зависимость скорости изменения радиуса наматывания r_H от толщины δ наматываемой ровницы, можно представить в виде

$$\frac{dr_H}{dt} = \frac{\delta v_H}{2\pi r_H (1+\alpha T)}. \quad (7)$$

Здесь α – коэффициент сплющивания ровницы от натяжения при наматывании на паковку:

$$\alpha = (\delta - \delta_{\text{факт}}) / \delta T,$$

где $\delta_{\text{факт}}$ – толщина деформированной под натяжением T ровницы.

Считаем, что все отклонения величин от базовых значений малы. Выражение (6) в приращениях по T запишется в виде

$$v_B K_y - v_H + \alpha_1 v_B K_y (T^0 + \Delta T) = - \frac{\alpha_1 \ell}{(1 + \alpha_1 T^0) \left(1 + \frac{\alpha_1 \Delta T}{1 + \alpha_1 T^0} \right)} \frac{d\Delta T}{dt}. \quad (8)$$

Пренебрегая, ввиду малости, величиной $\frac{\alpha_1 \Delta T}{1 + \alpha_1 T^0}$ и обозначив $\ell_3 = \frac{\ell}{1 + \alpha_1 T^0}$, получим уравнение динамики зоны намотки в приращениях по T:

$$\alpha_1 \ell_3 \frac{d\Delta T}{dt} + \alpha_1 v_B K_y \ell_3 = v_H - v_B K_y - \alpha_1 v_B K_y T^0. \quad (9)$$

Считая, что

$$v_H = v_H^0 + \Delta v_H \quad (10)$$

и подставляя в (9), получим

$$\alpha_1 \ell_3 \frac{d\Delta T}{dt} + \alpha_1 v_B K_y \Delta T = v_H^0 - v_B K_y + \Delta v_H - \alpha_1 v_B K_y T^0. \quad (11)$$

При $\Delta T=0$:

$$\alpha_1 v_B K_y \Delta T = v_H^0 - v_B K_y. \quad (12)$$

С учетом (12) выражение (11) запишется в виде

$$\theta'_0 \frac{dn_k}{dt} = (T^0 + \Delta T)r_H + \mu r_H (c'(T^0 + \Delta T) + c_4 - c_5 r_H) - c_3 i^2 - M_c, \quad (16)$$

где c' , c_4 , c_5 – коэффициенты, зависящие от конструкции лапки и постоянные для данной заправки машины; i – сила тока в обмотке возбуждения тормозка; M_c – момент сопротивления вращению в опорах тормозка и аэродинамического сопротивления при вращении ротора и катушки с ровницей.

$$\theta'_0 = 2\pi\theta_0.$$

$$\alpha_1 \ell_3 \frac{d\Delta T}{dt} + \alpha_1 v_B K_y \Delta T = \Delta v_H. \quad (13)$$

Преобразуем (11) к виду:

$$\frac{\ell_3}{v_B K_y} \frac{d\Delta T}{dt} + \frac{\Delta T}{T^0} = \frac{\Delta v_H}{v_H^0} \frac{v_H^0}{\alpha_1 v_B K_y T^0}. \quad (14)$$

Обозначив в выражении (14) $\Delta \bar{T} = \frac{\Delta T}{T^0}$ – относительная величина отклонения натяжения от базового значения; $\Delta \bar{v}_H = \frac{\Delta v_H}{v_H^0}$ – относительная величина отклонения скорости наматывания от базовой; $\frac{\ell_3}{v_B K_y} = \tau_1$ – постоянная времени; $\frac{v_H^0}{\alpha_1 v_B K_y T^0} = \psi_1$ – постоянный безразмерный коэффициент, получим уравнение динамики зоны намотки в относительных величинах отклонений T и v_H :

$$\tau_1 \frac{d\Delta \bar{T}}{dt} + \Delta \bar{T} = \psi_1 \Delta \bar{v}_H. \quad (15)$$

Преобразуя выражение (1) из [1] с учетом выражения для силы N прижима лапки к катушке из [2], получим

Здесь θ_0 – момент инерции массы ротора тормозка и катушки с ровницей относительно оси вращения.

Запишем (16) в приращениях, считая $r_H = r_H^0 + \Delta r_H$, $i = i^0 + \Delta i$, $n_k = n_k^0 + \Delta n_k$.

Следует отметить, что r_H^0 , i^0 , n_k^0 , θ'_0 , являясь основными уровнями, в каждый момент времени работы корректирующего

контура в программном режиме меняются во времени, то есть

$$r_H^o = r_H^o(t), i^o = i^o(t), n_K^o = n_K^o(t), \\ \theta'_o = \theta'_o(t).$$

Ввиду весьма малых значений отклонения момента инерции массы тормозка и катушки с ровницей от базового уровня θ'_o за время Δt при анализе работы корректирующего контура этим отклонением пренебрегаем и считаем θ'_o постоянным на каждом базовом уровне. Тогда

$$\theta'_o \frac{dn_K^o}{dt} + \theta'_o \frac{d\Delta n_K}{dt} = (T^o + \Delta T)(r_H^o + \Delta r_H) + \mu(r_H^o + \Delta r_H)(c'(T^o + \Delta T) + c_4 - c_5(r_H^o + \Delta r_H)) - c_3(i^o + \Delta i)^2(n_K^o + \Delta n_K) - M_c. \quad (17)$$

Вычитая из (17) уравнение программного режима (выражение (16) при $\Delta T = 0$), и пренебрегая из-за малости членами с входящими в них значениями $\Delta T \Delta r_H$;

$(\Delta r_H)^2$; $(\Delta i)^2$; $\Delta i \Delta n_K$ и перейдя к безразмерным относительным отклонениям, получим

$$\frac{\theta'_o n_K^o \frac{d\Delta n_K}{n_K^o}}{T^o r_H^o dt} = \frac{\Delta T}{T^o} + \frac{\Delta r_H}{r_H^o} + \mu c' \frac{\Delta T}{T^o} + \mu c' \frac{\Delta r_H}{r_H^o} + \frac{\mu c_4}{T^o} \frac{\Delta r_H}{r_H^o} - \frac{2\mu c_5 r_H^o}{T^o} \frac{\Delta r_H}{r_H^o} - \frac{c_3 (i^o)^2 n_K^o}{T^o \Delta r_H^o} \frac{\Delta n_K}{n_K^o} - \frac{2c_3 (i^o)^2 n_K^o}{T^o \Delta r_H^o} \frac{\Delta i}{i^o}. \quad (18)$$

Обозначим

$$\frac{\theta'_o n_K^o}{T^o r_H^o} = \tau_2 \text{ — механическая постоянная}$$

времени системы наматывания, с ;

$$\frac{\Delta r_H}{r_H^o} = \Delta \bar{r}_H \text{ — относительная величина}$$

отклонения радиуса наматывания от базового значения;

$$\frac{\Delta n_K}{n_K^o} = \Delta \bar{n}_K \text{ — относительная величина}$$

отклонения частоты вращения ротора тормозка с катушкой от базовой;

$$\tau_2 \frac{d\Delta \bar{n}_K}{dt} = \Delta \bar{T} + \Delta \bar{r}_H + \psi_2 (\Delta \bar{T} + \Delta \bar{r}_H) + \psi_3 \Delta \bar{r}_H - \psi_4 \Delta \bar{r}_H - \psi_5 (\Delta \bar{n}_K + 2\Delta \bar{i}). \quad (19)$$

и является уравнением движения ротора тормозка с катушкой в относительных отклонениях от программного режима.

В Ы В О Д Ы

$$\frac{\Delta i}{i^o} = \Delta \bar{i} \text{ — относительная величина от}$$

клонения силы тока в обмотке тормозка от базового значения;

$$\psi_2 = \mu c'; \quad \psi_2 = \frac{\mu c_4}{T^o}; \quad \psi_4 = \frac{2\mu c_5 r_H^o}{T^o};$$

$\psi_5 = \frac{2c_3 (i^o) n_K^o}{T^o r_H^o}$ — постоянные безразмерные коэффициенты.

С учетом принятых обозначений уравнение (18) записывается в виде

Получены уравнения движения катушки с ровницей в крутильно-мотальном механизме ровничной машины без принудительного привода катушек с индукционными тормозками, необходимые

для дальнейшего анализа системы управления натяжением ровницы с использованием датчика контроля его уровня

ЛИТЕРАТУРА

1. Соркин А.П., Хавкин В.П. Анализ динамики системы стабилизации натяжения ровницы // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1975, №3. С.124...127.

2. Соркин А.П. Исследование намотки хлопчатобумажной ровницы без принудительного привода катушек на ровничных машинах: Дис....канд. техн. наук. – Ташкент, 1971.

3. Соркин А.П. Анализ динамики процесса намотки ровницы на ровничной машине // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1984, №3. С.26...30.

4. Воронов А.А. Основы теории автоматического управления. – М.: Энергия, 1980.

Рекомендована кафедрой теоретической механики и сопротивления материалов. Поступила 21.06.2006.

УДК 677.022.49

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ САМОКРУЧЕНОЙ ПРЯЖИ С УВЕЛИЧЕННОЙ ДЛИНОЙ ПЕРИОДА КРУТКИ

А.Н. ГУРЬЕВ, А.А. ТЕЛИЦЫН, К.Э. РАЗУМЕЕВ

(ОАО "Суворовская нить", Костромской государственный технологический университет, ОАО НПК "ЦНИИШЕРСТЬ")

Самокрученая (СК) пряжа имеет специфическую структуру: чередующиеся участки S и Z-крутки разделены так называемыми "нулевыми зонами" – участками, на которых крутка сдвоенного компонента отсутствует, хотя имеется остаточная крутка каждой стренги.

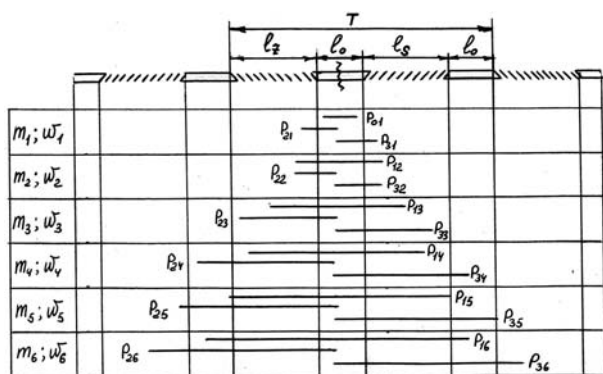


Рис. 1

Графически эта "конструкция" показана на рис. 1. Здесь l_z и l_s – соответственно длины участков Z и S-крутки; l_0 – длина нулевой зоны, а T – длина периода крутки. Очевидно, что увеличение длины периода крутки по сравнению с традиционным,

равным 180 мм, приводит к уменьшению количества нулевых зон, приходящихся на 1 метр пряжи, что, на первый взгляд, является позитивным фактором. Однако, как было замечено в работе [1], при этом наблюдается увеличение длины нулевой зоны и снижение разрывной прочности пряжи. Экспериментально установлено также, что разрыв самокрученной пряжи освоенных промышленностью структур всегда происходит в нулевой зоне. Применим оригинальную модель прочности самокрученной пряжи, предложенную в работе [2], для анализа вариантов "конструкции" пряжи при различной длине периода крутки.

Исходными данными являются распределение по длине волокон в питающей ровнице (табл. 1) и геометрические размеры характерных участков СК-продукта (рис. 1).

Таблица 1

№ п/п	Интервал длин волокон, мм	Процент волокон в смеске
1	0 – 10	0,0

2	10 – 20	3,8
3	20 – 30	5,2
4	30 – 40	8,8
5	40 – 50	11,8
6	50 – 60	11,6
7	60 – 70	11,4
8	70 – 80	10,6
9	80 – 90	9,0
10	90 – 100	7,0
11	100 – 110	6,2
12	110 – 120	5,3
13	120 – 130	4,1
14	130 – 140	2,5
15	140 – 150	1,7
16	150 – 160	1,0
17	160 – 170	0,0

Рассортируем в соответствии с [2] волокна в смеси на группы по интервалам

$$w_1 = \frac{m_1}{m_0}; w_2 = \frac{m_2}{m_0}; w_3 = \frac{m_3}{m_0}; w_4 = \frac{m_4}{m_0}; w_5 = \frac{m_5}{m_0}; w_6 = \frac{m_6}{m_0}. \quad (1)$$

При этом:

$$w_1 + w_2 + w_3 + w_4 + w_5 + w_6 = 1;$$

$$m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5 + m_6 = m_0.$$

По классификации [2]:

p_1 – вероятность того, что оба конца волокна находятся на участках крутки двойной структуры (ℓ_0 или ℓ_s);

p_2 и p_3 – вероятности того, что соответственно левый или правый конец волокна находится в зоне (ℓ_0). При этом полагаем, что $p_3 = p_2$.

В том случае, если длина волокна $L < \ell_0$, возможны 3 варианта.

1. Оба конца волокна находятся в нулевой зоне с вероятностью p_{01} .

2. В нулевой зоне находится левый конец волокна с вероятностью p_{21} .

3. В нулевой зоне находится правый конец волокна с вероятностью p_{31} .

Ввиду того, что количество волокон с длиной $L < \ell_0$ составляет обычно для смесок шерстяных, полушерстяных и ПАН-волокон незначительную величину, с целью упрощения рассуждений полагаем $p_{01} = p_{21} = p_{31} = 0,33$.

В том случае, если длина волокна $L > \ell_0$, возможны следующие варианты.

длин следующим образом:

1 группа с длиной волокон $0 < L_1 < \ell_0$;

2 группа с длиной волокон $\ell_0 < L_2 < \ell_z$;

3 группа с длиной волокон $\ell_z < L_3 < \ell_z + \ell_0$;

4 группа с длиной волокон $\ell_z + \ell_0 < L_4 < \ell_z + 2\ell_0$;

5 группа с длиной волокон $\ell_z + 2\ell_0 < L_4 < 2\ell_z + \ell_0$;

6 группа с длиной волокон $2\ell_z + \ell_0 < L_4 < 2\ell_z + 2\ell_0$;

Если общее число волокон в поперечном сечении одной стренги обозначить m_0 , а число волокон, входящих в соответствующие группы $m_1; m_2; m_3; m_4; m_5; m_6$, то соответствующие частоты запишутся как:

1. Оба конца волокна находятся на участках крутки двойной структуры с вероятностью $p_{12}; p_{13}; p_{14}; p_{15}; p_{16}$ для соответствующих групп длин волокон с 2 по 6.

2. Правый конец волокна находится в нулевой зоне с вероятностью $p_{22}; p_{23}; p_{24}; p_{25}; p_{26}$.

3. Левый конец волокна находится в нулевой зоне с вероятностью $p_{32}; p_{33}; p_{34}; p_{35}; p_{36}$.

Очевидно, что чем больше длина волокна и чем меньше длина нулевой зоны, тем более вероятно положение 1.

Вероятности положений концов волокон определим по методике [2]:

$$p_1 = \frac{L_a - \ell_0}{L_a + \ell_0}, \quad (2)$$

$$p_2 = p_3 = \frac{\ell_0}{L_a + \ell_0}. \quad (3)$$

Теперь в соответствии с [2] классифицируем все m_0 волокон в каждой стренге на 2 вида. Определим как потенциально разрываемые те волокна, оба конца которых вработаны в участки крутки сдвоенной структуры. Количество таких волокон в стренге обозначим как m_p . При этом сразу отметим, что при полуцикловых испы-

таниях СК- пряжи на прочность будет разорвана только часть волокон m_p , поле сил трения на концах которых обеспечит силу трения, превышающую разрывную прочность волокна p_0 . Остальные из m_p волокон внесут свой вклад в прочность стренги за счет поля сил трения при их проскальзывании относительно окружающих волокон. Определим далее как потенциально скользящие те волокна, один конец которых (левый или правый) располагается в нулевой зоне. Количество таких волокон в стренге обозначим как m_c . При этом отметим, что часть волокон m_c , поле сил трения которых обеспечит силу трения, превышающую

разрывную прочность волокна p_0 , при полцикловых испытаниях пряжи на прочность будут разорваны. Остальная часть из m_c волокон будет "работать по определению", то есть вносить свой вклад в прочность стренги за счет скольжения волокон в поле сил трения.

Кроме того, в смеси содержится некоторое, очень незначительное, количество волокон, оба конца которых располагаются в нулевой зоне. Определим эти волокна как плавающие, а их количество как m_n .

Из рис.1 видно, что количество волокон m_p , m_c и m_n может быть определено из следующих выражений:

$$m_p = (w_2 p_{12} + w_3 p_{13} + w_4 p_{14} + w_5 p_{15} + w_6 p_{16}) m_0, \quad (4)$$

$$m_p = [w_1 (p_{21} + p_{31}) + w_2 (p_{22} + p_{32}) + w_3 (p_{23} + p_{33}) + w_4 (p_{24} + p_{34}) + w_5 (p_{25} + p_{35}) + w_6 (p_{26} + p_{36})] m_0, \quad (5)$$

$$m_n = w_1 p_{01} m_0. \quad (6)$$

Определим процентное содержание потенциально разрываемых, потенциально скользящих и плавающих волокон при различной длине периода крутки:

вариант 1: $T = 180$ мм; $\ell_0 = 15$ мм; $\ell_z = \ell_s = 75$ мм;

вариант 2: $T = 240$ мм; $\ell_0 = 25$ мм; $\ell_z = \ell_s = 95$ мм;

вариант 3: $T = 300$ мм; $\ell_0 = 35$ мм; $\ell_z = \ell_s = 115$ мм.

Вычисления, произведенные при помощи выражений (1-6), дали следующие результаты:

Для варианта 1:

$w_1 = 0,038$; $w_2 = 0,594$; $w_3 = 0,09$; $w_4 = 0,07$; $w_5 = 0,208$; $w_6 = 0$;

$p_{01} = p_{21} = p_{31} = 0,33$; $p_{12} = 0,557$; $p_{22} = p_{32} = 0,22$; $p_{13} = 0,70$; $p_{23} = p_{33} = 0,15$;

$p_{14} = 0,73$; $p_{24} = p_{34} = 0,136$; $p_{15} = 0,78$; $p_{25} = p_{35} = 0,11$.

$m_p = 0,61 m_0$; $m_c = 0,38 m_0$; $m_n = 0,01 m_0$.

Для варианта 2 :

$w_1 = 0,09$; $w_2 = 0,702$; $w_3 = 0,115$; $w_4 = 0,083$; $w_5 = 0,01$; $w_6 = 0$;

$p_{01} = p_{21} = p_{31} = 0,33$; $p_{12} = 0,43$; $p_{22} = p_{32} = 0,28$; $p_{13} = 0,63$; $p_{23} = p_{33} = 0,185$;

$p_{14} = 0,68$; $p_{24} = p_{34} = 0,16$; $p_{15} = 0,72$; $p_{25} = p_{35} = 0,14$.

$m_p = 0,44 m_0$; $m_c = 0,52 m_0$; $m_n = 0,04 m_0$.

Для варианта 3 :

$w_1 = 0,178$; $w_2 = 0,614$; $w_3 = 0,155$; $w_4 = 0,053$; $w_5 = 0$; $w_6 = 0$;

$p_{01} = p_{21} = p_{31} = 0,33$; $p_{12} = 0,32$; $p_{22} = p_{32} = 0,34$; $p_{13} = 0,52$; $p_{23} = p_{33} = 0,24$; $p_{14} = 0,6$; $p_{24} = p_{34} = 0,2$;

$m_p = 0,31 m_0$; $m_c = 0,62 m_0$; $m_n = 0,07 m_0$.

Далее производилась наработка образцов пряжи линейной плотности 32 текс×2 для трех вышеприведенных вариантов. Использовались заправочные параметры, соответствующие нормативам для промышленного производства чистшерстяной пряжи (нагон в зоне кручения – формирования 7,35%, давление в крутильно-формирующей камере $p_2 = 0,09$ МПа, давление в камерах первичной крутки $p_1 = 0,07$ МПа). Лабораторные исследования (по 30 испытаний) дали следующие значения разрывной прочности Q (сН) и соответствующих коэффициентов вариации C_{vp} (%):

для варианта 1: $Q = 580$ сН; $C_{vp} = 11,8\%$;

для варианта 2: $Q = 502$ сН; $C_{vp} = 12,9\%$;

для варианта 3: $Q = 420$ сН; $C_{vp} = 23,8\%$.

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что прочность самокрученной структуры определяется главным образом долей потенциально разрываемых волокон. Так, уменьшение их доли на 17%

привело к уменьшению разрывной прочности на 14,5% (варианты 2 и 1), а уменьшение их доли на 30% снизило разрывную прочность почти на 28%.

Следует отметить, что на образцах пряжи по варианту 3 была визуально замечена существенная неравномерность (снижение) крутки от середины полупериода к его концам. Вероятно, по этой причине на трикотажном полотне, полученном из пряжи по варианту 3 на плосковязальной машине, было замечено искривление петельной структуры и образование муарового эффекта. В связи с этим вариант 3 был исключен нами из планов промышленной реализации.

Дальнейшие рассуждения сводятся к следующему: для повышения разрывной прочности пряжи с длиной периода крутки 240 мм требуется заставить необходимую часть потенциально скользящих волокон работать в режиме потенциально разрывающихся. Сделать это можно, увеличив силу сопротивления перемещению волокон в нулевых зонах за счет повышения остаточной крутки в одиночных стренгах. В серии дополнительных экспериментов этого удалось добиться путем повышения рабочего давления в камерах первичной крутки до 0,09 МПа при аналогичном снижении давления в крутильно-формирующей камере до 0,07МПа, то есть просто поменяв местами их значения. При

этом значения Q и $C_{вр}$ для пряжи с длиной периода крутки 240 мм составили: $Q=584$ сН; $C_{вр}= 12,4\%$, что соответствует требованиям технических условий на пряжу.

ВЫВОДЫ

1. Впервые для практических целей была применена модель прочности самокрученной пряжи, учитывающая размеры ее характерных участков и параметры длины волокон питающей ровницы.

2. Установлено наличие корреляционной связи между долей потенциально разрывающихся волокон и разрывной прочностью пряжи.

3. Рекомендован уровень рабочих давлений в камерах аэродинамического крутильного устройства машины ПСК-225-ШГ2.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дюканова Т.И. Разработка теории получения самокрученной пряжи способом совмещенного формирования и кручения: Дис...канд. техн. наук. – Кострома, 1989.

2. Телицын А.А. Развитие технологий процесса самокручения текстильных материалов и создание оборудования для их реализации: Дис...докт. техн. наук. – Кострома, 2000.

Рекомендована кафедрой деталей машин и подъемно-транспортных устройств. Поступила 21.06.2006.

ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ВЕРОЯТНОСТИ ПЕРЕХОДА ВОЛОКОН ИЗ ОДНОЙ ВОЛОКНИСТОЙ СИСТЕМЫ В ДРУГУЮ

Е.В. СТАРОСТИНА, Н.Г. ЖАРОВА

(Ивановская государственная текстильная академия)

Хлопок на фабрику поступает в кипах. Вся эта волокнистая масса состоит из волокон различной длины, клочков и сора, которые необходимо разрыхлить и очистить рабочими органами различных машин. Для этого необходимо знать, какие процессы и каким образом влияют на разединенность клочков хлопка и их эффективность, что поможет выбрать параметры разволокняющих машин через показатели качества сырья [1...3].

Переход комплекса i -го волокнистого состояния в очередное $(i+1)$ -е волокнистое состояние представляет собой сложное событие, которое реализуется в том и только в том случае, когда имеет место следующие элементарные события.

Комплекс i -го волокнистого состояния находится на тех уровнях клочка, где может произойти его активное взаимодействие с зубьями пильчатого барабана. Вероятность P_{i4g} этого элементарного события была определена с помощью функции $F_i(R)$ распределения

$$F_i(R) = \frac{1 - e^{R(T/E_k)}}{1 - e^{R_n(T_i/E_k)}}. \quad (1)$$

Комплекс волокон попадает в ту область, где проходят зубья пильчатого барабана. Попадание в эту область является вероятностным процессом, при котором все возможные положения комплекса i -го волокнистого состояния относительно зубьев пильчатого барабана, а также положение его в пространстве равновероятны.

Вероятность P_{i2}^* этого элементарного события связана с геометрической формой и размерами комплекса i -го волокнистого состояния.

В качестве математической модели геометрической формы комплекса волокон i -го волокнистого состояния можно использовать эллипсону вращения с параметрами:

$$\ell_{1i} = \ell_{2i} = \frac{dc}{2\sqrt[3]{2}} \sqrt[3]{1 + \frac{m_{B_i}}{c}}, \quad (2)$$

$$\ell_3 = 2\ell_{2i}, \quad (3)$$

где m_{B_i} – масса M_i волокон комплекса i -го волокнистого состояния с зубьями пильчатого барабана, кг; C – обобщенный параметр процесса очистки, связанный с объемной массой клочка и характеризующий объемную массу совокупности M_i волокон в области, где происходит активное взаимодействие комплекса волокон i -го состояния с зубьями пильчатого барабана, кг; d_c – эффективный диаметр сора (клочка), м.

При подходе к зубьям гарнитуры пильчатого барабана комплекс i -го волокнистого состояния встречается со свободными зубьями. Для вероятности этого элементарного события была получена зависимость:

$$P_{i1} = 1 - \gamma_1, \quad (4)$$

где γ_1 – коэффициент использования зубьев барабана

$$\gamma_1 = \frac{\overline{K v_n d_c P_{pr}}}{V_1}, \quad (5)$$

где K – число волокнистых систем, каждая из которых посылается в область взаимодействия $\overline{v_n}$ комплекса волокон соответствующего волокнистого состояния в секунду; v_n – математическое ожидание интенсивности потока комплексов волокон (кв) нулевого волокнистого состояния, поступающих в нулевой уровень элементарного клочка, взаимодействующего с гарнитурой барабана кв/с; d_c – математическое ожидание эффективного диаметра трансформируемой вдоль дуги расщипывания комплексов волокон разных волокнистых состояний, усредненное по всем волокнистым системам, м.

Происходит активный захват комплекса i -го волокнистого состояния, приводящий к обрыву элементарной прядки волокон или волокнам ΔM_i в рабочей части колосниковой решетки.

Условие

$$\Delta M_i \geq \Delta M_{i\min} \quad (6)$$

делит все возможные переходы комплексов волокон из i -го волокнистого состояния в $(i+1)$ -е волокнистое состояние на реализуемые (разрешенные) и нереализуемые (запрещенные), то есть оно является условием запрета при функционировании волокнистых систем в процессе расщипывания и очистки.

Коэффициент P_{PT} учитывает влияние вероятности запрещенных переходов на величину γ_1 .

Интенсивность вероятности P_i переходов комплексов волокон из i -го волокнистого состояния в $(i+1)$ -ю волокнистую систему выражается зависимостью:

$$P_i = n_u P_i^* \quad (7)$$

где $P_i^* = P_{i1}^* P_{i2}^* P_{i3}^* P_{i4g}^*$; n_u – математическое ожидание числа оборотов уровней клочка, об/с.

ВЫВОДЫ

Вероятность P_i^* является возрастающей функцией m_{vi} и зависит от режима работы расщепляющего органа через параметры d_{cp} , C , γ_1 , v_n , конструктивных параметров разволокняющей машины, параметров перерабатываемого сырья d_c , m_{v0} .

ЛИТЕРАТУРА

1. *Владимиров Б.М., Молитвин В.А.* Определение эффективности очистки хлопка на прядильных фабриках // *Текстильная промышленность*. – 1970, № 10. С.23...24.
2. *Зотиков В.Е.* Изменение свойств хлопка в процессе обработки // *Изв. текстильной промышленности и торговли*. – 1928, № 3.
3. *Красик Я.М.* Исследование процесса очистки волокна приемным узлом шляпочной чесальной машины: Дис...канд. техн. наук. – Иваново, 1995.

Рекомендована кафедрой прядения ИГТА. Поступила 21.06.2006.

УДК 677.074.017

**СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПЕРЕПЛЕТЕНИЯ
ПРИ БЕСКОНТАКТНОМ АНАЛИЗЕ СТРУКТУРЫ ТКАНИ***Г.Г. СОКОВА, А.А. БЕЙТИНА, С.И. КАРГИНА***(Костромской государственный технологический университет)**

В текстильной отрасли одним из объектов исследования является ткань, ее структурные параметры, которые требуются для оценки рациональности существующих тканей или компьютерного проектирования нового ассортимента тканей с заданными параметрами.

Ранее нами разработан бесконтактный метод структурного анализа ткани полотняного переплетения, основанный на методе компьютерной фотограмметрии, позволяющий определять следующие показатели: линейную плотность пряжи; число нитей 10 см ткани; коэффициенты наполнения, линейного и поверхностного заполнения ткани; порядок фазы строения; уработку основных и уточных нитей в ткани, поверхностную плотность [1]. При анализе тканей, выработанных не полотняным переплетением, возникает задача распознавания параметров ткацкого переплетения.

В данной работе предлагается способ определения параметров ткацкого переплетения, который позволяет по цифровому изображению ткани определить: величину раппорта переплетения; число пересечек; величину сдвига перекрытий. Данный способ позволит расширить область применения компьютерной фотограмметрии и даст возможность исследовать ткани, выработанные главными и мелкоузорчатыми переплетениями.

Известен способ кодирования ткацких переплетений [2], основанный на компьютерном построении матрицы, рассмотренной в системе координат Декарта, где по оси X располагаются нити основы, по оси У – нити утка, в матрице единица – 1 обо-

значает основное перекрытие, 0 – уточное. Данный способ был предназначен только для автоматизированного проектирования новых переплетений ткани и визуализации их на мониторе компьютера. Сущность предлагаемого нами способа сводится к получению числовой матрицы переплетения, построение которой основано на идентификации элементов нитей, характеризующих местоположение одиночных перекрытий, настилов, пересечек и межниточных просветов по насыщенности тона цвета на цифровом изображении реальной ткани.

На цифровом (черно-белом или цветном 8-битном) изображении ткани, используемом в качестве исходной информации при бесконтактном анализе ткани [1], распознавание и идентификация элементов ткани: поперечников нитей; межниточных пространств; уточнение местоположения настилов нитей, одиночных перекрытий и пересечек, производится по числовому значению насыщенности тона цвета на нитях и просветах между ними. Насыщенность – характеризует силу, интенсивность ощущения цветового тона [3], по которой имеется возможность отследить теневые переходы на нити,работанной в ткань. Насыщенность тона на цветных тканях характеризуется значениями коэффициентов цветности (x, y, z), чем меньше значение коэффициентов, тем темнее, то есть насыщеннее область элемента нити. Коэффициенты цветности рассчитываются по значениям показателей цвета R, G и B [3], которые в свою очередь определяются, при движении "компьютер-

ного глаза", в ходе анализа цифрового изображения ткани. Для анализа белых тканей используется черно-белое изображение,

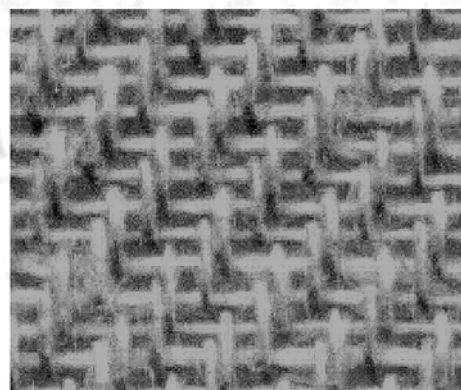


Рис. 1

Идентификация элементов нитей и определение параметров переплетения проходит несколько этапов. Рассмотрим действие алгоритма распознавания на примере ткани саржевого переплетения (рис. 1). Для удобства изложения сущности предлагаемого способа на рис.2 фрагмент ткани представлен в упрощенном виде, где цветовые полутона на нитях замещены на один средний тон для основы и второй – для нитей утка.

Этап присвоения. В результате анализа цифрового изображения ткани, при помощи цветовых моделей RGB и хуз, получают числовую информацию, характеризующую насыщенность цветового тона в каждом элементе нити и просветах между ними. Таким образом, области просветов, нити основы и утка замещаются соответствующими средними числовыми значениями цветовых градаций полутонов.

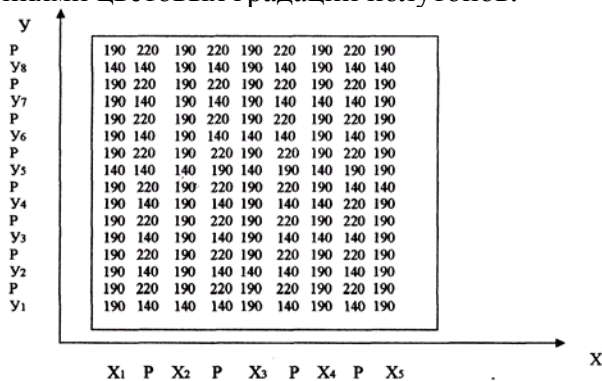


Рис. 3

где насыщенность характеризуется числовыми градациями серого цвета ("0" – черный цвет, "255" – белый цвет).

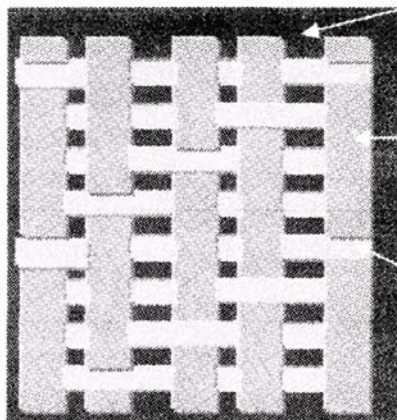
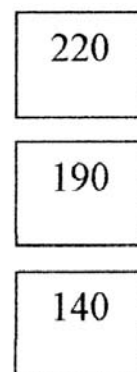


Рис. 2



Полученная числовая матрица помещается в систему координат, где каждым столбцам и строкам присваивается имя (столбцы и строки с просветами обозначают P, нити основы – X, утка – Y) и индекс, характеризующий порядковый номер нити (рис. 3).

$$1,1 \begin{pmatrix} 190 & 220 \\ 190 & 140 \end{pmatrix} \quad 2,1 \begin{pmatrix} 190 & 220 \\ 140 & 140 \end{pmatrix} \quad 3,1 \begin{pmatrix} 190 & 220 \\ 190 & 140 \end{pmatrix} \quad 4,1 \begin{pmatrix} 190 & 220 \\ 190 & 140 \end{pmatrix} \quad 5,1 \begin{pmatrix} 190 & 220 \\ 190 & 140 \end{pmatrix}$$

Рис. 4

На следующем этапе из полученной числовой матрицы выделяются частные матрицы, минимальный размер которых 2×2. На рис. 4 представлены частные матрицы для 1-й уточной нити и следующего за ней просвета (P), вместе с тем в частных матрицах рассматриваются основные нити в паре со следующими за ними просветами. Аналогичные операции производятся со всеми столбцами и строками. Для упрощения обозначения частным матрицам присваиваются имена, например, частная матрица с именем (2.1), где первое число (2) – присвоенный номер основной нити, второе число (1) – номер уточины. Этап детализации числовой матрицы изображения ткани вводится с целью снижения ошибок на следующем этапе.

$$1,1 \begin{pmatrix} - & - \\ 1 & - \end{pmatrix} \quad 2,1 \begin{pmatrix} - & - \\ 0 & - \end{pmatrix} \quad 3,1 \begin{pmatrix} - & - \\ 1 & - \end{pmatrix} \quad 4,1 \begin{pmatrix} - & - \\ 1 & - \end{pmatrix} \quad 5,1 \begin{pmatrix} - & - \\ 1 & - \end{pmatrix}$$

Рис. 5

На этапе распознавания, для каждой частной матрицы в координате (1,1), по числовому значению градации цветового тона распознается наличие основного или уточного перекрытия, которые на этом этапе обозначаются соответственно 1 или 0 (рис. 5).

$$\begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

Рис. 6

На завершающем этапе частные матрицы воссоединяются в матрицу переплетения, но без столбцов и строк с просветами (Р) (рис. 6). По полученной матрице определяются параметры переплетения ткани.

Раппорт переплетения рассматривается, как минимальное число нитей одной системы, после которого рисунок переплетения (1 или 0) повторяется.

Число пересечек определяется, как среднее количество элементов, характеризующих место перехода нити одной из систем с лицевой стороны на изнаночную

и наоборот, внутри рассматриваемого раппорта. В компьютерной матрице переплетения на место пересечки указываются рядом стоящие 0 и 1.

Сдвиг рассматривается, как разница координат между двумя ближайшими одинаковыми, одноименными перекрытиями в соседних столбцах или строках.

ВЫВОДЫ

Предложен способ распознавания параметров ткацких переплетений, позволяющий расширить границы использования бесконтактного метода анализа и исследовать ткани главных и мелкоузорчатых переплетений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пат. RU 2131605 C1, 6G01N33/36. Бесконтактный способ анализа структуры ткани / Лустгартен Н.В., Сокова Г.Г., Сергеев А.С. – Оpubл. 10.06.1999.
2. Милашюс В.М. Система кодирования ткацких переплетений, ориентированных на работу ЭВМ // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1985, №3.
3. Кириллов Е.А. Цветоведение: Учебное пособие для вузов. – М.: Легпромбытиздат, 1987.

Рекомендована кафедрой ткачества. Поступила 21.06.2006.

УДК 677.054

РАСЧЕТНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕЛИЧИНЫ ПОДАЧИ ТКАНИ В ЗОНУ ФОРМИРОВАНИЯ ДО ЕЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С БЕРДОМ

В.Ю. СЕЛИВЕРСТОВ, А.П. ГРЕЧУХИН

(Костромской государственной технологической университет)

Из работы [1] известно, что одним из факторов, влияющих на плотность ткани по утку, является величина зазора (устанавливаемая регулировочным болтом), который определяет величину подачи ткани в зону формирования. При этом одним из важнейших параметров, влияющих на на-

пряженность процесса ткачества, является угол начала подачи ткани в зону формирования, а следовательно, и величина, которую пройдет опушка ткани навстречу движущемуся берду. При проектировании профиля кулачка необходимо учитывать эту величину вместе с моментом подачи

ткани в зону формирования, так как данные параметры являются основными для получения более плотных структур тканей, а правильный их выбор позволяет значительно снизить нагрузки на нити основы во всех циклах работы ткацкого станка [2].

Величина обратной подачи ткани до взаимодействия с бердом определяется профилем кулачка. При работе регулятора кулачок всегда находится во взаимодействии с роликом и препятствует неконтролируемому отпуску ткани в рабочую зону, что позволяет на основании этого использовать изменение высоты кулачка для расчета величины подачи ткани в зону формирования навстречу берду. Однако использовать зависимость, предложенную в работе [3] для прямого хода ткани, не рекомендуется, так как она справедлива для вычисления только полного перемещения рычага под воздействием кулачка и не учитывает величину смещения точки контакта ролика и кулачка во время его вращения. Ввиду малости этой величины, ее измерение может вызвать большую погрешность. Для исключения погрешности необходимо предложить расчетный метод, учитывающий изменение положения точки контакта ролика и кулачка, то есть определение плеча рычага L_1 (рис. 1).

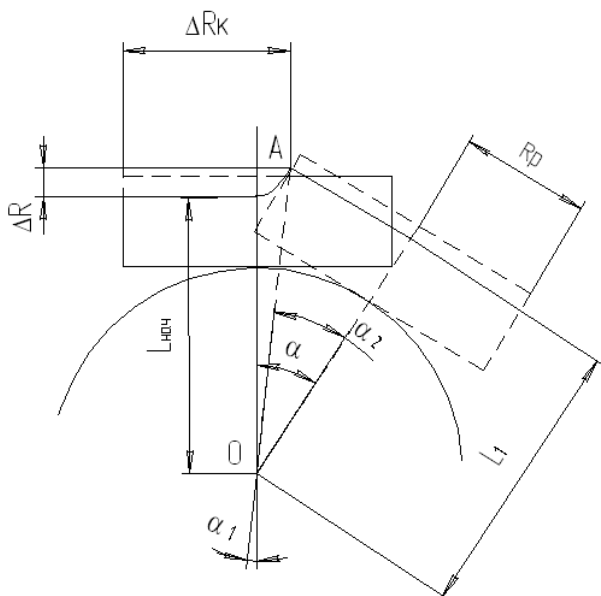


Рис. 1 Схема взаимодействия ролика и кулачка

Основными параметрами, влияющими на угол поворота ролика при изменении высоты кулачка, являются: R_p – радиус ролика; ΔR – изменение радиуса кулачка; ΔR_k – изменение высоты кулачка; $L_{нач}$ – плечо начального взаимодействия.

Для определения величины подачи ткани навстречу берду необходимо определить угол поворота плеча рычага L_1 при изменении ΔR , ΔR_k .

Характер изменения профиля кулачка для станка АТПР-120-ЛМ с модернизированным товарным регулятором можно представить в виде графика, представленного на рис. 2.

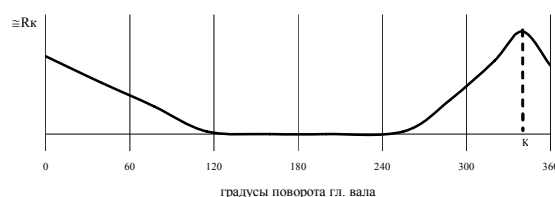


Рис. 2. Характер изменения профиля кулачка

K – момент подачи ткани навстречу берду, град.

Крайнему переднему положению берда на данном станке соответствует 360° поворота главного вала. Поэтому задача сводится к определению угла поворота плеча рычага L_1 при изменении профиля кулачка от K до 360° .

Угол поворота плеча рычага L_1 до встречи опушки ткани с бердом будет составлять разность между углами поворота рычага для соответствующих ΔR , ΔR_k . Схема взаимодействия ролика и кулачка представлена на рис. 2.

α будет определяться как сумма двух углов α_1 и α_2 :

$$\alpha_1 = \arctg \frac{\Delta R_k - R_p}{L_{нач} + \Delta R}, \text{ рад}, \quad (1)$$

$$\alpha_2 = \arcsin \frac{R_p}{OA}, \text{ рад}, \quad (2)$$

где OA – расстояние от точки вращения рычага с роликом до линии контакта его с кулачком, мм.

Расстояние OA можно определить следующим образом:

$$L_{OA} = \sqrt{(\Delta R_k - R_p)^2 + (L_{нач} + \Delta R)^2}, \text{ мм. (3)}$$

Угол поворота рычага α :

$$\alpha = \arctg \frac{\Delta R_k - R_p}{L_{нач} + \Delta R} + \arcsin \frac{R_p}{\sqrt{(\Delta R_k - R_p)^2 + (L_{нач} + \Delta R)^2}}, \text{ рад. (5)}$$

Подставляя соответствующие значения ΔR , ΔR_k при K градусах начала подачи ткани в зону формирования, а затем при 360° поворота главного вала и определяя разность между ними, находим величину поворота рычага L_1 до встречи с бердом (α_b):

$$\alpha_b = \alpha_k - \alpha_{360}, \text{ рад (6)}$$

величина перемещения ткани вальняном до встречи с бердом:

$$L_{под} = \frac{\alpha_b R_B}{i}, \text{ мм, (7)}$$

где $L_{под}$ – величина перемещения ткани

Тогда α_2 :

$$\alpha_2 = \arcsin \frac{R_p}{\sqrt{(\Delta R_k - R_p)^2 + (L_{нач} + \Delta R)^2}}, \text{ рад. (4)}$$

вальняном до встречи с бердом, мм; i – передаточное отношение регулятора; R_B – радиус вальяна, мм.

Экспериментами, проведенными на станке АТПР-120-ЛМ установлено, что наиболее благоприятным моментом подачи ткани в зону формирования (величина K , рис.1) является 355° поворота главного вала станка. Так, например, для кулачка, который установлен на данный момент для проведения научных исследований, характеристики, необходимые для расчета значения определяемого по формуле (7), а также результаты расчета представлены в табл.1 – пример расчета величины подачи ткани в зону формирования до ее взаимодействия с бердом.

Т а б л и ц а 1

Исходные параметры (угол поворота главного вала 360°)	Исходные параметры (угол поворота главного вала 355°)
$R_p = 18$ мм	$R_p = 18$ мм
$\Delta R = 3$ мм	$\Delta R = 3,8$ мм
$\Delta R_k = 12,5$ мм	$\Delta R_k = 12,1$ мм
$L_{нач} = 38$ мм	$L_{нач} = 38$ мм
Результаты расчета	
$\alpha_{360} = 18,15295$	
$\alpha_k = 17,20489$	
$\alpha_b = 0,948059$	
$L_{под}, \text{ мм} = 0,133362$	

В Ы В О Д Ы

Предложена зависимость для определения величины подачи ткани в зону формирования до ее взаимодействия с бердом на станке с модернизированным товарным

регулятором. Зависимость необходима для настройки регулятора на стадии заправки и подготовки станка к ткачеству, так как рассчитываемая величина будет иметь определяющее влияние на напряженность процесса тканеформирования (что согла-

суется с известными теоретическими и практическими исследованиями).

ЛИТЕРАТУРА

1. Селиверстов В.Ю., Тягунов В.А., Борисова М.В. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности – 2000, №6. С.66...68.

2. Налетов В.В. Исследования и методы проектирования механизмов дополнительного перемещения и формирования тканей на ткацком станке:

Дис...канд. техн. наук. – Кострома, 1975.

3. Гречухин А.П., Селиверстов В.Ю., Тягунов В.А. Расчет плотности ткани по утку, выработанной на станке с модернизированным товарным регулятором // Научн. тр. молодых ученых КГТУ. – 2006. Вып. 7, ч. 1. С.42...46.

Рекомендована кафедрой ткачества. Поступила 21.06.2006.

УДК 677.74.1/4.001

МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ФАСОННЫХ ЭФФЕКТОВ ПО ТКАНИ ПРИ РАВНОШАГОВОМ РАСПРЕДЕЛЕНИИ ИХ НА УТОЧНОЙ НИТИ

И.В. ЗЕМЛЯКОВА

(Костромской государственной технологической университет)

Пусть требуется спроектировать рисунок расположения фасонных эффектов по поверхности суровой ткани размером $L_T \times b_T$, вырабатываемой на станках типа СТБ с использованием фасонной нити в качестве утка.

Заданы следующие входные параметры:

b_3 – ширина заправки по берду, см;

$b_{кр}$ – ширина кромок, см;

b_T – ширина ткани, см;

P_y – плотность ткани по утку, н/см.

$R(n) = a$ – закон распределения расстояний между серединами ФЭ на нити;

$\ell(n) = \ell_3$ – закон распределения длин ФЭ;

d_3 – диаметр эффекта, см;

a, ℓ_3, d_3 – const ;

a_y – уработка утка, % ;

$N_{\phi} : N_T$ – закон чередования фасонных и гладких уточных нитей.

Вначале приведем методику построения рисунка расположения ФЭ по ткани, вырабатываемой с использованием фасонных и гладких уточных нитей, чередование которых происходит по закону $1 : N_T$.

Для определения положения каждого ФЭ на ткани введем прямоугольную декартову систему координат, поместив начало координат в середину первого ФЭ, а ось абсцисс – вдоль оси первой фасонной уточной нити.

1. Найдем длину b уточной нити, заготавливаемой в ткань:

$$b = b_3 + 2b_{кр}$$

и расстояние R между центрами двух соседних фасонных уточных нитей:

$$R = \frac{10}{P_y} (N_T + 1).$$

2. Представим рациональную дробь $\frac{a}{b}$ в виде конечной непрерывной дроби [1], [2]:

$$\frac{a}{b} = [0, m_2, m_3, \dots, m_k],$$

$\{r_1, r_2, \dots, r_{k-1}, r_k\} = \{a, r_2, \dots, r_{k-1}, 0\}$ – набор остатков.

3. Найдем подходящие дроби:

$$\frac{p_1}{q_1} = 0, \quad \frac{p_2}{q_2} = \frac{1}{m_2}, \quad \frac{p_3}{q_3} = \frac{1}{m_2 + \frac{1}{m_3}} = \frac{m_3}{m_2 m_3 + 1}, \dots, \quad \frac{p_k}{q_k} = \frac{1}{m_2 + \frac{1}{m_3 + \frac{1}{m_4 + \dots + \frac{1}{m_k}}}} = \frac{n_1}{n_2};$$

где $\frac{n_1}{n_2}$ – несократимая дробь, эквивалентная дроби $\frac{a}{b}$; n_1, n_2 – взаимно простые натуральные числа.

4. Составим векторы распределения:

$$\vec{a}_1, \vec{a}_2, \dots, \vec{a}_k,$$

где $\vec{a}_n = ((-1)^n r_n, p_n R)$, $n = 1, 2, \dots, k$,

$$|\vec{a}_{6.1}| = \min_{j,n,i} \{ |\vec{a}_j|, |\vec{a}_{ni}| \}, \quad j = 1, \dots, k; \quad n = 3, \dots, k; \quad i = 1, 2, \dots, m_n - 1;$$

$$|\vec{a}_{6.2}| = \min_{j,n,i \in N_{6.1}} \{ |\vec{a}_j|, |\vec{a}_{ni}| \}.$$

Если $|\vec{a}_{6.1}| \neq |\vec{a}_{6.2}|$, то эффекты располагаются вдоль прямых с направляющим вектором $\vec{a}_{6.1}$. Если $|\vec{a}_{6.1}| = |\vec{a}_{6.2}|$, $\vec{a}_{6.1} \cdot \vec{a}_{6.2} = 0$, то ФЭ располагаются равномерно.

7. Составим порождающую матрицу:

$$A = \begin{pmatrix} -a & 0 \\ r_2 & R \\ -r_3 & p_3 R \\ \dots & \dots \\ (-1)^{k-1} r_{k-1} & p_{k-1} R \end{pmatrix}.$$

8. Найдем координаты средин ФЭ матричным методом:

$$\vec{c} \cdot A,$$

и комбинации этих векторов

$$\vec{a}_{ni} = i \vec{a}_{n-1} + \vec{a}_{n-2}, \quad i = 1, 2, \dots, m_n - 1.$$

5. Выберем одну из средин ФЭ первой фасонной уточной нити и обозначим ее $0'$. Построим векторы $\vec{a}_1, \vec{a}_2, \dots, \vec{a}_k, \vec{a}_{ni}$ с началом в т. $0'$, то есть построим звездный граф т. $0'$.

6. Выберем базисные векторы распределения $\vec{a}_{6.1}$ и $\vec{a}_{6.2}$.

где $\vec{c} = (c_1, c_2, \dots, c_{k-1})$; c_1, c_2, \dots, c_{k-1} – целые неотрицательные числа.

Поскольку по строкам порождающей матрицы расположены координаты векторов $\vec{a}_1, \vec{a}_2, \dots, \vec{a}_{k-1}$, то $\vec{c} \cdot A = c_1 \vec{a}_1 + c_2 \vec{a}_2 + \dots + c_{k-1} \vec{a}_{k-1}$.

Эта формула позволяет получить координаты средин ФЭ на ткани. Придавая различные значения, можно описать процесс заполнения ткани ФЭ или в соответствии с их порядковыми номерами на нити или вдоль прямых с направляющими векторами $\vec{a}_2, \dots, \vec{a}_{k-1}$.

9. Построим рисунок расположения ФЭ по ткани с учетом ширины кромок, длины эффектов ℓ_3 и изгиба уточных нитей. Координату x середины эффектов умножим на $\frac{b_T}{b_3}$.

10. Цикл рисунка расположения ФЭ по ткани равен n_1 уточной фасонной нити. Раппорты рисунка распределения ФЭ по высоте R_y и по ширине R_0 соответственно равны

$$R_y = n_1 R,$$

$$R_0 = \left(1 - \frac{a_y}{100}\right) a.$$

В общем случае, когда закон чередования фасонных и гладких уточных нитей $N_\phi : N_\Gamma$, поверхность ткани разбивается на поперечные полосы двух видов. Полосы одного вида образованы N_ϕ фасонными уточными нитями, ширина этих полос равна

$$D = \frac{10}{P_y} (N_\phi - 1) + d_3.$$

Полосы другого вида состоят из N_Γ гладких уточных нитей, ширина этих полос равна

$$L_0 = \frac{10}{P_y} (N_\Gamma + 1) - d_3.$$

Распределение ФЭ внутри полос первого вида описываем по методике, приведенной выше, при этом считаем $N_\Gamma = 0$. Тогда расстояние R между центрами фасонных

нитей внутри полосы равно $R = \frac{10}{P_y}$. Внут-

ри полосы ФЭ могут распределяться или по вертикальным, или наклонным прямым, или равномерно. Затем через каждые N_ϕ фасонных нитей располагаем N_Γ гладких нитей, то есть делаем вставки из полос без фасонных эффектов. В итоге получим рисунок расположения ФЭ по ткани, вырабатываемой с использованием фасонных нитей в качестве утка по закону чередования фасонных и гладких нитей $N_\phi : N_\Gamma$.

ВЫВОДЫ

Предложена методика проектирования распределения эффектов фасонной уточной нити по ткани в зависимости от шага эффектов на нити, ширины ткани, ширины заправки по берду и ширины кромок, диаметра эффекта, плотности ткани по утку, закона чередования фасонных и гладких уточных нитей.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Виноградов И.М.* Основы теории чисел. – М.: Наука, 1981. С.19.
2. *Землякова И.В.* Детерминированная математическая модель распределения эффектов уточной фасонной нити по поверхности ткани. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2005, №1. С.144...146.

Рекомендована кафедрой высшей математики.
Поступила 21.06.2006.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОСНОВНЫХ И УТОЧНЫХ НИТЕЙ В ЗОНЕ ФОРМИРОВАНИЯ ОДНОСЛОЙНОЙ ТКАНИ ПОЛОТНЯНОГО ПЕРЕПЛЕТЕНИЯ*

С. Г. СТЕПАНОВ

(Ивановская государственная текстильная академия)

В [1...3] получены математические модели равновесия основной и уточных нитей в зоне формирования однослойной ткани полотняного переплетения при крайнем переднем положении берда.

Математические модели связаны между собой через интегральные соотношения (18) [2], вытекающие из условий равенства усилий в зонах контакта уточных нитей с основной нитью, через геометрические соотношения (19) [2], (11) [3] – равенства сумм высот волн изгиба нитей основы и утка сумме их диаметров с учетом вертикального смятия, а также через равенства

(2), (3) [3], связывающие усилия, действующие на прибаваемую уточину с системой сил, передаваемых на нее со стороны основной нити

Сложный процесс взаимодействия основных и уточных нитей в зоне формирования ткани (ЗФТ) в момент приобоя может быть исследован лишь на основе объединения этих взаимосвязанных математических моделей.

Объединяя полученные в [1...3] математические модели в одну и учитывая связывающие их соотношения и равенства, имеем:

$$\frac{dN}{ds} - Q \frac{d\varphi}{ds} - T(s)(\cos \varphi - \mu \sin \varphi) - \mu G(s) = 0, \quad (1)$$

$$\frac{dQ}{ds} + N \frac{d\varphi}{ds} - F(s) + T(s) \sin \varphi = 0, \quad (2)$$

$$A_0 \frac{d^2 \varphi}{ds^2} + Q + 0,5 d_0 \eta_{OB} [\Gamma(s)(\cos \varphi - \mu \sin \varphi) - \mu W(s)] = 0, \quad (3)$$

$$\frac{dy}{ds} = \sin \varphi, \quad (4)$$

$$\frac{dV_i}{d\ell_i} = \sin \varphi_i, \quad (9)$$

$$\frac{dx}{ds} = \cos \varphi, \quad (5)$$

$$\frac{dZ_i}{d\ell_i} = \cos \varphi_i, \quad i = 2, 3, \dots, n+1, \quad (10)$$

$$\frac{dN_i^y}{d\ell_i} - Q_i^y \frac{d\varphi_i}{d\ell_i} = 0, \quad (6)$$

$$\int_{s_{k+1}}^{s_k} q_i^0 \cos \varphi ds = \int_{\ell_i^I}^{\ell_i^{II}} q_i^y \cos \varphi_i d\ell_i, \quad (11)$$

$$\frac{dQ_i^y}{d\ell_i} + N_i^y \frac{d\varphi_i}{d\ell_i} - T_i(\ell_i) = 0, \quad (7)$$

$$i = 2, 3, \dots, n+1$$

$$A_y \frac{d^2 \varphi_i}{d\ell_i^2} + Q_i^y = 0, \quad (8)$$

$$h_i^0 + h_i^y = d_0 \eta_{OB} + d_y \eta_{yB}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, n+1, \quad (12)$$

$$P = p(s_0 - s_2) - \mu \int_{s_2}^{s_0} p \sin \varphi \cos \varphi ds - \int_{s_2}^{s_1} q_1^0 \sin \varphi ds + \mu \int_{s_2}^{s_1} q_1^0 \cos \varphi ds, \quad (13)$$

$$F = \int_{s_2}^{s_0} q_0 \cos \varphi ds + \mu \int_{s_2}^{s_1} q_1^0 \sin \varphi ds - \mu \int_{s_2}^{s_0} p \sin^2 \varphi ds, \quad (14)$$

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

$$\frac{dQ_{X_1}}{d\varepsilon} = 0, \quad (15)$$

$$\frac{dQ_{X_2}}{d\varepsilon} + F\delta(\varepsilon - \varepsilon_1) - F\delta(\varepsilon - \varepsilon_2) = 0, \quad (16)$$

$$\frac{dQ_{X_3}}{d\varepsilon} + P\delta(\varepsilon - \varepsilon_1) + P\delta(\varepsilon - \varepsilon_2) = 0, \quad (17)$$

$$\frac{dM_{X_1}}{d\varepsilon} + \frac{dx_2}{d\varepsilon} Q_{X_3} - \frac{dx_3}{d\varepsilon} Q_{X_2} + M_{X_1}^I \delta(\varepsilon - \varepsilon_1) - M_{X_1}^{II} \delta(\varepsilon - \varepsilon_2) = 0, \quad (18)$$

$$\frac{dM_{X_2}}{d\varepsilon} + \frac{dx_3}{d\varepsilon} Q_{X_1} - \frac{dx_1}{d\varepsilon} Q_{X_3} = 0, \quad (19)$$

$$\frac{dM_{X_3}}{d\varepsilon} + \frac{dx_1}{d\varepsilon} Q_{X_2} - \frac{dx_2}{d\varepsilon} Q_{X_1} = 0, \quad (20)$$

$$\frac{dx_1}{d\varepsilon} = \cos \psi_1 \cos \varphi_1, \quad (21)$$

$$\frac{dx_2}{d\varepsilon} = \cos \psi_1 \sin \varphi_1 \cos \vartheta_1 + \sin \psi_1 \sin \vartheta_1, \quad (22)$$

$$\frac{dx_3}{d\varepsilon} = \cos \psi_1 \sin \varphi_1 \sin \vartheta_1 - \sin \psi_1 \cos \vartheta_1, \quad (23)$$

$$M_{X_1} = A_{11}\chi_1 \cos \psi_1 \cos \varphi_1 - A_{22}\chi_2 \sin \varphi_1 + A_{33}\chi_3 \sin \psi_1 \cos \varphi_1, \quad (24)$$

$$M_{X_2} = A_{11}\chi_1 (\cos \psi_1 \sin \varphi_1 \cos \vartheta_1 + \sin \psi_1 \sin \vartheta_1) + A_{22}\chi_2 \cos \varphi_1 \cos \vartheta_1 + A_{33}\chi_3 \sin \psi_1 \sin \varphi_1 \cos \vartheta_1 - \cos \psi_1 \sin \vartheta_1, \quad (25)$$

$$M_{X_3} = A_{11}\chi_1 (\cos \psi_1 \sin \varphi_1 \sin \vartheta_1 - \sin \psi_1 \cos \vartheta_1) + A_{22}\chi_2 \cos \varphi_1 \sin \vartheta_1 + A_{33}\chi_3 (\sin \psi_1 \sin \varphi_1 \sin \vartheta_1 + \cos \psi_1 \cos \vartheta_1), \quad (26)$$

$$\chi_1 = \frac{d\vartheta_1}{d\varepsilon} \cos \psi_1 \cos \varphi_1 - \frac{d\varphi_1}{d\varepsilon} \sin \psi_1, \quad (27)$$

$$\chi_2 = \frac{d\psi_1}{d\varepsilon} - \frac{d\vartheta_1}{d\varepsilon} \sin \varphi_1, \quad (28)$$

$$\chi_3 = \frac{d\varphi_1}{d\varepsilon} \cos \psi_1 + \frac{d\vartheta_1}{d\varepsilon} \sin \psi_1 \cos \varphi_1, \quad (29)$$

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

$$T(s) = p[H(s - s_2) - H(s - s_1)]; \quad G(s) = \sum_{i=1}^n q_i^0 [H(s - s_{2i}) - H(s - s_{2i-1})];$$

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

$$T_i(\ell_i) = q_i^y \left[1 - H(\ell_i - \ell_i^I) - H(\ell_i - \ell_i^{II}) + H(\ell_i - \ell_i^{III}) + H(\ell_i - \ell_i^{IV}) \right];$$

$$H(s - s_0), \dots, H(s - s_{i+2}), H(\ell_i - \ell_i^I), \dots, H(\ell_i - \ell_i^{IV}) -$$

функции Хевисайда, задающие действие распределенных нагрузок Q_i^0 , p , Q_i^y на основу и уточины; $s_0, s_1, s_2, \dots, s_{i+2}$, l_i^I, \dots, l_i^{IV} – координаты, определяющие действие распределенных нагрузок на основную и уточные нити; $\delta(\varepsilon - \varepsilon_j)$, $\delta(\varepsilon - \varepsilon_k)$ – дельта – функции Дирака, задающие действие сосредоточенных сил и моментов на прибываемую уточную нить; $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ – координаты точек приложения сосредоточенных сил и моментов на прибываемой уточине; N, Q, N_i^y, Q_i^y – текущие значения продольной и поперечной сил в сечениях основной нити и в i -й уточине; s, l_i, ε – текущие координаты основной нити, уточных нитей и прибываемой уточины; φ, φ_i – текущие значения углов поворота поперечных сечений в основной нити и в i -й уточине; h_i^0, h_i^y – высоты волн изгиба отрезков основной и уточных нитей в ЗФТ; $d_0, d_y, \eta_{ов}, \eta_{ув}$ – диаметры основной и уточной нитей и коэффициенты их вертикального смятия; $Q_{X_1}, Q_{X_2}, Q_{X_3}$ – проекции на координатные оси вектора внутренних усилий в сечениях прибываемой уточины; $M_{X_1}, M_{X_2}, M_{X_3}$ – проекции на координатные оси вектора внутренних моментов в сечениях прибываемой уточины нити; X_1, X_2, X_3 – координаты точек осевой линии прибываемой уточины; $\psi_1, \varphi_1, \vartheta_1$ – углы, характеризующие положение оси нити в пространстве; χ_1, χ_2, χ_3 – кручение и кривизна осевой линии нити; A_{11}, A_{22}, A_{33} – жесткости при кручении и изгибе; F, P – силы, действующие со стороны основы на прибываемую уточину; $M_{X_1}^I, M_{X_2}^{II}$ – действующие на прибываемую уточину крутящие моменты, обусловленные силами трения между нитями в зоне их контакта.

Полученная нелинейная математическая модель взаимодействия основных и уточных нитей в зоне формирования однослойной ткани полотняного переплетения представляет собой систему $7n+17$ уравнений при таком же числе неизвестных. Та-

ким образом, число уравнений равновесия и количество неизвестных зависит от числа n уточин в ЗФТ, которое также подлежит определению.

Аналитическое решение представленной нелинейной системы уравнений в общем виде практически невозможно. Также затруднено, из-за структуры уравнений, ее численное решение методами прямого интегрирования. Численное решение этой системы может быть выполнено методом конечных разностей, который был опробован нами и дал хорошие результаты при решении менее сложной, но сходной по структуре системы уравнений равновесия нитей в элементе ткани вне зоны ее формирования [4]. Однако не будем ставить своей целью решение системы в общем виде, а упростим ее.

Анализ деформирования уточной нити в элементе ткани в зоне ее формирования показывает, что перемещения точек осевой линии нити (имеются в виду перемещения оси нити, связанные с ее деформациями от действующих нагрузок) в основном обусловлены ее растяжением под действием усилий от основной нити, а также и от зубьев берда, если речь идет о прибываемой уточине. Однако, эти деформации невелики для большинства текстильных нитей. Например, согласно [5] для хлопчатобумажной нити 25 текс деформация при разрыве $\varepsilon'_{разр} = 6,5 \%$, а в рабочих условиях деформация в 2-3 раза ниже $\varepsilon'_{разр}$.

Таким деформациям будут соответствовать малые прогибы нити в элементе ткани. Это относится, как мы считаем, к большинству тканей, вырабатываемых, в том числе, и на челночных станках, на которых нить прокладывается с некоторым небольшим запасом по длине. В этом случае перемещения точек оси нити в элементе ткани будут несколько больше за счет ее изгиба без удлинения при выборке запаса по длине.

На основании этого считаем малыми величинами высоты волн, прогибы, углы, характеризующие положение осевой линии нити для всех уточин в ЗФТ. В этом случае уравнения равновесия для

i -уточной нити (6)...(10) сводятся к одному уравнению

$$-A_y \frac{d^4 V_i}{dz_i^4} + N_{i0}^y \frac{d^2 V_i}{dz_i^2} = T_i(z_i), \quad (30)$$

где N_{i0}^y – начальное натяжение нити;

$$T_i(z_i) = q_i^y \left[1 - H(z_i - z_i^I) - H(z_i - z_i^{II}) + H(z_i - z_i^{III}) + H(z_i - z_i^{IV}) \right].$$

Если от распределенной нагрузки q_i^y , действующей на уточину в элементе ткани, перейти к равнодействующей сосредоточенной силе F_i^y ($i=2,3,\dots, n+1$), получим

$$T_i(z_i) = -F_i^y \delta(z_i - L_0), \quad (31)$$

где $\delta(z_i - L_0)$ – дельта-функция Дирака [6]; L_0 – геометрическая плотность ткани по основе.

Итак, вместо пяти уравнений (6)...(10) для i -й уточины получаем одно уравнение (30). Подобным образом может быть упрощена система уравнений (15)...(29) для прибаваемой уточины.

ВЫВОДЫ

Получена математическая модель взаимодействия основных и уточных нитей в зоне формирования однослойной ткани полотняного переплетения (1)...(29)

и определены пути ее упрощения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Степанов С.Г. Математическая модель равновесия основной нити в зоне формирования однослойной ткани полотняного переплетения // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2006, № 1.
2. Степанов С.Г. Математическая модель равновесия уточных нитей в зоне формирования однослойной ткани полотняного переплетения // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2006, № 2.
3. Степанов С.Г. Математическая модель равновесия прибаваемой уточной нити // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2006, № 3.
4. Степанов Г.В., Степанов С.Г. Теория строения ткани. – Иваново: ИГТА, 2004.
5. Кукин Г.Н., Соловьев А.Н. Текстильное материаловедение. – Ч. II. М., 1964.
6. Зельдович Я.Б., Мышкин А.Д. Элементы прикладной математики. – М.: Наука, 1972.

Рекомендована кафедрой начертательной геометрии и черчения ИГТА. Поступила 21.06.2006.

УДК 677.025

РАСЧЕТ НАТЯЖЕНИЯ НИТИ ПРИ ПЕРЕМЕЩЕНИИ НИТЕВОДИТЕЛЯ НА ПЛОСКОВЯЗАЛЬНОЙ МАШИНЕ

В.Р.КРУТИКОВА

(Костромской государственной технологической университет)

Геометрия заправки нити на вязальных машинах оказывает влияние на уровень натяжения нити. Кроме того, из-за возвратно-поступательного движения нитеводителя на плосковязальных машинах происходит изменение положения нити на на-

правляющих поверхностях, предшествующих зоне вязания, что приводит к изменению натяжения нити в течение одного хода каретки и от цикла к циклу вязания. Рассмотрим положение нити при перемещении нитеводителя.

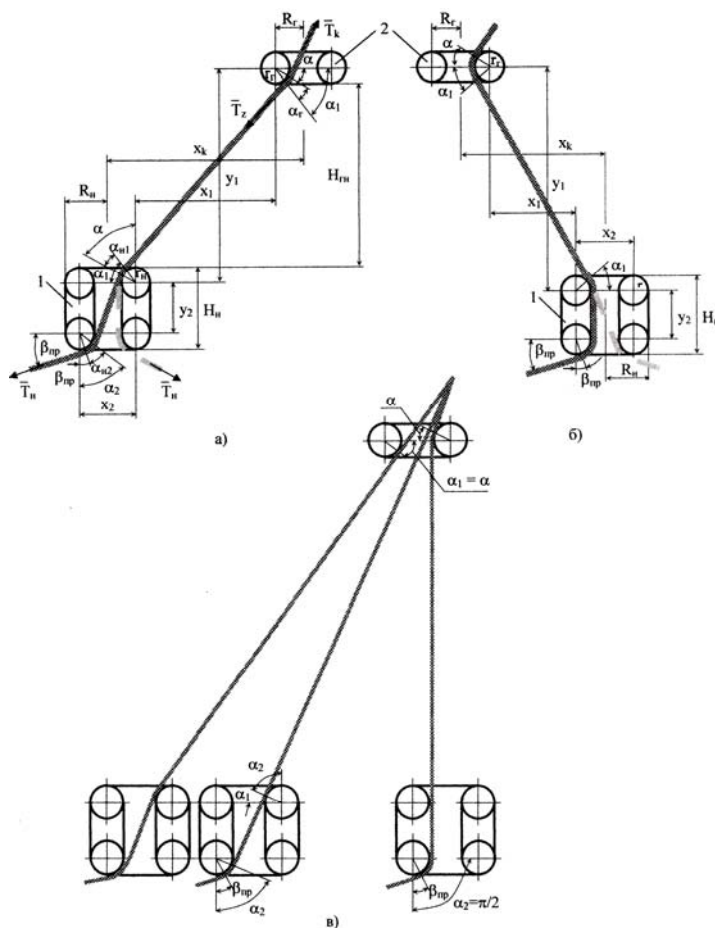


Рис. 1

Угол α_n охвата нитью нитеводителя 1 (рис.1) на плосковязальных машинах является переменной величиной и зависит от

положения каретки, определяемого расстоянием x_k относительно последнего нитепроводника 2 в заправке машины. Опреде-

лим параметры положения нити в нитеводителе. Пусть каретка движется слева направо, тогда положение нити на рис.1-а и рис.1-б показано сплошной линией.

Угол α_1 :

$$\alpha_1 = \arcsin \frac{\rho_n + \rho_r}{\sqrt{x_1^2 + y_1^2}} + \arcsin \frac{x_1}{\sqrt{x_1^2 + y_1^2}}, \quad (1)$$

где ρ_n – радиус кривизны нити в нитеводителе; ρ_r – радиус кривизны нити в глазке,

$$\rho_n = r_n + d/2, \quad \rho_r = r_r + d/2, \quad (2)$$

d – толщина нити; y_1 – расстояние между центрами рассматриваемых поверхностей по вертикали,

$$y_1 = H_{rn} + r_r + r_n, \quad (3)$$

r_r – радиус закругления глазка; r_n – радиус закругления нитеводителя; x_1 – расстояние между центрами рассматриваемых поверхностей по горизонтали,

$$x_1 = x_k - R_r + r_r - R_n + r_n, \quad (4)$$

R_r – радиус глазка нитепровода; R_n – радиус нитеводителя.

Угол α_2 :

$$\alpha_2 = \arcsin \frac{2\rho_n}{\sqrt{x_2^2 + y_2^2}} + \arcsin \frac{y_2}{\sqrt{x_2^2 + y_2^2}}, \quad (5)$$

где x_2 – расстояние между центрами закруглений нитеводителя по горизонтали,

$$x_2 = 2(R_n - r_n), \quad (6)$$

где y_2 – расстояние между центрами закруглений нитеводителя по вертикали,

$$y_2 = H_n - 2r_n. \quad (7)$$

Угол охвата глазка нитепровода:

$$\alpha_r = \alpha_1 - \alpha, \quad (8)$$

где α – угол, определяемый, например, по-

ложением компенсатора, который находится перед нитепроводником.

Угол охвата нитью нитеводителя

$$\alpha_n = \alpha_{n1} + \alpha_{n2} = 2\alpha_2 + \alpha_1 - \beta_{пр} - \pi/2. \quad (9)$$

По мере движения каретки от крайнего левого положения к глазку нитепровода угол α_1 будет уменьшаться, и при достижении значения α произойдет отрыв от левой стороны глазка (рис.1-в), а при достижении нуля – переход нити с одной стороны глазка на другую. Угол α_2 в этом случае увеличивается, и при выполнении условия $\alpha_1 + \alpha_2 = \pi/2$ произойдет отрыв нити от правой верхней части нитеводителя, а при достижении $\alpha_2 = \pi/2$ нить в верхней части нитеводителя перейдет на другую сторону отверстия.

Таким образом, при движении каретки слева направо формулы (1)...(4) и (8) справедливы при выполнении условия:

$$\alpha_1 \geq \alpha, \quad (10)$$

а формулы (5)...(7) и (9) – при выполнении условия:

$$\alpha_2 \leq \pi/2 - \alpha_1. \quad (11)$$

Будем считать, что переход нити с одного края отверстий на другой осуществляется мгновенно.

Тогда

при достижении $\alpha_1 = \alpha$, угол

$$\alpha_1 = 0, \quad (12)$$

при достижении $\alpha_2 = \pi/2 - \alpha_1$, угол

$$\alpha_2 = \pi/2. \quad (13)$$

Рассмотрим положение нитеводителя справа от последнего нитепровода (рис.1-б). Угол α_1 определяется по формуле (1) с учетом (2)...(4).

Угол охвата нитью глазка нитепровода:

$$\alpha_r = \alpha_1 + \alpha. \quad (14)$$

Угол охвата нитью нитеводителя

$$\alpha_n = \pi/2 - \beta_{np} + \alpha_1. \quad (15)$$

При движении каретки справа налево угол охвата нитью глазка нитепроводника определяется по формуле (14) с учетом (1)...(4), угол охвата нитью нитеводителя – по формуле (9) с учетом (1)...(7). Изменение положения нити показано пунктиром на рис.1-б.

При этом угол $\alpha_1 \rightarrow 0$, а угол $\alpha_2 \rightarrow \pi/2$, то есть условия (12) и (13) сохраняются. При переходе нитеводителя через нитенаправитель изменение положения нити показано пунктиром на рис.1-а. В этом случае угол охвата нитью глазка нитепроводника определяется по формуле (8) с учетом (1)...(4), угол охвата нитью нитеводителя – по формуле (15) с учетом (1)...(4).

Длина нити между последним направляющим глазком и нитеводителем, а также в самом нитеводителе изменяется и зависит от положения каретки по ширине вязания. Пусть каретка движется слева направо. Длины контакта нити ℓ_r с глазком и ℓ_n нитеводителем

$$\ell_r = r_r \alpha_r, \quad \ell_n = r_n \alpha_n. \quad (16)$$

Длина нити между глазком и нитеводителем

$$L_v = (r_r + r_n) \operatorname{ctg} \alpha_1 + x_1 / \sin \alpha_1. \quad (17)$$

При положении каретки до глазка длина нити в нитеводе

$$L_n = x_2 / \cos \alpha_2 - 2r_n \operatorname{tg} \alpha_2. \quad (18)$$

После перехода нитевода через положение глазка длина нити в нитеводе

$$L_n = y_2. \quad (19)$$

При движении каретки справа налево формулы (16)...(19) справедливы.

Общая длина нити на участке между последним направляющим глазком и нитеводителем

$$L_R = \ell_r + L_v + \ell_n + L_n. \quad (20)$$

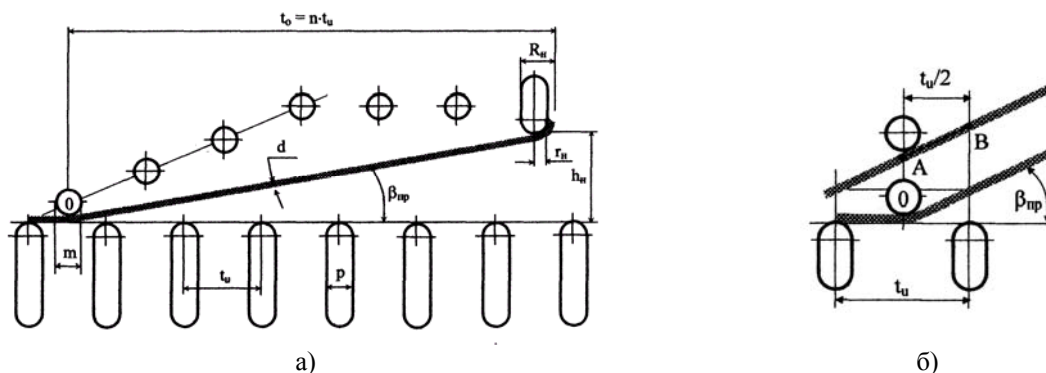


Рис. 2

Рассмотрим прокладывание нити на иглы (рис.2-а). Нитевод располагается над отбойной плоскостью на высоте h_n , а по отношению к 0-й игле, опускающей нить на уровень отбойной плоскости, на расстоянии опережения t_o :

$$t_o = n t_u, \quad (21)$$

где n – заданное количество игольных ша-

гов; t_u – игольный шаг.

Угол прокладывания:

$$\beta_{np} = \operatorname{arctg} \frac{h_n - d}{t_o - R_n + r_n}. \quad (22)$$

Величина опережения нитевода задана размерами замочной системы и положением кулирного клина. Число игл n , расположенных в зоне прокладывания, не всегда

целое число и зависит от толщины нити для всех типов вязальных машин и от положения кулирного клина для машин с поворотным замком. Угол охвата нитью нулевой иглы равен $\beta_{пр}$.

Длина проложенной нити (рис.2-б) с каждой стороны иглы определяется длиной отрезка $|AB|$ и составляет:

$$L = t_u / (2 \cos \beta_{пр}). \quad (23)$$

Общая длина нити в зоне прокладывания

$$T_z = T_k e^{f_0 \alpha_r \frac{r_r}{\rho_r} + \frac{r_r F_0}{f_0} \left(e^{f_0 \alpha_r \frac{r_r}{\rho_r}} - 1 \right)} - \frac{H}{2 \rho_r^2} \left(e^{f_0 \alpha_r \frac{r_r}{\rho_r}} - 1 \right), \quad (26)$$

где T_k – натяжение нити после компенсатора; F_0 и f_0 – параметры трения; α_r – угол охвата нитью глазка; H – жесткость нити

$$T_n = T_z e^{f_0 \alpha_n \frac{r_n}{\rho_n} + \frac{r_n F_0}{f_0} \left(e^{f_0 \alpha_n \frac{r_n}{\rho_n}} - 1 \right)} - \frac{H}{2 \rho_n^2} \left(e^{f_0 \alpha_n \frac{r_n}{\rho_n}} - 1 \right), \quad (27)$$

где α_n – угол охвата нитью нитевода.

Абсолютная деформация нити на входе в зону вязания:

$$\Delta \ell_z = T_n (L_z + L_R + L_{пр}) / C_z, \quad (28)$$

где L_z – длина нити в заправке до последнего направляющего глазка; L_R – длина нити между последним направляющим глазком и нитеводом; C_z – жесткость при растяжении метрового отрезка нити.

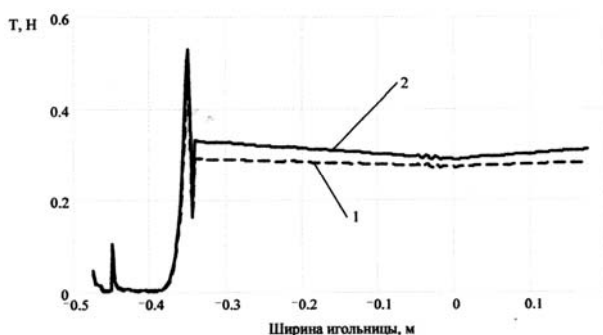


Рис. 3

$$L_{пр} = 2nL. \quad (24)$$

Радиусы кривизны нити ρ_r при огибании последнего направляющего глазка и ρ_n при огибании нитеводителя:

$$\rho_r = r_r + d / 2, \quad \rho_n = r_n + d / 2. \quad (25)$$

Натяжение нити на входе в нитеводитель [1]

при изгибе.

Натяжение нити после нитеводителя

На рис. 3 показаны расчетные тензограммы нити на входе в нитеводитель (кривая 1) и после нитеводителя (кривая 2), которые позволяют прогнозировать изменение натяжения нити на рассматриваемых участках вязальной машины.

ВЫВОДЫ

Предложена методика прогнозирования натяжения нити на входе в зону вязания с учетом изменения положения нити в нитенаправляющих устройствах плосковязальных машин.

ЛИТЕРАТУРА

1. Крутикова В.Р., Общанская И.В., Лустgarten Н.В. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2004, № 2. С.11...13.

Рекомендована кафедрой механической технологии волокнистых материалов. Поступила 21.06.2006.

УДК 677.057

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИИ ТРЕХВАЛКОВОГО МОДУЛЯ С УЧЕТОМ СИЛ СОБСТВЕННОГО ВЕСА

В.А. МАРТЫШЕНКО, А.В. ПОДЪЯЧЕВ, Р.В. ЗАЙЦЕВ

(Костромской государственной технологической университет)

Собственный вес валов валкового модуля текстильного отделочного оборудования достигает нескольких сот килограммов, что при определенных технологических режимах составляет существенную часть от усилия прижима.

Собственный вес валов при изгибной деформации может быть учтен путем введения в систему однородных дифференциальных уравнений 4-го порядка статического изгиба трехвалкового модуля (ТВМ) [1] неоднородных членов, отражающих влияние интенсивностей распределенных нагрузок, равных соответственно погонным весам валов:

$$\begin{cases} EI_1 v_1^{IV} + \chi_1(v_1 - v_2) = g_1, \\ EI_2 v_2^{IV} + \chi_1(v_2 - v_1) + \chi_2(v_2 - v_3) = g_2, \\ EI_3 v_3^{IV} + \chi_2(v_3 - v_2) = g_3, \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} X_{2i-1} &= v_i / \ell_0; \quad X_{2i} = dX_{2i-1} / d\zeta; \quad X_{2i+6} = I_i / I_0 dX_{2i} / d\zeta; \quad X_{2i+5} = dX_{2i+6} / d\zeta, \\ X_{2i} &= -\varphi_i; \quad X_{2i+5} = M_i \ell_0 / (E_0 I_0); \quad X_{2i+6} = F_i \ell_0^2 / (E_0 I_0); \quad (i=1,2,3) \end{aligned} \quad (2)$$

где φ – угловые перемещения; M_i, F_i – узловые силовые факторы – соответственно изгибающие моменты и поперечные силы; E_0, I_0, ℓ_0 – нормирующие множители.

Объединяя уравнения (1) и (2), получаем

$$dX / d\zeta = C * X + G, \quad (3)$$

где компоненты вектора X имеют вид:
 $X_1 = v_{10}, \quad X_2 = \varphi_{10}, \quad X_3 = v_{20}, \quad X_4 = \varphi_{20},$
 $X_5 = v_{30}, \quad X_6 = \varphi_{30}, \quad X_7 = M_{10}, \quad X_8 = F_{10},$
 $X_9 = M_{20}, \quad X_{10} = F_{20}, \quad X_{11} = M_{30}, \quad X_{12} = F_{30};$

$$C_{21} = \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|} \hline & -\chi_1 I_0 & & \chi_1 I_0 & & \\ \hline \end{array}$$

где v_1, v_2, v_3 – линейные перемещения сечений валов; EI_1, EI_2, EI_3 – жесткости участков валов; χ_1, χ_2 – коэффициенты упругости оснований; g_1, g_2, g_3 – собственные погонные веса валов.

Так как дальнейшее решение уравнения производится численно, то тождественными преобразованиями система (1) приводится к эквивалентной системе 12 линейных неоднородных дифференциальных уравнений первого порядка. Для этого вводим новые переменные X и дополняем уравнения (1) уравнениями, следующими из теории изгиба стержней,

$G = [0, 0, 0, 0, 0, 0, g_1, 0, g_2, 0, g_3, 0]^T$ – вектор свободных членов; индексы 10, 20, 30 – индексы начальных параметров 1-го, 2-го и 3-го валов; C – матрица связи 12*12, представлена блочными квадратными матрицами шестого порядка:

$$C = \begin{array}{|c|c|} \hline C_{11} & C_{12} \\ \hline C_{21} & C_{22} \\ \hline \end{array}$$

где $C_{11} = C_{22}^T$, а ненулевые элементы матриц C_{11} и C_{12} имеют значения $C_{11}[2i-1, 2i] = 1; C_{12}[2i, 2i] = I_0 / I_i; i = (1, 2, 3).$

$\chi_1 \Gamma_0$		$-(\chi_1 + \chi_2) \Gamma_0$		$\chi_2 \Gamma_0$	
		$\chi_2 \Gamma_0$		$-\chi_2 \Gamma_0$	

где $\Gamma_0 = \ell_0^4 / (E_0 I_0)$.

Решение системы уравнений (3) находим в виде суммы общего и частного решения.

Для нахождения общего решения рассматриваем систему (3) последовательно 12 раз при нулевом векторе G на интервале интегрирования $(0; z)$. Первый раз решение выполняем при векторе начальных краевых

условий $(1, 0, \dots, 0)$, второй раз $-(0, 1, \dots, 0)$ и, наконец 12-й раз $-(0, 0, \dots, 1)$.

Численное интегрирование системы уравнений 12 раз дает соответственно 12 векторов, являющихся столбцами матрицы A . В левой части равенства получаем значения кинематических и статических параметров в правом сечении:

$$\begin{bmatrix} V_2 \\ F_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} V_1 \\ F_1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

Нахождение частного решения проводим при нулевом векторе начальных параметров. При первом интегрировании принимаем $G = [0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0]^T$, при втором $G = [0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0]^T$,

при третьем $G = [0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0]^T$. В итоге получаем 3 вектора матрицы B размерностью 12×3 . С учетом частного решения уравнение (4) окончательно принимает вид:

$$\begin{bmatrix} V_2 \\ F_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} V_1 \\ F_1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \end{bmatrix} * \bar{G}, \quad (5)$$

где $\bar{G} = [-g_{1n}, -g_{2n}, -g_{3n}]^T$, где $g_{1n} = g_1 * \ell_0^4 / (E_0 I_0)$, $g_{2n} = g_2 * \ell_0^4 / (E_0 I_0)$, $g_{3n} = g_3 * \ell_0^4 / (E_0 I_0)$.

Уравнение (5) неудобно для решения задач, содержащих последовательно расположенные участки, каждый из которых описывается подобным уравнением. Для получения уравнения состояния элемента необходимо объединить векторы V_1 и V_2 в

один вектор $V = [V_1, V_2]^T$, а векторы F_1 и F_2 – в вектор $F = [F_1, F_2]^T$.

После матричных операций над (5) получаем систему линейных алгебраических уравнений (СЛАУ):

$$F = K V + H G \quad (6)$$

или

$$\begin{bmatrix} F_1 \\ F_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} K_{11} & K_{12} \\ K_{21} & K_{22} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} H_1 \\ H_2 \end{bmatrix} * \bar{G}, \quad (7)$$

где $F = [F_1, F_2]^T$; $V = [V_1, V_2]^T$; $K_{11} = -A_{12}^{-1} A_{11}$; $K_{12} = A_{12}^{-1}$; $K_{21} = A_{21} - A_{22} A_{12}^{-1} A_{11}$; $K_{22} = A_{22} A_{12}^{-1}$; $H_1 = -A_{12}^{-1} B_1$; $H_2 = B_2 - A_{22} A_{12}^{-1} A_{11}$.

С помощью топологического описания конструкции ТВМ уравнения состояния для отдельных элементов используются для формирования уравнения состояния

ТВМ в целом. Решение СЛАУ позволяет определить узловые перемещения, а обратный переход к уравнениям состояния отдельных элементов – узловые силовые факторы в сечениях всех отдельных элементов.

Влияние сил собственного веса рассмотрим на примере ТВМ ОТ-180 (рис. 1).

При нагрузке на верхний вал 100000 Н сам модуль весит 16180 Н, что составляет 16,18 % от нагрузки. При этом происходит изменение графика удельных нагрузок в жале.

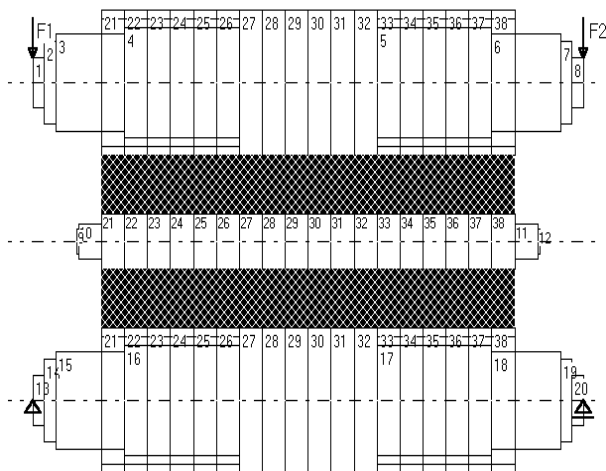


Рис. 1

На рис. 2 представлены графики удельных нагрузок в жалах без учета сил собственного веса.

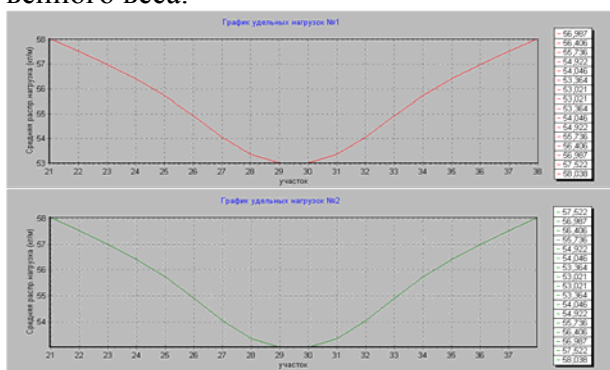


Рис. 2

На рис. 3 представлены графики удельных нагрузок в жалах с учетом сил собственного веса.

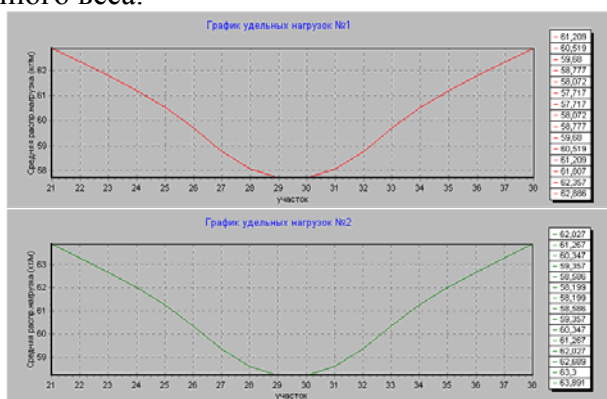


Рис. 3

Наблюдаем сохранение общей картины распределения давлений в жалах модуля с

общим повышением удельных нагрузок. Возросла номинальная удельная нагрузка с 55,55 кН/м до 64,54 кН/м. Значения максимальных удельных нагрузок увеличились для верхнего с 58,038 кН/м до 62,886 кН/м и для нижнего с 58,038 кН/м до 63,891 кН/м, а минимальных – для верхнего с 53,021 кН/м до 57,717 кН/м и для нижнего с 53,021 кН/м до 58,199 кН/м. При этом неравномерность давления снизилась для верхнего с 9 до 8% и для нижнего – с 9 до 8,8%. Неравномерность давления по ширине валов определялась отношением абсолютной разности максимальной и минимальной нагрузок к номинальной нагрузке. В целом же характер распределения давления по рабочей ширине модуля не изменился.

Однако в нижнем жале более заметно влияние сил собственного веса, что выражается в больших значениях удельных нагрузок. Знание этого факта помогает в формировании технологической схемы оборудования и в выборе эластичных покрытий валов.

ВЫВОДЫ

1. Учет сил тяжести (собственного веса валов) ТВМ приводит к увеличению удельных нагрузок в жале валов. При собственном весе валов, составляющим 16,18% от величины усилия прижима валов, максимальные и минимальные значения удельных нагрузок увеличиваются соответственно для верхнего на 8,35 и 8,85%, для нижнего на 10,08 и 9,76%.

2. Учет сил тяжести (собственного веса валов) ТВМ приводит к уменьшению неравномерности давления в жале валов по их длине и, следовательно, к уменьшению неравномерности отжима ткани в валах.

3. Так как величины давления в жале валов и неравномерности давления являются важными параметрами технологического процесса отжима ткани, то для повышения качества процесса отжима целесообразно для металлоемких валов учитывать одновременно усилие прижима валов и их вес.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мартышенко В.А., Подъячев А.В. Алгоритм

СВОБОДНЫЕ КОЛЕБАНИЯ ВЕРХНЕГО ВАЛЬЦА МЯЛЬНОЙ ПАРЫ

С.Е. МАЯНСКИЙ

(Костромской государственной технологической университет)

Наблюдения показывают, что верхние вальцы мяльной машины при работе совершают колебания в плоскости, проходящей через оси верхнего и нижнего валцов (рис. 1).

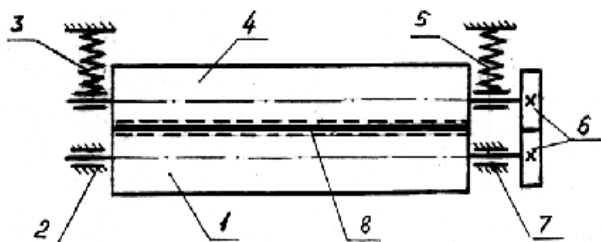


Рис. 1

Нижний валец 1 установлен в неподвижных опорах 2 и 7 и получает вращение от привода машины (на рис. не показано). Верхний валец 4 установлен в опорах (направляющих) с использованием пружин сжатия 3 и 5. Верхний валец приводится во вращение от нижнего либо посредством зубчатой пары 6, либо через рифли вал-

цов. Пружины 3 и 5 создают необходимую силу прижатия верхнего вальца к нижнему с учетом величины зазоров между рифлями валцов и характеристики проходящего между ними слоя 8. Слой тресты, поступающий в мяльную машину, представляет собой полиморфную, ортотропную, упругопластическую при сжатии структуру [1]. Взаимодействуя со слоем такой структуры верхний валец согласно [1] должен совершать вертикальные перемещения. Однако исследования неровности слоя [2], [3] после слоеформирующих машин показали, что слой имеет выпуклость либо по середине, либо по краям по ширине. Это приводит к возникновению угловых колебаний в плоскости, проходящей через оси валцов.

В связи с отмеченным, одномассовая динамическая модель, использованная в [1], не может отражать полностью картину колебательных явлений системы "валец – слой", ее применение оправдано, когда толщина и другие характеристики слоя однородны.

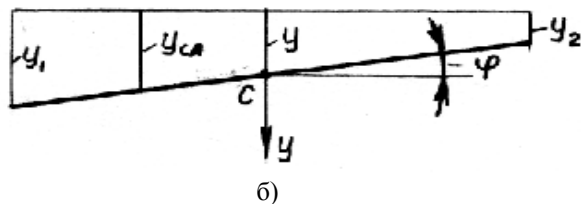
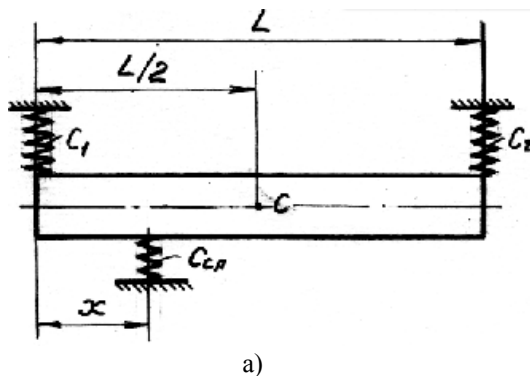


Рис. 2

Исследуем свободные колебания вальца, соответствующие случаю, когда на участке слоя по ширине образовалось утолщение, так называемый ложный шарнир. Динамическая модель изображена на рис. 2. Здесь C_1, C_2 – жесткости пружин, прижимающих верхний валец к нижнему, $C_{сл}$ – жесткость слоя в месте его утолщения, x – расстояние от оси левой пружины до утолщения. Масса вальца m , массой слоя пренебрегаем. Считаем, что нижний валец идеально изготовлен и положение его оси в процессе вращения не изменяется. Массами пружин также пренебрегаем.

В этой схеме валец будет совершать плоское движение в вертикальной плоско-

сти, двигаясь поступательно со скоростью центра масс C и поворачиваясь относительно центра масс (рис. 2-б). Эти перемещения примем за обобщенные координаты $q_1=y$ и $q_2=\varphi$.

Кинетическая энергия вальца равна:

$$T = \frac{m\dot{y}^2}{2} + \frac{J_c\dot{\varphi}^2}{2}. \quad (1)$$

Потенциальная энергия системы будет состоять из потенциальной энергии силы тяжести вальца mg и сил упругости пружин:

$$\Pi = -mgy + \frac{1}{2}C_1y_1^2 - \frac{1}{2}C_1y_{ст}^2 + \frac{1}{2}C_2y_2^2 - \frac{1}{2}C_2y_{ст}^2 + \frac{1}{2}C_{сл}y_{сл}^2 - \frac{1}{2}C_{сл}y_{ст}^2, \quad (2)$$

где $y_{ст}$ – статическая деформация пружин под действием силы тяжести; $y_1, y_2, y_{сл}$ – перемещения концов пружин при выводе вальца из состояния равновесия на величину y . Из рис.2-б следует:

$$y_1 = y + \frac{L}{2}\varphi + y_{ст};$$

$$y_2 = y - \frac{L}{2}\varphi + y_{ст}; \quad (3)$$

$$y_{сл} = y + \left(\frac{L}{2} - x\right)\varphi + y_{ст}.$$

Подставляя (3) в (2) и исключая члены,

$$\Pi = \frac{1}{2}(C_1 + C_2 + C_{сл})y^2 + \frac{1}{8}\left[C_1L^2 + C_2L^2 + 4C_{сл}\left(\frac{L}{2} - x\right)^2\right]\varphi^2 + \frac{1}{2}\left[C_1L - C_2L + 2C_{сл}\left(\frac{L}{2} - x\right)\right]y\varphi. \quad (5)$$

При помощи уравнений Лагранжа 2-го рода, учитывая выражения (1) и (5), полу-

соответствующие статическому равновесию системы из условий

$$\left. \begin{aligned} \left(\frac{\partial \Pi}{\partial y}\right)_{\substack{y=0 \\ \varphi=0}} &= 0, \\ \left(\frac{\partial \Pi}{\partial \varphi}\right)_{\substack{\varphi=0 \\ y=0}} &= 0, \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

найдем значение полной потенциальной энергии системы:

чим дифференциальные уравнения движения вальца:

$$m\ddot{y} + (C_1 + C_2 + C_{сл})y + \left[\frac{1}{2}C_1L - \frac{1}{2}C_2L + C_{сл}\left(\frac{L}{2} - x\right)\right]\varphi = 0, \quad (6)$$

$$J_c\ddot{\varphi} + \left[\frac{C_1L^2}{4} + \frac{C_2L^2}{4} + C_{сл}\left(\frac{L}{2} - x\right)^2\right]\varphi + \left[\frac{C_1L}{2} - \frac{C_2L}{2} + C_{сл}\left(\frac{L}{2} - x\right)\right]y = 0. \quad (7)$$

Решение уравнений (6) и (7) будем искать в виде:

$$y = A \cos(pt + \alpha); \quad \varphi = B \cos(pt + \alpha). \quad (8)$$

В результате получим систему двух линейных однородных уравнений:

$$\left. \begin{aligned} A(C_1 + C_2 + C_{\text{сл}} - mp^2) + B \left[\frac{C_1 L}{2} - \frac{C_2 L}{2} + C_{\text{сл}} \left(\frac{L}{2} - x \right) \right] &= 0, \\ A \left[\frac{C_1 L}{2} - \frac{C_2 L}{2} + C_{\text{сл}} \left(\frac{L}{2} - x \right) \right] + B \left[\frac{C_1 L^2}{4} + \frac{C_2 L^2}{4} + C_{\text{сл}} \left(\frac{L}{2} - x \right)^2 J_c p^2 \right] &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

Раскрывая определитель системы (9), приходим к уравнению:

$$(C_1 + C_2 + C_{\text{сл}} - mp^2) \left[\frac{C_1 L^2}{4} + \frac{C_2 L^2}{4} + C_{\text{сл}} \left(\frac{L}{2} - x \right)^2 - J_c p^2 \right] - \left[\frac{C_1 L}{2} - \frac{C_2 L}{2} + C_{\text{сл}} \left(\frac{L}{2} - x \right) \right]^2 = 0. \quad (10)$$

Обозначим:

$$\left. \begin{aligned} b &= (C_1 + C_2 + C_{\text{сл}}); \quad d = \left[\frac{C_1 L^2}{4} + \frac{C_2 L^2}{4} + C_{\text{сл}} \left(\frac{L}{2} - x \right)^2 \right], \\ e &= \left[\frac{C_1 L}{2} - \frac{C_2 L}{2} + C_{\text{сл}} \left(\frac{L}{2} - x \right) \right]. \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

Тогда уравнение (10) запишется:

$$p^4 - \frac{(md + J_c b)}{J_c m} p^2 + \frac{bd - e^2}{J_c m} = 0. \quad (12)$$

Из полученного биквадратного уравнения находятся значения двух частот свободных колебаний системы:

$$p_{1,2} = \sqrt{\frac{md + J_c b}{2J_c m}} \pm \sqrt{\frac{(md + J_c b)^2 - (bd - e^2)}{4J_c^2 m^2}}. \quad (13)$$

Осевой момент инерции вальца относительно оси, проходящей через его центр масс перпендикулярно оси вращения, найдем как для однородного цилиндра:

$$J_c = m \left(\frac{L^2}{12} + \frac{R^2}{4} \right), \quad (14)$$

где R – радиус вальца по вершинам рифель.

Частота свободных колебаний вальца при равномерном распределении слоя может быть найдена по известной формуле для одномассовой динамической модели, использованной в [1], [4]:

$$p = \sqrt{\frac{C + C_{\text{сл}}}{m}}, \quad (15)$$

где $C = C_1 + C_2$ – приведенная жесткость пружин нажимного устройства вальца.

Изгибную жесткость слоя при равномерном распределении его плотности по ширине найдем по формуле (1) [4]:

$$C_{\text{сл}} = 48K \frac{1000kLq(Z \sin \beta)^3 EJ}{m_{1000} (\pi D)^3}. \quad (16)$$

Жесткость слоя при его утолщении на участке длиной l определим из следующих соображений. Принимая за исходную плотность q равномерно распределенного слоя на длине L , будем считать, что часть слоя, составляющая n^{-1} -ю часть его высоты (соответственно и плотности), образовала утолщение на длине l . Тогда плотность этой части слоя будет находиться из выражения:

$$q_l = \left(q - \frac{q}{n}\right) + \frac{qL}{n\ell}. \quad (17)$$

Найдем значения частот свободных колебаний вальца по приведенным выше формулам (15) и (13), используя следующие характеристики слоя и вальца: $K = 2$; $\kappa = 0,8$; $L = 1$ м; $\beta = 45^\circ$; $EI = 4 \cdot 10^{-4}$ Н·м; $m_{1000} = 200$ г; $q = 300$ г/м; $D = 2R = 0,12$ м; $m = 60$ кг; $Z = 12$; $\ell = 0,2$ м; $n = 5$.

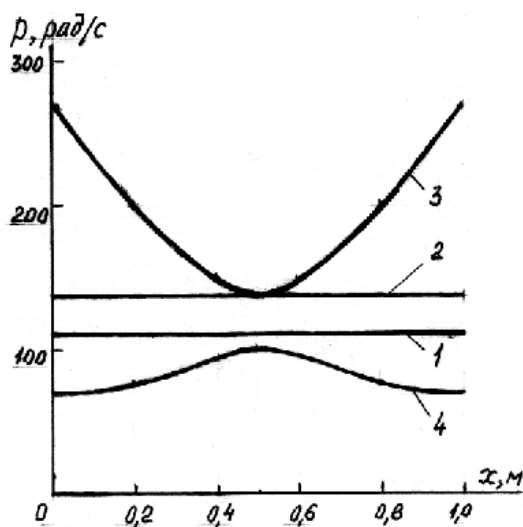


Рис. 3

При равномерном распределении слоя по длине вальца (модель с одной степенью свободы) $p = 110$ рад/с — прямая 1 на рис. 3.

При утолщении слоя (без учета угловых колебаний) $p = 138$ рад/с — прямая 2 на рис. 3.

Значения двух частот свободных колебаний вальца в зависимости от положения утолщения слоя по его ширине приведены в табл. 1 и на рис. 3 — кривые 3 и 4.

Таблица 1

x, м	0	0,2	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0
p_1 , рад/с	268	200	148	138	148	200	268
p_2 , рад/с	70	79	95	100	95	79	70

Анализ графиков на рис. 3 показывает:

– в зависимости от места расположения утолщения слоя по его ширине изменяются значения частот как вертикальных, так и угловых свободных колебаний вальца;

– положение утолщения слоя по его ширине оказывает большее влияние на изменение частоты вертикальных свободных колебаний. При рассмотренных параметрах системы "валец–слой" частота вертикальных колебаний изменяется в 1,94 раза, а частота угловых колебаний — в 1,43 раза.

Оценим возможность возникновения резонанса в данной системе. Источником возмущения будем считать дисбаланс и геометрические погрешности вальцов. В этом случае частота возмущения будет определяться по формуле:

$$\omega_B = \omega Z \approx \frac{V}{R} Z, \quad (18)$$

где V — скорость движения слоя.

При принятых $Z = 12$, $R = 0,06$ м и скорости движения слоя $V = 0,5 \dots 1,5$ м/с имеем $\omega_B = 100 \dots 300$ рад/с.

Сравнение частот возмущения с частотами свободных колебаний указывает на наличие резонанса в системе, обусловленного, в том числе, и совпадением частот возмущения с частотами свободных угловых колебаний вальца.

ВЫВОДЫ

1. Получена формула для расчета частот свободных вертикальных и угловых колебаний верхнего вальца мяльной пары мяльной машины при образовании утолщения в слое по его ширине.

2. Результаты расчета показали, что при рассмотренных параметрах вальцовой пары и скорости движения слоя, в системе наблюдаются резонансные колебания на частотах вращения вальцов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дьячков В.А., Корабельников Р.В. Динамические характеристики слоя стеблей льняной тресты в процессе мятья // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2003, №6. С.20...23.

2. Трегубова Е.В., Пашин Е.Л. Анализ особенностей структуры слоя льняной тресты после слоеутонения. Вестник ВНИИЛК. – 2005, №2. С.45...48.

3. Храмов В.Н. Исследование процесса утонения

слоя и усовершенствование слоеформирующих механизмов: Дис...канд. техн. наук. – Кострома, 1974.

4. Дьячков В.А., Корабельников Р.В. Динамические явления при изломе стеблей в мальной паре // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2003, №5. С.19...23.

Рекомендована кафедрой теоретической механики и сопротивления материалов. Поступила 21.06.2006.

УДК 621.891

ИНТЕГРАЛЬНЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ КАЧЕСТВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ ТКАЦКОГО СТАНКА

Е.К. СЫСОЕВА, С.Е. ПРОТАЛИНСКИЙ

(Костромской государственной технологической академии)

Критерием эффективности производства ткани продолжает оставаться обрывность нитей на ткацких переходах. Самым сложным и массовым видом оснастки, значительно влияющим на надежность процессов ткачества, является ремизная оснастка. Именно этот вид оснастки определяет уровень обрывности основы.

В процессе ткачества нити основы подвергаются различным разрушающим воздействиям: многократному растяжению, истиранию, изгибу, которые постепенно ухудшают структуру нити и уменьшают ее прочность. Поскольку степень разрушения нити является важной характеристикой качества процесса формирования ткани, то необходимо иметь механизм прогнозирования потери прочности нити в зависимости от интенсивности механических воздействий технологической оснастки ткацкого станка. Поэтому очень важно определять их повреждаемость при переработке основы на ткацком станке.

Методы механических испытаний нитей детально разработаны и подробно освещены в литературе [1]. Однако, известные методы могут определить степень разрушения нити по показателям разрывной нагрузки, что нельзя считать достаточно убедительным в связи с релаксацией напряжения в образцах нитей, взятых для испытаний на участках упругой заправки.

Все эти методы трудоемки. Нами предлагается интегральный метод определения качества технологической оснастки с помощью количественной оценки повреждаемости нити.

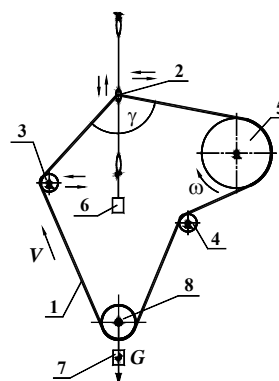


Рис. 1

Для процесса ткачества функцию повреждаемости $\omega(t)$ допускаем равной нулю во время схода основной нити с навоя и единице во время предполагаемого обрыва нити через n циклов зевобразования. Для определения общего показателя необходимо знать зависимость степени разрушения от числа циклов взаимодействия основной нити с отдельными элементами технологической оснастки. С этой целью разработан экспериментальный стенд (рис. 1), на котором можно моделировать процесс разрушения нити при взаимодействии с различными элементами технологической оснастки ткац-

кого станка.

При проведении эксперимента такая система позволяет изменять угол огибания γ нитью различных поверхностей, нагрузку, напряжение, скоростной режим при контактном взаимодействии нити с элементами технологической оснастки

При проведении испытания на разрушение использовалась шлифованная хлопчатобумажная нить 29 текс, длиной $L=1020$ мм. Исследовались галева трех видов: с витым глазком, с впаянным глазком и пластинчатые. Для каждого вида галев нами совершались три различных по длительности испытания: 126 с (50 циклов), 252 с (100 циклов) и до полного истирания нити, то

есть до ее разрушения.

Испытания проводились в следующем порядке: нить замыкается и заправляется в рабочие органы станда (огибает ролики, шкив, продета в галево). Для удобства заправки исследуемое галево имеет прорезь в глазке. Затем по истечении времени движения нити через глазок галева, определяемого количеством циклов, нить со станда отправляется для дальнейшего испытания на разрывной машине. Данные с разрывной машины, то есть разрывная нагрузка исследуемой нити и есть результат испытаний. Результаты экспериментального исследования представлены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

№ п/п	Разрывная нагрузка (сН)						
	галева из ремизной проволоки				пластинчатые галева		без истирающего воздействия
	с витым глазком		с впаянным глазком		50 циклов	100 циклов	
	50 циклов	100 циклов	50 циклов	100 циклов			
1	545	480	600	670	580	580	680
2	560	330	650	640	640	610	730
3	350	600	640	400	600	700	785
4	600	455	610	585	575	600	770
5	660	595	615	605	550	620	780
6	625	410	625	625	610	615	840
7	645	545	580	600	625	460	680
8	630	435	660	380	620	625	640
9	600	560	595	610	600	650	775
10	625	495	650	615	590	630	700
11	645	570	625	600	660	615	700
12	400	370	620	640	400	580	640
13	685	480	600	660	630	570	680
14	650	610	640	650	650	350	760
15	620	575	640	675	670	480	650
16	590	640	580	630	650	665	650
17	525	610	670	640	615	630	665
18	650	520	645	680	660	645	670
19	680	505	650	605	630	675	710
20	648	580	605	645	550	650	670
ср	596,65	518,25	625	607,75	605,25	597,5	708,75

Затем полученные результаты обрабатываются с помощью программы MathCAD. По средним значениям каждого вида испытания строятся графики изменения прочности нити в зависимости от количества циклов контактного взаимодействия.

Аппроксимация графиков определяется степенной функцией и дает основания для применения методики расчета степени ее разрушения

$$P = An^\alpha,$$

где A и α – эмпирические коэффициенты.

При известных эмпирических коэффици-

ентах A и α можно определить разрывную нагрузку в зависимости от числа циклов механических воздействий.

Аналогичный закон был предложен Щербаковым В.П. [2] и Москвитиным В.В. [3] при разрушении нити и полимеров из условий «длительной прочности», то есть при испытаниях в статических условиях нагружения. На основании результатов экспериментального исследования нами определены коэффициенты A и α :

$P = 0,009 n^{2,05}$ – для галев с витым глазком,

$P = 10,09 n^{0,502}$ – для галев с впаянным

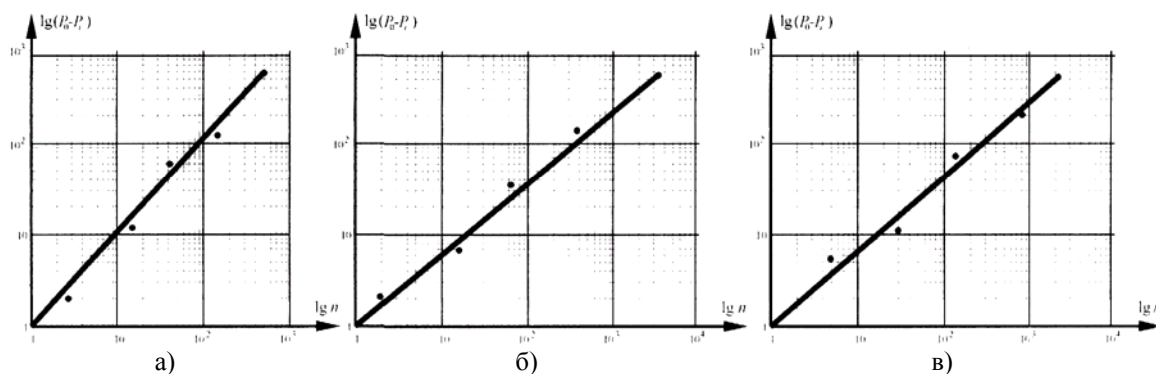


Рис. 2

После обработки экспериментальных данных построены математические зависимости разрушения нити в галевах различной конструкции с учетом бокового фрикционного контакта нити с другими галевами. Зависимости в логарифмической сетке координат представлены на рис. 2, где P_0 – разрывная нагрузка до истирания, P_1 – разрывная нагрузка после истирания, n – количество циклов.

Анализируя графические зависимости можно сказать, что изменение степени разрушения нити существенно зависит от конструкции галева. При испытании нити до полного истирания (то есть до ее разрушения) наиболее низкие показатели имеют галева с витым глазком. Галева с впаянным глазком показали наиболее хорошие результаты: при полном разрушении нити количество циклов n в среднем составило 4770 (это около 3-х часов).

Имея методику определения степени разрушения нити, на базе предложенного экспериментального стенда, можно создать и сертифицировать устройство для оценки эксплуатационных качеств технологической оснастки по критерию потери прочности нити. Можно сказать об универсальности предложенного устройства, так как, имея значения разрывной нагрузки нити [4] и устанавливая любой элемент технологической оснастки фирмы-производителя (галево, ламель, бердо) после проведения серии опытов по разработанной методике, получим количествен-

ную оценку изменения прочности нити на любом ткацком переходе.

Таким образом, данную методику и устройство можно рекомендовать для использования выходного контроля качества технологической оснастки предприятиям-изготовителям и входного контроля в лабораториях предприятий-потребителей без значительных временных и экономических затрат.

ВЫВОДЫ

Предложен метод для оценки качества элементов технологической оснастки с помощью количественной оценки повреждаемости нити, который может быть использован как предприятием-производителем технологической оснастки, так и ее потребителями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Голубков В.С., Пирогов К.М., Смушкович Б.Л. Испытательные машины в текстильном материаловедении. – М.: Легпромбытиздат, 1988.
2. Щербаков В.П. Статистические методы в современных теориях прочности нитей. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1996, № 2.
3. Москвитин В.В. Сопротивление вязкоупругих материалов. – М.: Наука, 1972.
4. Хлопчаткачество: Справочник. – 2-е изд., перераб. и доп. / Под ред. Букаева П.Т. – М.: Легпромбытиздат, 1987.

УДК 678.052

ВЛИЯНИЕ СИЛЫ ТРЕНИЯ В ОПОРАХ ЛАПКИ РОГУЛЬКИ НА КОЛЕБАНИЯ ЕЕ СИЛЫ ПРИЖИМА В ПРОЦЕССЕ НАМОТКИ РОВНИЦЫ

П.С. БАЛАБАЕВ

(Костромской государственной технологической университет)

Согласно предложенной в [3] модели процесса наматывания, значительное отклонение силы прижима лапки от установленного расчетом оптимального значения может приводить к появлению скрытой вытяжки или даже обрыву ровницы. В [2] нами показано, что технологические допуски на изготовление лапок рогулек могут приводить к отклонению силы прижима от расчетного значения на 20%.

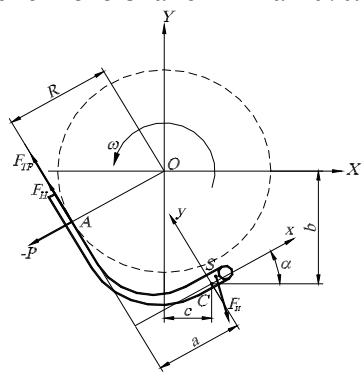


Рис. 1

Сила прижима лапки P в установившемся режиме наматывания определяется из рассмотрения ее равновесия под действием как инерционных сил $F_{и}$, так и технологических усилий (рис.1, где O – ось вращения рогульки и катушки; C – ось поворота лапки; S – центр масс лапки; A – условная точка контакта лапки с телом намотки). Из всех технологических усилий наибольшее влияние на силу прижима оказывают сила трения лапки о ровницу на катушке $F_{тр} = \mu P$ и сила натяжения ровницы $F_{н}$ при сходе в намотку.

В результате силу прижима лапки к паковке в установившемся режиме можно определить из выражения:

$$P = \frac{aF_{н} + \omega^2 (\sin \alpha (cS_x - bS_y) + \cos \alpha (cS_y - bS_x))}{(b \cos \alpha + c \sin \alpha - a\mu)}, \quad (1)$$

где $\alpha = \arcsin \left(\frac{R-a}{\sqrt{b^2+c^2}} \right) + \arcsin \left(\frac{c}{\sqrt{b^2+c^2}} \right)$ –

угол поворота лапки; a – расстояние по нормали от оси вращения лапки до лопатки лапки; b, c – параметры, определяющие смещение оси вращения лапки относительно оси вращения рогульки; S_x, S_y – статические моменты инерции массы лапки

относительно ее оси вращения в системе координат $хуz$; ω – угловая скорость вращения рогульки.

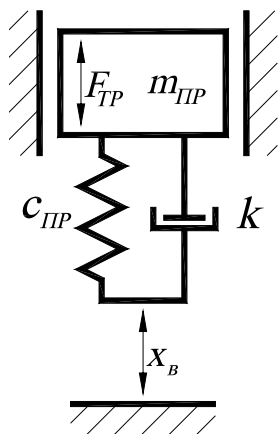


Рис. 2

Рассмотрим простейшую динамическую модель взаимодействия лапки рогульки с паковкой в процессе наматывания ровницы (рис. 2).

В данной модели учитывается приведенная к точке контакта с паковкой масса лапки. Лапка считается абсолютно жесткой по сравнению с паковкой, имеющей жесткость $c_{п}$ и коэффициент демпфирования k . Эффективная жесткость поля инерционных сил, действующих на лапку, может быть получена дифференцированием (1):

$$c_{и} = \frac{\partial P}{\partial R}. \quad (2)$$

А приведенная жесткость всей системы определяется так:

$$c_{пр} = c_{п} - c_{и}, \quad (3)$$

Знак минус в (3) означает, что силы инерции лапки и сила упругости тела намотки направлены противоположно друг другу. Так как инерционные силы пропорциональны квадрату частоты вращения рогульки, то собственная частота колебаний при вращающейся рогулке меньше, чем в условиях статических испытаний. Особенностью приведенной выше модели является рассмотрение силы $F_{тр}$ – силы сухого трения лапки о рабочую ветвь. Из-за наличия данной силы модель становится нелинейной. Возмущающим воздействием x_B для рассмотренной системы могут являться: монтажная несоосность осей вращения рогульки и паковки (для подвесных рогулек), вибрация ветвей рогульки и веретена, а также асимметрия тела намотки.

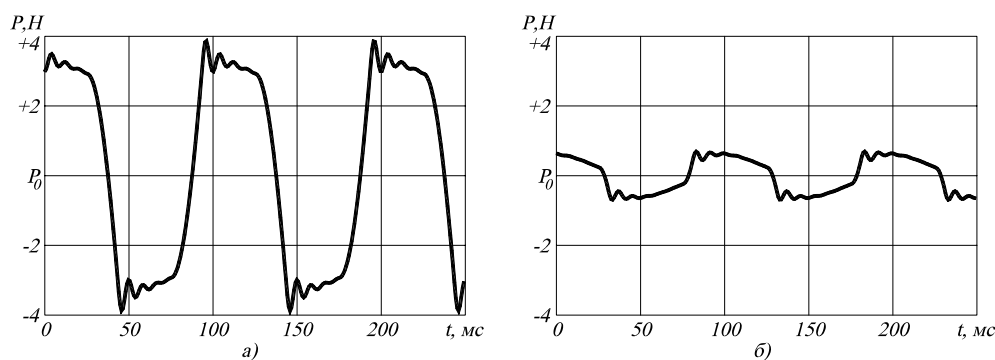


Рис. 3

Численное решение дифференциального уравнения, описывающего представленную выше динамическую модель, проводилось по методу Эйлера. Моделирование проводилось для рогульки РП-140, упругие постоянные паковки с хлопчатобумажной ровницей 300 текс были взяты из [1]. В качестве возмущающего воздействия примем гармоническую функцию, так как более

сложное воздействие можно разложить на сумму гармонических составляющих. Формы колебаний силы прижима лапки к паковке для рогульки РП-140 при среднем положении лапки приведены на рис. 3-а, а на рис. 3-б – для рогульки с вынесенной осью вращения лапки, и из-за меньшего радиуса опор с меньшей приведенной силой трения.

Моделирование показало, что амплитуда колебаний силы прижима лапки при частоте возмущающего воздействия, меньшего в 2-3 раза резонансной частоты системы, практически не зависит от амплитуды возмущающего воздействия, а определяется силой сухого трения лапки о рабочую ветвь.

Моделирование показало, что для типовой конструкции рогульки РП-140 при номинальной частоте вращения амплитуда колебаний силы прижима лапки составляет 10-30% от ее среднестатистического значения при различных положениях лапки и амплитуде возмущающего воздействия от 0,3 до 2мм с частотой до 30Гц. При меньшей силе трения амплитуда меньше, но только в области низких частот возмущающих воздействий.

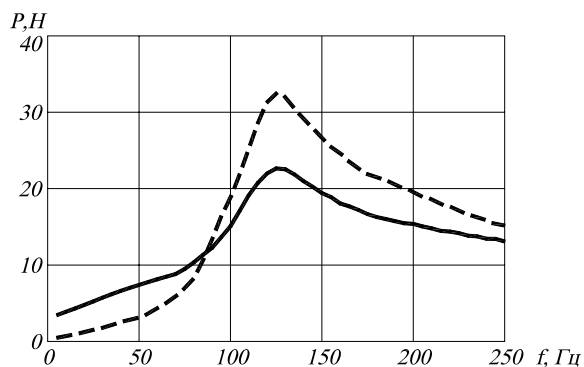


Рис. 4

На рис. 4 представлены амплитудно-частотные характеристики при различной силе трения (амплитуда возмущающего воздействия 1 мм). Видно, что уменьшение силы сухого трения лапки о рабочую ветвь рогульки приводит к уменьшению низкочастотных составляющих, но одновременно увеличивает рост высокочастотных составляющих в спектре колебаний силы прижима.

Таким образом, наличие сухого трения в опорах лапки приводит к возникновению нелинейных колебаний силы прижима, достигающих в ряде случаев до 10-30% от среднего значения. Данное явление было экспериментально обнаружено в [3], но ему не дано теоретического объяснения. В спектре колебаний наряду с основной частотой возмущающей силы появляются составляющие на резонансной частоте системы, что приводит к возникновению вибраций ветвей рогульки. С уменьшением силы сухого трения уровень низкочастотной составляющей колебаний силы прижима уменьшается, в связи с чем все современные высокоскоростные рогульки имеют вынесенную ось вращения лапки.

Предложенная модель позволяет оценить уровень колебаний силы прижима лапки и обоснованно подойти к выбору конструктивных размеров опор лапки, от которых зависит сила трения, с целью ограничения уровня этих колебаний.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабаджанов С.Х. Разработка и исследование конструкций рогулек и закона регулирования частоты их вращения с целью повышения производительности ровничных машин. Дис...канд. техн. наук. – 1986.
2. Балабаев П.С., Соркин А.П. Влияние точности размеров лапки рогульки на стабильность ее силы прижима // Сб. научн. тр. молодых ученых КГТУ. – Кострома, 2004.
3. Соркин А.П. Нестационарные процессы наматывания ровницы и повышение эффективности крутильно-мотальных механизмов ровничных машин, Дис...докт. техн. наук. – 1988.

Рекомендована кафедрой теоретической механики и сопротивления материалов. Поступила 21.06.2006.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СИЛЫ ИНЕРЦИИ НА ВЕЛИЧИНУ СТРЕЛЫ ПРОГИБА ДВИЖУЩЕГОСЯ ГАЛЕВА

Л.А. СЕКОВАНОВА, М.Г. КОЛЕСНИЧЕНКО

(Костромской государственной технологической университет)

При исследовании интенсивности разрушающих воздействий галева на основную нить методом имитационного моделирования (ИМ) необходимо учитывать величину смещения глазка галева вследствие его изгиба. Величина стрелы прогиба зависит от величины и характера силового нагружения галева в процессе ткачества.

Целью настоящей работы является исследование влияния силы инерции на величину прогиба галева при зевобразовании.

Рассмотрим галево в некоторый момент, соответствующий углу поворота главного вала φ . На галево от взаимодействия с основной нитью действуют внешние сосредоточенные силы $P = T_1 \cos \alpha - T_2 \cos \beta$ и $N = T_1 \sin \alpha + T_2 \sin \beta$ – горизонтальная и вертикальная составляющие равнодействующей сил натяжения передней T_1 и задней T_2 ветвей зева (α и β – углы, образованные соответственно передней и задней ветвями зева с линией заступа), а также внутренняя сила инерции N_1 . Сила инерции зависит от массы галева и ускорения перемещения ремиз $w_n(\varphi) = H''(\varphi)$, которое в фиксированный момент φ является постоянным для всех точек галева.

Представим галево как двухопорный стержень постоянного сечения с шарнир-

но-неподвижной и шарнирно-подвижной опорами, которые при смене зева меняются местами.

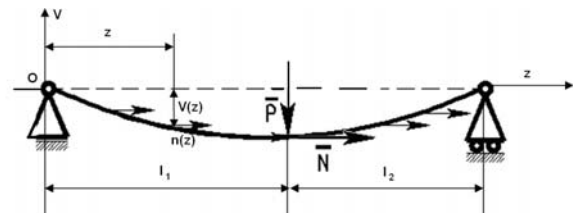


Рис. 1

Поместим начало системы координат в левой опоре, ось Oz направим вдоль оси стержня (рис.1). Если на стержень кроме поперечной силы \vec{P} действует продольная нагрузка N^* , то в сечении z полный изгибающий момент

$$M_x = N^* v + M_x^*, \quad (1)$$

где v – величина стрелы прогиба; $N^* v$ – момент от продольной нагрузки N^* ; M_x^* – момент от поперечной силы \vec{P} . Для движущегося с ускорением галева продольная нагрузка в сечении z равна: $N^* = N + N_1(z)$, если $0 \leq z \leq l_1$ и $N^* = N_1(z)$, если $l_1 < z \leq l_1 + l_2$.

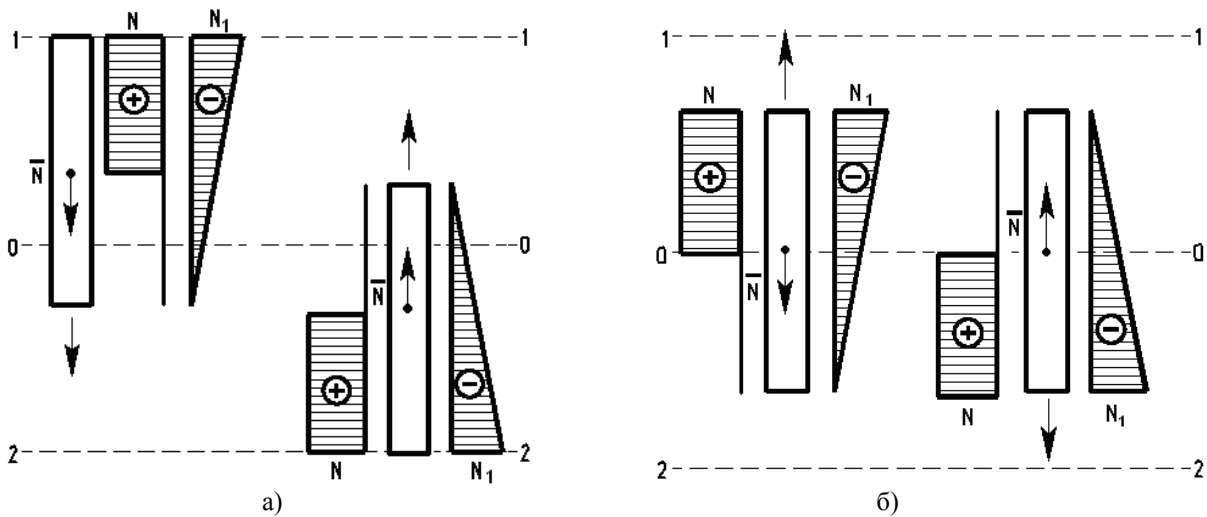


Рис. 2

При раскрытии зева ремизы движутся замедленно ($w(\varphi) < 0$), а при закрытии – ускоренно ($w(\varphi) > 0$). Если ускорение ремиз отрицательно, то направление силы инерции совпадает с направлением движения ремиз. Если же положительно, то сила инерции направлена противоположно движению ремиз. Поэтому силы N и N_1 имеют всегда противоположное направление. Эпюры продольных сил показаны для галева, движущегося из верхнего (1-1) или нижнего (2-2) положений к линии заступа (0-0) (рис. 2-а), и галева, движущегося от линии заступа вверх или вниз (рис. 2-б).

Сила инерции $N_1(z)$ в каждом сечении z характеризуется интенсивностью $n(z)$, которая определяется [1]:

$$n(z) = \lim_{\Delta z \rightarrow 0} \frac{\Delta N_1}{\Delta z}.$$

В выбранной системе координат $n(z)$ распределена по линейному закону:

$$n(z) = \frac{2m_\Gamma w_H}{\ell^2} (\ell - z). \quad (2)$$

Тогда сила инерции в сечении z равна

$$N_1(z) = \int_z^\ell n(z) dz = \frac{m_\Gamma w_H}{\ell^2} (\ell - z)^2, \quad (3)$$

где m_Γ – масса галева; ℓ – длина стержня (мах галева).

Дифференциальное уравнение упругой линии стержня для малых перемещений

$$\frac{d^2 v}{dz^2} = \frac{M_x}{EI_x} \quad (4)$$

с учетом (1) примет вид:

$$\frac{d^2 v}{dz^2} = \begin{cases} \frac{N + N_1(z)}{EI_x} v + \frac{Pl_2}{\ell EI_x} z, & \text{если } 0 \leq z \leq \ell_1, \\ \frac{N_1(z)}{EI_x} v + \frac{Pl_1}{\ell EI_x} (\ell - z), & \text{если } \ell_1 < z \leq \ell, \end{cases} \quad (5)$$

где E – модуль упругости материала галева; I_x – осевой момент инерции поперечного сечения. Краевые условия I рода: $v(0) = 0$, $v(\ell) = 0$.

Для решения краевой задачи (5) был выбран численный метод конечных разностей [2].

Метод конечных разностей решения краевой задачи

$$v'' - q(z)v = f(z), \quad v(0)=0, \quad v(\ell)=0$$

сводится к вычислению значений функции $v = v(z)$ из системы $(n+1)$ -го уравнения

$$\frac{v_{i-1} - 2v_i + v_{i+1}}{h^2} - q(z)v_i = f(z_i),$$

с $(n+1)$ неизвестными $v_0 = v(0)$, $v_1 = v(z_1)$, $v_2 = v(z_2)$, $v_n = v(\ell)$.

Процесс взаимодействия основной нити с галевами в ИМ представлен как квазистатический. Величина прогиба вычисляется для каждого угла поворота главного вала в точке, положение которой на галеве определяется его длиной и высотой глазка. Поэтому для рассматриваемой задачи принято $n=280$, $h=1$, $v(z_i)=i$.

Поскольку ИМ чувствительна к изменению величины стрелы прогиба до

$$v_I(z) = \frac{P \exp(k\ell_1)(1 - \exp(2k\ell_2))}{2kN(1 - \exp(2k\ell))} (\exp(kz) - \exp(-kz)) - \frac{b_2}{k^2}, \quad \text{если } 0 \leq z \leq \ell_1,$$

$$v_{II}(z) = \frac{-P \exp(-k\ell_1)(1 - \exp(2k\ell_1))}{2kN(1 - \exp(2k\ell))} (\exp(kz) - \exp(2k\ell - kz)) + \frac{b_1}{k^2}z - \frac{b}{k^2}, \quad \text{если } \ell_1 < z \leq \ell,$$

где $k^2 = \frac{N}{EI_x}$, $b_1 = \frac{P\ell_1}{\ell EI_x}$, $b_2 = \frac{P\ell_2}{\ell EI_x}$,
 $b = \frac{P\ell_1}{EI_x}$.

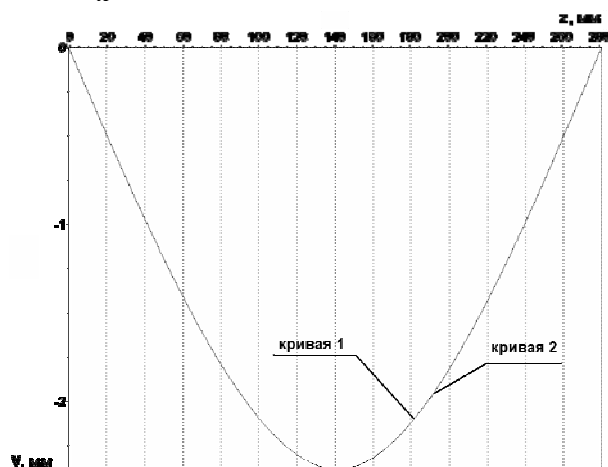


Рис. 3

0,01 мм, то для расчета v необходима высокая точность. Поэтому программа решения краевой задачи (5) численным методом была предварительно протестирована и определена максимальная погрешность. В качестве тестового взяли уравнение упругой линии растянуто-изогнутого стержня под действием сосредоточенных сил \bar{P} и \bar{N} (с теми же краевыми условиями), которое представляет собой линейное дифференциальное уравнение второго порядка с постоянными коэффициентами:

$$\frac{d^2v}{dz^2} = \begin{cases} \frac{N}{EI_x}v + \frac{P\ell_2}{\ell EI_x}z, & \text{если } 0 \leq z \leq \ell_1 \\ \frac{N}{EI_x}v + \frac{P\ell_1}{\ell EI_x}(\ell - z), & \text{если } \ell_1 < z \leq \ell_2 \end{cases} \quad (6)$$

Уравнение (6) решено точным и численным методами. Точное решение, с учетом сопряжения ветвей $v_I(\ell_1) = v_{II}(\ell_1)$, имеет вид:

Для угла поворота главного вала $\varphi = 70^\circ$ графиками упругой линии галева с сечением пластины $2 \times 0,3$ мм и массой $m_f = 1,75$ г являются кривая 1 (точный метод) и кривая 2 (численный метод), которые практически совпали (рис. 3). Величина стрелы прогиба галева в точке приложения силы P для точного метода составила 2,3842 мм, для приближенного – 2,3843 мм. Относительная ошибка численного метода 0,004%.

Таким образом, разработанная программа представляет численное решение краевой задачи для линейного дифференциального уравнения второго порядка с высокой степенью точности и может быть использована для вычисления стрелы прогиба галева.

Рассмотрим, насколько изменится величина стрелы прогиба, если распределенную силу инерции заменить равнодействующей сосредоточенной силой $N_1 = 0,5m_r w_n$ и приложить ее в сечении

$$\frac{d^2 v}{dz^2} = \begin{cases} \frac{N + N_1}{EI_x} v + \frac{Pl_2}{\ell EI_x} z, & \text{если } 0 \leq z \leq l_1, \\ \frac{Pl_1}{\ell EI_x} (\ell - z), & \text{если } l_1 < z \leq \ell. \end{cases} \quad (7)$$

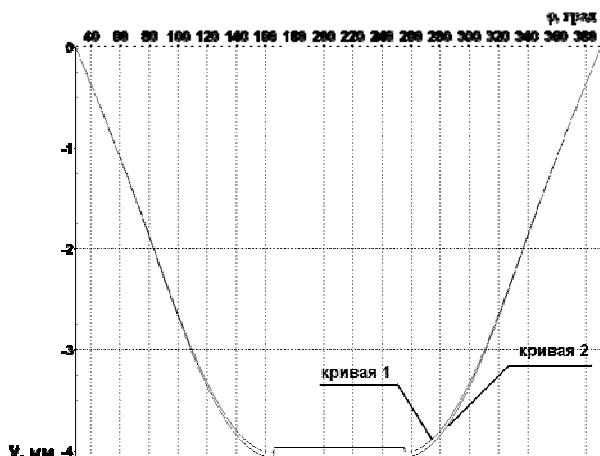


Рис. 4

Краевые задачи (5) и (7) решены численным методом для каждого угла поворота главного вала $\varphi_{заст} \leq \varphi \leq \varphi_{заст} + 360^\circ$. Соответствующие графики смещения глазка галева $v_{(5)}(\varphi)$ и $v_{(7)}(\varphi)$ показаны на рис. 4 кривыми 1 и 2. Здесь переменными величинами, зависящими от угла φ , являются силы натяжения передней $T_1(\varphi)$ и задней $T_2(\varphi)$ ветвей зева от зевобразования, углы $\alpha(\varphi)$ и $\beta(\varphi)$, ускорение движения ремиз $w(\varphi)$.

Параметры рассмотренного галева: max 280 мм, сечение пластины $5,56 \times 0,3$ мм, масса 2,1 г. Значения $T_1(\varphi)$ и $T_2(\varphi)$ вычислялись при заправочном натяжении $T_0 = 20$ сН без учета фазы прибоя, ускорение – для теоретического закона перемещения ремиз [3]. Угол заступа $\varphi_{заст} = 30^\circ$, фаза выстоя 90° .

$z=l_1$. В этом случае дифференциальное уравнение упругой линии (краевые условия $v(0) = 0$, $v(\ell) = 0$) запишется в виде:

В табл.1 приведены значения стрелы прогиба $v(\varphi)$, полученные из уравнения (7) при $N_1=0$, то есть без учета сил инерции, а также значения $v_{(5)}(\varphi)$ и $v_{(7)}(\varphi)$, вычисленные для некоторых углов поворота главного вала φ .

Таблица 1

Угол поворота главного вала φ	Стрела прогиба галева		
	$V_{(5)}$, мм	$V_{(7)}$, мм	v , мм
70°	1,462	1,462	1,452
100°	2,648	2,646	2,620
155°	3,981	3,978	3,930

Сравнительный анализ этих значений показывает, что в ИМ при расчете величины стрелы прогиба силу инерции галева следует учитывать. Сила инерции ($N_1(z)$ или N_1) уменьшает величину растягивающей силы и тем самым увеличивает стрелу прогиба галева. Максимальная разность значений $v_{(5)}(\varphi)$ и $v_{(7)}(\varphi)$ оказалась менее 0,01мм, поэтому при вычислении стрелы прогиба галева как растянуто-изогнутого стержня переменной жесткости автоматизированным методом, допустимо распределенную силу $N_1(z)$ заменить сосредоточенной силой N_1 . В этом случае можно воспользоваться уравнением (7), которое имеет точное аналитическое решение.

ВЫВОДЫ

1. Получено дифференциальное уравнение упругой линии галева с учетом сил, действующих на него в произвольный мо-

мент зевобразования, соответствующий углу поворота главного вала φ .

2. Показано, что при зевобразовании сила инерции уменьшает продольную растягивающую силу и тем самым увеличивает стрелу прогиба галева.

3. Сила инерции увеличивает величину стрелы прогиба не более, чем на 3%. Поэтому, в зависимости от целей исследования, этой силой можно пренебречь или заменить ее равнодействующей и сосредоточить в точке контакта нити с глазком.

ЛИТЕРАТУРА

1. Прочность. Устойчивость. Колебания. // Справочник под общ. ред. И.А. Биргера и Я.Г. Пановко. – Т.1. – М.: Машиностроение, 1988.

2. Волков Е.А. Численные методы. – М.: Наука, 1987.

3. Секованова Л.А. Исследование процесса взаимодействия основной нити с галевом и его имитационное моделирование: Дис...канд. техн. наук. – Кострома, 1995.

Рекомендована кафедрой высшей математики.
Поступила 21.06.2006.

УДК 677 – 487.5.23.275

**ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ УСТРОЙСТВА
НА МАСШТАБ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ
ПРИ КОНТРОЛЕ ФОРМЫ БОБИН МЕТОДОМ ТЕНЕВОЙ ПРОЕКЦИИ**

М.Н. НУРИЕВ, П.Н. КИСЕЛЕВ

(Костромской государственный технологический университет,
Азербайджанский государственный экономический университет)

Для контроля дефектов формы паковок методом теневой проекции требуется определение высоты профиля H контролируемого участка паковки в нормальном сечении (рис.1). Однако при использовании метода теневой проекции сечения камера фиксирует высоту профиля h в некотором наклонном сечении.

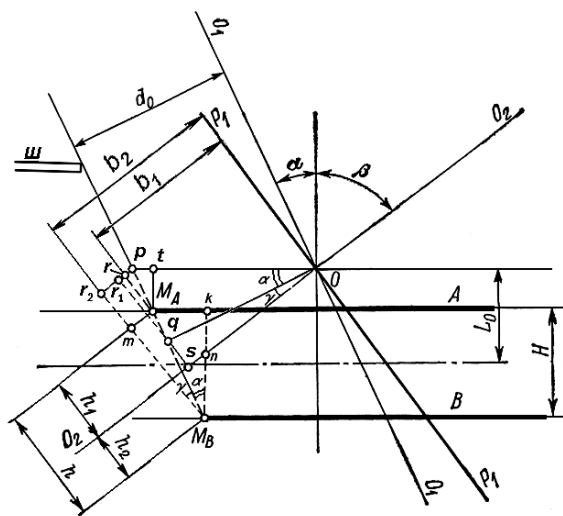


Рис. 1

Между этими величинами существует прямо пропорциональная зависимость:

$$H = Mh, \quad (1)$$

где M – масштаб преобразования профиля.

В [1] показано, что формирование изображения в пространстве предметов реги-

стрирующей камеры происходит по-разному, в зависимости от того, является ли исследуемая поверхность отражающей или рассеивающей свет. Поверхность тела намотки образована текстильными нитями и входящими в их состав волокнами и поэтому представляет собой поверхность, рассеивающую свет.

Определим масштаб преобразования профиля и положение изображения профиля в пространстве предметов регистрирующей камеры для поверхностей, рассеивающих свет.

На рис. 1 показана ступенька высотой H , образованная рассеивающими поверхностями A и B . Точки M_A и M_B находятся на границе промежуточного изображения края шторки $\mathbb{Ш}$, спроектированной на эти поверхности. O_1-O_1 и O_2-O_2 оптические оси осветителя и регистрирующей камеры. L_0 – расстояние предметной точки O до средней линии профиля, P_1 – предметная плоскость регистрирующей камеры.

Расстояния от точек M_A и M_B до оптической оси O_2-O_2 камеры обозначены через h_1 и h_2 , а расстояния от этих точек до предметной плоскости P через b_1 и b_2 . Определим высоту профиля h , регистрируемую камерой. Из треугольника $kM_A M_B$:

$$M_A M_B = \frac{H}{\cos \alpha},$$

а из треугольника $mM_B M_A$:

$$h = mM_B = M_A M_B \sin \gamma,$$

то есть

$$h = H \frac{\sin \gamma}{\cos \alpha}. \quad (2)$$

Пусть угол $\angle nM_B = \beta$, тогда угол $\angle mM_Bn = 90^\circ - \beta$. Как видно из рис. 1, $\gamma = \angle mM_Bn - \alpha = 90^\circ - \beta - \alpha$.

С учетом последнего

$$h = H \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\cos \alpha}, \quad (3)$$

то есть масштаб преобразования без учета оптического и цифрового увеличения камеры равен

$$M = \frac{H}{h} = \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\cos \alpha}. \quad (4)$$

Положение изображения тени в поле зрения камеры определяется величинами h_1 и h_2 . Они существенно зависят от положения шторки, которое определяется величиной d_0 , и положением предметной точки O , которое определяется размером L_0 . Из рис. 1 видно, что

$$h_1 = sq + qr_1 - M_{Ar}, \quad (5)$$

$$h_2 = M_{Br_2} - sq - qr_1. \quad (6)$$

Определим величины отрезков, входящих в (4) и (5)

$$M_{Ar} = L_0 - \frac{H}{2}. \quad (7)$$

$$h_1 = d_0 \cos(\alpha + \beta) + d_0 \operatorname{tg} \alpha \sin(\alpha + \beta) - \left(L_0 - \frac{H}{2} \right) \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\cos \alpha}. \quad (14)$$

Аналогично после подстановки (10), (12) и (13) в (6) получим

$$h_2 = \left(L_0 + \frac{H}{2} \right) \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\cos \alpha} - d_0 \operatorname{tg} \alpha \sin(\alpha + \beta) - d_0 \cos(\alpha + \beta). \quad (15)$$

Величина $b = b_2 - b_1$ определяет требуемую величину глубины резкости регистрирующей камеры. Отрезки b и h являются катетами в треугольнике $mM_B M_A$, по-

Из треугольника $M_{Ar}t$

$$M_{Ar} = \left(L_0 - \frac{H}{2} \right) \frac{1}{\cos \alpha}. \quad (8)$$

Из треугольника M_{Br} :

$$\begin{aligned} M_{Br} &= \left(L_0 - \frac{H}{2} \right) \frac{\cos \gamma}{\cos \alpha} = \\ &= \left(L_0 - \frac{H}{2} \right) \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\cos \alpha}. \end{aligned} \quad (9)$$

Рассуждая аналогично, получим выражение для определения:

$$M_{Br_2} = \left(L_0 + \frac{H}{2} \right) \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\cos \alpha}. \quad (10)$$

Из треугольника qOr :

$$pq = d_0 \operatorname{tg} \alpha, \quad (11)$$

а $qr_1 = pq \cos \gamma = pq \sin(\alpha + \beta)$. Подставляя (11) в последнее выражение получим

$$qr_1 = d_0 \operatorname{tg} \alpha \sin(\alpha + \beta). \quad (12)$$

Из треугольника qsO :

$$qs = d_0 \sin \gamma = d_0 \cos(\alpha + \beta). \quad (13)$$

Подставим значения отрезков из (8), (12) и (13) в (5) и получим выражение для расчета h_1 :

этому с учетом (3) можно написать

$$b = H \frac{\cos(\alpha + \beta)}{\cos \alpha}. \quad (16)$$

Глубина резкости у объективов, используемых в цифровых камерах при съемке с расстояния 0,4 м составляет около 10 см, то есть гораздо больше величины b . Таким образом, получение резкого изображения обеспечивается всегда.

Из формул (3) и (16) следует, что масштаб преобразования зависит от угла проекции α и от угла $\alpha + \beta$ между оптическими осями осветителя и камеры. При постоянном значении угла наблюдения β масштаб преобразования увеличивается с увеличением угла проекции α . Если углы проекции α и наблюдения β не равны, то масштаб преобразования профиля и отрезки h_1 и h_2 , определяющие положение профиля в поле зрения камеры, различны даже при $L_0 = 0$ и $d_0 = 0$.

В устройстве для получения первичного изображения $\beta = 0$, с учетом этого формулы (3), (14) и (15) переписутся в виде

$$h = H \operatorname{tg} \alpha, \quad (17)$$

$$h_1 = d_0 \cos \alpha + d_0 \operatorname{tg} \alpha \sin \alpha - \left(L_0 - \frac{H}{2} \right) \operatorname{tg} \alpha, \quad (18)$$

$$h_2 = \left(L_0 + \frac{H}{2} \right) \operatorname{tg} \alpha - d_0 \operatorname{tg} \alpha \sin \alpha - d_0 \cos \alpha. \quad (19)$$

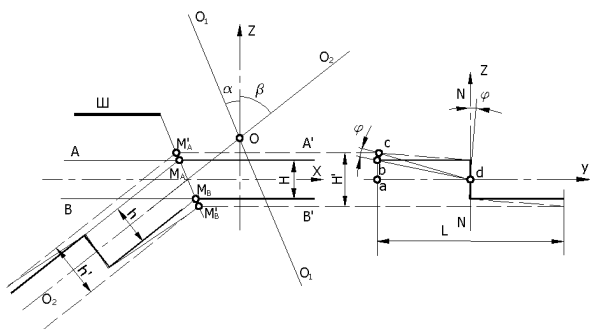


Рис. 2

Рассмотрим случай, когда нормаль к поверхности не лежит в плоскости, проходящей через оптические оси осветителя и камеры, а отклонена на угол φ (рис.2). В поле зрения камеры изображение поверхности в виде границы света и тени будет наклонено относительно горизонтального

положения на угол φ . На рис. 2 показано изображение границы света и тени в предметной плоскости регистрирующей камеры, образованной рассеивающими поверхностями А и В, образующими ступеньку высотой Н. Оптические оси осветителя и камеры лежат в плоскости NN. После поворота плоскостей А и В на угол φ они займут положение А' и В', при этом угол между нормалью к поверхностям А' и В' и плоскостью NN также будет равен φ .

Высота ступеньки теперь зависит от ширины наблюдаемого объекта, в нашем случае от ширины бобины или толщины намотки. Обозначим эту величину L. Точки M_A и M_B , находившиеся на краях наблюдаемого изображения тени до поворота объекта, перейдут в точки M'_A и M'_B , соответственно. Высота наблюдаемой тени составит H' . При повороте нормали к поверхностям А и В на угол φ точка b на границе тени перейдет в точку c по окружности с радиусом $bd = cd$. Угол $bdc = \varphi$, а угол

$$bda = \arcsin \frac{H}{\sqrt{H^2 + L^2}}. \quad (20)$$

Расстояние от точки c до оси X можно рассчитать по формуле $H'/2 = bd \sin(\text{adc})$. Учитывая, что угол $\text{adc} = bda + bdc$, а $bd = \sqrt{H^2 + L^2}$ после очевидных преобразований, получим окончательно:

$$H' = \sqrt{H^2 + L^2} \sin \left(\varphi + \arcsin \frac{H}{\sqrt{H^2 + L^2}} \right). \quad (21)$$

Соответствующим образом с h на h' изменится и наблюдаемая величина тени. Поскольку углы α и β остаются неизменными, то величина H' может быть преобразована в h' по формуле, аналогичной (3):

$$h' = H' \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\cos \alpha}. \quad (22)$$

Подставив значение H' из(21) окончательно получим

$$h' = \sqrt{H^2 + L^2} \sin \left(\varphi + \arcsin \frac{H}{\sqrt{H^2 + L^2}} \right) \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\cos \alpha}. \quad (23)$$

Формула для расчета масштаба преобразования будет иметь вид:

$$M = \frac{h'}{H} = \sqrt{1 + \left(\frac{L}{H} \right)^2} \sin \left(\varphi + \arcsin \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{L}{H} \right)^2}} \right) \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\cos \alpha}. \quad (24)$$

Полученная формула позволяет провести анализ погрешностей при контроле профиля поверхности бобины методом теневой проекции.

ВЫВОДЫ

1. Получена формула для определения масштаба преобразования при контроле формы бобины методом теневой проекции от конструктивных параметров устройства.

2. Показано, что на масштаб преобразования влияют не только углы между нор-

малью к поверхности бобины и оптическими осями осветителя и фотоприемника, но и ширина контролируемой бобины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кучин А.А., Обрадович К.А. Оптические приборы для измерения шероховатости поверхности. – Л.: Машиностроение, 1981.

Рекомендована кафедрой теоретической механики и сопротивления материалов. Поступила 21.06.2006.

УДК 677.057.135.2

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СУШКИ ЛЬНОТРЕСТЫ*В.П. БОРЗОВ, В.М.КАРАВАЙКОВ***(Костромская государственная сельскохозяйственная академия
Костромской государственный технологический университет)**

В современных условиях (рынок) существенно изменились инженерные задачи по совершенствованию оборудования и технологий, в том числе и в отрасли первичной переработки технических культур с целью получения натуральных волокон.

Главной задачей при получении натурального волокна, на наш взгляд, становится минимизация себестоимости получаемого волокна за счет сокращения энергетических затрат при сохранении качественных характеристик. Энергетическая составляющая в себестоимости натуральных волокон по оценкам экономистов предприятий первичной переработки льна колеблется в пределах от 18 до 29% в зависимости от применяемых технологий, энергоносителей, реализации энергосберегающих мероприятий, наличия собственных систем теплоснабжения и других факторов [2]. Если не сократить энергетическую составляющую на 30...40%, то продукция льнозаводов окажется не востребованной текстильной промышленностью, что и имеет место в настоящее время.

Наиболее энергоемкой операцией технологической цепочки по производству натуральных волокон является сушка тресты перед окончательной механической обработкой.

Повышенная энергоемкость процесса обусловлена высокой теплотой испарения (r), значительными потерями тепловой энергии сушильной установкой в окружающую среду и неоптимальностью режимов сушки в реальных условиях предприятий.

Отсюда следует, что энергосберегающие мероприятия для этого технологического процесса необходимо разрабатывать в трех направлениях:

– оптимизация процессов сушки на основе теоретических положений тепло-массообмена и опытно-производственных данных;

– сокращения непроизводительных затрат тепловой энергии за счет повышения тепловой защиты сушильной установки и ее герметизации на период сушки одной порции (процесс дискретный), а также за счет регенерации и утилизации тепловой энергии, удаляемой из сушилки с отработавшим сушильным агентом и готовой продукцией;

– снижения исходной влажности материала перед сушкой за счет более эффективного процесса естественной сушки в полевых условиях с использованием современных средств механизации: многократного оборачивания ленты, подбор ее при минимальной относительной влажности атмосферного воздуха.

Нами подробно анализируются два первых перспективных, на наш взгляд, энергосберегающих направления [3]. Скорость сушки в значительной мере определяется интенсивностью теплообмена между материалом и сушильным агентом, а также характеристиками, определяющими состояние материала перед подачей сушильного агента.

Традиционные способы интенсификации процесса сушки повышением перепада температур между сушильным агентом и

поверхностью материала и повышением начальной скорости сушильного агента ограничены. Пределы допустимого перепада температур в нашем случае исчерпываются, если материал на участке кривой сушки с постоянной скоростью нагрет до 70°C, а сушильный агент до 120°C, что подтверждается расчетными и опытными данными [1]. Если учесть, что при сушке влажных капиллярно-пористых материалов в этом диапазоне температур влагосодержание сушильного агента за цикл возрастает ($\Delta d < 50\%$) менее, чем вдвое, то возникает необходимость и целесообразность бинарного или даже многократного его промежуточного подогрева. В наших опытах промежуточный подогрев (от 80 до 120°C) осуществляется трижды за цикл, при этом влагосодержание возрастает лишь до 80 г/кг с.в.

Нашими производственными опытами установлено: повышение начальной скорости сушильного агента при максимальной влажности материала ($W \geq 30\%$) возможно до 5,5...6,5 м/с, однако при снижении влажности до 20% и ниже (равновесная влажность $W_p = 8...10\%$) скорость агента сушки не должна превышать 2,1 м/с. При превышении указанной скорости развивается процесс турбулизации воздушных потоков в камерах, вызывающих разброс высушенной массы и перепутывание элементарных ее составляющих, особенно в последней сушильной секции. Этот процесс снижает качество сырья для последующего технологического процесса.

Регулирование скорости и направления подачи сушильного агента на конвейер сушилки является, на наш взгляд, энерго-сберегающим элементом сушки, особенно на завершающем ее этапе и требует дополнительных исследований по оптимизации режимов.

Наиболее заметный энергосберегающий эффект отмечен при изменении начального этапа сушки, который завершается стабилизацией температуры материала и выходом на режим сушки при постоянной скорости [3]. Изменение заключалось в том, что в процессе предварительного подогрева теплоснабжение осуществля-

лось за счет энтальпии влажного ($\varphi \geq 60\%$) отработавшего сушильного агента, который направлялся в камеру предварительного подогрева массы.

Процесс сушки тресты начинается с подогрева влажного материала отработавшим сушильным агентом в специальной камере предварительного подогрева.

В этом процессе (предварительного подогрева тресты) энергообеспечение осуществляется за счет снижения энтальпии влажного воздуха, отработавшего в сушилке. Его исходные характеристики при поступлении в подогреватель: $\varphi_1 \approx 60\%$, $t_1 = 70^\circ\text{C}$, $d_1 = 100$ г/кг, где соответственно φ , t , d – относительная влажность, температура по шкале Цельсия и влагосодержание. В таком состоянии влажный воздух имеет сравнительно высокую энтальпию, определяемую по уравнению:

$$h_{\text{ВВ}_1} = t_{\text{ВВ}_1} + [2500 + 1,9t_{\text{ВВ}_1}]d_1, \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

Отработавший влажный воздух покидает камеру подогрева, имея следующие характеристики: $\varphi_2 \approx 80\%$, $t_2 = 60^\circ\text{C}$, $d_2 = 106$ г/кг.

Его энтальпия в этом состоянии:

$$h_{\text{ВВ}_2} = t_{\text{ВВ}_2} + [2500 + 1,9t_{\text{ВВ}_2}]d_2, \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

Отсюда количество теплоты (q), отданное одним кг отработавшего сушильного агента (в расчете на 1 кг сухого воздуха) примерно составит:

$$q_{\text{В}} = h_{\text{ВВ}_1} - h_{\text{ВВ}_2} \cong 10 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{с.в.}}$$

Ориентировочное численное значение $q_{\text{В}}$ позволяет оценить возможный масштаб такой регенерации, который представляется достойным внимания при определении энергосберегающих направлений, если учесть, что в сушилку за 1 час подается около $40 \cdot 10^3 \text{ м}^3$ влажного воздуха.

Теплота, необходимая на подогрев 1 кг влажной тресты, определится по уравнению:

$$q_{\text{под}} = C_{\text{тр}} \Delta t_{\text{тр}}, \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

где $C_{\text{тр}} = \sum_1^n C_i m_i, \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{к}}$, при этом C_i – теплоемкости компонентов (сухая треста и вода); m_i – массовые доли компонентов при влажности тресты $W_{\text{тр}} = 25\%$; $\Delta t_{\text{тр}}$ – перепад температур при подогреве, $^{\circ}\text{C}$.

На основе уравнений теплового баланса и характеристик теплообменного процесса определена эффективность энергосбережения за счет предварительного подогрева влажной массы тресты; причем подогрев, как было отмечено ранее, осуществляется за счет отработавшего сушильного агента.

Положительный энергосберегающий эффект предварительного подогрева влажной тресты обусловлен двумя факторами:

- в камеру сушки поступает материал с повышенной температурой, которая способствует интенсивному поглощению влаги (массопереносу) высокотемпературным и гигроскопичным сушильным агентом с поверхности материала. Предварительный подогрев, на наш взгляд, способствует углублению слоя испарения влаги, повышая дополнительно интенсивность влагопереноса от материала к сушильному агенту;

- использование отработавшего сушильного агента, имеющего высокую температуру и влажность, в качестве теплоисточника обеспечивает прямую регенерацию части тепловой энергии, которая без этого процесса была бы утрачена.

Принципиальная схема установки представлена на рис.1.

В качестве источника тепловой энергии для подготовки сушильного агента используется паровой калорифер, обеспечивающий полную конденсацию отработавшего теплоносителя, который возвращается в паровой котел ДКВР-2,5-13. Из принципиальной схемы технологического процесса видно, что отбросная теплота отработавшего сушильного агента неоднократно подвергается регенерации в теплообменных аппаратах для предварительного подогрева наружного воздуха, направляемого

в калорифер, и воды, используемой впоследствии на технологические цели.

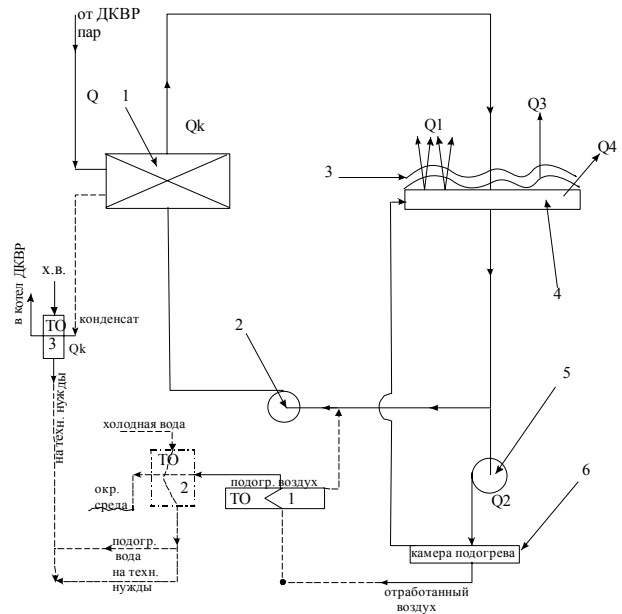


Рис.1.

- 1 – калорифер, 2 – вентилятор зонный,
3 – высушиваемый материал, 4 – конвейер,
5 – вентилятор вытяжной, 6 – камера подогрева материала перед сушкой

Регенерируется также тепловая энергия конденсата, поступающего из калорифера в Т О 3, за счет которой осуществляется подогрев воды.

Расчеты, проведенные нами по итогам производственных испытаний, показали, что за счет предварительного подогрева массы тресты перед сушильной камерой отработавшим сушильным агентом энергосберегающий эффект составляет от 7 до 11 % (по тепловому КПД сушильной установки). Опытно-производственные испытания в указанном направлении и реконструкцию сушильной установки с целью энергосбережения предполагается продолжить в текущем году на льнопродукции нового урожая. Планируется повысить качество приборного контроля при производственных испытаниях за счет использования приборов более высокого класса и уточненной методики обработки полученных данных. Наряду с этим представляется целесообразным уточнение расчетных уравнений, используемых для определения энтальпии сушильного агента. В частно-

сти, предлагается в уравнении энтальпии влажного воздуха использовать не максимальное, а реальное численное значение удельной теплоты парообразования, зависящее от температуры. Уточнению подлежат и численные значения теплоемкости сушильного агента с учетом реальных температур.

В результате проведенных исследований поискового характера получены позитивные данные, позволяющие считать перспективным направление энергосбережения, заключающееся в использовании отработавшего сушильного агента для предварительного подогрева тресты перед сушкой.

Производственные испытания позволят получить необходимые материалы, на основе которых возможен дальнейший поиск путей снижения энергоемкости производственных процессов по первичной переработке лубяных культур и получения натуральных волокон высокого качества при приемлемых затратах. В первую очередь

нами намечено провести анализ энергопотребления в наиболее энергоемких технологических процессах, одним из которых и является сушка высоковлажных материалов (треста, пряжа, полотно и др.).

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузьмин В.А., Овсянников Д.Л. Влияние некоторых режимных параметров на тепловой коэффициент полезного действия в процессе сушки капиллярно-пористого коллоидного материала // Наука ПРОТЭК-98: Материалы регион. НТК (Киров, 1998). – Киров: ВятГТУ, 1999. Т.2. С.141...142.
2. Лыков А.В. Теория сушки. – М.: Энергия, 1968.
3. Рудобаица С.П. Расчет кинетики и динамики процессов конвективной сушки // Теоретические основы химической технологии. – 1991. Т.25, № 1. С.25...31.
4. Шубин Г.С. Сушка и тепловая обработка древесины. – М.: Лесная промышленность, 1990.

Рекомендована кафедрой технологии производства льняного волокна. Поступила 21.06.2006.

УДК 677.057.135.2

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СУШКИ ТЕКСТИЛЬНОГО МАТЕРИАЛА В ПАКОВКАХ

Н.В.КИСЕЛЕВ

(Костромской государственной технологической университет)

Одним из важнейших направлений повышения конкурентоспособности продукции в условиях постоянного роста стоимости энергоресурсов является разработка новых энергосберегающих и ресурсосберегающих технологических процессов и оборудования для их осуществления. В текстильной промышленности наиболее энергоемким является отделочное производство, включающее, в частности, жидкостную обработку (крашение, беление) и сушку текстильных материалов в паковках. Значительная доля ассортимента льняной и хлопчатобумажной пряжи для пестроткачества, а также швейные нитки подвергаются данным технологическим

операциям. Для конвективной сушки паковок в настоящее время используются аппараты серии СКД и их зарубежные аналоги, теплоносителем в которых является воздух под давлением, циркулирующий через влажный материал. Эффективность процесса сушки и качество высушенного материала зависит при этом от параметров самого текстильного материала, параметров технологического процесса, параметров оборудования, параметров и вида используемой оснастки, такой как тип носителя материала и конструкция направляющего стержня.

Несмотря на то, что влияние большинства указанных факторов неоднократно

исследовалось экспериментально, можно утверждать, что сложный и неоднозначный характер их влияния на эффективность процесса сушки, многообразие и взаимодействие делают практически невозможным прогнозирование основных показателей процесса сушки (продолжительность, расход пара, воды и пр.) при конкретных значениях рассмотренных параметров. В то же время такое прогнозирование или оценочный расчет позволили бы выявить резервы повышения производительности и снижения энергоемкости данного технологического процесса как на этапе конструирования или модернизации оборудования, так и на этапе его эксплуатации.

Разработанная ранее модель процесса сушки столба паковок [1] при интегрировании нестационарного уравнения для влажности паковки реализует алгоритм послойных вычислений с использованием схемы предиктор-корректор, обеспечивающий второй порядок точности по времени. При этом на каждом шаге по времени выполняется численное интегрирование системы дифференциальных уравнений [1], описывающих движение рабочей среды по внутренним полостям столба паковок с граничными условиями, определяемыми геометрией стержня. Однако, для определения важнейшего параметра процесса, скорости сушки была использована эмпирическая зависимость, процессы в теплообменнике и охладителе сушильного аппарата, гидравлическое сопротивление циркуляционного контура не учитывались. В связи с этим разработана уточненная модель, в которой скорость сушки определяется с учетом термодинамических процессов во влажном воздухе.

Пусть c – объемный расход воздуха на единицу высоты паковки, $\text{дм}^3/(\text{с}\cdot\text{дм})$; d_1 – влагосодержание воздуха на входе в паковку, $\text{кг}/\text{кг с.в.}$; t – температура воздуха; d_2 – влагосодержание воздуха на выходе из паковки, $\text{кг}/\text{кг с.в.}$; φ – относительная влажность воздуха; p – абсолютное давление воздуха; p_n – давление насыщенного водяного пара; ρ – плотность воздуха, $\text{кг}/\text{дм}^3$.

Для начала расчета задаемся начальной температурой паковки, температурой и относительной влажностью воздуха после охладителя, тогда его влагосодержание на входе в паковку

$$d_1 = 0,622 \varphi p_n / 100 / (p - \varphi p_n / 100). \quad (1)$$

Температура воздуха после нагрева t_1 определяется на основании расчета теплообменника, выполняемого по обычной методике с использованием критериальных уравнений для расчета коэффициентов теплоотдачи.

Влагосодержание воздуха при нагревании не изменяется, поэтому энтальпия воздуха на входе в паковку:

$$e_1 = 1,009 t_1 + (2500 + 1,96 t_1) d_1.$$

Задаваясь фиксированной относительной влажностью на выходе из паковки (в начальный период сушки), определяем температуру воздуха на выходе из паковки t_2 итерационным методом, добиваясь, чтобы энтальпия его уменьшалась на величину, соответствующую потерям на нагрев паковки. В заключительный период сушки происходит выход сухого слоя на поверхность паковки, и горячий воздух, проходящий через эти участки, не насыщается влагой. Это обстоятельство учитывается пропорциональным снижением прироста относительной влажности воздуха при прохождении через паковки влажностью менее 16%. Влагосодержание воздуха на выходе из паковки d_2 определяется по формуле (1) для соответствующих значений φ и p_n при температуре t_2 .

Тогда скорость сушки, определяемая как масса влаги, испаряемой за единицу времени с единицы высоты паковки, определяется разностью влагосодержаний воздуха до и после прохода через паковку:

$$D_w = (d_2 - d_1)(1 - d_1) c \rho.$$

Воздушные потоки от различных паковок имеют неодинаковые параметры, поэтому для смешанного потока температура и влажность воздуха на входе в охладитель

находится по соответствующим зависимостям [2]. Расчет охладителя аналогичен расчету теплообменника, из расчета определяется температура и относительная влажность выходящего воздуха. В процессе охлаждения (при температуре выше точки росы) влагосодержание не меняется, и относительная влажность может быть выражена из формулы (1). Если она превышает 100% (произошло выпадение влаги), значение усекается до 100%. Цикл расчета процесса сушки повторяется до высыхания всех паковок до заданного значения влажности. Полное гидравлическое сопротивление циркуляционной системы аппарата СКД-6 (по данным испытаний [3]) и текущее сопротивление влажного материала учитываются при определении положения рабочей точки на характеристике воздухоудувки.

Данная модель реализована в программе DRYING1 на языке Delphi 7.

Входными параметрами для расчета являются:

- высота паковки, ее масса и конечная влажность, количество паковок в столбе;
- начальная влажность каждой паковки;
- коэффициенты многочлена 4 степени, задающего зависимость сопротивления каждой паковки от ее влажности (определяются экспериментально);
- тип стержня носителя материала (с однополостным или двухполостным движением среды) и его характеристики (площади сечения полостей, коэффициенты их гидравлического сопротивления; расположение, площади сечения и коэффициенты сопротивления отверстий, подводящих поток из внутренней полости);
- параметры стыка патронов, опреде-

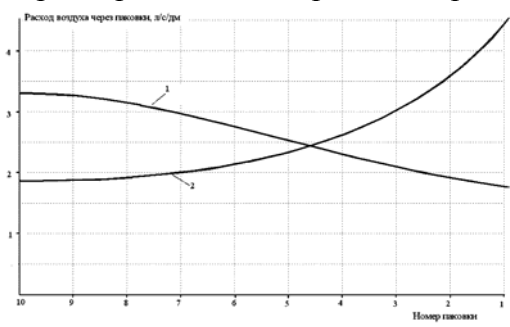


Рис. 1

ляющие величину утечки рабочих сред;

- плотность воздуха с учетом избыточного давления в сушилке;
- начальное направление циркуляции и период ее изменения;
- коэффициенты многочлена 3 степени, задающего напорную характеристику воздухоудувки;
- параметры охладителя и нагревателя (количество, диаметр и длина трубок, шаг установки трубок в пучке);
- давление насыщенного пара в теплообменнике, температура и расход охлаждающей воды;
- шаг интегрирования по времени и координате и другие параметры управления вычислительным процессом (относительные погрешности, лимит итераций и др.);
- номер паковки, для которой выводятся графики зависимости параметров процесса сушки от времени.

Результатами расчета являются:

- семейство графиков распределения влажности по высоте столба паковок в процессе сушки;
- область кривых сушки столба паковок в целом;
- график изменения расхода воздуха через столб паковок в процессе сушки;
- график изменения сопротивления столба паковок в процессе сушки;
- график изменения максимальной температуры паковок в процессе сушки;
- график изменения скорости сушки выбранной паковки в процессе сушки;
- графики изменения температуры воздуха после охладителя и после нагревателя в процессе сушки;
- графики распределения расхода воздуха через паковки по высоте столба.

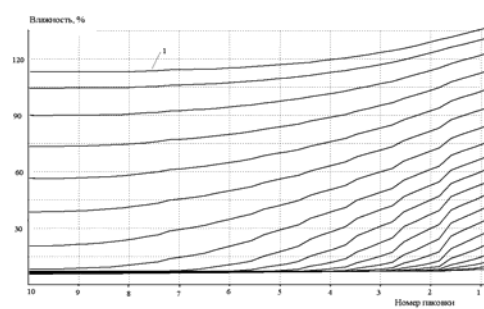


Рис. 2

Рассмотрим результаты моделирования процесса сушки льняной пряжи 56×2 текс на серийном стержне носителе материала аппарата АКДС-601. Очевидно, что при прочих равных условиях минимальное время сушки получается при одновременном высыхании всех паковок столба. При моделировании процесса сушки на отдельно взятом стержне на ее равномерность оказывают влияние два фактора: неравномерность распределения расхода воздуха через паковки столба и начальная неравномерность распределения влажности. Распределение расхода воздуха при прямой (кривая 1) и обратной (кривая 2) циркуляции для сухих паковок при расходе 38 л/с представлены на рис.1, а распределение влажности перед сушкой – на рис.2, кривая 1.

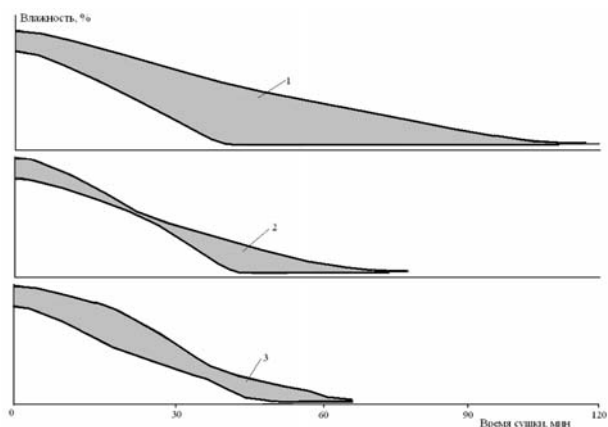


Рис. 3

Видно, что при прямой циркуляции оба фактора совместно усиливают неравномерность сушки, так как повышенный расход сушильного агента через верхние паковки, имеющие наименьшую начальную влажность, вызывает известный эффект неустойчивости в системе объект сушки – сушильный агент в связи с чем начальные различия в скорости сушки в процессе ее хода еще больше усиливаются. Это хорошо видно на рис. 3 (поз.1), где приведена область кривых сушки столба, ограниченная огибающими кривых сушки всех его паковок.

Если производить сушку при обратной циркуляции, действие указанных факторов частично взаимно компенсируется, благодаря чему неравномерность влажности на первом этапе уменьшается, сокращая время сушки столба в целом (рис.3, поз.2).

При двусторонней циркуляции, используемой для снижения вредного воздействия высокой температуры на физико-механические свойства пряжи, преимущество в скорости сушки поочередно получают то верхние, то нижние паковки, и неравномерность влажности изменяется не монотонно (рис.3, поз.3).

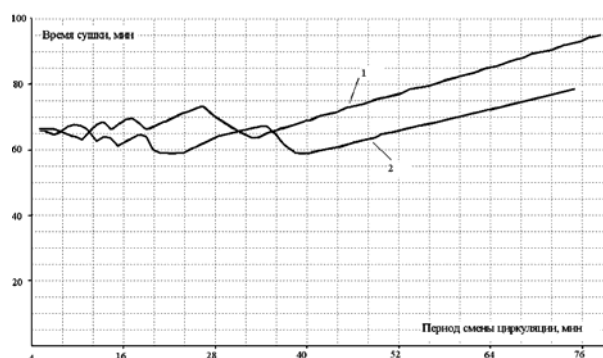


Рис. 4

Влияние периодичности изменения направления циркуляции на время сушки представлено на рис.4. Кривая 1 соответствует начальному направлению циркуляции от центра к периферии паковок (прямая циркуляция), кривая 2 – обратному направлению. При частой смене циркуляции неустойчивость не успевает развиваться, и неравномерность по влажности в процессе сушки остается практически постоянной, при этом первоначальное направление циркуляции не влияет на время сушки.

Расчеты показывают, что при заданном начальном распределении влажности можно выбрать такое значение периода изменения ее направления, при котором паковки столба высыхают почти одновременно, обеспечивая минимальное время сушки. В условиях вычислительного эксперимента при периоде 21...23 мин время сушки составило 58 мин, что лишь на 1,7 мин превышает расчетное время сушки при полном отсутствии неравномерности.

ВЫВОДЫ

1. Уточнена и реализована в виде программы для персонального компьютера математическая модель, пригодная для прогнозирования и оптимизации процесса сушки столба паковок в аппаратах типа СКД.

2. Показана возможность сокращения времени сушки за счет выбора оптимального периода изменения направления циркуляции.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Киселев Н.В.* Оптимизация процессов фильтрации рабочих сред через столб паковок в аппаратах с неполным заполнением жидкостью: Дис...канд. техн. наук. - Кострома: КТИ, 1986.

2. Техническая термодинамика / Под ред. В.И.Крутова. – М.: Высшая школа, 1981. С.172.

3. Исследование факторов, интенсифицирующих процесс сушки, с целью создания аппарата СКД-62. – Отчет КТИ ГР№01870021056. – Кострома: КТИ, 1987. С.64.

Рекомендована кафедрой теории механизмов и машин и проектирования текстильных машин. Поступила 21.06.2006.

УДК 677.017.4

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПАКОВОК КРЕСТОВОЙ НАМОТКИ

А.Р. ДЕНИСОВ, Л.Ю. КИПРИНА, П.Н. РУДОВСКИЙ

(Костромской государственной технологической университет)

Контроль качества выпускаемой продукции остается одной из актуальных проблем для текстильных предприятий. Учитывая специфику технологического процесса, следует отметить, что для производства высококачественного текстиля необходимо осуществлять мероприятия по управлению качеством, начиная с подготовительных операций, одной из которых является формирование паковок в подготовительном отделе ткацкого производства.

Дефекты структуры намотки, такие как жгутовая намотка, приводят к ухудшению параметров паковки, и как следствие, размотка такой бобины сопровождается увеличением обрывности, а значит и простоев оборудования, и снижением качества продукции на следующих этапах производства [1].

Для устранения жгутовой намотки в состав мотальных механизмов входят рассеивающие устройства. От их наладки зависит эффективность ликвидации брака в виде жгутов. Наладку соответствующего механизма можно оценить, разматывая полученную при его работе бобину и определяя наличие в ней дефектов в виде жгутов.

Обычно наличие жгутов определяется визуально, при этом их количественная оценка не производится. Это приводит к значительной доле субъективности и не позволяет производить эксперименты по оптимизации параметров рассеивающих устройств.

Применение современных средств технического зрения позволит автоматизировать этот процесс и количественно оценить наличие жгутов в теле намотки.

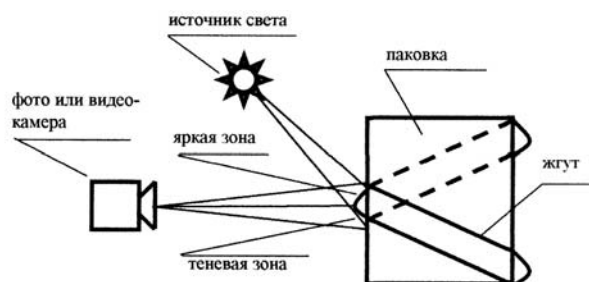


Рис. 1

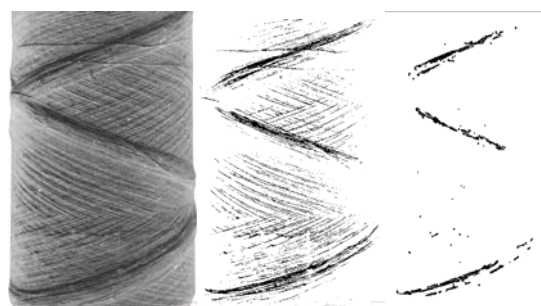


Рис. 2

Возможность применения систем технического зрения для обнаружения жгутов основывается на том, что жгут представля-

ет собой объемное тело, при правильном освещении которого (рис. 1) возникают теневые области и области повышенной

яркости. На полученном при помощи средств технического зрения изображении (рис. 2-а) эти области будут представлять собой либо темные, либо яркие пятна, которые можно выделить путем наложения фильтра на цветовые каналы RGB (красный, зеленый и синий каналы) (рис. 2-б). В результате эксперимента было выявлено, что для достижения достоверных результатов исходное изображение должно быть получено в режиме True color (2^{24} цветов или 256 оттенков для каждой составляющей цветовой модели).

На рис. 2-б видно, что кроме жгутов на изображении присутствует большое количество шумов в виде отдельно расположенных точек, которые могут быть убраны посредством специального фильтра (рис. 2-в).

Из рис. 2-в видно, что жгуты представляют собой линии, близкие к прямой, которые можно выявить, используя соответствующие методы анализа. При этом главной проблемой является невозможность быстрой обработки большого количества точек, например, изображение на рис. 2-в содержит не менее 10000 черных точек.

Чтобы ускорить процесс обработки целесообразно использовать методы кластерного анализа, которые позволяют объединить близкорасположенные объекты в специальные группы (кластеры). Каждый кластер определяется центром (чаще всего центр тяжести объектов в кластере), а также количеством объектов в нем. При этом вводится следующее правило: объект принадлежит к тому кластеру, расстояние до центра которого минимально. В качестве меры близости чаще всего используют Евклидову меру [2].

В ходе экспериментов были проанализированы следующие методы кластерного анализа:

- метод иерархического дерева [6];
- метод К-средних [6];
- искусственные нейронные сети Кохонена (ИНСК) при различных методах обучения (метод WTA (Winner Takes All)

[3...5], метод WTA с окрестностями [5], метод "выпуклой комбинации" [3], метод "нейронного газа" [4]).

В результате эксперимента было выявлено, что объекты лучше всего группируются при использовании как ИНСК с обучением методом "нейронного газа", так и метода "К-средних". При этом метод "нейронного газа" более универсален и обладает большей точностью при группировании, однако, время работы алгоритма на тестируемых изображениях составляет около 120 с. В то же время, точность метода "К-средних" является достаточной для выявления жгутов и при этом скорость работы алгоритма составляет менее 12 с. Что делает использование метода "К-средних" преимущественным.

В результате кластерного анализа все точки группируются в кластеры, что позволяет:

- 1) проводить дальнейший анализ изображения не на точках, а на небольшом (не более 50)¹ наборе кластеров;
- 2) провести дополнительную фильтрацию изображения, исключив кластеры, объединяющие малое количество точек (менее 50), а также кластеры с низкой плотностью точек в районе центра (менее 20 в радиусе 10 пикселей).

При дальнейшем анализе среди кластеров необходимо выявить те, которые образуют линию: кластер входит в формируемую линию, если расстояние от его центра до этой линии меньше заданной погрешности (20 пикселей). При этом на существование линии накладывается ряд ограничений:

- 1) она должна включать в себя не менее заданного числа как кластеров (8 кластеров), так и точек (1000 точек);
- 2) длина линии (расстояние между крайне левым и крайне правым центрами кластеров) должна быть не менее заданного значения (100 пикселей).

Если для сформированной линии все условия выполняются, то она является образом появившегося на паковке жгута.

¹Указанные в скобках параметры получены опытным путем при анализе конкретных изображений паковок размером 640×480 пикселей.

Для проверки эффективности предлагаемый метод распознавания жгутов сравнивался с ручным способом измерения и в результате обработки экспериментальных данных было выявлено, что минимальная ширина жгута, распознаваемая системой, использующей предложенный метод, составляет 3 мм, что соответствует порогу визуального определения жгута экспертом. Это позволяет использовать предложенный метод создания специальных устройств – анализаторов структуры намотки, которые можно применять при отладке существующего и вновь создаваемого мотального оборудования.

ВЫВОДЫ

Проведенный эксперимент показал, что предложенный метод распознавания жгутовой намотки обладает эффективностью, достаточной для идентификации технологически значимых дефектов структуры паковки; время анализа одного изображения составляет от 3 до 12 с и что в качестве

средства цифрового зрения целесообразно использовать цифровой фотоаппарат с разрешением не менее 0,3 мегапикселей в режиме True color (2^{24} цветов).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Лустgarten Н.В., Борисова Е.А.* Льноткачество. Теория и технология процесса перематывания нитей. – Кострома, КГТУ, 1998.
2. Электронный учебник по статистике. Internet: www.statistica.ru.
3. *Заенцев И.В.* Нейронные сети: основные модели: Учебное пособие. Internet: <http://neuroschoo1.narod.ru>
4. *Осовский С.* Нейронные сети для обработки информации / Пер. с польского И.В. Рудинского. – М.: Финансы и статистика, 2004.
5. Нейронные сети STATISTICA Neural Networks. – М.: Горячая Линия - Телеком, 2000.
6. *Боровиков В.* STATISTICA. Искусство анализа данных на компьютере. Для профессионалов. – СПб.: Питер, 2001.

Рекомендована кафедрой вычислительной техники. Поступила 21.06.2006.