

Министерство образования  
Российской Федерации

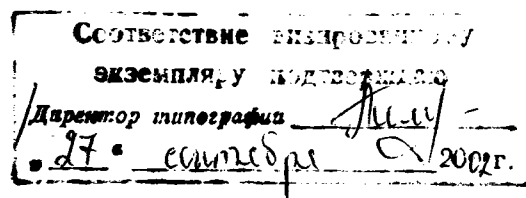
**ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ**

# **ТЕХНОЛОГИЯ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ОСНОВАН В ДЕКАБРЕ 1957 ГОДА, ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД

**№ 1 (265)  
2002**



Издание Ивановской государственной текстильной академии

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор *В.В. ЗРЮКИН*.

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

Члены редколлегии: *Х.А. АЛИМОВА, Н.М. АШНИН, В.Н. БЛИНИЧЕВ, Р.З. БУРНАШЕВ, В.В. ВЕСЕЛОВ, В.Ф. ГЛАЗУНОВ, А.Ф. ДАВЫДОВ, В.М. ЗАРУБИН, С.М. КИРЮХИН, А.Б. КОЗЛОВ, В.Н. КРОТОВ, Г.К. КУЗНЕЦОВ, Н.В. ЛУСТГАРТЕН, В.В. ЛЮБИМЦЕВ, И.А. МАРТЫНОВ, Р.Г. МАХКАМОВ, Б.Н. МЕЛЬНИКОВ, Ю.В. ПАВЛОВ, Е.Л. ПАШИН, К.М. ПИРОГОВ, Л.П. РОВИНСКАЯ, В.Е. РОМАНОВ, А.Г. СЕВОСТЬЯНОВ, А.В. СЕНАХОВ, В.И. ТЕРЕНТЬЕВ, Н.Н. ТРУЕВЦЕВ, В.А. УГЛОВ, В.Д. ФРОЛОВ, И.Г. ЦИТОВИЧ, Л.П. ШЕРШНЕВА, В.П. ЩЕРБАКОВ, Ф.Н. ЯСИНСКИЙ.*

Ответственный секретарь *С.Л. ХАЛЕЗОВ*.

*Адрес редакции: 153000, г. Иваново, пр. Ф. Энгельса, 21.  
Тел.: (0932) 35-78-87. Факс: (0932) 415088.  
E-mail: root@igta.asinet.ivanovo.su  
<http://education.ivanovo.ru/IGTA>*

---

Издание зарегистрировано в Министерстве печати РФ. Регистрационный №796. Сдано в набор 01.07.2002. Подписано в печать 01.08.2002. Формат 60x84 1/8. Бум. кн.-журн. Печать офсетная. 15,34 усл.-печ. л.; 15,59 усл. кр.-отт.; 22,55 уч.-изд. л. Заказ 4467.

Тираж 450 экз.

---

Ивановская областная типография Министерства Российской Федерации по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций.  
153008, г. Иваново, ул. Типографская, 6.  
E-mail: 091-018@adminet.ivanovo.ru

## ИТОГИ И ПЕРСПЕКТИВЫ (к 70-летию КГТУ)

*В.Н. КРОТОВ, Б.Н. ГОДУНОВ, Г.К. КУЗНЕЦОВ*

(Костромской государственной технологической университет)

Костромской текстильный институт (1932 г.) – Костромской технологической институт (1962 г.) – Костромской государственной технологической университет (1995 г.) – под этими официальными именами вот уже 70 лет живет наш вуз, созданный в самом начале периода индустриализации страны. За этими переименованиями стоят этапы зрелости профессорско-преподавательского коллектива, повышение глубины и результативности научных исследований, обновление и совершенствование учебно-материальной базы, рост качества подготовки инженеров по все более широкому спектру специальностей.

Как льняной вуз институт был создан в 1932 году в Костроме не случайно – именно наш город к тому времени стал центром сосредоточения предприятий льняной отрасли текстильной промышленности. Исторически так сложилось, что почти все они сконцентрировались в Костромской, Владимирской и Ярославской губерниях, которые в начале 30-х годов вошли в состав Ивановской промышленной области. Также в Костроме был сильным инженерный корпус текстильщиков-льнянщиков: здесь работали И.Д. Зворыкин, Г.П. Вершинин. Здесь сосредоточился и центр инженерной мысли льнянщиков, прошедших старую русскую высшую школу.

В Костроме начала создаваться и учебно-материальная база технического образования: с 1928 г. действовал текстильный техникум, а с 1931 г. – филиал текстильного факультета Ивановского политехнического института, где готовили инженеров

без отрыва от производства. Находясь в центре сосредоточения предприятий льняной промышленности, вуз получил большие возможности по привлечению в высшую школу рабочей молодежи, которые использовал с помощью рабфаков – специально организованную сеть подготовительных курсов непосредственно на фабриках и комбинатах.

Для организации учебного процесса во вновь созданном вузе были приглашены опытные профессора из других институтов. Так, проф. А.С. Турчанинов возглавил кафедру высшей математики, проф. Н.И. Иванов – кафедру прикладной механики, проф. Н.М. Чиликин – кафедру прядения лубяных волокон, проф. А.Н. Сивцов – кафедру первичной обработки льна. Эта группа специалистов, имеющих колоссальный опыт работы в вузах и научных учреждениях (их багаж составляли написанные для вузов учебники, заслуги по использованию науки в практических целях) стала надежной основой для формирования профессорско-преподавательского корпуса института.

Одновременно в вуз пришли молодые педагоги, вчерашние выпускники старых вузов, носители их традиций и опыта организации научной и учебно-методической работы, их уровня культуры. Так, из Ивановского политехнического (Рижский политехнический) пришли В.Н. Аносов, А.П. Чащин, А.В. Второв, П.П. Трыков, А.П. Саввин; из Московского текстильного – Г.И. Арефьев, И.А. Денисов, И.И. Фейман; из Ленинградских текстильного и политехнического – А.Б. Кузьминский,

З.А.Вейнберг, В.В.Андрианов, А.П.Басилов; из Московского института железнодорожного транспорта – М.И. Худых. В дальнейшем эти педагоги и ученые составили основу коллектива с традициями русской инженерной школы.

Начавшаяся Великая Отечественная война перестроила жизненные ориентиры преподавателей и студентов: многие уже в первые дни войны ушли на фронт, другие были мобилизованы на оборонительные работы. Но созданный научно-педагогический коллектив сохранился, занятия и исследования проводились и в военное время.

В послевоенный восстановительный период институт продолжал развиваться, выполняя свои функции по выпуску специалистов для текстильной промышленности страны. В дальнейшем, когда вновь организованное региональное управление народным хозяйством поставило задачу подготовки инженерных кадров для промышленности области, институт начал выпускать специалистов для машиностроения, лесной и деревообрабатывающей промышленности, экономистов, автоматчиков и получил статус технологического. И уже в недавнем прошлом в результате потребностей экономики страны появились новые специальности и специализации, основанные на автоматизированных и информационных технологиях, стал более современным и совершенным уровень учебно-методической работы. Как следствие, вуз получил статус государственного технологического университета.

Несмотря на то, что номенклатура специальностей расширилась, вуз сохранил и сохраняет традиционную текстильную направленность. Все основные научные школы и научные направления связаны с текстильной промышленностью и машиностроением для текстильной и легкой промышленности. Наука на многих общеобразовательных кафедрах основывается также на потребностях этих научных направлений.

Первой научной школой следует называть школу первичной обработки лубоволокнистого сырья. И это вызвано не только

движением по ходу технологического процесса, но и тем, что эта специальность и это направление исследований имеются только в костромском вузе. Главой и создателем этого направления был проф. А.Н. Сивцов – вдохновитель и участник процесса создания промышленности первичной обработки лубяных волокон в стране. При нем преподаватели и аспиранты вели работы по изучению свойств сырья, промышленным способам биохимической обработки материалов, механическими процессам обработки тресты и волокна. Первым учеником и последователем А.Н.Сивцова был Н.Н.Суслов. Сам он занимался комплексом механических операций обработки тресты, а вместе с аспирантами – всеми переходами, которые имели место при промышленной обработке лубяных волокон. К этой научной школе следует отнести А.Б.Кузьминского – автора теории трепания длинного льняного волокна, И.Н.Левитского – разработавшего оригинальный способ обработки льняных стеблей путем взаимодействия их с неподвижными рабочими органами, А.М. Ипатову – создателя теории подготовительных операций к механической обработке стеблей, Б.И.Смирнова – автора способа обработки стеблей в валках полового профиля. В настоящее время кафедру и НИИ первичной обработки лубяных культур возглавляет проф. Е.Л.Пашин, выпускник института, занимающийся проблемами льняного материаловедения, новыми приемами в технологии обработки льна.

Параллельно с исследованиями механических процессов проводились работы по изучению условий температурно-влажностной обработки лубоволокнистых материалов. Это направление возглавляли профессор И.М.Фальковский и Н.Д.Хомуцкий. Ими совместно с аспирантами и преподавателями изучены практически все процессы сушки и увлажнения широкой гаммы материалов – стеблей льна, конопли, кенафа после различных способов обработки, длинного и короткого лубяного волокна.

В технологии льна изучались различные технологические операции. Исследования процессов прядения льна возглавлял проф. В.Г. Комаров. Они охватывали все операции от чесания и бункерного питания машин до механизации отдельных процессов на прядильных машинах. Итогом исследований В.Г. Комарова несомненно следует считать методы проектирования льняных пряж по заданным свойствам исходного сырья. Сегодня процессы прядения льна исследуются под руководством доцентов В.Б. Симонова и Л.С. Ильина.

Проф. П.П. Трыков еще в довоенные годы предложил способ формирования пряжи пневмомеханическим способом. В дальнейшем его идеи воплотились в создании технологии производства композитных, армированных нитей, обладающих широкими свойствами, зависящими от выбранных компонентов, пневмомеханическим и другими способами. Сегодня под руководством Ю.Б. Федорова создан способ получения таких нитей, эффективно использующихся в качестве каркаса для термостойких материалов, материалов с оригинальными фрикционными свойствами и в тканях с фасонными эффектами на базе прядильно-крутильной машины. В последние годы способ производства комбинированных нитей из нескольких компонентов на машинах типа ПСК разработан под руководством проф. А.А. Телицына.

Основным направлением исследований преподавателей и аспирантов кафедры ткачества было и остается изучение процесса шлихтования льняных основ. Ранее работы осуществлялись под руководством доц. Д.Л. Парфенова. Сегодня процесс шлихтования льняных основ изучается под руководством профессоров А.Б. Брут-Бруляко и В.В. Живетина. Одной из важных изучаемых проблем была и остается проблема процесса формирования тканей. К этому направлению относятся успешные исследования проф. Н.В. Лустгартен с ее многочисленными аспирантами и проф. С.В. Ямщикова.

В 60-е годы под руководством проф. Г.Н. Морозова изучался процесс фильтра-

ции жидкостей в телах намотки текстильных паковок. К сожалению, в настоящее время исследования этого направления не проводятся.

На механическом факультете функционируют две научные школы механического направления. Первая из них, созданная проф. В.Н. Аносовым, имеет в основе методы исследования и проектирования исполнительных органов текстильных машин. Объектом исследований преподавателей и аспирантов кафедр факультета – это весь спектр механизмов текстильных машин, от машин первичной обработки волокнистых материалов, до машин отделочного производства. Кроме В.Н. Аносова руководителем аспирантов данного направления был А.П. Саввин. В рамках этой школы работали и продолжают работать профессора Г.К. Кузнецов, В.А. Степанов, Ю.В. Белов, В.А. Мартышенко, С.Е. Проталинский, А.К. Наумов. В этом направлении работают и прибывшие из Ташкента профессора А.П. Соркин и Р.В. Корабельников. Сегодня школа охватывает современные методы исследований, применение информационных технологий при проектировании нового текстильного оборудования и при его модернизации.

Второе направление исследований создано проф. М.И. Худых и посвящено надежности текстильного оборудования, долговечности деталей и узлов машин, методам восстановления работоспособности механизмов, рациональным условиям эксплуатации текстильных машин. В рамках этой научной школы изучались, пожалуй, машины всех переходов текстильного производства для всех видов волокон. Сегодня достойными продолжателями исследований этого направления являются профессоры Г.М. Травин и В.А. Гусев.

Вопросам экономики и обслуживания текстильного оборудования посвящены многочисленные работы проф. М.Г. Соболева. На механическом факультете работает научный семинар по текстильному машиноведению, являющийся филиалом семинара по теории механизмов и машин Российской академии наук.

Применение информационных технологий для проектирования тканей и рационального раскроя швейных изделий, начавшееся еще в 70-е гг. под руководством доц. М.И. Глинера, продолжены его воспитанниками. Последние годы это направление возглавлял профессор Е.А. Смирнов. Сейчас исследования ведутся на кафедре вычислительной техники под руководством проф. М.Г. Левина.

К работам специальных текстильных кафедр широко привлекаются преподаватели кафедр общеобразовательного цикла – теоретической механики, сопротивления материалов, высшей математики и ряда других. Следует специально отметить фундаментальные исследования химии льна, проведенные доц. М.А. Соболевым и продолженные проф. А.Н. Ивановым. В изучении проблем деятельности инженерно-производственных коллективов, в том числе и коллективов текстильных предприятий, принимали участие экономисты: профессора С.П. Сироткин, М.И. Скаржинский, А.В. Соловьев. Экономике и организации производства, на текстильных предприятиях посвящены фундаментальные исследования проф. З.В. Брагиной. Эти же экономические проблемы, но в переходный период, изучали профессора М.И. Беркович и А.Л. Немирова.

На определенном этапе в научных коллективах возникает проблема подготовки научной смены. В вузе уже до войны функционировала аспирантура. После войны подготовка научных кадров осуществлялась через аспирантуру, докторантуру, перевод на должность старших научных сотрудников. С 1965 г. в КТИ начал работать диссертационный совет по защите кандидатских диссертаций по текстильным специальностям, а с 1978 г. – также и по защите докторских диссертаций. Примечательно, что только в советах нашего вуза легитимно проводились защиты по специальности "Первичная обработка волокнистых материалов". Для проведения защит докторских диссертаций по текстильным специальностям был организован совет с привлечением профессоров из других вузов и научных учреждений. Сре-

ди них профессора Л.Н. Гинзбург (Москва, ЦНИИЛВ), Г.И. Мирошниченко и Г.И. Болдинский (Ташкент, ТИТЛП), П.П. Добровольский (Ленинград, ЛИТЛП), Е.Д. Ефремов (Иваново, ИВТИ), М.А. Тимонин (Глухов, ВНИИЛК). Таким образом, в совете практически были представлены все научные школы страны. С 1965 г. и по настоящее время в советах вуза защищено около 500 кандидатских и докторских диссертаций. Активно работает диссертационный совет и сейчас. В результате защит диссертаций в нем присуждены ученые степени доктора технических наук специалистам из разных вузов. Среди них Ю.М. Винтер, П.М. Мовшович, Г.Г. Павлов (Москва), И.И. Мигушов, В.Д. Фролов, М.Ф. Белов, В.Ф. Глазунов, В.Л. Маховер (Иваново), Р.В. Корабельников, А.П. Соркин, Б.Г. Кадыров, Р.З. Бурнашев, П.Н. Тютин (Ташкент), Б.И. Смирнов, Н.В. Лустгартен, В.А. Степанов, А.М. Ипатов, Е.Л. Пашин (Кострома) и др. Многие из защитившихся сегодня – члены нашего диссертационного совета.

Наука в вузе не является самоцелью. Ее достижения находят прямое использование в промышленных организациях и служат основой учебно-методического процесса на текстильных и смежных кафедрах. Для реализации полученных научных результатов в производстве коллективы кафедр и НИСа связаны с НИИ, конструкторскими бюро, непосредственно с производственными предприятиями. Университет имеет постоянные связи с ЦНИИЛКА, ЦНИИ-Машдеталь, КНИИЛП и рядом других, конструкторскими бюро Костромы, Орла, Иванова, Пензы. Налажено сотрудничество с рядом текстильных предприятий и заводов текстильного машиностроения. С работниками промышленности проводятся совместные исследовательские работы. В 60-70 годы в институте работала специальная группа по внедрению выполненных научно-исследовательских работ под руководством лауреата Государственной премии СССР С.В. Гиляревского.

Научная работа профессорско-преподавательского коллектива через эрудицию преподавателей и совершенствова-

ние лабораторной базы имеет непосредственное влияние на учебный процесс. Достижениями коллектива являются многочисленные учебники по первичной обработке лубяных волокон, прядению льна, проектированию текстильных машин, надежности и ремонту оборудования, монографии по результатам отдельно выполненных научно-исследовательских работ. Многие учебники и монографии переведены на иностранные языки. Исследования специальных кафедр находят отражение и в методической документации общеинженерных дисциплин, таких как теоретиче-

ская механика, теория механизмов и машин и др.

Сегодня коллектив университета полон творческих сил и уверенно смотрит в будущее. Хочется верить, что текстильная наука, текстильное образование и в дальнейшем будут главенствующими приоритетами для вуза, будут обеспечивать прогресс в производстве, в воспитании научных и инженерных кадров для текстильной промышленности.

Поступила 26.02.02.

УДК 378.147

## **РЕИНЖИНИРИНГ ОРГАНИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ШВЕЙНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

*Н.С. МОКЕЕВА, Е.В. ПРОФОРУК*

**(Новосибирский технологический институт Московского  
государственного университета дизайна и технологии)**

Современные швейные предприятия функционируют в условиях неопределенности и динамичности социально-экономической среды. Непрерывные и существенные изменения в технологиях, рынках сбыта и потребностях клиентов стали обычным явлением и предприятия, стремясь сохранить свою конкурентоспособность, вынуждены перестраивать корпоративную стратегию и тактику. Кардинально меняется роль и образ клиентов предприятий. Безликого массового потребителя сменяет индивидуальный заказчик. Данные обстоятельства нарушают организационную стабильность предприятий и нацеливают на поиск или формирование организационных структур, позволяющих перестроить их деятельность [1].

Для перехода швейных предприятий на качественно новый уровень организационного развития особое внимание необходимо уделить следующим вопросам: ориен-

тации на производственный процесс и клиента; внедрению современных информационных технологий; ресурсосберегающим стратегиям; приоритету горизонтальных связей между подразделениями.

В центре реорганизации процессов должно стоять удовлетворение запросов не только внешних, но и внутренних клиентов. В связи с этим особую актуальность приобретают вопросы классификации целей, задач, информации и полномочий на каждом уровне управления, а также проблемы взаимодействия между различными подразделениями предприятия.

Нами предлагается проект реинжиниринга действующего технологического процесса (ТП) изготовления швейных изделий в ОАО "Северянка".

Задачами реорганизации ТП являются:  
– повышение эффективности ТП, приведение его в соответствие с иерархией целей;

– создание организационной структуры, направленной на поддержку выполнения ТП;

– создание информационной системы поддержки выполнения ТП.

Особое внимание в настоящей работе уделено анализу функциональных обязанностей инженерно-технического персонала и исследованию информационных потоков в швейном цехе с целью разработки (и последующего внедрения) прогрессивных форм организации труда, а также эффективного управления документооборотом.

Для решения поставленных задач предлагаются следующие этапы.

1. Функциональное и информационное обследование швейного цеха. Цель этого этапа состоит в сборе подробной информации о решаемых задачах, приоритетах, показателях эффективности, организационной структуре, выполняемых функциях и сопутствующих им информационных потоках.

2. Разработка функциональных моделей существующей ("как есть") организации ТП.

3. Анализ эффективности существующей организации ТП: анализ существующего уровня и методов информационной поддержки ТП, динамический анализ загрузки и распределения ресурсов и др.

4. Разработка функциональных и информационных моделей рациональной ("как должно быть") организации ТП.

5. Оценка эффективности предлагаемых решений. На этом этапе проводится расчет значений выделенных ранее показателей эффективности ТП, соответствующих моделям "как должно быть", их сопоставление со значениями, полученными для модели "как есть", анализ различий.

6. Разработка поэтапного плана реорганизации ТП и проекта информационной системы швейного цеха.

Функциональное и информационное обследование осуществляли с использованием методологии функционального моделирования IDEFO, позволяющей представить любую процедуру или процесс в виде иерархической системы взаимосвязанных функций. В терминах IDEFO процесс

представляется в виде комбинации функциональных блоков и дуг. Блоки используются для представления функций, составляющих процесс, и сопровождаются текстами на естественном языке. Дуги представляют множество объектов, таких как физические объекты, информация или действия, которые образуют связи между функциональными блоками.

Место соединения дуги с блоком определяет тип интерфейса. Управляющие, регламентирующие или нормативные данные входят в блок сверху. Исходные данные (материалы и документы), которые обрабатываются при выполнении данной функции, отображаются с левой стороны блока. Результаты выполнения функции отображаются с правой стороны. Механизм-специалист, осуществляющий операцию, изображается дугой, входящей в блок снизу.

Выполнение этапов реорганизации с использованием данной методологии можно пояснить на примере процедуры составления и утверждения организационно-технологической схемы (разделения труда), как это показано на рис. 1.

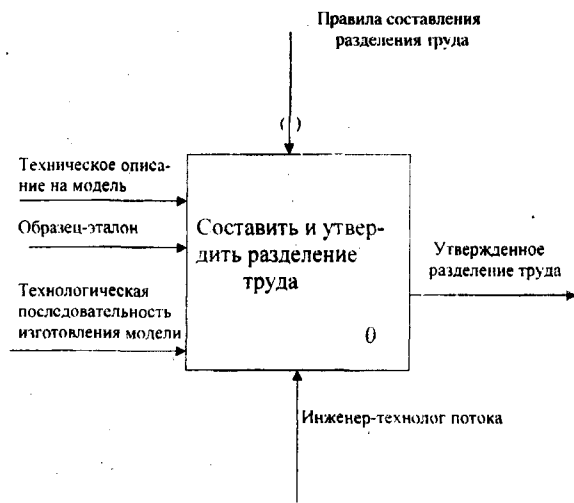


Рис. 1

Методология IDEFO позволяет декомпозировать любой функциональный блок на диаграмме нижнего уровня, содержащей взаимосвязанное подмножество функций данного блока.





Рис.2

На рис.2 представлена декомпозиция блока "Составить и утвердить разделение труда", из которой следует, что согласование и утверждение документа состоит из более мелких функций: составить разделение труда; согласовать разделение труда; утвердить разделение труда.

На IDEFO-диаграммах имеется особый тип дуг, называемых тоннельными. Данные, представляемые этими дугами, не рассматриваются на соответствующем уровне декомпозиции. Такие дуги заключаются в скобки. На рис.1 тоннельной дугой является управляющая дуга "Правила составления разделения труда", а на рис.2 – дуга "Отклоненное разделение труда".

Рассматриваемая методология не ограничивает число уровней декомпозиции.

Это в свою очередь дает возможность получать модель каждой процедуры, составляющей ТП, с требуемой степенью детализации. Построив таким образом комплект диаграмм, мы можем получить формальное описание организации действующего ТП изготовления швейных изделий и схему действующего документооборота.

#### ЛИТЕРАТУРА

1: Hammer M. and Champy J. Reengineering the corporation: A Manifesto for the Business Revolution. – New York, HarperCollins, 1993.

Рекомендована кафедрой технологии и дизайна швейных изделий. Поступила 07.12.01.

УДК 677.072.61:001.8

**КОМПЬЮТЕРНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ КРУЧЕНОЙ ПРЯЖИ**

Д.П. ЗУБКО, Н.А. КОРОБОВ, Б.Н. ГУСЕВ

(Ивановская государственная текстильная академия)

В целях совершенствования методов измерения показателей скрученности пряжи с использованием современных компьютерных средств первоначально теоретически определяли вид поверхности крученой пряжи. Объектом исследования служила хлопчатобумажная пряжа линейной плотности 32,0 текс × 2 с вторичной круткой 416 кр/м.

Согласно [1] модель поверхности крученой нитки относили к цилиндрической винтовой поверхности, а ее линии очерка описывали уравнениями циклоиды. Анализ поверхности крученой пряжи показал, что при построении ее проекции на плоскость, параллельную оси пряжи в пределах одного кручения, она также проецируется в виде циклоиды.

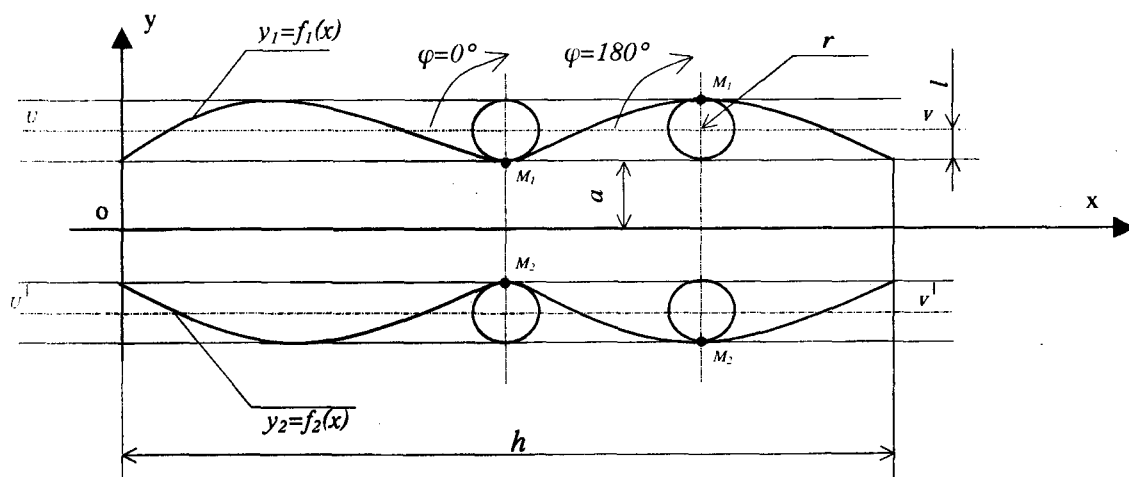


Рис.1

Для записи уравнений циклоиды расположим систему координат таким образом, чтобы ось  $ox$  совпадала с продольной осью крученой пряжи (рис.1).

Зададимся радиусом  $r$  производящего круга, расстоянием от точки  $M$  до центра производящей окружности  $l$ , постоянным значением  $a$ , характеризующим смещение

циклоиды вдоль оси  $oy$  и построим линии очерка пряжи  $y_1 = f_1(x)$  и  $y_2 = f_2(x)$ . Угол поворота  $\varphi$  характеризует поворот точки  $M$  от ее начального положения. Диапазон изменения угла  $\varphi$  от 0 до  $2\pi$ . При построении линии очерка  $y_2$  необходимо учитывать, что линия очерка  $y_2 = f_2(x)$  имеет фазовый сдвиг  $\alpha = \varphi + 180^\circ$ .

С учетом вышеизложенного параметрические уравнения линий очерка крученной пряжи в общем виде запишутся так:

для  $y_1 = f_1(x)$ :

$$\begin{aligned} x &= r\varphi - l \sin\varphi, \\ y &= (a + r) - l \cos\varphi. \end{aligned} \quad (1)$$

для  $y_2 = f_2(x)$ :

$$\begin{aligned} x &= r\varphi - l \sin(\varphi + \alpha), \\ y &= -(a + r) + l \cos(\varphi + \alpha). \end{aligned} \quad (2)$$

Используя полученные уравнения и учитывая диаметр  $d_{пр}$  однониточной пряжи, рассчитаем основные показатели модели поверхности крученной пряжи, приведенные в табл. 1.

Таблица 1

Наименование показателей	Обозначение	Значение
Средний шаг крутки, мм	$h$	2,54
Радиус производящей окружности, мм	$r = h/4\pi$	0,2
Линия центра производящей окружности, мм	$l = d_{пр}/4$	0,08
Смещение циклоиды, мм	$a = d_{пр}/2$	0,16

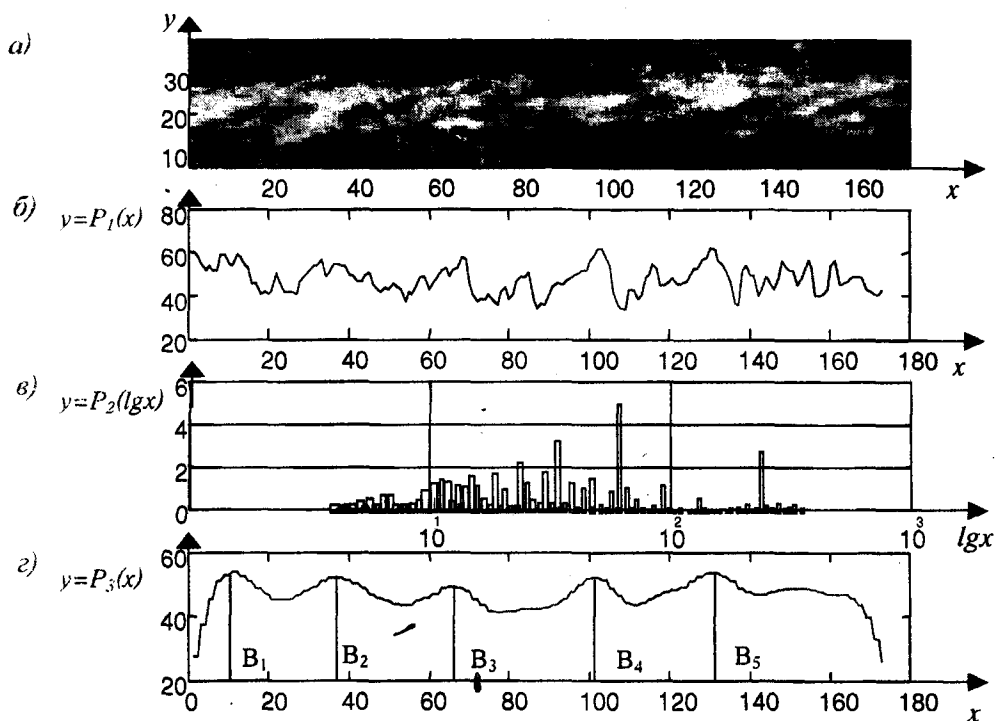


Рис.2

Компьютерное изображение поверхности крученной пряжи (рис.2-а) получали с помощью бытового планшетного сканера. Изображение получено с разрешением 600 пикселей на дюйм, а размер изображения по вертикальной и горизонтальной осям указан в пикселях. Визуальный анализ изображения поверхности пряжи показывает – по нему невозможно четко определить линии очерка поверхности пряжи. Это связано с тем, что реальная крученная

пряжа обладает неравномерностью по линейной плотности однониточной пряжи и ворсистостью, наличие которых и не позволяет однозначно установить границы пряжи. В связи с этим возникла необходимость в дополнительной информации о цифровом изображении.

Один из важнейших параметров при цифровом изображении – это тоновая характеристика, содержащая уровни распределения тонов между темными и светлыми

участками изображения. Для исследуемого объекта использовали серое полутоновое изображение, где тоновая характеристика определялась числовым диапазоном от 0 до 64. Нулевому значению соответствовал черный цвет, максимальному значению – самые светлые участки изображения.

Чтобы рассмотреть тоновый рисунок крученой пряжи, использовали изображение по линии, проходящей по центральной части пробы. В результате получили функцию  $y = P_1(x)$  (рис.2-б). Анализ распределения яркости по длине этой функции свидетельствует, что наиболее яркие участки изображения приходятся на места перегибов однониточной пряжи. Согласно [2] в принятой выше математической модели наиболее яркие участки изображения приходятся на положение максимумов на линии  $y_1 = f_1(x)$  и минимумов на линии  $y_2 = f_2(x)$ . Количество максимумов (минимумов) яркости изображения поверхности пряжи является показателем, отражающим количество кручений на исследуемом отрезке пряжи.

В целях уточнения среднего расстояния появления максимумов яркости функции  $y = P_1(x)$  первоначально получали амплитудный спектр на основе преобразования [3]:

$$P_{2s}(x) = \sqrt{b_s^2 + c_s^2} \quad (3)$$

Коэффициенты  $b_s$  и  $c_s$  определяли по формулам численного интегрирования:

$$b_s = \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n P_{1i}(x) \cos \frac{2\pi}{s} \quad (4)$$

$$c_s = \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n P_{1i}(x) \sin \frac{2\pi}{s} \quad (5)$$

где  $s$  – длина волны;  $n$  – длина вектора изображения.

Результаты вычислений, представленные в логарифмическом масштабе на рис.2-в, показывают, что максимальная амплитуда в спектре соответствует среднему значению расстояния появления максимумов яркости в изображении пряжи, что является полшагом крутки.

Для получения информации о неравномерности шага крутки использовали вейвлет-анализ [4]. Применение данного преобразования позволяет разделять крупные и мелкие детали сигналов с учетом одновременной локализации их на временной оси. В общем виде преобразование равно скалярному произведению функции  $P_1(x)$  и базисной функции  $\psi_{z,q}(x)$ :

$$P_3(x) = \langle P_1(x), \psi_{z,q}(x) \rangle = z^{-1/2} \int_{-\infty}^{+\infty} \psi\left(\frac{x-q}{z}\right) P_1(x) dx \quad (6)$$

Представим базисные функции в виде

$$\psi_{z,q}(x) = z^{-1/2} \psi\left(\frac{x-q}{z}\right) \text{ при } z \in \mathbb{R}^+, q \in \mathbb{R} \quad (7)$$

где  $z$  – параметр масштаба;  $q$  – параметр, характеризующий положение по оси  $ox$ .

Графическая интерпретация данного преобразования изображена на рис.2-г. Числовой анализ полученных результатов

с учетом функции  $P_3(x)$  показывает на неравномерность появления максимумов яркости в изображении на участке  $B_1B_5$  (рис.2-г). Соответствующие расчеты приведены в табл.2.

Таблица 2

Отрезок	$B_1B_2$	$B_2B_3$	$B_3B_4$	$B_4B_5$
Длина, мм	1,19	1,27	1,31	1,27

## ВЫВОДЫ

Разработана и апробирована методика теоретического и экспериментального исследования параметров скрученности крученой пряжи с использованием компьютерных средств.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гусев Б.Н. и др. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1985, № 1.

2. Грузман И.С. и др. Цифровая обработка изображений в информационных системах. – Новосибирск: НГТУ, 2000.

3. Лазарев Ю.Ф. MatLAB 5.x – Киев: Изд. группа ВНУ, 2000.

4. Новиков Л.В. Основы вейвлет-анализа сигналов. – С.-П.: РАН, 1999.

Рекомендована кафедрой прикладной математики и информационных технологий. Поступила 03.12.01.

УДК 677.9:17

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗРЫВНОЙ НАГРУЗКИ ХЛОПЧАТОБУМАЖНОЙ ПРЯЖИ КОЛЬЦЕВОГО СПОСОБА ПРЯДЕНИЯ

Ю.С. ШУСТОВ

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

Основными параметрами, влияющими на разрывную нагрузку пряжи, полученной из однородных волокон, являются [1]:

$$P_{\text{пр}} = f(P_{\text{вол}}, T_{\text{вол}}, L_{\text{шт}}, \rho, K, n), \quad (1)$$

где  $P_{\text{пр}}$  – разрывная нагрузка пряжи, Н;  $P_{\text{вол}}$  – разрывная нагрузка волокна, сН;  $T_{\text{вол}}$  – линейная плотность волокна, текс;  $T_{\text{пр}}$  – линейная плотность пряжи, текс;  $L_{\text{шт}}$  – штапельная длина волокна, мм;  $\rho$  – плотность волокна, мг/мм<sup>3</sup>;  $K$  – крутка пряжи, кр/м;  $n$  – число волокон в сечении пряжи ( $n = T_{\text{пр}} / T_{\text{вол}}$ ).

Представим эти параметры через размерности (ГОСТ 8.417 – 81):

$$\begin{aligned} P_{\text{пр}} &= P_{\text{вол}} = [M]^1 [L]^1 [T]^{-2}, \\ T_{\text{пр}} &= T_{\text{вол}} = [M]^1 [L]^1 [T]^0, \\ L &= [M]^0 [L]^1 [T]^0, \\ \rho &= [M]^1 [L]^{-3} [T]^0, \\ K &= [M]^{-1} [L]^0 [T]^0. \end{aligned}$$

В качестве основных параметров принимаем:  $P_{\text{вол}}, T, \rho$ .

Выбор этих показателей связан с необходимостью соблюдения второго условия подобия [2], то есть система уравнений имеет решение, если составленный из коэффициентов уравнения определитель будет отличен от нуля:

$$\Delta = \begin{vmatrix} \mu_p & \lambda_p & \tau_p \\ \mu_T & \lambda_T & \tau_T \\ \mu_\rho & \lambda_\rho & \tau_\rho \end{vmatrix} \neq 0.$$

Подставив в соответствующие значения  $\mu_i, \lambda_i, \tau_i$  величины  $P, T, \rho$ , находим

$$\Delta = \begin{vmatrix} 1 & 1 & -2 \\ 1 & -1 & 0 \\ 1 & -3 & 0 \end{vmatrix} = 4.$$

Следовательно  $P, T, \rho$  можно взять в качестве основных параметров.

Для нахождения критериев подобия используем метод нулевых размерностей. Уравнение (1) выразим так:

$$\frac{P_{\text{пр}}}{[P_{\text{вол}}]^{\alpha_p} [T_{\text{вол}}]^{\beta_p} [Q]^{\gamma_p}} = f \left( \frac{1}{[P]^{\alpha_1} [T]^{\beta_1} [Q]^{\gamma_1}} \frac{K}{[P]^{\lambda_K} [T]^{\beta_K} [Q]^{\gamma_K}} \right). \quad (2)$$

Рассмотрим первый комплекс.

$$\begin{aligned} \frac{P_{\text{пр}}}{[P_{\text{вол}}]^{\alpha_p} [T_{\text{вол}}]^{\beta_p} [Q]^{\gamma_p}} &= \frac{[M]^1 [L]^1 [T]^{-2}}{[M]^{\alpha_p} [L]^{\alpha_p} [T]^{\alpha_p} [M]^{\beta_p} [L]^{-\beta_p} [M]^{\gamma_p} [L]^{-3\gamma_p}} = \\ &= [M]^{1-\alpha_p-\beta_p-\gamma_p} [L]^{1-\alpha_p+\beta_p+3\gamma_p} [T]^{-2+2\alpha_p}, \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} [M] &= 1 - \alpha_p - \beta_p - \gamma_p = 0, \\ [L] &= 1 - \alpha_p + \beta_p + 3\gamma_p = 0, \\ [T] &= -2 + 2\alpha_p = 0. \end{aligned}$$

Решая систему уравнений, получаем  $\alpha_p = 1$ ,  $\beta_p = 0$ ,  $\gamma_p = 0$ . Подставляя найденные значения в уравнение (3), имеем

$$\frac{P_{\text{пр}}}{[P_{\text{вол}}]^1 [T_{\text{вол}}]^0 [Q]^0} = \frac{P_{\text{пр}}}{P_{\text{вол}}}. \quad (4)$$

Рассмотрим второй показатель.

$$\begin{aligned} \frac{\ell_{\text{шт}}}{[P_{\text{вол}}]^{\alpha_1} [T_{\text{вол}}]^{\beta_1} [Q]^{\gamma_1}} &= \frac{[L]^1}{[M]^{\alpha_1} [L]^{\alpha_1} [T]^{-2\alpha_1} [M]^{\beta_1} [L]^{-\beta_1} [M]^{\gamma_1} [L]^{-3\gamma_1}} = \\ &= [M]^{-\alpha_1-\beta_1-\gamma_1} [L]^{1-\alpha_1+\beta_1+3\gamma_1} [T]^{2\alpha_1}, \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} [M] &= -\alpha_1 - \beta_1 - \gamma_1 = 0, \\ [L] &= 1 - \alpha_1 + \beta_1 + 3\gamma_1 = 0, \\ [T] &= 2\alpha_1 = 0. \end{aligned}$$

Решая данную систему уравнений, получаем:  $\alpha = 0$ ,  $\beta = 1/2$ ,  $\gamma = -1/2$ .

Подставляя найденные значения в (5), имеем

$$\frac{\ell_{\text{шт}}}{[P]^0 [T]^{1/2} [Q]^{-1/2}} = \frac{\ell_{\text{шт}} \sqrt{Q}}{\sqrt{T}}. \quad (6)$$

Рассмотрим третий показатель.

$$\frac{K}{[P]^{\alpha_k} [T]^{\beta_k} [Q]^{\gamma_k}} = \frac{[L]}{[M]^{\alpha_k} [L]^{\alpha_k} [T]^{-2\alpha_k} [M]^{\beta_k} [L]^{-\beta_k} [M]^{\gamma_k} [L]^{-3\gamma_k}} =$$

$$= [M]^{-\alpha_k - \beta_k - \gamma_k} [L]^{-1 - \alpha_k + \beta_k + 3\gamma_k} [T]^{-2\alpha_k},$$

$$\begin{aligned} [M] &= -\alpha_k - \beta_k - \gamma_k = 0, \\ [L] &= -1 - \alpha_k + \beta_k + 3\gamma_k = 0, \\ [T] &= -2\alpha_k = 0. \end{aligned}$$

Решая систему уравнений, получаем  $\alpha_k = 0, \beta_k = -1/2, \gamma_k = 1/2$ .

Подставляя найденные значения в уравнение (7), определяем третий показатель:

$$\frac{K}{[P]^0 [T]^{-1/2} [Q]^{1/2}} = \frac{K\sqrt{T}}{\sqrt{Q}}. \quad (8)$$

После нахождения всех критериев подобия уравнение (1) можно представить в виде

$$P_{пр} = P_{вол} \frac{T_{пр}}{T_{вол}} L_{шт} K. \quad (9)$$

Для уточнения функциональной зависимости (9) на Ногинской прядильной фабрике №2 (Московская область) выработаны образцы хлопчатобумажной пряжи кольцевого способа прядения.

В табл.1 приведены исходные и расчетные данные для определения разрывной нагрузки пряжи.

Таблица 1

$P_{вол}$ , сН	$T_{вол}$ , текс	$T_{пр}$ , текс	$L_{шт}$ , мм	$K$ , кр/м	$P_{пр}$ факт, Н	$P_{пр}$ расч, Н	Отклонение от расчетного значения, %
4,6	0,146	9,3	39,5	1163	1,41	1,42	0,7
4,6	0,146	12,5	39,1	1031	1,96	1,92	2,1
4,6	0,146	14,9	38,4	955	2,25	2,29	1,8
4,6	0,146	18,0	34,6	928	2,89	2,78	3,9
	0,146	24,4	33,1	762	3,63	3,81	5,0

В результате использования результатов табл.1 получена аппроксимирующая зависимость

$$P_{пр} = P_{вол} \frac{T_{пр}}{T_{вол}} \frac{KL_{шт}}{(2,12KL_{шт} - 2,67)}. \quad (10)$$

## ВЫВОДЫ

На основе теории подобия и анализа размерностей разработана методика, позволяющая найти функциональный вид

зависимости разрывной нагрузки пряжи от исходных параметров.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Соловьев А.Н. Проектирование свойств пряжи в хлопкопрядильном производстве: Дис. ... докт. техн. наук. – Москва, 1951.
2. Бекман А.А. Введение в теорию подобия. – М.: Высшая школа, 1973.

Рекомендована кафедрой текстильного материаловедения. Поступила 23.11.01.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ СВОЙСТВ НЕТКАНЫХ ФИЛЬТРОВАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПОСЛЕ ИХ ТЕРМООБРАБОТКИ

Ю.Я. ТЮМЕНЕВ, Н.В. ВОРОНЦОВА, Г.К. МУХАМЕДЖАНОВ

(Московский государственный университет сервиса,  
ОАО "Научно-исследовательский институт нетканых материалов")

Объектом исследования служило нетканое неглопробивное полотно, вырабатываемое в ОАО «Научно-исследовательский институт нетканых материалов» (г. Серпухов), основные характеристики которого следующие:

поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup> .....	460
разрывная нагрузка вдоль, даН.....	60
разрывная нагрузка поперек, даН.....	120
воздухопроницаемость, дм <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> ·с.....	120
среда эксплуатации.....	кислая
минимальный размер задерживаемых частиц, мкм.....	15
эффективность очистки, %.....	98

В работе использовали стандартные методы испытаний свойств нетканых полотен, а также методы математического планирования и статистической обработки результатов эксперимента [1].

С целью определения области температурно-временного воздействия, в котором сохраняется работоспособность нетканого фильтровального материала, нами выполнен предварительный эксперимент, основным критерием которого выбрана

воздухопроницаемость.

Исследуемые свойства нетканого фильтровального полотна изучали в зависимости от двух факторов: температуры и времени. Определяли максимальное время выдержки образца при максимально допустимой температуре, при которой образец сохраняет свои свойства, и сравнивали показатель воздухопроницаемости при разных параметрах температуры и времени.

Для изучения процессов фильтрации и построения многофакторных нелинейных математических моделей осуществлен ротатбельный центральный композиционный эксперимент (РЦКЭ).

Полученные результаты обработаны на ЭВМ с применением программы MathCAD 8.0 и получены математические модели изучаемых процессов в виде уравнений регрессии второй степени для воздухопроницаемости  $V$ , дм<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>·с; коэффициента пропускания пыли  $\epsilon$ , %; гидравлического сопротивления  $P$ , кПа, а также их относительных изменений:

$$V = 277,83 - 0,54t + 9,34 \cdot 10^{-4}t^2 + 82,95\tau - 4,32\tau^2 - 0,26t\tau,$$

$$\Delta V_{\text{отн}} = 44,62 - 0,28t + 4,85 \cdot 10^{-4}t^2 + 43,21\tau - 2,25\tau^2 - 0,14t\tau,$$

$$\epsilon = -748,27 + 7,25t - 0,02t^2 + 5,23\tau - 0,71\tau^2,$$

$$\Delta \epsilon_{\text{отн}} = -6,57 \cdot 10^4 + 635,61t - 1,51t^2 + 458,75\tau - 62,56\tau^2 - 0,53t\tau,$$

$$P = 358,01 + 1,32t - 3,18 \cdot 10^{-3}t^2 + 0,39\tau - 0,45\tau^2 + 0,1t\tau,$$

$$\Delta P_{\text{отн}} = -27,97 + 0,27t - 6,4 \cdot 10^{-4}t^2 + 0,08\tau - 0,09\tau^2.$$



Данные математические модели подвергались графической интерпретации.

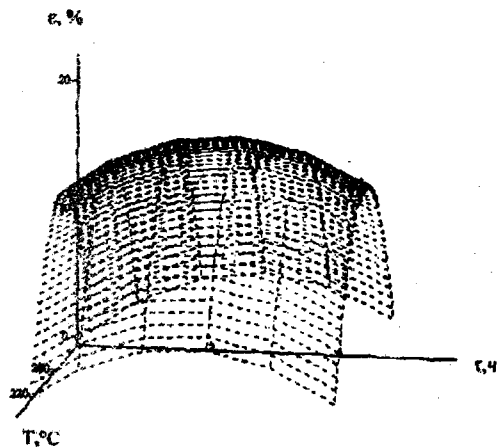


Рис. 1

На рис.1 приведен график зависимости коэффициента пропуска пыли исследуемого материала от температуры и времени воздействия.

Анализируя полученные уравнения, заключаем, что после термообработки все рассматриваемые фильтрационные харак-

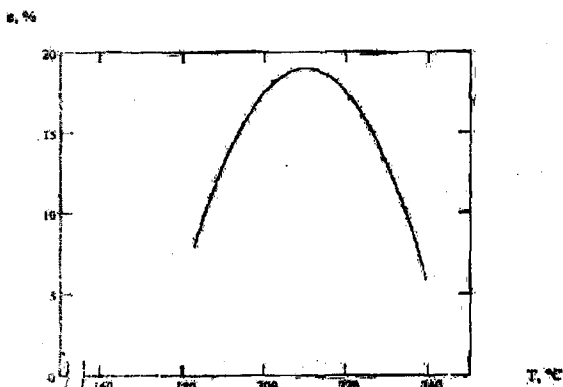


Рис. 3

На II этапе термообработки (210...260°C) коэффициенты  $\epsilon$  и  $\nu$  резко снижаются (рис.3 – зависимость коэффициента пропуска от температуры; рис. 4 – зависимость воздухопроницаемости от температуры).

## ВЫВОДЫ

На основании анализа полученных уравнений установлено, что температурно-

теристика изменились незначительно. уменьшилась воздухопроницаемость, увеличился коэффициент пропуска, снизилось гидравлическое сопротивление.

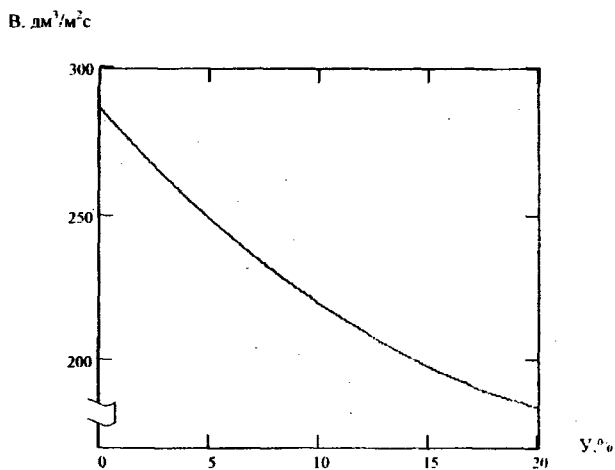


Рис. 2

Уплотнение структуры материала приводит к снижению воздухопроницаемости (рис.2).

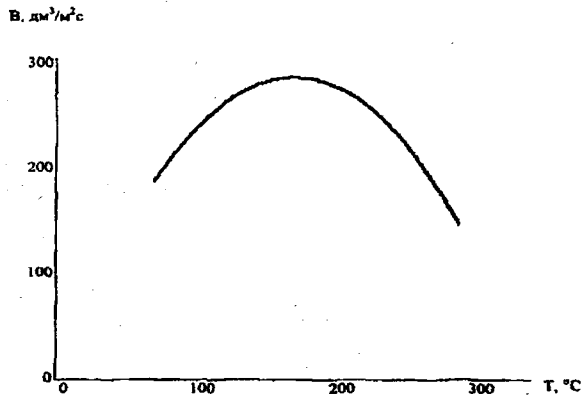


Рис. 4

временные воздействия оказывают незначительное влияние на изменение фильтрационных характеристик НФМ.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Соловьев А.Н., Кирюхин С.М. Оценка и прогнозирование качества текстильных материалов. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984.

Рекомендована научно-техническим советом ОАО «НИИИМ». Поступила 24.09.01.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА ДЕФОРМАЦИЮ АРМИРОВАННЫХ НИТЕЙ

В. ГРИБИНЧА, М. КИРИЦЭ, Л. МАНЯ, П. СУФИЦКИЙ

(Ясский технический университет им. Г.Асаки, Румыния)

С помощью кольцевого способа прядения хлопка вырабатывали 4 варианта пряжи: 3 варианта армированных нитей, в которых в качестве сердечника использовались высокорастяжимые нити разного происхождения и разной длины, а для оплетки 100% хлопковых волокон, и один вариант хлопчатобумажной пряжи гребенной системы прядения.

Все варианты получали на одной прядильной машине из одинаковой ровницы, а

используемые технологические параметры были те же, что и для получения хлопчатобумажной пряжи метрического номера 65. Специальные устройства для растяжения и направления элементарной нити были отрегулированы так, чтобы растяжение сердечника обеспечивалось в диапазоне 200% (механическая вытяжка 2).

В табл.1 приведены примененные варианты нитей.

Т а б л и ц а 1

№	Линейная плотность $T, \text{Nm}$	Структура нитей, волокнистый состав	Код варианта
1	65(15,38)	хлопчатобумажная пряжа гребенной системы прядения	C
2	56.9(17,6)	сердечник из дорлостана 44 дтекс армированная нить – оплетка 100% гребенной хлопок	D 44
3	51.86(19,28)	сердечник из дорлостана 78 дтекс армированная нить – оплетка 100% гребенной хлопок	D 78
4	52,9(18,9)	сердечник из ацелана 70 дтекс армированная нить – оплетка 100% гребенной хлопок	A 70

Следует отметить, что линейная плотность хлопчатобумажной нити по сравнению с плотностью армированных нитей является дополнительной к линейной плотности высокорастяжимых монопнитей.

Для всех вариантов изучали влияние сухой термической обработки (температура воздуха 80...200°C, время 15 мин) и влажнотермической обработки (варка в течение 30 мин) на эластичность и изменение линейных размеров.

Эластичность  $C_3$  рассчитывали как отношение эластической компоненты деформации  $E_c$  к общей деформации  $E_t$ .

Для анализируемых нитей развитие этого параметра представлено в табл.2. Эластичность хлопчатобумажной пряжи нитей в области исследуемых температур (22...200°C) содержится между 72...87%, максимальное значение соответствует необработанной нити.

Таблица 2

Температура, °С	E <sub>T</sub> , %				M, %				C <sub>3</sub> , %				У, %			
	C	D44	D78	A70	C	D44	D78	A70	C	D44	D78	A70	C	D44	D78	A70
22	0,54	145,9	210,4	179,3	-	-	-	-	87,37	78,64	83,15	82,45	-	-	-	-
80	0,59	246,9	245,9	241,6	54,4	69,3	18,58	34,7	71,8	74,51	81,68	81,04	0,64	23,4	9,98	11,2
100	0,71	226,1	236,3	214,6	81,3	54,99	12,3	19,67	73,04	77,32	81,36	84,29	0,76	26,69	14,55	16,2
120	0,65	217,6	241,4	253,4	58,6	49,15	14,7	41,3	76,94	77,27	82,17	80,71	0,729	18,02	14,97	16,4
140	0,95	232,5	260,7	234,3	41,97	59,4	23,90	30,7	80	69,93	80,21	81,3	0,704	11,55	10,95	11,0
160	0,70	243,1	259,2	245,8	31,34	66,6	23,30	37,1	82,3	69,72	80,37	75,17	0,527	11,59	8,79	10,3
180	0,64	180,3	220,9	191,1	49,62	23,6	5	6,6	80	50,8	76,45	69,86	0,48	-10,0	-7,55	-9,5
200	0,77	78,6	142,8	110,3	73,13	-46,1	-32,1	-38,4	82,6	31,46	65,02	55,23	0,72	-89,8	-46,9	-64,3

У высокорастяжимых нитей влияние температуры до 160°C на параметр можно считать незначительным. При дальнейшем повышении температуры наблюдалось резкое снижение эластичности; при этом достигалось значение 31% для нити с сердечником из дорлостана 44 дтекс.

При всех температурах эластичность имела большие значения у нитей с большим содержанием высокорастяжимых мономеров. Для линейных плотностей близких высокорастяжимых нитей (70 и 78 дтекс), но разного происхождения (дорлостан и ацелан) эластичность имела аналогичное развитие.

Необходимо подчеркнуть, что, хотя значения эластичности хлопчатобумажной пряжи достаточно большие и в известных случаях превышают значения высокорастяжимых нитей, их способность к деформации очень мала (табл.2).

Способность к деформации E<sub>T</sub> армированных нитей с ядром, термически обработанных до 180°C включительно, больше способности необработанных нитей, а способность к деформации термически обработанных нитей при 200°C значительно уменьшается (табл.2).

В табл.2 приведены также относительные изменения общей M,% деформации обработанных нитей по сравнению с деформацией E<sub>TN</sub> необработанных нитей.

Значения изменения линейных размеров хлопчатобумажной пряжи очень малы (меньше единицы) и температура на них не оказывает влияния.

Термически обработанные армированные нити значительно изменяют начальную длину своих образцов, что указывает на существование двух явлений:

усадки – уменьшения начальной длины образцов, причем это явление обнаруживается до температуры 160°C;

притяжки – обратного процесса по отношению к усадке, что проявляется после 160°C.

Возникновение усадки и притяжки зависит от изменений, происходящих на уровне структуры высокорастяжимой нити под действием температуры.

Влажно-термическая обработка заключалась в кипячении образцов в дистиллированной воде в течение 30 мин. Наблюдалась тенденция уменьшения средних значений эластичности у обработанных нитей по сравнению со значениями необработанных нитей. Более выраженными различия были в случае хлопчатобумажной пряжи нити с малым содержанием растяжимых мономеров.

Получены также значения усадок в результате обработки при 100°C в воздухе и воде. Присутствие агента набухания (воды) оказывало противоположное влияние на две категории нитей: у хлопчатобумажной пряжи величина усадки возрастала на 170%, в то время как у армированных нитей усадка снижалась с 55 до 28%.

## ВЫВОДЫ

1. Температурные значения до 160°C у высокорастяжимых нитей не приводят к

значительным изменениям эластичности. Однако после этой температурной границы эластичность снижается на 60%.

2. Усадка у высокоэластичных нитей обнаруживается до температуры 160°C, а после данного значения температуры – притяжка.

3. Усадка нитей при 100°C в воздухе и при кипячении имеет различное развитие.

Присутствие воды приводит к росту усадки приблизительно на 170% у хлопчатобумажной пряжи и к снижению усадки 28...55% у высокоэластичных нитей.

Рекомендована кафедрой химии ИГТА. Поступила 19.02.02.

---

УДК 677.11.620

**ВЛИЯНИЕ ПОПЕРЕЧНОЙ ДЕФОРМАЦИИ ПРЯДИ СЫРЦА  
НА СТЕПЕНЬ ЕЕ НАГРУЖЕНИЯ ПРИ ТРЕПАНИИ***С.М. ВИХАРЕВ, А.Б. ЛАПШИН, Е.Л. ПАШИН***(Костромской государственной технологической университет,  
Всероссийский НИИ по переработке лубяных культур)**

Поперечная деформация текстильного материала при его взаимодействии с рабочими органами машин может приводить к изменению параметров, характеризующих эффективность технологического процесса [1,2]. Сложность моделирования эффектов поперечного деформирования текстильных материалов в контактных задачах предопределяет использование численных методов [3,4].

К специфическим особенностям процесса трепания льна относятся структурные и физические свойства обрабатываемого материала: слой льняного сырца состоит из не связанных друг с другом комплексов технических волокон. Поэтому установление в данном случае взаимосвязи между нормальными и касательными нагрузками в материале (в соответствии с положениями теории упругости) является чрезвычайно сложной задачей, так как при контакте с рабочими кромками била в слое происходит перемещение волокон как по длине пряжи, так и по толщине и ширине слоя. Усложняет задачу и комплекс динамических явлений на кромках (в частности, влияние сил инерции и эффектов высокоскоростного скользящего изгиба, определяющих эффективность процесса трепания). В таких условиях неопределенности применение численных методов моделирования приводит к дополнительным трудностям при обеспечении условия адекватности получаемых моделей реальным процессам.

Цель данной работы – получить аналитические зависимости для оценки поперечной деформации слоя льняного сырца на кромке била и изучить ее влияние на силы нормального давления на пряжу сырца при взаимодействии с билем трепального барабана.

Для построения модели взаимодействия, следуя [5], сформулируем следующие основные допущения и ограничения.

1. Гипотеза сплошности – условно считаем, что слой сырца состоит из сплошного вещества определенной плотности. Рассмотрим слой шириной  $b=1$  см с изменяющимися по длине пряжи толщиной и линейной плотностью.

2. Деформацией (искривлением) плоскости нормального поперечного сечения слоя пренебрегаем.

3. Изменение координаты центра масс элементарного участка слоя за счет его поперечной деформации не учитываем, то есть предполагаем, что эта координата соответствует середине сжатого слоя.

4. Взаимосвязью поперечной и продольной деформациями слоя на рабочей кромке (в силу указанных выше специфических особенностей процесса трепания льняного сырца) пренебрегаем.

5. Будем считать, что абсолютная величина деформации по всей зоне контакта в каждый момент времени постоянна.

Сформулированные допущения позволяют использовать вывод из [6, с.319...320] для расчета силы натяжения.

В целях простоты изложения приведем основные зависимости для случая неподвижной цилиндрической поверхности. Пусть абсолютно гибкий нерастяжимый сжимаемый слой сырца движется по закону  $S(t)$  ( $2h$  – толщина несжатого слоя), огибая неидеально гладкое неподвижное цилиндрическое тело диаметром  $2r$  в плоскости, перпендикулярной оси цилиндра, а

$$T = T_0 \exp\left(\frac{k\alpha r}{r+h-\Delta h}\right) + \mu \left[ \frac{a(r+h-\Delta h)}{kr} - V^2 \right] \left( \exp\left(\frac{k\alpha r}{r+h-\Delta h}\right) - 1 \right), \quad (1)$$

где  $T_0$ ,  $T$  – сила натяжения ведомой и ведущей ветви;  $k$  – коэффициент трения;  $\alpha$  – угол охвата;  $\mu$  – линейная плотность пряжи.

$$N = \left( \frac{T_0 - \mu V^2}{r+h-\Delta h} + \frac{\mu a}{k} \right) \exp\left(\frac{k\alpha r}{r+h-\Delta h}\right) - \frac{\mu a}{k}. \quad (2)$$

Кроме перечисленных выше допущений сформулируем еще одно: пусть между приращением напряжения  $\Delta\sigma$  за счет сжатия слоя и относительной деформацией  $\epsilon = (\Delta h/h)$  существует соотношение

$$\Delta\sigma = \frac{(N - N_0)\alpha r}{F} = E \left( \frac{\Delta h}{h} \right)^u, \quad (3)$$

где  $F$  – площадь поверхности контакта;  $F = b\alpha r$ ;  $E$ ,  $u$  – экспериментально опреде-

абсолютная деформация слоя вдоль всей зоны контакта составляет  $2\Delta h$ . Выберем произвольный момент времени  $t$ , когда слой имеет скорость  $v = dS(t)/dt$  и ускорение  $a = d^2S(t)/dt^2$  на участке, соприкасающемся с цилиндром.

Тогда [6]:

Аналогично, следуя [7, с. 102...104], можно показать, что нормальная реакция поверхности

ляемые параметры;  $N_0$  – нормальная реакция поверхности кромки без учета сжатия, то есть вычисленная по формуле (2) при  $\Delta h = 0$ .

Тогда из (3) следует

$$N = N_0 + bE(\Delta h/h). \quad (4)$$

Подставляя (4) в (2), получаем неявное уравнение относительно  $\Delta h$ :

$$\left( \frac{T_0 - \mu V^2}{r+h-\Delta h} + \frac{\mu a}{k} \right) \exp\left(\frac{k\alpha r}{r+h-\Delta h}\right) - bE \left( \frac{\Delta h}{h} \right)^u - \left( \frac{T_0 - \mu V^2}{r+h} + \frac{\mu a}{k} \right) \exp\left(\frac{k\alpha r}{r+h}\right) = 0. \quad (5)$$

Итак, определяя из (5)  $\Delta h$ , по формулам (1) и (2) найдем  $T$ ,  $N$ .

Выражения (1...5) получены для случая неподвижной цилиндрической поверхности.

Рассмотрим теперь взаимодействие пряжи ABC (рис. 1) с биллом OD трепального барабана. Здесь прядь сырца участвует в относительном и переносном движении. Силу натяжения  $T$  в зависимости от угла поворота барабана  $\varphi$  (рис. 1) вычислим по формуле

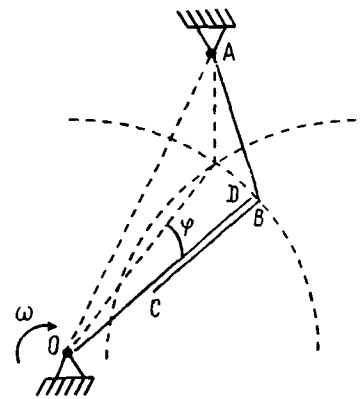


Рис. 1.

$$T(\varphi) = T_0 \exp(a\alpha) - \mu V^2 (\exp(a\alpha) - 1) - \mu(r+h-\Delta h) \left( W_K - \frac{W_r^t}{a} \right) (\exp(a\alpha) - 1) - \frac{\mu k r W_e^n}{1+a^2} (\exp(a\alpha) - \cos \alpha - a \sin \alpha) - \frac{\mu(r+h-\Delta h) W_e^n}{1+a^2} (a \exp(a\alpha) - a \cos \alpha - \sin \alpha), \quad (6)$$

где  $a = kr/(r+h-\Delta h)$ ;  $\alpha$  – угол охвата пряжей рабочей кромки D (рис. 1);  $T_0$  – сила натяжения пряжи за счет подбильной решетки;  $W_K$  – ускорение Кориолиса;  $W_r^t$  – касательная составляющая относительного ускорения пряжи на рабочей кромке;  $W_e^n$  – нормальная составляющая переносного

ускорения. Величины  $\alpha$ ,  $T_0$ ,  $V$ ,  $W_K$ ,  $W_r^t$ ,  $W_e^n$  являются функциями угла поворота барабана  $\varphi$ , описание методики расчета которых здесь не приводится.

Тогда силу нормального давления поверхности рабочей кромки на пряжу сырца определим с помощью выражения

$$N(\varphi) = \frac{T(\varphi)}{(r+h-\Delta h)} + \mu(W_K - W_e^n - W_e^n \sin \alpha), \quad (7)$$

где  $W_e^n$  – нормальная составляющая относительного ускорения.

Для проведения расчетов по формулам (6), (7) с применением описанной выше методики получения и решения неявного

относительно  $\Delta h$  уравнения из эксперимента получены эмпирические параметры:  $E=4,09 \cdot 10^6 \text{ Н/М}^2$ ;  $\mu=3,45$ .

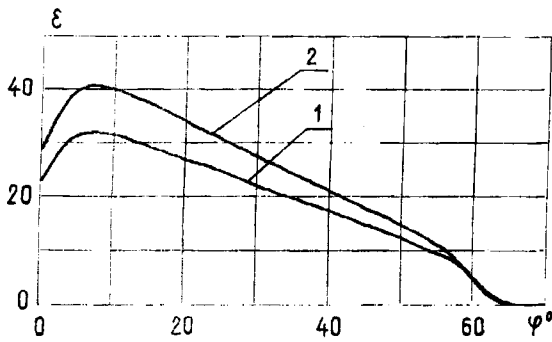


Рис.2

с использованием данных параметров получена зависимость (рис.2) относительной деформации  $\varepsilon$  от угла поворота  $\varphi$  барабана для разных скоростей его вращения (кривая 1 – 250 об/мин; 2 – 350 об/мин).

На рис.3 представлены зависимости  $N(\varphi)$  без учета поперечной деформации (сплошные линии) и с ее учетом (пунктирные линии). Причем эти зависимости получены для разных частот вращения трепального барабана: 250 об/мин (кривые 1 и 1-а) и 350 об/мин (кривые 2 и 2-а).

Анализ данных кривых позволил

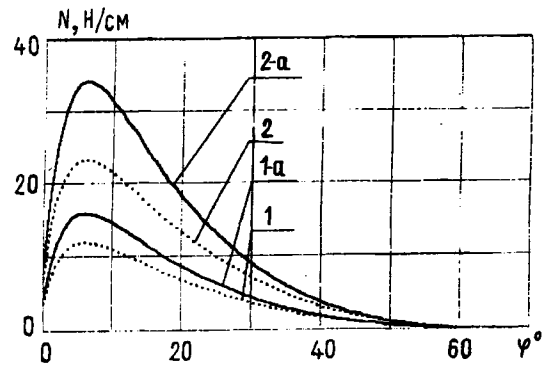


Рис.3

заключить, что наибольшая относительная деформация, равно как и сила давления, формируется на начальных этапах взаимодействия пряжи с кромкой била барабана. На величину прироста силы давления  $\Delta N$  влияние оказывает частота вращения барабанов. Так, при частоте вращения 350 об/мин на начальных этапах трепания  $\Delta N$  может достигать 60%.

Полученные аналитические модели позволили также установить величину влияния на исследуемые величины толщины

слоя 2h при условии  $\epsilon, \gamma = \text{const}$ . Оказалось, что при увеличении толщины слоя сырца в 3 раза (реально встречающаяся ситуация при трепании льна) прирост силы давления в среднем для разной частоты вращения барабанов составляет 50...60 %.

С точки зрения формирования технологического эффекта при трепании полученные результаты имеют принципиальное значение. Суть состоит в том, что одной из важнейших причин формирования отходов при трепании является нарушение целостности длинноволокнистых комплексов в результате контактного взаимодействия обрабатываемых прядей с кромкой била. Поэтому увеличение сил давления на материал за счет возникновения поперечных деформаций слоя бесспорно будет приводить к росту отходов трепания. В наибольшей степени это наблюдается в начале процесса трепания при повышенной скорости перемещения пряди на кромке вблизи ее зажима.

## ВЫВОДЫ

1. На основе предложенной методики расчета силы давления на кромку била с учетом их поперечной деформации установлено, что величина ее прироста зависит от толщины прядей, относительной скорости пряди на кромке и от расстояния зоны контакта до точки зажима.

УДК 677.051

## ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ И ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЦЕССА ОДНОСТОРОННЕГО ЧЕСАНИЯ ТРЕПАНОГО ЛЬНА

Э.В.НОВИКОВ, Б.И.СМИРНОВ

(Костромской государственной технологической университет)

Для получения тонкой и прочной пряжи при чесании трепаного льна необходимо обеспечить тщательное дробление волокна и удаление из него коротких и слабых волокон. Такие эффекты возможны только при чесании волокна тонким слоем [1]. По существующей технологии чесания трепаный лен обрабатывается в толстом

2. Поперечная деформация слоя прядей на кромке била может приводить к росту сил давления до 60%.

3. При обосновании новых конструкций трепальных барабанов следует обращать внимание на технические решения, обеспечивающие снижение поперечной деформации пряди при ее взаимодействии с кромкой била.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Васильченко В.Н. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1977, №3. С.55...59.
2. Васильченко В.Н. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1978, №6. С.47...49.
3. Проталинский С.Е. Развитие теории и вопросы приложения механики нити к задачам текстильной технологии: Дис...докт. техн. наук. – Кострома, КГТУ, 1999.
4. Проталинский С.Е. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1998, №3. С.82...85.
5. Мизушов И.И. Механика текстильной нити и ткани. – М.: Легкая индустрия, 1980.
6. Севостьянов А.Г., Севостьянов П.А. Моделирование технологических процессов (в текстильной промышленности). – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984.
7. Щедров В.С. Основы механики гибкой нити. – М.: Машгиз, 1961.

Рекомендована кафедрой технологии производства льняного волокна. Поступила 21.09.01.

слое (в Ч-302Л, АЧЛ), при большом числе переходов игольчатой гарнитуры и невысокой скорости чесания, что приводит к значительным габаритным размерам чесального оборудования.

Отличительной особенностью нового способа получения длинного лубяного волокна [2] является чесание волокна в тон-



ком слое при высокой скорости чесания (высокоскоростным чесанием), что позволяет получать волокно более тонкого продольного деления, следовательно, лучшего качества.

Процесс более тонкого деления волокна предусматривается начинать уже при очистке сырца в трепальной машине мяльно-трепального агрегата с помощью определенной гарнитуры, например, скобы. Затем трепаное волокно тонкого продольного деления обрабатывается в чесальной машине, имеющей новую схему и устройство чесания. Кроме того, способ предусматривает исключение таких технологических операций, как прессование трепаного волокна и разборка кип.

Цель разработки состоит в повышении выхода и качества чесаного льна при малых затратах металла, энергии и включает различные схемы трепания и чесания льна (односторонние, двусторонние и их сочетания).

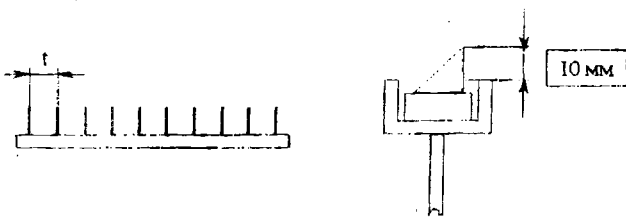


Рис. 1

Технологический процесс получения чесаного льна в горстях, например, в условиях льнозаводов, осуществляется следующим образом. Трепание сырца проводится при воздействии трепальных барабанов, на которых установлены скобы (на рис.1 представлена схема расположения скоб на бильных планках трепальных барабанов). Затем трепаный лен подается в чесальную машину, в которой реализовано новое устройство чесания [2].

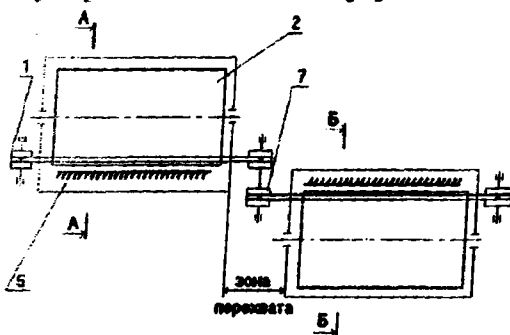


Рис. 2.

Процесс чесания в предлагаемом устройстве происходит следующим образом. Трепаное волокно зажимается транспортером 1 и подается в первую чесальную секцию (рис.2. – принципиальная схема исследуемого процесса чесания). В секции проходит чесание комлевой части волокна посредством вращения чесального барабана 2, на планках 3 которого установлена типовая игольчатая гарнитура 4 (А-А, рис.3. – поперечные разрезы чесального барабана по секциям).

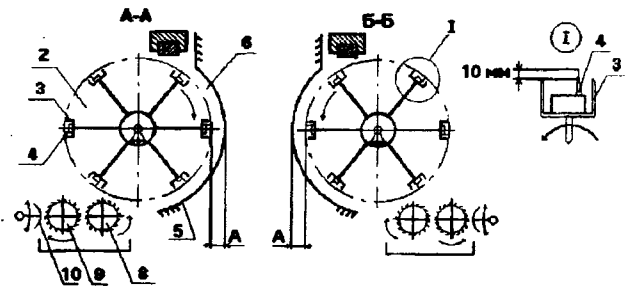


Рис. 3

Под типовой понимается гарнитура в виде иглы (гребенных планок), которая имеет место в существующих агрегатах Ч-302Л и АЧЛ, но с определенным числом переходов, установленных в определенной последовательности. В процессе вращения барабанов иглы прокалывают волокно по его толщине в присутствии направляющего козырька 5, который предотвращает отбрасывание волокна от воздействий, за счет чего волокно подвергается чесанию.

Двигаясь вдоль чесальной секции, материал проходит обработку последовательно на нескольких переходах гребней. Между иглами 4 и козырьком 5 имеется регулируемый зазор А – при помощи этого изменяется интенсивность воздействий игл на волокна. После чесания комлевой части 6 волокно пережимается в зоне перехвата и транспортером 7 подается во вторую чесальную секцию, где аналогично обрабатывается верхняя часть (рис.3, Б-Б).

Щеточные валики 8 снимают очесы и передают их на съемные валики 9. Сбивной гребень 10 совершает качательное движение, сбивая очес со съемных валиков в ящик или в систему пневмотранспорта.

Если чесальная машина агрегируется с

автоматической раскладочной машиной, то чесаный лен вырабатывается в виде ленты. Если автораскладчик отсутствует, то чесаный лен сначала получают в горстях, а затем из горстей посредством ручной раскладочной машины получают чесаную ленту.

В настоящей работе представлены результаты исследований процесса одностороннего чесания трепаного волокна, являющегося одной из схем нового способа, которые проводятся в КГТУ. В приведенных ниже экспериментах изучалось влия-

ние основных факторов (параметров) процесса чесания на выход  $V_{\text{чл}}$  и номер  $N_{\text{чл}}$  чесаного льна, а также на выход  $V_{\text{оч}}$  очесов. В качестве исследуемых факторов приняты: скорость  $V_{\text{иг}}$  игольчатой гарнитуры; скорость  $V_{\text{тр}}$  транспортирования материала и линейная плотность  $\rho$  загрузки трепаного льна. Спланирован эксперимент, состоящий из 8 опытов.

Уровни факторов и интервалы варьирования представлены в табл. 1.

Таблица 1

Уровень факторов	Факторы		
	$V_{\text{иг}}$ , м/мин (п, об/мин)	$V_{\text{тр}}$ , м/мин	$\rho$ , кг/м
Нижний (-1)	80 (55)	20	0.2
Верхний (+1)	120 (85)	25	0.3

Исследования проводили на экспериментальной трепально-чесальной установке. В эксперименте использовали лен трепаный №10 (серого цвета).

Горсти трепаного льна, полученные с применением скоб, зажимались в колодку экспериментальной чесальной установки и подвергались чесанию по схеме (рис.2 и 3). Сначала прочесывалась комлевая часть,

потом вершинная. При чесании использовали последовательно установленную гарнитуру с числом игл на 10 см: 9, 24, 32, 48, 72, 80. Номер чесаного льна в горстях определяли инструментальным методом по ОСТР-17-05-12-94 «Лен чесаный. ТУ».

Результаты эксперимента приведены в табл.2. Ошибка опытов не превышала 10% при доверительной вероятности 0,95.

Таблица 2

$V_{\text{тр}}$ , м/мин	$\rho$ , кг/м	$V_{\text{иг}}$ , м/мин	$V_{\text{чл}}$ , %	$N_{\text{чл}}$	$V_{\text{оч}}$ , %	Угары, %
20	0.2	80	54,2	24	40,4	5,4
		120	49,3	20	45,3	5,4
	0.3	80	49,3	24	44,7	6,0
		120	47,5	22	46,8	5,7
25	0.2	80	61,7	24	37,6	0,7
		120	54,3	20	38,3	7,4
	0.3	80	64,2	22	32,3	3,5
		120	45	22	47,2	7,8

Результаты, представленные в табл.2, показывают, что выход чесаного льна и его номер на всех режимах обработки достаточно высокие. По результатам проведенного эксперимента можно утверждать следующее:

– новый способ и устройство получе-

ния чесаного волокна обеспечивают достаточно высокий выход и номер чесаного льна в горстях, что объясняется более глубокой подготовкой трепаного льна к чесанию, а также чесанием волокна в тонком слое, которое является наиболее эффективным;

– с увеличением скорости игольчатой гарнитуры от 80 до 120 м/мин выход чесаного льна снижается при плотности загрузки 0,2 кг/м – на 4,9 %, при плотности 0,3 кг/м – на 1,8 %;

– с увеличением скорости транспортирования материала выход чесаного льна увеличивается;

– рациональными значениями параметров процесса чесания в новой схеме являются: скорость игольчатой гарнитуры 80 м/мин, линейная плотность загрузки 0,2 кг/м и скорость транспортирования материала 25 м/мин.

Получены регрессионные уравнения (1...3), адекватно описывающие изменение выхода и номера чесаного льна, выхода очесов в зависимости от факторов процесса чесания:

$$V_{\text{чл}} = 54,4 - 0,21V_{\text{иг}} - 33,7\rho + 1,24V_{\text{тр}}, \quad (1)$$

$$V_{\text{оч}} = 46,12 + 0,14V_{\text{иг}} + 23,65\rho - 8,1V_{\text{тр}}, \quad (2)$$

$$N_{\text{чл}} = 29,5 - 0,063V_{\text{иг}} + 5\rho - 0,1V_{\text{тр}}. \quad (3)$$

Данные уравнения объясняют более 73% разброса значений выхода, номера чесаного льна и выхода очесов относи-

тельно их средних значений.

Из анализа составляющих, входящих в уравнения, выявлено, что наибольшее влияние на изменение откликов во всех трех уравнениях оказывает скорость игольчатой гарнитуры (частота вращения чесального барабана), а меньшее – плотность загрузки волокна и скорость транспортирования материала. Влияние двух последних факторов на отклик примерно равноценно.

Используя данные уравнения, можно прогнозировать количество и качество чесаного льна в горстях при следующих интервалах варьирования параметров обработки:  $V_{\text{иг}}=80...120$  м/мин;  $\rho=0,2...0,3$  кг/м,  $V_{\text{тр}} = 20...25$  м/мин.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кухарев М.С., Муравьева Л.Ф. // Льяное дело. – 1993, №2.

2 Патент РФ № 2117082. Способ получения длинного лубяного волокна и устройство для его осуществления// Смирнов Б.И., Смирнов А.Б., Смирнов В.Б., Сизов И.П., Астреин Э.П.– Приоритет 17.09.1996.

Рекомендована кафедрой технологии производства льяного волокна. Поступила 21.09.01.

УДК 677.052.9

**ОСНОВЫ МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ  
НЕПОДВИЖНЫХ ВЬЮРКОВ**

*К.Ю. ПАВЛОВ, Ю.В. ПАВЛОВ*

**(Ивановская государственная текстильная академия)**

В [1] установлено, что неподвижный вьюрок действует с наилучшим эффектом (наибольшие крутка и крутящий момент) в том случае, если ось продукта прядения в области входа на поверхность представляет собой кривую, имеющую наибольшее значение естественного кручения  $\chi$ . Поскольку доказано, что направление движения продукта прядения по поверхности неподвижного вьюрка практически совпадает с геодезическим направлением, первостепенное значение приобретает естественное кручение геодезических линий поверхности и их кривизны.

Таким образом, задача расчета неподвижных вьюрков заключается в отыскании таких геодезических направлений различных областей всевозможных поверхностей, для которых естественное кручение  $\chi$  продукта принимает максимальные значения. Решить такую задачу можно методами дифференциальной геометрии.

$$\chi = \frac{1}{H^2} [(EM - FL)u'^2 + (EN - GL)u'v' + (FN - GM)v'^2]. \quad (4)$$

Производные  $u'$  и  $v'$  определяют направление геодезических линий.

Задав параметры  $u$  и  $v$  в линейной размерности, запишем

$$u' = \frac{du}{ds} = \cos \beta; v' = \frac{dv}{ds} = \sin \beta, \quad (5)$$

где  $\beta$  – угол между линией  $v = \text{const}$  и геодезической линией. С учетом этого уравнение (3) примет вид

$$k = \frac{1}{H} \frac{L \cos^2 \beta + 2M \cos \beta \sin \beta + N \sin^2 \beta}{E \cos^2 \beta + 2F \cos \beta \sin \beta + G \sin^2 \beta}, \quad (6)$$

а уравнение (4):

Если поверхность  $P$ , определяемая параметрами  $u$  и  $v$ , задана уравнением

$$\bar{r}(u, v) = X(u, v)\bar{i} + Y(u, v)\bar{j} + Z(u, v)\bar{k}, \quad (1)$$

то уравнения геодезических линий в дифференциальной форме имеют вид

$$\begin{aligned} \frac{d}{ds} (Eu' + Fv') &= \frac{1}{2} (E_1 u'^2 + 2F_1 u'v' + G_1 v'^2), \\ \frac{d}{ds} (Eu' + Gv') &= \frac{1}{2} (E_2 u'^2 + 2F_2 u'v' + G_2 v'^2). \end{aligned} \quad (2)$$

Для геодезических линий кривизну поверхности можно определить по формуле

$$k = \frac{1}{H} \frac{Lu'^2 + 2Mu'v' + Nv'^2}{Eu'^2 + 2Fu'v' + Gv'^2}. \quad (3)$$

Для выражения естественного кручения геодезических линий имеем

$$\chi = \frac{1}{H^2} \left[ (EM - FL) \cos^2 \beta + (EN - GL) \frac{\sin 2\beta}{2} + (FN - GM) \sin^2 \beta \right]. \quad (7)$$

Здесь  $E, F, G, H^2$  – коэффициенты 1-й квадратичной формы поверхности;  $L, M, N$  – коэффициенты 2-й квадратичной формы

поверхности.

Они запишутся следующим образом:

$$\begin{aligned} E &= X_u^2 + Y_u^2 + Z_u^2, \text{ где } (X_u = \frac{\partial x}{\partial u}, \dots), \\ G &= X_v^2 + Y_v^2 + Z_v^2, \text{ где } (X_v = \frac{\partial x}{\partial v}, \dots), \\ F &= X_u X_v + Y_u Y_v + Z_u Z_v, \quad H^2 = EG - F^2, \end{aligned} \quad (8)$$

$$L = \begin{vmatrix} X_{uu} & Y_{uu} & Z_{uu} \\ X_u & Y_u & Z_u \\ X_v & Y_v & Z_v \end{vmatrix} \quad M = \begin{vmatrix} X_{uv} & Y_{uv} & Z_{uv} \\ X_u & Y_u & Z_u \\ X_v & Y_v & Z_v \end{vmatrix} \quad N = \begin{vmatrix} X_{vv} & Y_{vv} & Z_{vv} \\ X_u & Y_u & Z_u \\ X_v & Y_v & Z_v \end{vmatrix}. \quad (9)$$

$$(X_{uu} = \frac{\partial^2 x}{\partial u^2}, \dots; X_{uv} = \frac{\partial^2 x}{\partial u \partial v}, \dots; X_{vv} = \frac{\partial^2 x}{\partial v^2}, \dots).$$

Следовательно, с помощью (7) и (8) можно определить кривизну и естественное кручение для любой геодезической линии на любой поверхности, если  $u$  и  $v$  имеют линейную размерность. В расчетах иногда бывает целесообразно в качестве параметров  $u$  и  $v$  брать угловые величины.

Пусть  $u$  и  $v$  – угловые параметры в радианах.

Тогда

$$du = \frac{d\tilde{u}}{\rho_u} \quad \text{и} \quad dv = \frac{d\tilde{v}}{\rho_v},$$

где  $d\tilde{u}$  и  $d\tilde{v}$  – дуги, соответствующие

углам  $du$  и  $dv$ ;  $\rho_u$  и  $\rho_v$  – радиусы кривизны координатных линий поверхности соответственно по направлениям;  $(v - \text{const})$  и  $(u - \text{const})$ .

Таким образом,

$$u' = \frac{du}{ds} = \frac{d\tilde{u}}{ds} \frac{1}{\rho_u} \quad \text{и} \quad v' = \frac{dv}{ds} = \frac{d\tilde{v}}{ds} \frac{1}{\rho_v}. \quad (10)$$

Отсюда:

$$u' = \frac{\cos \beta}{\rho_u}, \quad v' = \frac{\sin \beta}{\rho_v}. \quad (11)$$

В этом случае (6) примет вид

$$k = \frac{1}{H} \frac{L \frac{\cos^2 \beta}{\rho_u^2} + 2M \frac{\cos \beta \sin \beta}{\rho_u \rho_v} + N \frac{\sin^2 \beta}{\rho_v^2}}{E \frac{\cos^2 \beta}{\rho_u^2} + 2F \frac{\cos \beta \sin \beta}{\rho_u \rho_v} + G \frac{\sin^2 \beta}{\rho_v^2}} \quad (12)$$

и

$$\chi = \frac{1}{H^2} \left[ \frac{1}{\rho_u} (EM - FL) \cos^2 \beta + \frac{1}{\rho_u \rho_v} (EN - GL) \frac{\sin 2\beta}{2} + \frac{1}{\rho_v} (FN - GM) \sin^2 \beta \right]. \quad (13)$$

По этим формулам можно рассчитать кривизну и кручение на поверхности неподвижного вьюрка практически любой формы.

В качестве проверки предложенного метода расчета неподвижных вьюрков рассмотрим частный случай.

$$\begin{aligned} x_u &= -a \sin u, & x_v &= 0, & x_{uu} &= -a \cos u, & x_{uv} &= x_{vu} = 0, \\ y_u &= a \cos u, & y_v &= 0, & y_{uu} &= -a \sin u, & x_{uv} &= y_{uv} = 0, \\ z &= 0, & z_v &= 1, & z_{uu} &= 0, & z_{uv} &= z_{vu} = 0. \end{aligned} \quad (15)$$

Используя (8) и (9), получаем

$$\begin{aligned} E &= a^2, & F &= 0, & G &= 1, & H &= a, \\ L &= -a^2, & M &= 0, & N &= 0, & \rho_u &= a. \end{aligned} \quad (16)$$

Выполнив расчеты по формулам (12) и (13), запишем

$$k = \frac{\cos^2 \beta}{a} = \frac{a}{a^2 + \alpha^2}, \quad (17)$$

$$\chi = \frac{\sin \beta \cos \beta}{a} = \frac{a}{a^2 + \alpha^2}. \quad (18)$$

Таким образом, из (17) и (18) получена винтовая линия (геодезическая линия для цилиндрической поверхности) с постоянным значением кривизны и естественного кручения.

Здесь  $\alpha$  – коэффициент подъема винтовой линии, равный

$$\alpha = \frac{h}{2\pi}, \quad (19)$$

где  $h$  – шаг подъема винтовой линии.

Пусть поверхность неподвижного вьюрка выполнена в форме цилиндра и определена уравнением

$$X = a \cos u, \quad Y = a \sin u, \quad Z = v. \quad (14)$$

Тогда производные  $x, y, z$  суть

Проведенные расчеты подтверждают правильность предлагаемой методики. Аналогично можно рассчитать величину кривизны и кручения для более сложной кривой, с которой совпадает ось продукта прядения на поверхности неподвижного вьюрка, что позволяет проектировать вьюрки, соответствующие особым требованиям.

## ВЫВОДЫ

Предложена методика расчета кривизны и естественного кручения кривой оси продукта прядения на поверхности неподвижного вьюрка практически любой формы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Павлов Ю.В. Неподвижные вьюрки в прядении. – М.: Легкая индустрия, 1975.

Рекомендована кафедрой прядения. Поступила 14.05.01.

УДК 677.023

**ВЛИЯНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОБРЫВОВ ПО ДЛИНЕ ШПУЛЯРНИКА  
НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ И ВЕЛИЧИНУ ОПТИМАЛЬНОЙ СТАВКИ  
ПРИ ПАРТИОННОМ СНОВАНИИ**

*В.Л. МАХОВЕР, Е.П. КОРЯГИН, Н.М. СОКЕРИН*

*(Ивановская государственная текстильная академия)*

Нами [1] получена формула (17) для определения производительности  $\Pi$  (в валах за смену) партионной сновальной машины с учетом распределения обрывов  $k_i$  (при наматывании сновального вала) по вертикальным рядам шпулярника ( $i = 1, 2, \dots, n$ ).

Запишем ее в виде

$$\Pi = (\tau_o - \tau_b) / \left[ f(n) + tP + \tau + \frac{G t_c}{n_c G_\delta} \right], \quad (1)$$

где

$$f(n) = \left[ G \cdot 10^6 (1 + 0,01\epsilon) / (2bnT_n V) \right] + C \sum_{i=1}^n ik_i, \quad (2)$$

$$P = Ga (1 + 0,01\epsilon) / T_n. \quad (3)$$

Обозначения входящих сюда величин приведены в [1].

Оптимизация процесса по величине ставки бобин сводится к отысканию минимума функции (2). Для ее расчета необходимо рассматривать последовательность шпулярников с разным числом  $n$  вертикальных рядов бобин, зная при этом распределения обрывов  $k_i$  для разных величин ставок, включая оптимальную (которая заранее неизвестна).

Экспериментальное определение обрывов  $k_i$  при разных ставках бобин практически неосуществимо по причине трудоемкости эксперимента и невозможности проведения разных заправок с учетом сопряженности длин наматываемых нитей.

В связи с вышеизложенным нами предложена методика [1] пересчета экспериментальных значений  $k_{zi}$  обрывов, полу-

ченных для частного случая ( $i = 1, 2, \dots, n_3$ ), в распределения  $k_i$  обрывов в общем случае произвольного значения  $n$  вертикальных рядов бобин. Однако поскольку в наших рассуждениях допущена неточность, для последующего анализа трансформацию экспериментального распределения обрывов  $k_{zi}$  в  $k_i$  при изменении величины ставки рассмотрим более детально.

Как и ранее [1], будем считать, что при непрерывном и прерывном способах снования обрывность  $a$  на 1 млн м одиночной нити для заданной скорости снования и вида пряжи принимается не зависящей от величины ставки бобин.

Согласно (3) при постоянной величине  $a$  суммарное число  $P$  обрывов, приходящихся на 1 сновальный вал, практически не зависит от величины ставки и длины снования, так как суммарная длина нитей на валу не зависит от величины ставки [1].

Пусть в эксперименте при ставке  $n_3$  вертикальных рядов шпулярника (с каждой стороны) путем серии наблюдений [1] найдено распределение  $k_{zi}$  обрывов ( $i = 1, 2, \dots, n_3$ ) в расчете на один сновальный вал. Обрывы соответствующих вертикальных рядов с обеих сторон суммированы. При этом две стороны шпулярника с выставленными в них бобинами условно объединены в одну, в каждом вертикальном ряду которой расположено по  $2b$  бобин.

Обозначим через  $L_3$  длину нити на бобине, израсходованную при наматывании одного сновального вала. Тогда число об-

рывов на вертикальном ряду, приходящихся на один вал,

$$k_{zi} = 2bL_3 10^{-6} a_{zi}, \quad (4)$$

где  $a_{zi}$  – число обрывов на 1 млн м одиночной нити на данном ряду.

Таким образом, величины  $a_{zi}$  внутри ставки бобин изменяются в соответствии с экспериментальным распределением обрывов  $k_{zi}$  ( $i = 1, 2, \dots, n_3$ ).

Суммарное число обрывов в шпулярнике при наматывании сновального вала

$$\sum_{i=1}^{n_3} k_{zi} = 2bL_3 n_3 10^{-6} \bar{a}_3 = P, \quad (5)$$

где

$$\bar{a}_3 = \left( \sum_{i=1}^{n_3} a_{zi} \right) / n_3 = a \quad (6)$$

– усредненное по всем нитям число обрывов в расчете на 1 млн м одиночной нити.

Аналогично определяется суммарное число обрывов на вертикальных рядах бобин при  $n < n_3$ :

$$\sum_{i=1}^n k_{zi} = 2bL_3 n \cdot 10^{-6} \bar{a}_{3n}, \quad (7)$$

где

$$\bar{a}_{3n} = \left( \sum_{i=1}^n a_{zi} \right) / n. \quad (8)$$

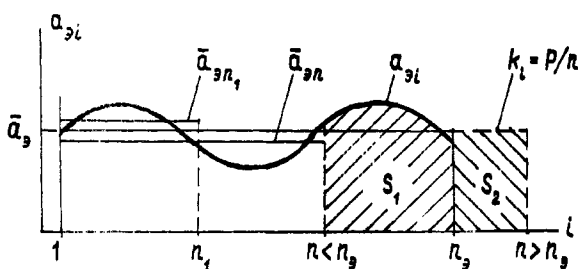


Рис.1

На рис.1 показан один из возможных вариантов экспериментального распределения обрывов  $a_{zi}$  по вертикальным рядам шпулярника. Согласно (4) это же распределение, но в другом масштабе можно отнести и к числу обрывов  $k_{zi}$ .

Из рис.1 видно, что в зависимости от

величины  $n < n_3$  средняя обрывность  $\bar{a}_{3n}$  может быть больше, меньше или равна полной средней обрывности  $\bar{a}_3$ .

Уменьшим теперь количество вертикальных рядов ставки с  $n_3$  до  $n < n_3$ . При этом из [1(11)] имеем  $L_3 n_3 = Ln$ ; длина нити на бобине, приходящаяся на один сновальный вал  $L = L_3 n_3 / n$ , а суммарная длина нитей на вертикальном ряду

$$2Lb = 2L_3 n_3 b / n. \quad (9)$$

Если считать, как это принято в [1], что обрывность на 1 млн м одиночной нити на каждом вертикальном ряду шпулярника при укороченной ставке  $n < n_3$  будет та же, что и в эксперименте (то есть  $a_{zi}$ ), то с учетом (9) новое распределение обрывов

$$k_i = 2L_3 n_3 b 10^{-6} a_{zi} / n. \quad (10)$$

Или, приняв во внимание (4):

$$k_i = k_{zi} n_3 / n, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad n < n_3. \quad (11)$$

Покажем, что формула (11) ошибочна. Действительно, из (10) имеем

$$\sum_{i=1}^n k_i = 2L_3 b n_3 10^{-6} \bar{a}_{3n}, \quad (12)$$

где среднее значение  $\bar{a}_{3n}$  вычисляется по формуле (8).

Поскольку согласно (3) суммарное число обрывов нитей при наматывании сновального вала не зависит от величины ставки, сумма (12) должна быть равна  $P$ . Но в соответствии с правой частью формулы (5) это будет при условии, когда  $\bar{a}_{3n} = \bar{a}_3$ . Однако, как показано выше (рис.1), указанное равенство в общем случае невыполнимо, что и опровергает преобразование (11). Выражение (11), приведенное в [1], справедливо лишь в частном случае, когда экспериментальное распределение обрывов  $k_{zi} = P/n_3 = \text{const}$ , так как только в этом случае при любом значении  $n$   $\bar{a}_{3n} = \bar{a}_3$ .



В силу того, что условия сматывания нитей с оставшихся вертикальных рядов бобин укороченной ставки ( $n < n_3$ ) не изменились по сравнению с экспериментом, логично предположить, что дополнительные обрывы в количестве  $S_1$  под заштрихованной площадью на рис.1 распределятся по  $n$  вертикальным рядам пропорционально  $k_{zi}$ .

То есть

$$k_i = k_{zi} + S_1 \frac{k_{zi}}{k_{zn}}, \quad i = 1, 2, \dots, n < n_3, \quad (13)$$

где

$$\bar{k}_{zn} = \left( \sum_{i=1}^n k_{zi} \right) / n. \quad (14)$$

Из рис.1

$$S_1 = P - \sum_{i=1}^n k_{zi} = P - n \bar{k}_{zn}. \quad (15)$$

После подстановки (15) в (13) получим

$$k_i = k_{zi} \frac{P}{n \bar{k}_{zn}}, \quad i = 1, 2, \dots, n < n_3. \quad (16)$$

Рассмотрим второй случай, когда  $n > n_3$ .

Так как при  $n > n_3$  эксперимент не проводился, распределение обрывов на дополнительном участке  $n - n_3$  (рис.1) примем равномерным:

$$k_i = P / n, \quad i = n_3 + 1, n_3 + 2, \dots, n > n_3. \quad (17)$$

С увеличением числа  $n$  вертикальных рядов шпулярика длина  $L$  нитей, намотанных на сновальный вал, уменьшается, и, следовательно, сокращается число обрывов на каждом ряду. Поэтому величины  $k_i$  в интервале  $i = 1, 2, \dots, n_3$  будут меньше соответствующих величин  $k_{zi}$ . Это уменьшение произойдет за счет пропорционального вычитания суммарного числа  $S_2$  об-

рывов, обозначенных под соответствующей заштрихованной площадью на рис.1.

По аналогии с (13) запишем

$$k_i = k_{zi} - k_{zi} \frac{S_2}{n_3 k_{z3}}, \quad i = 1, 2, \dots, n_3, \quad (18)$$

где

$$\bar{k}_{z3} = \left( \sum_{i=1}^{n_3} k_{zi} \right) / n_3 = P / n_3, \quad (19)$$

$$S_2 = P (n - n_3) / n.$$

После подстановки (19) в (18) найдем

$$k_i = k_{zi} n_3 / n, \quad i = 1, 2, \dots, n_3. \quad (20)$$

Заметим, что при  $n = n_3$  (16) и (20) дают одинаковый результат:  $k_i = k_{zi}$ .

Объединив (16), (17) и (20), окончательно получим

$$k_i = \begin{cases} k_{zi} P / (n \bar{k}_{zn}), & i = 1, 2, \dots, n \text{ при } n \leq n_3, \\ k_{zi} n_3 / n, & i = 1, 2, \dots, n_3 \\ P / n, & i = n_3 + 1, n_3 + 2, \dots, n \end{cases} \text{ при } n > n_3. \quad (21)$$

где  $\bar{k}_{zn}$  рассчитывается по формуле (14), а величина  $P$  – по формуле (3).

В качестве примера рассмотрим применение полученных зависимостей для анализа влияния распределения обрывов по длине шпулярика на производительность и величину оптимальной ставки бобин.

При прерывном сновании хлопчатобумажной пряжи линейной плотности 18,5 текс согласно экспериментальным данным [2]  $L_3 = 25000$  м;  $m_3 = 412$ ;  $V = 9,33$  м/с (560 м/мин);  $P = 56$ ;  $a = 5,44$  обрыва на 1 млн м одиночной нити;  $t = 30$  с;  $C = 0,8$  с. Для шпулярика Ш-616-2  $b = 7$ . Тогда  $n_3 = m_3 / (2b) = 29,4$ . Принимаем  $n_3 = 29$ ;  $\varepsilon = 0,3\%$ ;  $n_c = 3$ ;  $G_\sigma = 1,45$  кг. По формуле (3)  $G = 190$  кг. Из [3, с. 124...125]  $\tau_0$ ,  $\tau_b$ ,  $\tau$  и  $t_c$  соответственно равны 28800, 1434, 520 и 9с.

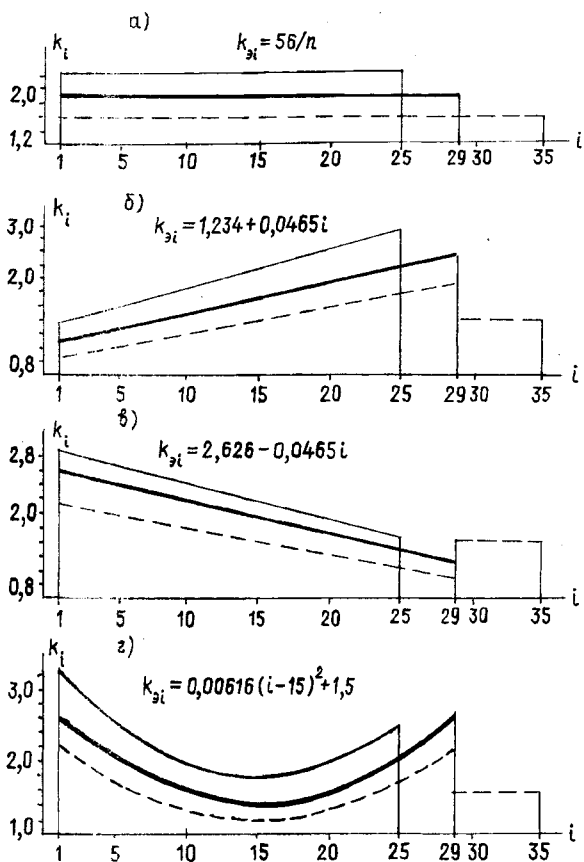


Рис.2

Для сравнительного анализа примем показанные на рис.2 утолщенными линиями равномерное (а), линейно возрастающее (б), линейно убывающее (в) и параболическое (г) экспериментальные распределения обрывов. Во всех вариантах формулы для расчета  $k_{zi}$  ( $i = 1, 2, \dots, n_3 = 29$ ) подобраны так, что  $\sum_{i=1}^{n_3} k_{zi} = P = 56$ . Здесь же

приведены рассчитанные с помощью компьютера по формулам (21) с применением специально разработанной программы распределения  $k_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) обрывов по длине шпулярника при  $n = 25 < n_3 = 29$  (тонкие сплошные линии) и при  $n = 35 > n_3 = 29$  (штриховые линии).

С учетом трансформирования ( в соответствии с формулами (21)) указанных распределений для каждого из них по уравнениям (1...3) рассчитывали производительность сновальной машины при разном числе  $n$  вертикальных рядов бобин.

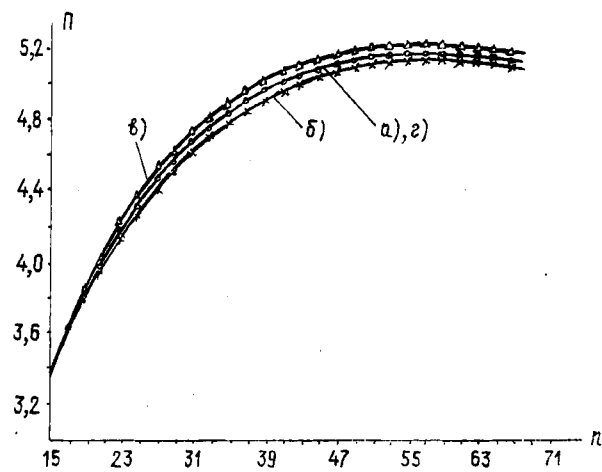


Рис.3

Результаты расчетов представлены графиками на рис. 3, где а), б), в) и г) соответствуют вариантам распределений обрывов на рис.2.

Анализ графиков, приведенных на рис.3, показывает, что характер распределения обрывов нитей по длине шпулярника при неизменном суммарном числе обрывов, приходящихся на один сновальный вал, практически не влияет на производительность партионной сновальной машины. Так, отклонение кривых  $\Pi = \Pi(n)$  для линейно возрастающего (б) и линейно убывающего (в) распределений от аналогичной кривой равномерного распределения (а) не превышает 1%, а кривые для параболического (г) и равномерного (а) распределений почти совпадают.

У всех графиков на рис.3 вначале наблюдается резкое возрастание производительности, а затем существенное замедление ее роста. Максимальная производительность  $\Pi_{\max}$  сновальной машины достигается при количестве вертикальных рядов бобин  $n_{\text{опт}} = 59$ . Учитывая, что в данном примере при  $n = 39 \Pi = 0,95\Pi_{\max}$ , в качестве оптимальной можно рекомендовать ставку  $m^* = 2bn = 14 \cdot 39 = 546$  бобин. При этом по сравнению с существующей на производстве ставкой в 412 бобин увеличение производительности машины составит 8,6%.

## ВЫВОДЫ

1. Уточнена методика определения оптимальной ставки бобин при партионном

сновании с учетом распределения обрывов нитей по длине шпулярика.

2. При расчете производительности сновальной машины и оптимальной ставки бобин фактическое (экспериментальное) распределение обрывов нитей по длине шпулярика можно заменить равномерным с одинаковым числом обрывов, приходящихся на один сновальный вал.

1. Маховер В.Л., Микаелян В.Б. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1999, №4. С.39...43.

2. Гусев Б.Н. и др. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1986, №6. С.39...42.

3. Хлопкоткачество: Справочник, 2-е изд., перераб. и доп./ Под ред. П.Т. Букаева. – М.: Легпромбытиздат, 1987.

Рекомендована кафедрой ткачества. Поступила 07.12.01.

УДК 677.024

## ФОРМУЛЫ ДЛЯ РАСЧЕТА ЧИСЛА НИТЕЙ УТКА В УПЛОТНЕННОЙ ПОЛОСЕ УЗОРЧАТОЙ ТКАНИ

А.Н. КОНОВ, В.В. КРАСНОСЕЛОВА, А.А. САВЕЛЬЕВА, В.А. СИНИЦЫН

(Ивановская государственная текстильная академия)

Известно, что при изготовлении узорчатых тканей с эффектом переменной плотности по утку способом неравномерной скорости отвода элемента ткани из зоны формирования [1] уплотненная по утку полоса включает два участка: первый участок нарабатывается при нулевой скорости отвода ткани из зоны формирования, то есть при выстое вальяна товарного регулятора ткацкого станка; второй участок образуется за счет прибора уточных нитей разреженной полосы ткани к первому участку в момент вывода его из зоны формирования.

Для определения числа нитей утка в разных частях уплотненной полосы введем следующие обозначения:  $N_{y,y(s)}$  – количество нитей утка в уплотненной полосе ткани без учета процесса отвода данной полосы из зоны формирования (соответствует числу нитей утка в первом участке уплотненной полосы);  $N_{y,y(d)}$  – количество дополнительных нитей утка в уплотненной полосе ткани с учетом процесса отвода данной полосы из зоны формирования (соответствует числу нитей утка во втором участке уплотненной полосы);  $l_{yфр}$  – фак-

тическая геометрическая плотность нитей утка в уплотненной полосе ткани, мм;  $l_{yфр}$  – фактическая геометрическая плотность нитей утка в разреженной полосе ткани, мм;  $P_{y,y}$  – плотность расположения нитей утка в уплотненной полосе ткани, нитей/дм;  $P_{y,p}$  – плотность расположения нитей утка в разреженной полосе ткани, нитей/дм;  $N_{y,y}$  – количество нитей утка в уплотненной полосе ткани.

Фактические геометрические плотности при выработке узора полотняным переплетением связаны с плотностью расположения нитей соотношениями

$$l_{yфy} = \frac{100}{P_{y,y}}, \quad (1)$$

$$l_{yфр} = \frac{100}{P_{yр}}. \quad (2)$$

Практика показывает, что наработка уплотненной по утку полосы ткани может проводиться по двум вариантам. При первом варианте (рис.1) она начинается после отвода последней ( $P_{п}$ ) уточной нити разреженной полосы на расстояние  $l_{yфр}$  от

места укладки первой ( $Y_1$ ) уточной нити уплотненной полосы.

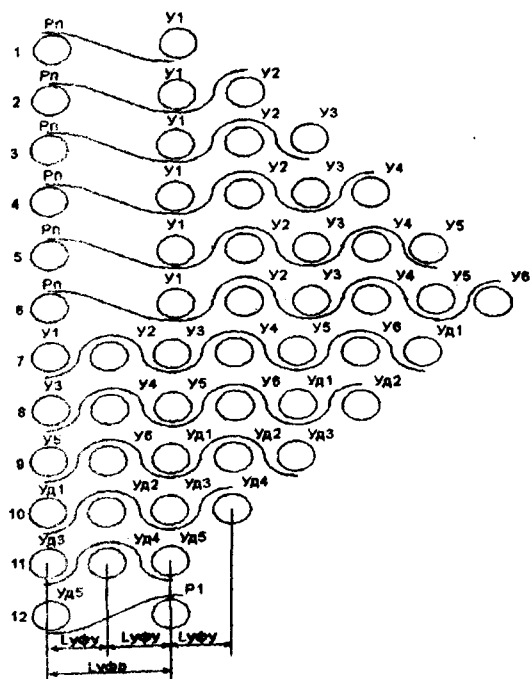


Рис. 1

На рис.1 показан процесс наработки двух участков уплотненной по утку полосы ткани с эффектом переменной плотности. При построении разрезов ткани принято следующее соотношение фактических геометрических плотностей:  $l_{yфp} = 2 \cdot l_{yфy}$ . При заданном количестве нитей утка на первом участке уплотненной полосы  $N_{y,y(3)} = 6$  в течение 6 оборотов главного вала происходит прибор шести нитей утка ( $Y_1 - Y_6$ ) при отключенном механизме товароотвода.

После включения на седьмом обороте главного вала станка в работу механизма товарного регулятора происходит постепенный вывод первого участка уплотненной полосы (нитей  $Y_1 - Y_6$ ) из зоны формирования ткани. При этом к сформированной уплотненной полосе ткани прибавляется дополнительная ( $Y_{д1}$ ) уточная нить. В связи с этим число нитей утка в разреженной полосе ткани убывает.

В соответствии с принятым условием первая ( $Y_1$ ) нить уплотненной полосы занимает место последней ( $P_n$ ) нити разреженной полосы ткани. Вывод первого участка уплотненной полосы с учетом дополнительных уточных нитей ( $Y_{д1} - Y_{д5}$ ) проис-

ходит в течение 7...11 оборотов главного вала станка. На 12-м обороте главного вала станка из зоны формирования отводится последняя нить уплотненной полосы, а на расстоянии  $l_{yфp}$  от нее укладывается первая ( $P_1$ ) уточная нить разреженной полосы.

При выводе аналитического выражения для расчета числа нитей утка в уплотненной по утку ( $N_{y,y}$ ) полосе ткани принимаем следующие дополнительные обозначения:  $L_{по}$  – расстояние по горизонтали между центрами первой  $Y_1$  и последней  $Y_n$  нитями утка участка уплотненной полосы, сформированной без учета процесса ее отвода из зоны формирования, мм;  $\Delta L_{по}$  – расстояние по горизонтали между центрами последних уточных нитей ( $Y_n$  и  $Y_{дn}$ ) двух участков уплотненной полосы, сформированных без учета и с учетом процесса отвода данной полосы из зоны формирования, мм.

Значение величин  $L_{по}$  и  $\Delta L_{по}$  определим по формулам

$$L_{по} = (N_{y,y(3)} - 1) l_{yфy}, \quad (3)$$

$$\Delta L_{по} = N_{y,y(д)} l_{yфy}. \quad (4)$$

Сложим выражения (3) и (4):

$$L_{по} + \Delta L_{по} = (N_{y,y(3)} - 1) l_{yфy} + N_{y,y(д)} l_{yфy}. \quad (5)$$

Сумму величин  $L_{по} + \Delta L_{по}$  можно записать и через фактическую геометрическую плотность разреженной полосы ткани (величину отвода ткани товарным регулятором ткацкого станка):

$$L_{по} + \Delta L_{по} = N_{y,y(д)} l_{yфp}. \quad (6)$$

Приравняв соотношения (5) и (6) и выполнив ряд преобразований, получим

$$N_{y,y(д)} = \frac{l_{yфy} (N_{y,y(3)} - 1)}{(l_{yфp} - l_{yфy})}. \quad (7)$$

Общее количество нитей утка в уплотненной полосе ткани определим суммой значений  $N_{y,y(3)}$  и  $N_{y,y(д)}$ :

$$N_{y,y} = N_{y,y(3)} + N_{y,y(d)} = N_{y,y(3)} + \frac{N_{y,y(3)} l_{y\phi y}}{l_{y\phi p} - l_{y\phi y}} - \frac{l_{y\phi y}}{l_{y\phi p} - l_{y\phi y}} = \frac{N_{y,y(3)} l_{y\phi p} - l_{y\phi y}}{l_{y\phi p} - l_{y\phi y}}. \quad (8)$$

С учетом (1) и (2) последнее выражение примет вид

$$N_{y,y} = \frac{N_{y,y(3)} P_{yy} - P_{yp}}{P_{yy} - P_{yp}}. \quad (9)$$

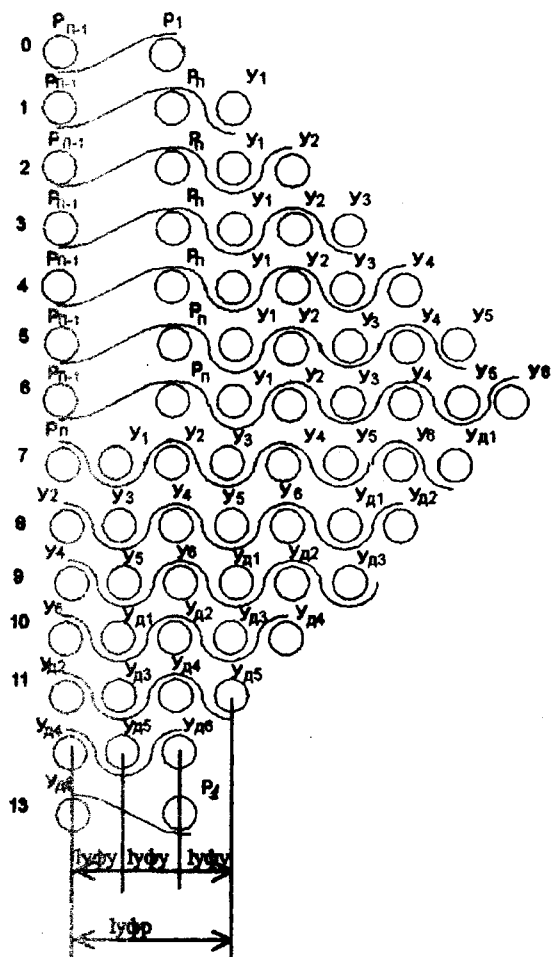


Рис. 2

При втором варианте (рис.2) наработка уплотненной по утку полосы ткани начинается без отвода последней  $P_n$  уточной нити разреженной полосы из зоны формирования. В данном случае первая  $Y_1$  уточная нить уплотненной полосы при первом обороте главного вала ткацкого станка располагается на расстоянии  $l_{y\phi y}$  от нити  $P_n$ .

Как и в первом варианте, уплотненная

полоса состоит из двух частей. Величину второго участка определяли по формуле (4), а первого участка – по выражению

$$L_{по} = N_{y,y(3)} l_{y\phi y}. \quad (10)$$

С учетом зависимостей (4), (6) и (10) запишем следующие суммы:

$$L_{по} + \Delta L_{по} = N_{y,y(3)} l_{y\phi y} + N_{y,y(d)} l_{y\phi y} = N_{y,y(d)} l_{y\phi p}.$$

Выполнив преобразования, получим

$$N_{y,y(d)} = \frac{N_{y,y(3)} l_{y\phi y}}{l_{y\phi p} - l_{y\phi y}}. \quad (11)$$

Общее число нитей утка в уплотненной полосе ткани при втором варианте ее формирования найдем с помощью зависимости

$$N_{y,y} = N_{y,y(3)} + N_{y,y(d)} + 1 = \quad (12)$$

$$= \frac{(N_{y,y(3)} + 1) l_{y\phi p} - l_{y\phi y}}{l_{y\phi p} - l_{y\phi y}}.$$

Подставив в (12) величины (1) и (2), получим

$$N_{y,y} = \frac{(N_{y,y(3)} + 1) P_{yy} - P_{yp}}{P_{yy} - P_{yp}}. \quad (13)$$

Выполним пример расчета числа нитей в уплотненной полосе ткани с эффектом переменной плотности расположения нитей при параметрах:  $P_{yy} = 200$  нитей/дм;  $P_{yp} = 100$  нитей/дм;  $N_{y,y(3)} = 6$  нитей.

Количество нитей утка в уплотненной полосе ткани определим по соотношению (9) для первого варианта:

$$N_{y,y} = \frac{6 \cdot 200 - 100}{200 - 100} = 11 \text{ (нитей)}$$

и по формуле (13) для второго варианта:

$$N_{y,y} = \frac{(6+1) \cdot 200 - 100}{200 - 100} = 13 \text{ (нитей)}.$$

### ВЫВОДЫ

Предложены формулы для расчета числа нитей утка в уплотненной полосе узорчатой ткани полотняного переплетения с

эффектом переменной плотности расположения нитей при двух вариантах ее формирования.

### ЛИТЕРАТУРА

1. *Синицын В.А.* Разработка теоретических основ проектирования узорчатых тканей с переменной плотностью, технологий и средств их изготовления: Дис. ... докт. техн. наук. – Иваново, 1998.

Рекомендована кафедрой ткачества. Поступила 03.12.01.

УДК 677.924

## НАТЯЖЕНИЕ НИТЕЙ В ТКАНЯХ ГЛАВНЫХ ПЕРЕПЛЕТЕНИЙ

*С.Г. СТЕПАНОВ, А.Х. САЛИХОВА, Г.В. СТЕПАНОВ*

(Ивановская государственная архитектурно-строительная академия,  
Ивановская государственная текстильная академия)

Решение задачи натяжения нити в ткани, снятой со станка, представляет определенный интерес. В этом случае можно более точно прогнозировать характеристики ткани, так как ее строение во многом оп-

ределяется внутренним взаимодействием нитей основы и утка.

Для решения поставленной задачи воспользуемся дифференциальным уравнением [1]:

$$\frac{d^2}{dz^2} \left( EJ_x \frac{d^2 y}{dz^2} \right) - \frac{d}{dz} \left[ Q_1(z) \frac{dy}{dz} \right] + ky = q(q_0, P, M), \quad (1)$$

где  $q(q_0, P, M)$  – обобщенная внешняя нагрузка;  $E$  – модуль упругости первого рода;  $J_x$  – момент инерции сечения нити относительно оси  $x$ ;  $Q_1(z)$  – осевая растягивающая сила;  $k$  – коэффициент пропорциональности.

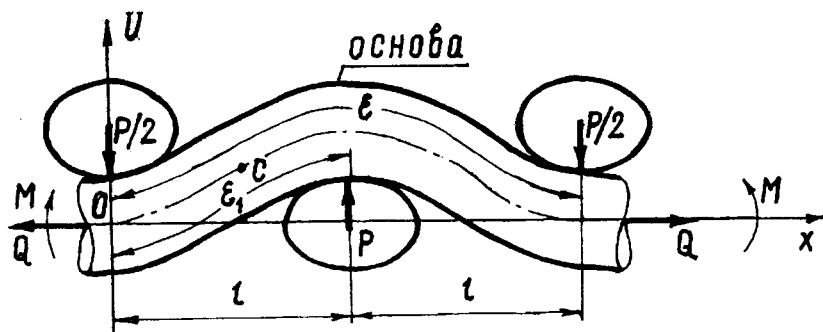
Для нашего случая (1) будет иметь вид

$$A_x^* \frac{d^4 U}{d\varepsilon^4} - Q_x^* \frac{d^2 U}{d\varepsilon^2} - q(P_x^*) = 0, \quad (2)$$

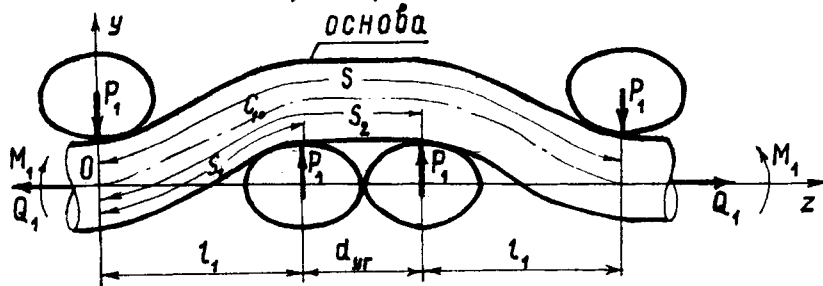
где  $A_x^*$  – жесткость нити на изгиб;  $Q_x^*$  – растягивающая сила;  $q(P_x)$  – сосредоточенные внешние силы.

В (2) показатели приводятся в безразмерной форме.

а) ПЛОТНО



б) саржа 2/1



в) атлас 5/2

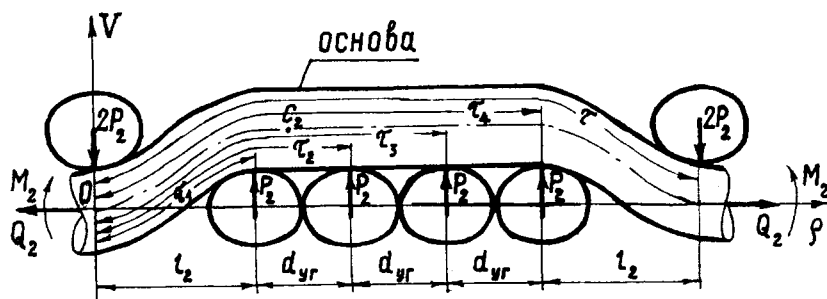


Рис.1

Используя (2) и учитывая обозначения рис.1-а, для ткани полотняного переплетения запишем

$$A^* \frac{d^4 U}{d\varepsilon^4} - Q^* \frac{d^2 U}{d\varepsilon^2} - P^* \delta(\varepsilon - \varepsilon_1) = 0. \quad (3)$$

Подобное равенство имеем и для саржи 2/1 (рис.1-б)

$$A_1^* \frac{d^4 Y}{ds^4} - Q_1^* \frac{d^2 Y}{ds^2} - P_1^* \delta(s - s_1) - P_1^* \delta(s - s_2) = 0. \quad (4)$$

Составим уравнение равновесия нити для переплетения атлас 5/2 (рис.1-в):

$$A_2^* \frac{d^4 V}{d\tau^4} - Q_2^* \frac{d^2 V}{d\tau^2} - P_2^* \delta(\tau - \tau_1) - P_2^* \delta(\tau - \tau_2) - P_2^* \delta(\tau - \tau_3) - P_2^* \delta(\tau - \tau_4) = 0. \quad (5)$$

В (3...5) приняты обозначения:  $A^*$ ,  $A_1^*$ ,  $A_2^*$  – жесткость нити на изгиб;  $Q^*$ ,  $Q_1^*$ ,  $Q_2^*$  – растягивающие нить осевые силы;  $P^*$ ,  $P_1^*$ ,  $P_2^*$  – давление уточных нитей на нити основы;  $M^*$ ,  $M_1^*$ ,  $M_2^*$  – изгибающие мо-

менты;  $\varepsilon$ ,  $s$ ,  $\tau$  – текущие координаты;  $\varepsilon_1$ ,  $s_1$ ,  $\tau_1$  – координаты действия сосредоточенных сил;  $\delta(\varepsilon - \varepsilon_1)$ ,  $\delta(s - s_1)$ ,  $\delta(\tau - \tau_1)$  – дельта-функции Дирака.

Поскольку точное решение (3...5) вряд ли возможно, решим уравнения приближенно, используя принцип возможных перемещений.

Вычислим интеграл [1]:

$$\int_0^1 L(\varphi) \delta\varphi dz = 0, \quad (6)$$

где  $L(\varphi)$  – уравнение равновесия нити;  $\delta\varphi$  – возможные обобщенные перемещения точек осевой линии нити.

$$A_1^* \frac{d^4 Y}{dz^4} - Q_1^* \frac{d^2 Y}{dz^2} - P_1^* \delta(z - z_1) - P_1^* \delta(z - z_2) = 0, \quad (8)$$

$$A_2^* \frac{d^4 V}{dQ^4} - Q_2^* \frac{d^2 V}{dQ^2} - P_2^* \delta(Q - Q_1) - P_2^* \delta(Q - Q_2) - P_2^* \delta(Q - Q_3) - P_2^* \delta(Q - Q_4) = 0, \quad (9)$$

где  $x_i, z_i, \rho_i$  – проекции  $\varepsilon_i, s_i, \tau_i$  на соответствующие оси.

Представим прогиб нити через известные функции, которые удовлетворяют крайним условиям:

для полотна

$$U = a(1 - \cos 2\pi x), \quad (10)$$

для саржи

$$Y = a_1(1 - \cos 2\pi z), \quad (11)$$

для атласа

$$V = a_2(1 - \cos 2\pi \rho), \quad (12)$$

где  $a, a_1, a_2$ , – числа, требующие определения.

Решение будем осуществлять для малых прогибов нити. Это приведет к определенным ошибкам, однако для нашего случая они будут незначительны.

Тогда (3...5) запишется так:

$$A^* \frac{d^4 U}{dx^4} - Q^* \frac{d^2 U}{dx^2} - P^* \delta(x - x_1) = 0, \quad (7)$$

Возможные обобщенные перемещения точек осевой линии нити запишем в виде функций, подобных (10...12):

$$\delta U = 1 - \cos 2\pi x, \quad (13)$$

$$\delta Y = 1 - \cos 2\pi z, \quad (14)$$

$$\delta V = 1 - \cos 2\pi \rho. \quad (15)$$

Вычислим производные от (10...12) до четвертой включительно и подставим их в (7...9). Далее, используя (6) и (13...15), запишем

$$\int_0^1 [6A^* a \pi^4 \cos 2\pi x + 4Q^* a \pi^2 \cos 2\pi x - P^* \delta(x - x_1)] (1 - \cos 2\pi x) dx = 0, \quad (16)$$

$$\int_0^1 [6A_1^* a_1 \pi^4 \cos 2\pi z + 4Q_1^* a_1 \pi^2 \cos 2\pi z - P_1^* \delta(z - z_1) - P_1^* \delta(z - z_2)] (1 - \cos 2\pi z) dz = 0, \quad (17)$$

$$\int_0^1 [6A_2^* a_2 \pi^4 \cos 2\pi \rho + 4Q_2^* a_2 \pi^2 \cos 2\pi \rho - P_2^* \delta(\rho - \rho_1) - P_2^* \delta(\rho - \rho_2) - P_2^* \delta(\rho - \rho_3) - P_2^* \delta(\rho - \rho_4)] \cdot (1 - \cos 2\pi \rho) d\rho = 0. \quad (18)$$

Из (16...18) следует

$$a = \frac{P^*}{\pi^2 (4A^* \pi^2 + Q^*)}, \quad (19)$$

$$a_1 = \frac{1,5P_1^*}{\pi^2 (4A_1^* \pi^2 + Q_1^*)}, \quad (20)$$

$$a_2 = \frac{5P_2^*}{\pi^2 (4A_2^* \pi^2 + Q_2^*)}. \quad (21)$$

Подставив значения (19...21) в (10...12), получим



$$U = \frac{P^*}{\pi^2 (4A^* \pi^2 + Q^*)} (1 - \cos 2\pi x). \quad (22)$$

$$Y = \frac{1,5P_1^*}{\pi^2 (4A_1^* \pi^2 + Q_1^*)} (1 - \cos 2\pi z). \quad (23)$$

$$V = \frac{5P_2^*}{\pi^2 (4A_2^* \pi^2 + Q_2^*)} (1 - \cos 2\pi \rho). \quad (24)$$

Формулы (22...24) отражают изменение высоты волны нити, находящейся в ткани. Если положить  $x = z = \rho = 1/2$  и перейти к размерным величинам, то можно определить высоты волн нити в точках, соответствующих середине основного или уточного перекрытия.

### Элементы переплетений

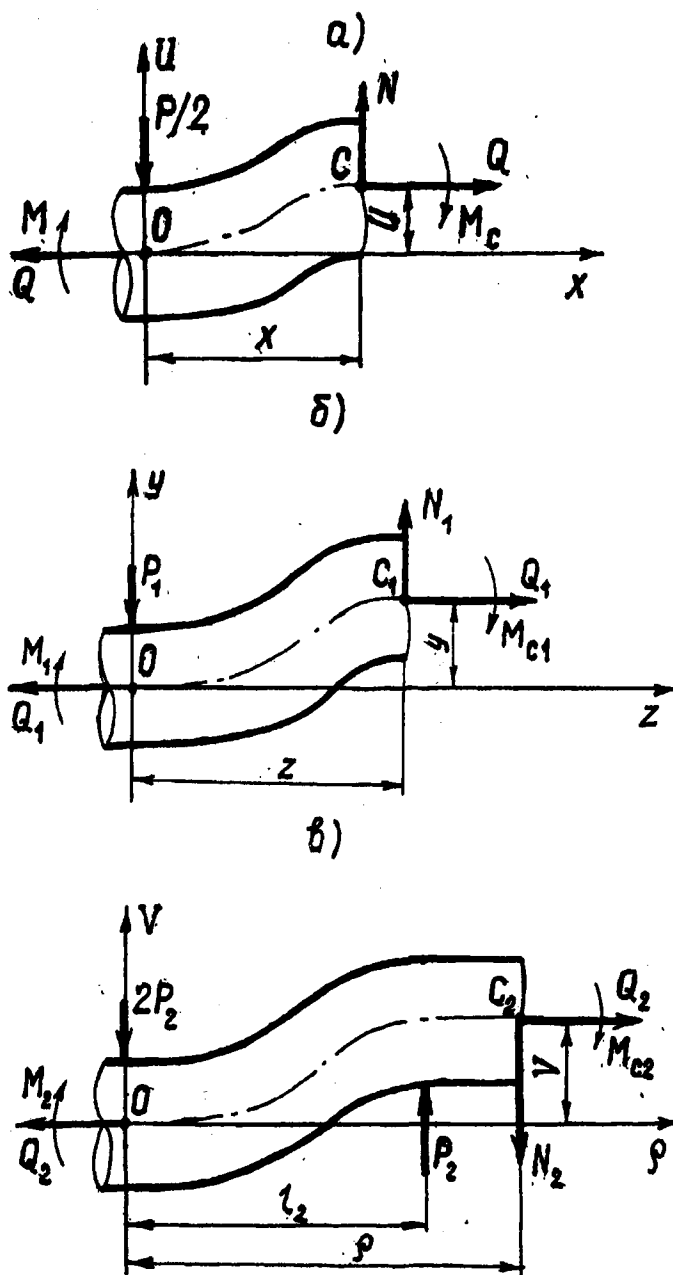


Рис.2

Для дальнейшего решения задачи рассмотрим рис.2. Здесь позиция а отражает равновесие отрезка нити ткани полотняного переплетения, б – саржи, в – атласа. Составим уравнение моментов для полотна. На элементе нити в точке С действуют растягивающая нагрузка Q, перерезывающая сила N и изгибающий момент M<sub>c</sub>:

$$M^* - P^*x/2 + Q^*U + M_c^* = 0. \quad (25)$$

Найдем выражения для моментов M и M<sub>c</sub>. Предварительно определим вторую производную от (22):

$$U'' = \frac{4P^* \cos 2\pi x}{4A^* \pi^2 + Q^*}. \quad (26)$$

При x = 0

$$M^* = U'' A^* = \frac{4P^* A^*}{4A^* \pi^2 + Q^*}, \quad (27)$$

при x = 1/4, M<sub>c</sub> = 0.

С учетом значения моментов из (25) следует

$$U = \frac{P^* x}{2Q^*} - \frac{4P^* A^*}{Q^* (4A^* \pi^2 + Q^*)}. \quad (28)$$

Подставим значение x = 1/4 в (22) и (28). Приравняв последние и решив полученное соотношение относительно Q\*, имеем

$$Q^* = -4\pi^2 A^*. \quad (29)$$

Связь между размерными и безразмерными величинами определяется выражениями

$$Q^* = \frac{l_n^2 Q}{A}, \quad A^* = 1, \quad (30)$$

где l<sub>n</sub> – длина нити, перекрывающая количество нитей другой системы.

Учитывая (29), (30), а также l<sub>n</sub> = 2l<sub>y</sub>, l<sub>y</sub> = 1/P<sub>y</sub>, где P<sub>y</sub> – фактическая плотность ткани по утку, для основной нити получим

$$Q_0 = -9,86 P_y^2 A_0. \quad (31)$$

Знак минус в (31) указывает на то, что фактическое натяжение нити в ткани, снятой со станка, противоположно Q (рис.1-а). Относительно начала координат вектор натяжения нити направлен вправо и вдоль оси нити. Следовательно, знак минус можно опустить, а (31) примет вид:

для основы

$$Q_0 = 9,86 P_y^2 A_0. \quad (32)$$

для утка

$$Q_y = 9,86 P_0^2 A_y, \quad (33)$$

где P<sub>0</sub> – фактическая технологическая плотность основы; A<sub>y</sub> – жесткость на изгиб уточной нити.

Решение задачи натяжения нити для ткани переплетения саржа 2/1 приведено в [2]. На основании рис.2-б составляется уравнение моментов относительно точки С<sub>1</sub>. Решение этого уравнения с учетом (11) и (20) даст следующие выражения для подсчета натяжения нити в ткани:

для основы

$$Q_{10} = 4,38 P_y^2 A_{10}, \quad (34)$$

для утка

$$Q_{1y} = 4,38 P_0^2 A_{1y}. \quad (35)$$

где A<sub>10</sub> и A<sub>1y</sub> – жесткость на изгиб нитей основы и утка.

Рассмотрим рис.2-в, где представлен фрагмент переплетения атласа 5/2. Составим уравнение моментов относительно точки С<sub>2</sub>:

$$M_2^* + Q_2^* V - 2P_2^* Q + P_2^* (Q - l_2) - M_{c2}^* = 0. \quad (36)$$

Вычислив вторую производную от (24), найдем значения изгибающих моментов в точках O и С<sub>2</sub>:

при ρ = 0

$$M^* = V'' A_2^* = \frac{20P_2^* A_2^*}{4A_2^* \pi^2 + Q_2^*}, \quad (37)$$

при ρ = 1/4

$$M_{c2} = 0. \quad (38)$$

Учитывая (37) и (38), из (36) имеем

$$V = \frac{P_2^*}{Q_2^*} (Q - l_2) - \frac{20P_2^* A_2^*}{Q_2^* (4A_2^* \pi^2 + Q_2^*)}. \quad (39)$$

Подставив значение  $\rho = 1/4$  и  $l_2 = 1/5$  в (39) и (24) и приравняв выражения, получим

$$Q_2^* = -4\pi^2 A_2^*. \quad (40)$$

Перейдя к размерным величинам, будем иметь следующие формулы для подсчета натяжения нити для атласа (сатина) 5/2:

$$Q_{20} = 1,57 P_y^2 A_{20}, \quad (41)$$

$$Q_{2y} = 1,57 P_o^2 A_{2y}. \quad (42)$$

Остановимся на равенстве (29), полученном для полотняного переплетения. Аналогичное значение имеем для саржи 2/1 [2] и атласа – (40). Следовательно, указанное выражение является универсальным. Опустив знак минус и перейдя к размерным величинам, запишем формулу так:

$$Q_z = \frac{4\pi^2 A_z P_x^2}{R_x^2}, \quad (43)$$

где  $Q_z$  – определяемое натяжение соответствующей нити;  $A_z$  – жесткость нити на изгиб;  $P_x$  – фактическая технологическая плотность ткани противоположной системы нитей;  $R_x$  – раппорт переплетения.

В (43) жесткость нити на изгиб определяется величиной  $A_z$ , куда входит текущий модуль жесткости  $E_t$ , зависящий от ряда факторов. Для нахождения  $A_z$  следует руководствоваться положениями из [3].

Равенство (43) позволяет подсчитать натяжение основной или уточной нити в тканях главных переплетений с учетом жесткости нити на изгиб, фактической плотности ткани и раппорта переплетения. Формула применима и для других однослойных тканей. В этом случае надо учитывать длину основного или уточного перекрытия той нити, натяжение которой следует определить.

Приведем несколько примеров расчета натяжения нити в ткани. Для бязи арт. 130 имеем  $P_o = P_y = 2,28$  нитей/мм;  $T_o = T_y = 29$  текс;  $A_o = 0,007$  Н·мм<sup>2</sup>. Натяжение основной нити составит

$$Q_o = \frac{4 \cdot 3,14^2 \cdot 0,007 \cdot 2,28^2}{4} \approx 0,36 \text{Н.}$$

Тик наволочный арт. 3944:  $P_o = 3,82$  нитей/мм;  $P_y = 3,2$  нитей/мм;  $T_o = T_y = 25$  текс;  $A_o = 0,006$  Н·мм<sup>2</sup>; переплетение – саржа 2/1:

$$Q_o = \frac{4 \cdot 3,14^2 \cdot 0,006 \cdot 3,2^2}{9} \approx 0,27 \text{Н.}$$

Сатин 5/2 арт. 520:  $P_o = 2,75$  нитей/мм;  $P_y = 4,75$  нитей/мм;  $T_o = 18,5$  текс;  $T_y = 15,4$  текс;  $A_o = 0,0052$  Н·мм<sup>2</sup>. Натяжение основной нити

$$Q_o = \frac{4 \cdot 3,14^2 \cdot 0,0052 \cdot 4,75^2}{25} \approx 0,185 \text{Н.}$$

Наибольшее натяжение нити наблюдается в тканях полотняного переплетения.

## ВЫВОДЫ

Рассмотрено взаимодействие нитей основы и утка в тканях главных переплетений и получены формулы для расчета натяжения нити в ткани.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Светлицкий В.А. Механика гибких стержней и нитей. – М.: Машиностроение, 1978. С. 33...61.
2. Степанов С.Г. и др. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2001, №6.
3. Мигушов И. И. Механика текстильной нити и ткани. – М.: Легкая индустрия. 1980. С. 7... 30.

Рекомендована кафедрой ткачества. Поступила 30.05.01.

## МЕТОД ОТОБРАЖЕНИЯ ОДНОСЛОЙНОГО ПЕРЕПЛЕТЕНИЯ НА ОСЬ ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫХ ЧИСЕЛ

Л. П. ПОЛЯКОВА, Б. М. ПРИМАЧЕНКО

(Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна)

При проектировании ткани по одному или нескольким параметрам, имеющим числовые значения, отсутствие количественной характеристики переплетения при исследовании его влияния на интересующие параметры строения ткани создает определенные трудности. Предлагаемый метод дает возможность получить такую характеристику и позволяет значительно облегчить решение подобных задач.

Существует ряд исследований, где переплетение рассматривается как самостоятельный объект [1...3], однако предлагаемые в них коэффициенты являются одинаковыми для переплетений, имеющих равное число пересечений основы с утком. Так, в [4] и [5] предлагаемый коэффициент переплетения  $F$ , не учитывает того, что общая связанность и напряженность нитей в переплетении зависят не только от числа связей (мест пересечений) в раппорте, но и от их взаимного расположения, от степени равномерности их распределения по площади раппорта переплетения. Таким образом, различные переплетения, имеющие одно и то же число связей и число нитей в раппорте, характеризуются одинаковым значением  $F$ . В [6], напротив, особое внимание уделяется взаимному расположению нитей в раппорте переплетения и разрабатывается метод по определению полей связи, свободных полей и полей просветов.

В отличие от приведенных примеров предлагаемый метод отображения переплетения на ось действительных чисел позволяет идентифицировать переплетение и число, предоставляя возможность отличать одно переплетение от другого. Поэтому полученный коэффициент  $F_n$  переплетения можно рассматривать в качестве своеобразного "имени".

Классический способ обозначения переплетений позволяет однозначно пони-

мать, о каком из них идет речь, и воспроизводить его на бумаге. Например, саржу 1/3 и саржу 3/1 мы воспринимаем и изображаем как два различных переплетения, хотя они дают один и тот же способ переплетения основных и уточных нитей. Фактически, это одно и то же переплетение, изображенное с лицевой и изнаночной стороны, поэтому вполне логично определять его одним "именем", а не двумя различными.

Предлагаемый коэффициент  $F_n$  учитывает не только количество и взаимное расположение перекрытий в раппорте, но и длину настилов, а его числовое значение не зависит от того, какую сторону переплетения (лицевую или изнаночную) мы рассматриваем. Он объединяет в себе три коэффициента, каждый из которых вычисляется по принципу – отношение фактического значения к максимальному:

$$F_n = f_c + f_{ж} + f_n,$$

где  $f_c$  – коэффициент использования ближайших связей;  $f_{ж}$  – коэффициент жесткости переплетения;  $f_n$  – коэффициент "непрерывности" настилов.

При вычислении коэффициента  $F_n$  используется только графическое изображение переплетения, а основной целью является наиболее точная оценка взаимного расположения перекрытий в пределах раппорта, поэтому "связь" в данном случае понятие условное, а не технологическое. Под "связью" следует понимать степень свободы (или возможность) смещения перекрытия: чем большее количество перекрытий, окружающих данное, относится к противоположной системе нитей, тем меньшую возможность смещения оно имеет.

Каждую клетку раппорта окружают восемь других клеток: две по горизонтали, две по вертикали и четыре по диагонали – восемь степеней свободы (связей), каждая из которых оказывает влияние на прочность закрепления рассматриваемого перекрытия. В случае, когда соседнее перекрытие является перекрытием другой системы (основное по отношению к уточному или уточное по отношению к основному), условимся считать связь, использованной для взаимодействия с противоположной системой нитей. Соответственно, если соседнее перекрытие той же системы – будем считать связь не использованной для взаимодействия с другой системой нитей. Граница между закрашенной и пустой клетками на рисунке переплетения обозначает, что в этом месте происходит смена системы нитей, выходящей на лицевую поверхность ткани.

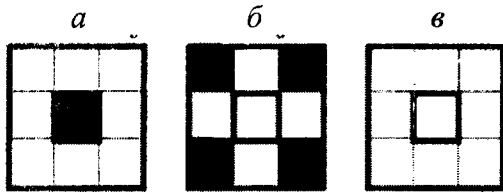


Рис. 1

На рис.1-а центральная клетка имеет четыре границы (четыре перевязки), по-

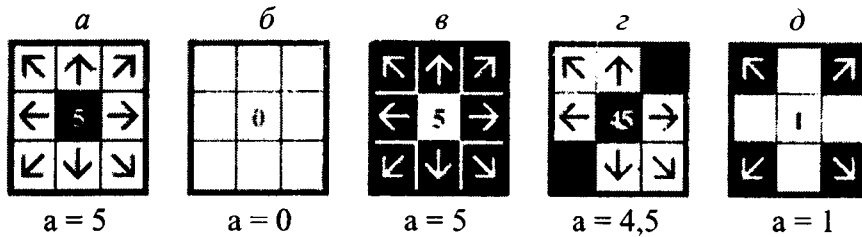


Рис. 2

Для подсчета общего числа использованных связей ( $A = \sum a_i$ ) в пределах раппорта переплетения оценивается каждое перекрытие аналогично примерам, представленным на рис.2, где рассматриваемая клетка располагается в центре, а цифра показывает количество использованных данным перекрытием связей (связи изображены стрелками).

Коэффициент использования ближайших связей представляет собой отношение фактического числа использованных в раппорте переплетения связей к максимальному:

этому данное перекрытие прочно закреплено. Наличие влияния перекрытий, расположенных по диагонали к данному, продемонстрировано на рис.1-б и в, где центральное перекрытие в обоих случаях не имеет перевязок, однако нельзя не заметить, что закрепление рассматриваемого перекрытия на рис.1-б более прочно, чем на рис.1-в. Поэтому величину связи в направлении горизонтали и вертикали будем считать равной единице, а по диагонали – 0,25 (на основании того, что четыре перекрытия, расположенные по диагонали к данному, оказывают на него равноценное действие, то есть влияние каждого из них условно можно считать равным одной четверти или 0,25). Таким образом, максимальное число ближайших связей для одного перекрытия будет

$$a_{\max} = (2 + 2) \times 1 + 4 \times 0,25 = 5,$$

а максимальное число ближайших связей всего раппорта переплетения

$$A_{\max} = R_o \times R_y \times 5.$$

$$f_c = A / A_{\max}.$$

Немаловажным фактором, оказывающим влияние на свойства ткани, является степень жесткости переплетения. Поэтому при определении  $F_n$  введение показателя, характеризующего переплетение с этой точки зрения, вполне обосновано. Известно, что максимальной жесткостью обладает полотняное переплетение, на графическом изображении которого легко заметить, что каждое перекрытие окружено с

четырёх сторон перекрытиями нитей другой системы.

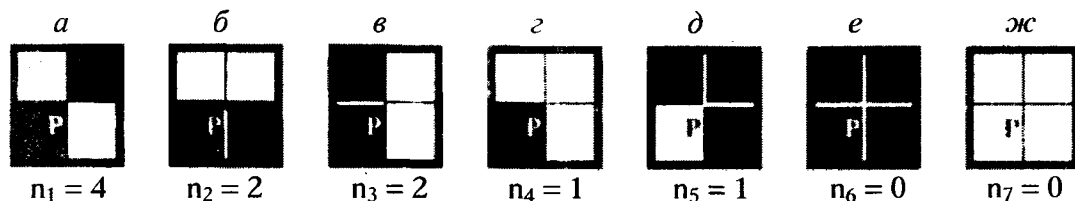


Рис. 3

Рассмотрим элемент переплетения, состоящий из четырех клеток (рис.3). В нем имеется четыре границы и точка Р пересечения границ, разделяющих перекрытия – она же точка соприкосновения четырех ближайших клеток. Количество таких точек в раппорте переплетения зависит только от его размера ( $R_oR_y$ ). В представленных элементах переплетения число переходов от основного перекрытия к уточному (или наоборот) может быть равным четырем (рис.3-а), двум (рис.3-б, в, г и д) или нулю (рис.3-е и ж).

На рис.3 показаны все случаи возможного взаимного расположения перекрытий в элементе переплетения. При уменьшении числа переходов (перевязок) связность нитей в элементе переплетения убывает, а при нуле полностью отсутствует. Это означает, что точка Р находится внутри уточного или основного настила, где нити не переплетаются между собой (рис.3-е и ж). Если же все четыре нити переплетаются между собой по закону полотняного переплетения (рис.3-а), то жесткость в данной точке будет максимальной.

Элемент переплетения (рис.3-а) имеет четыре одиночных настила, последовательно сменяющие друг друга, то есть число  $n$  настилов, создающих жесткость в данной точке равняется четырем ( $n = n_{max} = 4$ ). Если элемент содержит два настила, то возможны два варианта их расположения (рис.3-б, в и рис.3-г, д). В первом случае имеются два равноценных настила, состоящих из двух перекрытий каждый. Поэтому  $n = 2$  – жесткость в элементе создается двумя настилами – двумя различными нитями основы (рис.3-б) или двумя различными нитями утка (рис.3-в). Во втором случае настилы неодинаковые: один из на-

стилов состоит из одиночного перекрытия, а другой – из трех перекрытий (рис.3-г, д).

Вполне очевидно, что жесткость в данной точке Р создается именно за счет одиночного перекрытия ( $n = 1$ ), имеющего перевязку и по основе, и по утку, а не за счет настила, состоящего из трех перекрытий, где нити слабо взаимодействуют друг с другом. Коэффициент  $f_{ж}$  жесткости переплетения показывает, какую часть от жесткости полотняного составляет жесткость оцениваемого переплетения и определяется как отношение суммы настилов ( $K = \sum n_i$ ), создающих жесткость в каждой точке  $P_i$  к максимальному числу настилов ( $K_{max} = 4R_oR_y$ ) в раппорте переплетения:

$$f_{ж} = K / K_{max} .$$

Существенное влияние на формирование строения ткани оказывает не только длина настилов основных и уточных нитей, но и их взаимное расположение в раппорте переплетения. Влияние длины настила станет очевидным, если сравнить некоторые характеристики сатина 6-рем., саржи 2/4 и 3/3:  $f_c = 0,3333$ ;  $f_{ж} = 0,1667$  (табл.1);  $R_o \times R_y = 36$ ;  $t = 2$  – все показатели у трех различных переплетений одинаковы.

Вероятно, их отличает друг от друга именно величина "непрерывной площади" настила. Коэффициент  $f_n$  оценивает переплетение с точки зрения величины "непрерывной площади" настила, которая является достаточно значимым в характеристике переплетения показателем, так как от нее зависит, насколько прочно нити связываются между собой: чем больше однотипных перекрытий располагается рядом, тем слабее нити основы и утка взаимодействуют.

вуют между собой, а значит, переплетение становится более рыхлым.

Под "непрерывной площадью" настила следует понимать совокупность перекрытий одной системы нитей (только основные или только уточные), которые соприкасаются друг с другом, образуя на рисунке переплетения области белого (уточные) или черного (основные) цвета (в соответствии с классическим способом изображения переплетений, когда закрашенная клетка обозначает основное перекрытие, а пустая (белая) – уточное).

Перекрытия, расположенные по диагонали, нельзя в прямом смысле считать длиной настила, однако и не учитывать наличие в раппорте переплетения непрерывных диагональных цепочек из одиночных перекрытий (как у саржи) было бы ошибочным. Так, например, саржа 1/5 и сатин 6-рем. имеют настилы одинаковой длины, однако саржа 1/5 имеет более значительную "непрерывную площадь", занятую уточными настилами.

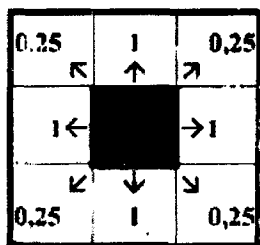


Рис. 4

Для определения величины "непрерывности настила", внутри которого находится оцениваемое перекрытие, рассмотрим оцениваемое перекрытие, рассмотрим (начиная с данного) перекрытия, расположенные во всех направлениях (рис.4) на расстоянии  $R-1$  (это необходимо для получения показателя, не зависящего от того, с какой нити раппорта начинается переплетение). Затем суммируем соприкасающиеся перекрытия аналогичной системы нитей, считая саму оцениваемую клетку, а также перекрытия в горизонтальном и вертикальном направлениях равными 1 – на основании того, что каждое присоединенное перекрытие увеличивает длину настила на единицу.

Любая клетка на рисунке переплетения имеет четыре точки соприкосновения  $P_i$  с

соседними перекрытиями, расположенными по диагонали к данному, следовательно, диагональные цепочки могут образовываться в четырех направлениях: в плотняном переплетении от каждого перекрытия образуется четыре диагональные цепочки, соответственно одна цепочка составляет одну четверть (или 0,25) от возможного числа цепочек, поэтому перекрытия, составляющие диагональную цепочку, при суммировании будем считать равными 0,25.

Величина  $Z$  "непрерывной площади" настила всего переплетения представляет собой сумму значений, полученных при оценке  $z_i$  – каждого перекрытия раппорта:

$$Z = \sum z_i.$$

Максимальная величина "непрерывной площади" настила для одного перекрытия зависит только от размера раппорта переплетения:

$$Z_{\max} = 1 + 4(R - 1) \times 1 + 4(R - 1) \times 0,25 = 5R - 4.$$

Соответственно максимальная величина "непрерывной площади настила" для всех перекрытий раппорта переплетения будет

$$Z_{\max} = (5R - 4) \times R_o \times R_y.$$

По мере увеличения  $Z$  степень закрепления нитей в ткани уменьшается. Следовательно, чем больше разница между максимальным и фактическим значением  $(Z_{\max} - Z)$ , тем больше связность нитей в ткани. Оценивая различные переплетения, мы фактически сравниваем их с плотняным, поэтому при вычислении коэффициента  $f_n$  целесообразно применять следующее отношение:

$$(Z_{\max} - Z) / Z_{\max} = Z^* / Z_{\max}.$$

Однако величина  $Z^* / Z_{\max}$  не позволяет сравнивать переплетения, отличающиеся размером раппорта, который в данном случае имеет существенное значение, так как для плотняного переплетения ( $R_o = 2$ )

одиночное перекрытие составляет 50% раппорта, а, например, для саржи 1/3+4/4 ( $R_o = 12$ ) соответственно 8,33% раппорта. В связи с этим при вычислении  $f_n$  необходимо ввести уточняющий коэффициент  $k$ , учитывающий среднюю длину перекрытий в переплетении:

$$k = \frac{1}{2} \left( \frac{R_o R_y}{m_o} + \frac{R_o R_y}{m_y} \right)$$

где  $m_o, m_y$  – число настилов в раппорте переплетения по основе и по утку.

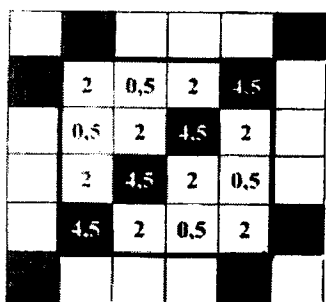
Коэффициент  $f_n$ , характеризующий степень рыхлости ткани, вычислим по формуле

$$f_n = Z^*/k \times Z_{\max}$$

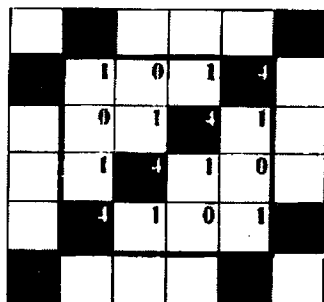
Таблица 1

Переплетение	A	A <sub>max</sub>	f <sub>c</sub>	K	K <sub>max</sub>	f <sub>ж</sub>	Z	Z <sub>max</sub>	Z*	Z*/Z <sub>max</sub>	k	f <sub>n</sub>	F <sub>n</sub>
Полотно	16	20	0,8000	16	16	1,0000	8	24	16	0,6667	1	0,6667	2,4667
Репс осн. 2/1	22	30	0,7333	20	24	0,8333	14	48	34	0,7083	1,25	0,5667	2,1333
Репс ут. 2/1	22	30	0,7333	20	24	0,8333	14	48	34	0,7083	1,25	0,5667	2,1333
Репс осн. 2/2	28	40	0,7000	24	32	0,7500	20	80	60	0,7500	1,5	0,5000	1,9500
Репс ут. 2/2	28	40	0,7000	24	32	0,7500	20	80	60	0,7500	1,5	0,5000	1,9500
Репс осн. 3/1	28	40	0,7000	24	32	0,7500	24	80	56	0,7000	1,5	0,4667	1,9167
Саржа 1/2	27	45	0,6000	18	36	0,5000	31,5	99	67,5	0,6818	1,5	0,4545	1,5545
Рогожка 2/2	40	80	0,5000	32	64	0,5000	72	256	184	0,7188	2	0,3594	1,3594
Саржа 1/3	36	80	0,4500	24	64	0,3750	100	256	156	0,6094	2	0,3047	1,1297
Сатин 4-рем.	38	80	0,4750	20	64	0,3125	84	256	172	0,6719	2	0,3359	1,1234
Саржа 2/2	40	80	0,5000	16	64	0,2500	72	256	184	0,7188	2	0,3594	1,1094
Сатин усил. 7/3	112	245	0,4571	56	196	0,2857	332,5	1519	1186,5	0,7811	2,625	0,2976	1,0404
Рогожка 3/3	64	180	0,3556	48	144	0,3333	238	936	698	0,7457	3	0,2486	0,9375
Саржа 1/4	45	125	0,3600	30	100	0,3000	210	525	315	0,6000	2,5	0,2400	0,9000
Сатин 5/2	50	125	0,4000	20	100	0,2000	175	525	350	0,6667	2,5	0,2667	0,8667
Сатин 5/3	50	125	0,4000	20	100	0,2000	175	525	350	0,6667	2,5	0,2667	0,8667
Саржа 1/3+4/4	228	720	0,3167	120	576	0,2083	1746	8064	6318	0,7835	3	0,2612	0,7862
Саржа 1/5	54	180	0,3000	36	144	0,2500	414	936	522	0,5577	3	0,1859	0,7359
Саржа 3/3	60	180	0,3333	24	144	0,1667	276	936	660	0,7051	3	0,2350	0,7350
Саржа 2/4	60	180	0,3333	24	144	0,1667	300	936	636	0,6795	3	0,2265	0,7265
Рогожка 4/4	88	320	0,2750	64	256	0,2500	584	2304	1720	0,7465	4	0,1866	0,7116
Сатин б-рем.	60	180	0,3333	24	144	0,1667	362	936	574	0,6132	3	0,2044	0,7044
Саржа 1/6	63	245	0,2571	42	196	0,2143	668,5	1519	850,5	0,5599	3,5	0,1600	0,6314
Сатин 7/3	70	245	0,2857	28	196	0,1429	574	1519	945	0,6221	3,5	0,1777	0,6063
Саржа 4/4	80	320	0,2500	32	256	0,1250	688	2304	1616	0,7014	4	0,1753	0,5503

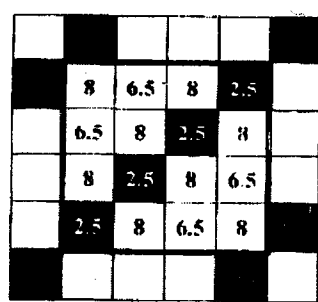
В табл. 1. представлены коэффициенты  $f_c, f_{ж}, f_n$  и  $F_n$  для 25 переплетений.



A = 36  
Рис. 5



K = 24  
Рис. 6



Z = 100  
Рис. 7

Приведем пример расчета коэффициента  $F_n$  для саржи 1/3 (рис. 5... 7):

1) A = 36; A<sub>max</sub> = 5 × 4 × 4 = 80;  
f<sub>c</sub> = 36/80 = 0,4500;

2) K = 24; K<sub>max</sub> = 4 × 4 × 4 = 64; f<sub>ж</sub> = 24/64 = 0,3750;

3) Z = 100; Z<sub>max</sub> = (5 × 4 - 4) × 4 × 4 = 256;



$Z^* = 256 - 100 = 156$ ;  $k = 1/2(16/8 + 16/8) = 2$ ;  
 $f_n = 156/2 \times 256 = 0,3047$ ;

4)  $F_n = 0,4500 + 0,3750 + 0,3047 = 1,1297$ .

Анализ полученных значений  $F_n$  показывает, что расположенный в порядке убывания  $F_n$  числовой ряд вполне логично отражает свойства переплетений: по мере увеличения длины перекрытия жесткость переплетения уменьшается.

Экспериментальные исследования на пряженности технологического процесса ткачества при выработке 10 тканей различных переплетений и испытания их физико-механических свойств подтверждают теоретические предположения о характере и степени влияния различных переплетений на исследуемые параметры.

## ВЫВОДЫ

1. Разработан метод, позволяющий идентифицировать переплетение и число, предоставляя возможность отличать одно переплетение от другого.

2. Установлено, что коэффициент переплетения  $F_n$  является характеристикой именно переплетения, а не ткани, выработанной данным переплетением.

Числовое значение  $F_n$  можно использовать при проектировании тканей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Кутепов О. С.* Строение и проектирование тканей. – М.: Легпромбытиздат, 1988.
2. *Брайерлей С.* Теория и практические расчеты плотности тканей. – М.: Гизлегпром, 1937.
3. *Дамянов Г. Б., Бачев Ц. З., Сурнина Н. Ф.* Строение ткани и современные методы ее проектирования. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984.
4. *Еремينا Н. С.* Составление номограмм показателей физико-механических свойств тканей для их проектирования // Сб. рефератов ЦНИХБИ: Ткачество. – М.: Гизлегпром, 1952, вып. 5. С.36...53.
5. *Хлопкоткачество /* Справочник под ред. П.Т. Букаева. – М.: Легпромбытиздат, 1987.
6. *Селиванов Г. И.* Текстильная промышленность. – 1963, №3.

Рекомендована кафедрой ткачества. Поступила 08.02.02.

УДК 677.024

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТКАНИ КОМБИНИРОВАННОГО ПЕРЕПЛЕТЕНИЯ С ЭФФЕКТОМ ПЕРЕМЕННОЙ ПЛОТНОСТИ\*

С.М. КУЗНЕЦОВА

(Ивановская государственная текстильная академия)

В процессе подготовки к выработке тканей комбинированных переплетений, включающих элементы репсов и полурепсов [1], возникают определенные трудности при выборе их параметров заправки и изготовления. Для анализа технологических процессов широко применяются математические методы планирования эксперимента, позволяющие получить математическую модель объекта исследования, оценить степень влияния входных факторов и осуществить оптимизацию процесса.

При оптимизации процесса изготовления ткани с эффектом переменной плотности по основе в продольном и по утку в поперечном направлениях (линейная плотность нитей основы и утка 29 текс; плотность ткани по основе 218 и по утку 240 нитей/дм; уработка основы 7,7 и утка 3,1%; переплетение на базе основного репса 2/2 и основного полурепса 3/1) на ткацком станке СТБ1-180 использовали

\* Работа выполнена под руководством проф., докт. техн. наук Сеницына В.А.

Таблица 1

Факторы	Уровни факторов					Интервал варьирования $J_i$
	$x_i=-1,682$	$x_i=-1$	$x_i=0$	$x_i=1$	$x_i=1,682$	
Величина заступа $X_1$ , мм	7	10	15	20	22	5
Длина пружины основного регулятора $X_2$ , мм	252,5	275,1	263,8	270,5	275,1	6,7
Расстояние от первой ремизки до центра первого прутка ламельного прибора $X_3$ , мм	240	260	290	320	340	30

В табл. 1 приведены значения выбранных факторов в натуральных значениях ( $X_i$ ) на пяти кодированных уровнях ( $x_i$ ). Взаимосвязь натуральных и кодированных значений факторов определяли по формуле [2]:

$$X_i = X_{oi} + x_i J_i, \quad (1)$$

где  $X_i$ ,  $X_{oi}$  – натуральное значение  $i$ -го фактора и его основного уровня;  $x_i$  и  $J_i$  –

кодированное значение и интервал варьирования  $i$ -го фактора.

В качестве критерия оптимизации принята обрывность нитей основы при формировании ткани с эффектом переменной плотности, приходящаяся на один погонный метр тканого изделия.

В рабочей матрице РЦКЭ (табл.2) приведены экспериментальные  $Y_u$  значения обрывности нитей основы при выработке данной ткани.

Таблица 2

№ п/п	Кодированные значения										$Y_u$	$Y_{Ru}$
	$x_0$	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_1^2$	$x_2^2$	$x_3^2$	$x_1 x_2$	$x_1 x_3$	$x_2 x_3$		
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,24	0,256
2	1	1	1	-1	1	1	1	1	-1	-1	0,35	0,353
3	1	1	-1	1	1	1	1	-1	1	-1	0,275	0,268
4	1	1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	1	0,365	0,371
5	1	-1	1	1	1	1	1	-1	-1	1	0,375	0,378
6	1	-1	1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	0,38	0,396
7	1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	-1	0,29	0,296
8	1	-1	-1	-1	1	1	1	1	-1	1	0,325	0,318
9	1	1,682	0	0	2,83	0	0	0	0	0	0,33	0,323
10	1	-1,682	0	0	2,83	0	0	0	0	0	0,39	0,383
11	1	0	1,682	0	0	2,83	0	0	0	0	0,36	0,341
12	1	0	-1,682	0	0	2,83	0	0	0	0	0,28	0,286
13	1	0	0	1,682	0	0	2,83	0	0	0	0,27	0,263
14	1	0	0	-1,682	0	0	2,83	0	0	0	0,37	0,363
15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,265	0,273
16	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,28	0,273
17	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,295	0,273
18	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,27	0,273
19	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,255	0,273
20	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,275	0,273

Искомым выражением результатов проведенного эксперимента является

полином второго порядка:

$$Y_R = 0,27328 - 0,01764x_1 + 0,01644x_2 - 0,02988x_3 - 0,02375x_1x_2 - 0,02x_1x_3 - 0,00125x_2x_3 + 0,0282x_1^2 + 0,01409x_2^2 + 0,01409x_3^2. \quad (2)$$

В соответствии с полученным уравнением вычислены расчетные значения выходного параметра  $Y_{Ru}$  (табл.2). Для определения значимости коэффициентов регрессии использовали критерий Стьюдента, а при проверке гипотезы об адекватности полученной модели – критерий Фишера.

При нахождении оптимальных значений факторов выполнен анализ регресси-

онного уравнения (2) с помощью частных производных.

Анализ результатов табл.2 показывает, что минимальное фактическое и расчетное значения обрывности нитей основы соответствуют опыту №1, при котором фактор  $X_3$  имеет кодированное значение, равное 1.

При этом условии уравнение (2) принимает вид:

$$Y_R = 0,25479 - 0,03764x_1 + 0,01769x_2 - 0,02375x_1x_2 + 0,0282x_1^2 + 0,01409x_2^2. \quad (3)$$

Взяв частные производные  $\frac{\partial Y}{\partial x_1}$  и  $\frac{\partial Y}{\partial x_2}$

от этого выражения и приравняв их к нулю, получим систему

$$\begin{cases} -0,03764 - 0,02375x_2 + 0,0564x_1 = 0, \\ 0,01769 - 0,02375x_1 + 0,02818x_2 = 0, \end{cases} \quad (4)$$

$$X_1 = X_{01} + x_1 Y_1 = 15 + 0,6248 \cdot 5 = 18,1,$$

$$X_2 = X_{02} + x_2 Y_2 = 263,8 - 0,1011 \cdot 6,7 = 263,1,$$

$$X_3 = X_{03} + x_3 Y_3 = 290 + 1 \cdot 30 = 320.$$

При проведении повторного эксперимента на ткацком станке выставлены следующие значения факторов:  $X_1 = 18\text{мм}$ ;  $X_2 = 263,1\text{мм}$ ;  $X_3 = 320\text{мм}$ . Обрывность нитей основы при этом составила 0,235 обр/м.

Таким образом, анализ полученной регрессионной модели с помощью частных производных позволил выявить оптимальные параметры изготовления ткани с эффектом переменной плотности по основе в продольном и по утку в поперечном направлении:

– величина заступа 18 мм;

решением которой являются величины

$$x_1 = 0,6248 \quad \text{и} \quad x_2 = -0,1011.$$

Имея в виду, что  $x_3 = 1$ , по формуле (1) вычислим окончательные значения факторов в их натуральном выражении, мм:

– длина пружины основного регулятора 263,1 мм;

– расстояние от первой ремизки до переднего прутка ламельного прибора 320 мм.

Установка оптимальных параметров заправки ткацкого станка СТБ1 – 180 при формировании данной ткани обеспечила снижение обрывности нитей основы с 0,300 до 0,235 обр/мин, то есть на 21,7% по сравнению с базовым вариантом.

## ВЫВОДЫ

1. Получено регрессионное уравнение, описывающее изменение обрывности ни-

тей основы при формировании ткани комбинированного переплетения с эффектом переменной плотности по основе в продольном и по утку в поперечном направлениях.

2. Определены оптимальные параметры изготовления узорчатой ткани на станке СТБ1-180.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Синуцын В.А. Разработка теоретических основ проектирования узорчатых тканей с переменной плотностью, технологий и средств их изготовления: Дис. ... докт. техн. наук. – Иваново, 1998.

2. Севостьянов А.Г. Методы и средства исследования механико-технологических процессов текстильной промышленности. – М.: Легкая индустрия, 1980.

Рекомендована кафедрой ткачества. Поступила 03.12.01.

УДК 677.074.001.5

## АНАЛИЗ СВОЙСТВ ТКАНЕЙ, ВЫРАБОТАННЫХ С МОДЕРНИЗИРОВАННЫМ ТОВАРНЫМ РЕГУЛЯТОРОМ

В.Ю.СЕЛИВЕРСТОВ, В.А.ТЯГУНОВ, Л.В.ЛИСС, И.Ю.КАРПЛЮК

(Костромской государственной технологической университет)

Как показали исследования, на ткацком станке АТПР-120-ЛМ с модернизированным товарным регулятором [1] плотность ткани по утку зависит не только от числа зубьев сменных шестерен и заходности червяка, но и от величины, и момента обратной подачи ткани в рабочую зону.

С целью исследования влияния этих факторов на свойства ткани на кафедре ткачества проведен активный двухфактор-

ный эксперимент. На станке АТПР-120-ЛМ с модернизированным товарным регулятором вырабатывали полульняную ткань, в основе которой использовали суровую крученую хлопчатобумажную пряжу линейной плотностью 25×2 текс, а в утке – льняную суровую пряжу мокрого прядения линейной плотностью 46 текс. Матрица планирования эксперимента представлена в табл.1.

Таблица 1

Уровни фактора $X_2$	Уровни фактора $X_1$			
	$X_1^{(1)}$	$X_1^{(2)}$	$X_1^{(3)}$	$X_1^{(4)}$
$X_2^{(1)}$	$X_{11}$	$X_{21}$	$X_{31}$	$X_{41}$
$X_2^{(2)}$	$X_{12}$	$X_{22}$	$X_{32}$	$X_{42}$
$X_2^{(3)}$	$X_{13}$	$X_{23}$	$X_{33}$	$X_{43}$
$X_2^{(4)}$	$X_{14}$	$X_{24}$	$X_{34}$	$X_{44}$

Момент начала обратной подачи ткани в рабочую зону (фактор  $X_1$ ) принят в пределах от 350 до 5° оборота главного вала. Интервал варьирования фактора  $X_1$  – 5°. Величина обратной подачи ткани в зону формирования, выраженная в условных единицах, определяемых долями длины резьбы регулировочного болта (фактор  $X_2$ ), находится в пределах от 0,25 до 1,00, что соответствует изменению длины регу-

лировочного болта от 5 до 20 мм. Интервал варьирования фактора  $X_2$  принят 0,25. Выходным параметром  $Y$  являлась плотность ткани по утку.

Эксперимент проведен по четырем вариантам, отличающимся друг от друга моментом начала обратной подачи ткани в рабочую зону, и в каждом варианте проведено по четыре опыта, отличающихся друг

от друга величиной обратной подачи ткани в рабочую зону.

Ткань, выработанная на станке, после

двухдневной отлежки подвергалась анализу по ее свойствам. Результаты анализа приведены в табл.2.

Таблица 2

Момент $X_1$ подачи ткани, град	Обратная подача $X_2$ ткани, мм	Ширина ткани, см	Уработка, %		Поверхностная плотность, г/см <sup>2</sup>	Плотность нитей/10 см		Поверхностное заполнение, %			Разрывная нагрузка полоски ткани, даН		Разрывное удлинение полоски ткани, %	
			ос-новы	утка		по ос-нове	по утку	по основе	по утку	общее	по ос-нове	по утку	по ос-нове	по утку
350	0,25	114,13	3,65	1,57	111,48	151,3	71,3	42,29	18,65	53,05	42	17,3	26,9	11,8
	0,50	114,37	5,35	0,61	119,80	152	86,7	42,48	22,68	55,53	42,8	22,3	32,3	12,9
	0,75	113,93	5,87	1,48	135,58	151,3	116	42,29	30,35	59,80	45,2	28,8	30,3	16,8
	1,00	111,13	7,06	3,13	178,14	154,7	194,7	43,24	50,94	72,15	47,8	65,8	36,8	16,6
355	0,25	115,17	4,86	2,05	110,39	151,3	71,3	42,29	18,65	53,05	37,8	18,5	27,4	10
	0,50	114,40	5,18	1,54	121,21	151,3	84,7	42,29	22,16	55,08	43,3	24,8	29,7	10,4
	0,75	112,70	6,32	1,36	167,39	152,7	170,7	42,68	44,66	68,28	45,6	44,1	37,9	20
	1,00	112,43	7,90	1,76	170,34	153,3	170	42,84	44,48	68,27	42,5	62,1	39,6	17,2
360	0,25	115,07	4,76	1,93	110,73	152,7	68	42,68	17,79	52,88	41,7	19,5	28,9	11,4
	0,50	114,47	5,35	1,27	128,66	152	96,7	42,48	25,30	57,03	44	26,9	31,7	13,8
	0,75	113,00	7,76	1,15	160,49	152,7	155,3	42,68	40,63	65,97	46	52,4	36,2	14,5
	1,00	112,20	6,77	2,45	170,23	153,3	170,7	42,84	44,66	68,37	45,7	61,3	35,8	15,6
5	0,25	114,70	4,44	0,73	114,63	151,3	76	42,29	19,88	53,76	41,6	19,6	30,9	11,1
	0,50	114,47	5,21	1,32	124,36	152,7	86	42,68	22,50	55,58	40	23,3	31,9	10,6
	0,75	114,00	5,75	1,59	142,09	151,3	114,7	42,29	30,01	59,61	43,2	33,1	33	11,5
	1,00	112,20	7,05	1,83	171,12	153,3	170	42,84	44,48	68,27	44	55,7	36,6	24,2

Для наглядности изменения выходного параметра суровых тканей, выработанных по различным вариантам, построены диаграммы (рис.1).

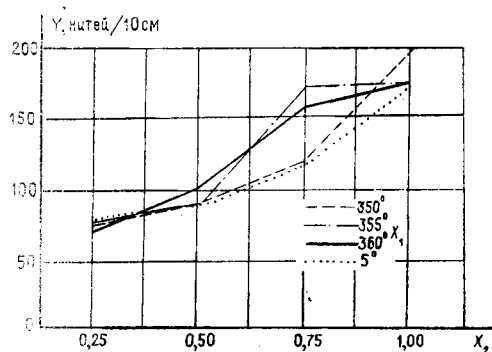


Рис. 1

Анализируя диаграммы и данные табл.2, отражающие зависимость изменения плотности ткани по утку от величины обратной подачи ткани в рабочую зону при разных значениях момента начала обратной подачи ткани, отмечаем тенденцию увеличения плотности ткани по утку во всех вариантах. Это, с одной стороны,

объясняется тем, что с ростом величины обратной подачи ткани в рабочую зону модернизированным товарным регулятором величина фактического отвода ткани из рабочей зоны уменьшается, уменьшая таким образом расстояние между двумя соседними уточинами. С другой стороны, при большей величине обратной подачи ткани в рабочую зону навстречу берду происходит увеличение кинетической энергии, а следовательно, и силы прибора.

Анализируя диаграммы изменения плотности ткани по утку, видим, что максимальная плотность ткани по утку наблюдается при начале обратной подачи ткани 350°, а минимальная – при 5° поворота главного вала станка. По нашему мнению, при начале обратной подачи ткани в рабочую зону 350° опушка ткани встречается с бердом раньше (до момента прибора) и дольше контактирует с ним. Кинетическая энергия в этом случае будет максимальной по сравнению с другими вариантами, а при начале обратной подачи

в диапазоне от  $360^\circ$  ( $0^\circ$ ) до  $5^\circ$  она будет минимальной.

Установлено, что плотность ткани по утку при постоянных параметрах наладки товарного регулятора, но различной величине обратной подачи ткани в рабочую зону и момента начала отпуска ткани в зону формирования, может изменяться от 68 до 194,7 нитей/10 см без изменения сменных шестерен и заходности червяка.

Вследствие того, что плотность ткани по утку возрастает при изменении выше-названных параметров, нити основы имеют большее число пересечек на единице длины и их уработка возрастает (табл.2).

Увеличение плотности ткани по утку от 68 до 194,7 нитей/10 см и уработки основных нитей от 3,65 до 7,9% приводит к увеличению поверхностной плотности ткани, что хорошо согласуется с известными теоретическими положениями.

Из данных табл.2 видно, что значения разрывной нагрузки полоски ткани по основе остаются практически постоянными. Это объясняется тем, что плотность ткани по основе изменяется незначительно.

Значение разрывной нагрузки полоски ткани по утку возрастает примерно в 3 раза с ростом величины обратной подачи ткани в зону формирования. Это происходит потому, что с увеличением плотности ткани по утку также примерно в 3 раза в сечении полоски ткани шириной 50 мм располагается большее количество уточин.

Разрывное удлинение полоски ткани по основе растет по мере роста величины обратной подачи. Это происходит потому, что из-за увеличения плотности ткани по утку увеличивается уработка основных нитей и они имеют возможность распрямиться до разрыва на большую величину.

Разрывное удлинение полоски ткани по утку возрастает, что объясняется увеличением уработки уточных нитей вследствие незначительного роста плотности ткани по

основе. Увеличение уработки уточных нитей от 0,61 до 3,13% приводит к уменьшению ширины ткани со 115,17 до 111,13 см. Это согласуется с известными теоретическими положениями.

Поверхностное заполнение ткани по утку возрастает, так как увеличивается плотность ткани по утку. Вследствие этого возрастает и полное поверхностное заполнение.

## ВЫВОДЫ

В результате исследований на станке АТПР-120-ЛМ с модернизированным товарным регулятором при постоянных параметрах наладки, но с изменением момента и величины обратной подачи ткани в зону формирования установлено следующее:

– плотность ткани по утку зависит от момента обратной подачи ткани в рабочую зону и величины обратной подачи в зону формирования;

– плотность ткани по утку с использованием модернизированного товарного регулятора без изменения сменных шестерен, заходности червяка и других правочных параметров ткацкого станка может изменяться в пределах от 68 до 194 нитей/10 см;

– большее влияние на физико-механические показатели ткани оказывает не момент обратной подачи ткани, а величина обратной подачи ткани в зону формирования.

## ЛИТЕРАТУРА

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

Рекомендована кафедрой ткачества. Поступила 06.12.01.

УДК 677.027.255

## РОЛЬ СОЛЬВАТАЦИОННО-ЭКСТРАКЦИОННОГО ФАКТОРА ПРИ ОТВАРКЕ ТЕКСТИЛЬНОГО МАТЕРИАЛА

В.Г.ПРЯЖНИКОВА, О.В.КОЗЛОВА, Б.Н.МЕЛЬНИКОВ

(Ивановский государственный химико-технологический университет)

Традиционно подготовка хлопчатобумажных тканей осуществляется путем проведения операций расшлихтовки, отварки и беления. Основной операцией процесса подготовки является отварка текстильного материала в щелочном варочном растворе, в результате которой удаляется от 7...12 % примесей, сопутствующих целлюлозе, включая шлихту и замасливатели, а также 1,5...5 % механических загрязнений. Отваренный материал приобретает способность к капиллярному смачиванию и пенетрации.

Практически треть от общего количества едкого натра идет на изменение надмолекулярной структуры целлюлозного волокна, в результате чего образуется хорошо развитая система субмикроскопических пор и капилляров. Оставшийся едкий натр расходуется на химическое разрушение примесей, при этом набухают и частично разрушаются лигнинсодержащие примеси, расщепляются протеины, растворяются пектины и гемицеллюлозы, удаляются воскообразные вещества, содержащиеся в периферийной части волокна.

Процесс отварки представляет собой совокупность двух основных факторов: деструктирующего, основанного на действии едкого натра, и сольватационного, обусловленного применением поверхностно-активных веществ (ПАВ). Причем качество удаления загрязнений из волокна во

многом определяет сольватационно-экстракционный механизм очистки.

Цель настоящей работы состоит в том, чтобы показать возможность создания эффективных режимов отварки на основе сольватационно-экстракционного механизма освобождения текстильного материала от естественных примесей и искусственных загрязнений.

В качестве сольватирующих препаратов в работе использовали неионогенный оксиэтилированный алкилфенол с разветвленным винилбутиловым окончанием (феноксол 9/10 БВ), аниоактивное фосфорорганическое соединение (метекс), а также композиционные препараты (дексол, авитекс, эмкол). Качество отварки текстильного материала оценивали по показателю капиллярности.

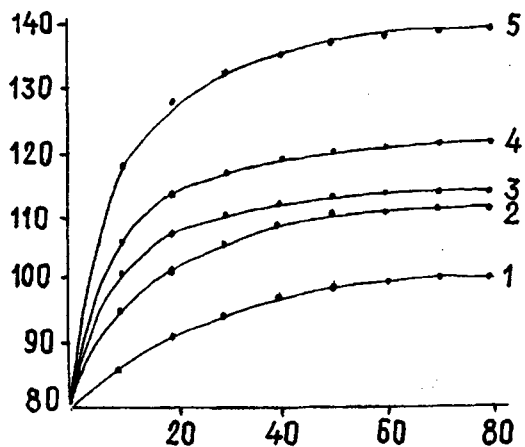


Рис. 1

На рис.1 представлены результаты изменения капиллярных свойств хлопчатобумажной ткани в зависимости от времени ее запаривания после пропитки в растворах состава: кривая 1 – горячая вода; 2 – едкий натр, 100 % – 20 г/л ; 3 – поверхностно-активный препарат феноксол БВ 9/10 – 1г/л ; 4 – едкий натр 100 % – 20 г/л, силикат натрия – 1,5 г/л, бисульфит натрия 38% – 1,4 г/л, препарат Талка – 2 г/л; 5 – едкий натр 100 % – 20 г/л, бисульфит натрия 38% – 1,4 г/л, силикат натрия – 1,5 г/л , препарат феноксол 9/10 БВ – 1 г/л; ось абсцисс – время запаривания, мин; ось ординат – капиллярность, мм.

Как видно из рис.1, для всех исследуемых образцов показатели капиллярности закономерно возрастают с увеличением времени запаривания. Увеличение капиллярности ткани, пропитанной горячей водой (кривая 1), обусловлено раскрытием пор волокна и обезвоздушиванием текстильного материала при его обработке водяным паром, набуханием и частичным удалением крахмальной составляющей шпихты, а также водорастворимых примесей целлюлозы. Как и следовало ожидать, процесс идет очень медленно и не заканчивается в течение 80 мин.

При отварке текстильного материала с использованием только едкого натра (кривая 2) капиллярность увеличивается в результате изменения надмолекулярной структуры волокна и деструкции загрязнений. Но отсутствие в растворе сольватирующего реагента отрицательно сказывается на удалении из волокна продуктов разрушения.

Использование одного ПАВ – феноксола БВ 9/10 (кривая 3) недостаточно для достижения высокой степени очистки текстильного материала. В отсутствие едкого натра механизм очищающего действия варочной жидкости можно объяснить тем, что молекулы поверхностно-активного препарата хорошо адсорбируются волокном из раствора, проникая в микрощели и поры, находящиеся в первичной стенке хлопкового волокна, образуют жидкий клин, который создает расклинивающее

давление, способствующее удалению сольватированных загрязнений.

Поверхностно-активные вещества, находящиеся в растворе в виде не только молекул, но и мицелл, усиливают расклинивающее действие жидкости. ПАВ понижают межфазовое поверхностное натяжение, что повышает эффективность процесса диспергирования частиц загрязнений. Сольватированные, а также частично растворенные в гидрофобной части мицелл частицы загрязнений не подвергаются химическому разрушению и, будучи заключены в сольватную оболочку из молекул ПАВ, представляют собой устойчивые эмульгированные частицы, которые удаляются вместе с варочным раствором.

Текстильный материал, обработанный в традиционном варочном растворе (кривая 4), имеет высокие показатели капиллярности, что обусловлено одновременным действием как фактора разрушения загрязнений, так и эффектом сольватации продуктов разрушения.

Использование новых поверхностно-активных препаратов с четко выраженной сольватирующей способностью в составе варочного раствора, например, феноксола БВ 9/10 (кривая 5), позволяет получить наиболее эффективные результаты. Усиление очищающей способности традиционного варочного раствора при использовании таких препаратов дает основание считать природу и свойства его водных растворов важными факторами, во многом определяющими эффективность процесса.

Для того чтобы количественно оценить, насколько снижается роль едкого натра как фактора разрушения естественных и искусственно нанесенных загрязнений целлюлозного волокна за счет применения эффективных сольватационно-экстракционных препаратов (эмкол, феноксол БВ 9/10), использованы экспериментальные данные рис.2, где показана зависимость капиллярности бязи арт.262 от концентрации едкого натра в варочном растворе: ось абсцисс – концентрация едкого натра, г/л; ось ординат – капиллярность, мм; кривая 1 – при использовании



препарата Талка – 2 г/л; 2 – феноксол  
 БВ – 0,8 г/л; 3 – эмкола – 0,8 г/л.

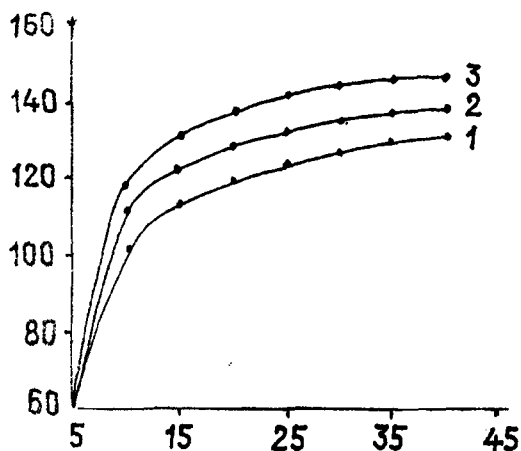


Рис.2

Из данных рис.2 следует, что применение в составе варочного раствора препарата эмкол позволяет снизить концентрацию едкого натра до 17 г/л, а препарата феноксол 9/10 БВ – до 20 г/л при достижении тех же показателей капиллярности ткани, как и при работе с препаратом Талка при концентрации щелочи 40 г/л.

Такие результаты свидетельствуют о возможности достижения высоких показателей подготовки тканей при использовании в качестве основного рычага очистки сольватацию и экстрагирование загрязняющих примесей.

Полученные при лабораторных исследованиях данные проверены на ряде отделочных фабрик: АО "Кохма-текстиль", АО "Зима", АО "Тейково-текстиль", АО "Шуйские ситцы", АО "Самтекс"; результаты приведены в табл.1.

Таблица 1

Наименование ПАВ	Технология*	Концентрация, г/л		Капиллярность, мм	Белизна, %
		NaOH	ПАВ		
Миткаль арт. 43 (АО "Кохма-текстиль")					
Талка	Х	40...50	2,0	145...150	84...86
Феноксол	П	18...22	0,8	140...143	86...87
Миткаль арт. 43 (АО "Кохма-текстиль")					
Сульфосид-31	Х	30...40	1,0	130...135	80...82
Метекс	П	18...20	0,8	140...145	82...83
Авитекс	П	18...20	1,0	133...135	81...82
Ткань арт. С-54-ТИ (АО «Тейково-текстиль»)					
Талка	Х	20	0,8	130	83...84
Феноксол	П	11	0,6	135	84...86
Бязь арт. 262 (АО "Шуйские ситцы")					
Эмиген	Х	55...60	2,0	110...140	80...82
Эмкол	П	35...40	1,0	160...170	82...84
Х/б ткань Золушка (АО "Зима")					
Талка	Х	20...25	1	130...140	93
Дексол	П	15...20	1	150...155	95

Примечание. \* Х – ходовая технология отварки, принятая в производстве; П – предлагаемая технология отварки.

Качественные показатели подготовки тканей свидетельствуют о высокой технологической эффективности и экономической целесообразности применения сильных сольватирующих агентов: достигнуто сокращение длительности запаривания до 20...30 мин и снижение расхода едкого натра в варочном растворе на 30...50 %.

## ВЫВОДЫ

1. На примере использования ряда ПАВ с высокой сольватирующей способностью оценено влияние сольватационно-экстракционного фактора в процессе отварки хлопчатобумажных тканей: применение сольватирующего реагента в варочном растворе позволяет снизить время запаривания и повысить качество подготовки текстильного материала.

2. Установлено, что использование препаратов нового поколения снижает расход едкого натра на 30...50% при одновременном достижении высоких значений капиллярности ткани.

3. Эффективность применения сольватирующих поверхностно-активных препара-

тов в процессах отварки подтверждена результатами производственных испытаний.

Рекомендована кафедрой химической технологии волокнистых материалов. Поступила 15.10.01.

УДК 677.11.021

## НОВЫЕ РЕДОКС-СИСТЕМЫ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ КУБОВЫХ КРАСИТЕЛЕЙ В УСЛОВИЯХ СОВМЕЩЕННОГО ПРОЦЕССА КОТОНИЗАЦИИ И КРАШЕНИЯ ЛЬНОВОЛОКНА

Л.Ю. КОКОРИНА, С.М.ГУБИНА, В.Г.СТОКОЗЕНКО

(Институт химии растворов РАН, г.Иваново)

В основу разрабатываемого нами совмещенного способа котонизации и крашения кубовыми красителями льноволокна положен суспензионный вариант крашения, обеспечивающий возможность получения равномерных окрасок любой интенсивности.

Цель данной работы заключалась в поиске нового восстанавливающего реагента, способного в условиях химической котонизации льноволокна эффективно восстанавливать кубовые красители различных подгрупп и обеспечивать хорошие колористические показатели окраски. В качестве объектов исследования рассмотрены различные органические основания, проявляющие восстановительную активность в щелочной среде. Проведенные эксперименты выявили, что наибольшей восстановительной активностью в данных условиях обладают органические производные алифатических спиртов.

Исследования восстановительной активности выбранного нами ряда редуцирующих веществ и композиций на их основе проводили путем измерения ОВП (окислительно-восстановительного потенциала) в зависимости от щелочности и вида волокнистого субстрата.

Измерение ОВП осуществляли с помощью лабораторного цифрового рН-метра ОР 211/1 с платиновым и хлорсеребряным электродами. Относительный выход красителя на волокно определяли путем колориметрирования кислотных гидросульфозолей на фотоэлектроколориметре КФК-2.

Глубину прокраса волокон устанавливали визуально по их поперечным срезам лабораторным микроскопом Биолам. Цветовые характеристики окрасок получены на цветоизмерительном комплексе Колорист с программным обеспечением "Колорист".

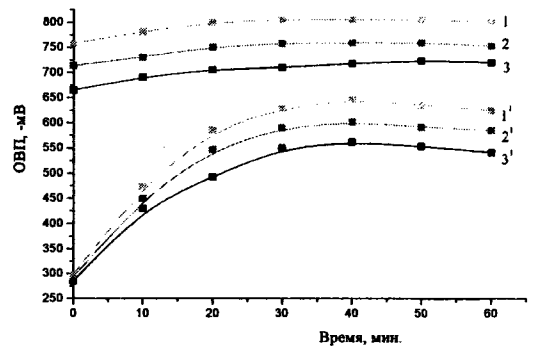


Рис.1

На рис.1 изображены изменения ОВП при 100°C производных алифатических спиртов, отличающихся количеством функциональных групп (кривые 1...3 – в присутствии волокнистого материала (механический котонин); кривые 1'...3' – в отсутствии его; кривые 1' – три функциональные группы, 2' – две, 3' – одна). Сравнительный анализ кривых 1'...3' наглядно показывает, что ОВП системы возрастает с увеличением содержащихся в соединении функциональных групп. ОВП раствора, содержащего соединение с тремя группами, на 100мВ выше, чем содержащего одну. Данная тенденция сохраняется и при введении в систему волокнистого субстрата (кривые 1...3). Поэтому для дальней-

ших исследований было выбрано соединение, содержащее три функциональные группы, так как оно обеспечивает наибольшее значение ОВП систем.

Из ряда публикаций известно, что на величину и устойчивость ОВП варочных растворов существенное влияние оказывает вид присутствующего в системе волокнистого материала и содержащихся в нем примесей [1]. Поэтому следующим этапом работы явилось исследование зависимости ОВП щелочного раствора выбранного восстановителя от природы волокнистого субстрата, температуры и степени очистки целлюлозного волокна от естественных примесей. Полученные результаты отображены в табл.1.

Таблица 1

Вид волокна	ОВП, мВ, при температуре, °C				
	60	70	80	90	максимальное значение при 100
Суровое льняное волокно	330	370	540	690	830
Механический котонин	340	380	620	710	810
Отбеленный механохимический котонин	330	350	390	450	765
Суровое хлопковое волокно	320	360	410	450	680
Без волокна	320	360	370	390	620
С микрокристаллической целлюлозой (МКЦ)	320	350	370	620	650
Вискозное волокно	320	350	440	620	650
Полиэфирное волокно	370	410	450	490	645

Из табл.1 следует, что введение в раствор различных субстратов по-разному воздействует на ОВП. В присутствии натуральных целлюлозных волокон (хлопок, лен) значение ОВП выше, чем для синтетического волокна (полиэфир) и волокна из регенерированной целлюлозы (вискоза).

Результаты табл.1 также убедительно показывают, что изменение ОВП непосредственно связано с количеством находящихся в волокне естественных примесей и со степенью удаления их из волокна. В присутствии отбеленного механохимического котонина, из которого удалена значительная часть примесей [2], и очищенной целлюлозы (МКЦ) ОВП системы ниже, чем у растворов, содержащих нативный или котонизированный механическим способом лен. Большее значение ОВП для

систем, содержащих суровое целлюлозное волокно, вызвано, по всей вероятности, переходом в раствор веществ, образующихся в результате деструкции примесей волокон и обладающих определенной восстановительной активностью. Из-за большего содержания примесей во льне, в частности, гемицеллюлоз и пектинов, по сравнению с хлопком концентрация редуцирующих веществ в щелочном растворе в присутствии сурового льна выше, что резко повышает ОВП системы.

Следовательно, восстановительная активность рассматриваемых систем является суммой двух составляющих: восстановительных потенциалов выбранного соединения и редуцирующих веществ, образующихся при щелочном гидролизе примесей льноволокна.

С точки зрения деструкции и обесцвечивания лигнинсодержащих комплексов предпочтение следует отдать соединению 1 (рис.1, кривая 1), так как создаваемый им ОВП является достаточным (> 800 мВ) для восстановления двойных связей и нарушения хромофорной структуры лигнина [3].

Параллельно с деструкцией и десорбцией примесей в системе протекают процессы сорбции невосстановленного красителя с образованием на элементарных волокнах равномерного адсорбционного слоя. В присутствии льняной неочищенной целлюлозы ОВП выбранных нами систем достигает значения более 800 мВ, что сопоставимо с ЛП (лейкопотенциалом) большинства кубовых красителей [4]. В этих условиях происходит быстрое восстановление красителя в адсорбционном слое, приводящее к возникновению высокого концентрационного градиента, ускоряющего процесс диффузии молекул красителя из поверхностного слоя в глубь волокна. Учитывая, что ОВП системы нарастает постепенно с увеличением длительности процесса (табл.1), восстановление красителя идет по мере удаления примесей и подготовки волокна.

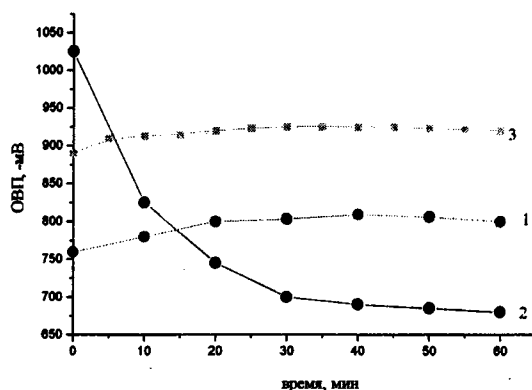


Рис. 2

Установленная закономерность между удалением примесей и повышением ОВП позволяет получать по совмещенной технологии ровный и глубокий прокрас волокна кубовыми красителями в темные и средние тона. Следует также отметить, что ОВП данных систем стабильны в отличие от щелочного раствора гидросульфита натрия, что подтверждают кинетические кривые (рис.2, кривые 1,2).

На рис.2 показана кинетика изменения ОВП щелочных растворов при 100°C: кривая 1 – в присутствии выбранного красителя; 2 – дитионита натрия; 3 – композиции восстановителей.

Таблица 2

Краситель	Относительное содержание на волокне*
Кубовый алый 2ЖД	118
Кубовый ярко-голубой 3Д	112
Кубовый ярко-фиолетовый КД	113

Примечание. \*Содержание красителя на волокне, окрашенного по совмещенной технологии с использованием в качестве восстановителя гидросульфита, принято за 100%.

Таблица 3

Красители	Светлота, %	
	с использованием гидросульфита	без использования гидросульфита
Кубовый алый 2ЖД	44,94	40,61
Кубовый ярко-голубой 3Д	40,24	34,04
Кубовый ярко-фиолетовый КД	26,30	23,39

Эффективность использования предлагаемого восстановителя продемонстрирована на примерах совмещенных процессов крашения и котонизации короткого льноволокна кубовыми красителями. Относи-

тельное содержание красителя в волокне при крашении без добавления гидросульфита отображено в табл.2, а сравнение окрасок по светлоте представлено в табл.3.

Некоторые полициклические кубовые красители обладают ЛП выше 800 мВ, поэтому для их восстановления в процессе крашения необходимо, чтобы ОВП системы был на уровне 900 мВ. Нами найдено, что композиция предложенного восстановителя и гидросульфита, взятого даже в каталитическом количестве, обеспечивает требуемый уровень ОВП, который стабилен в течение всего технологического цикла (рис. 2, кривая 3).

Волокна, окрашенные с использованием новых систем, имеют глубокий и ровный прокрас. Наряду с этим полученные окраски обладают хорошими колористическими и прочностными показателями (устойчивость к мокрому трению 4 балла, к сухому вытиранию 4 балла).

Совмещенная технология котонизации и крашения кубовыми красителями короткого льноволокна экономически более выгодна по сравнению со всеми известными вариантами периодической технологии, где в качестве восстановителя применяли гидросульфит или ронгалит.

## ВЫВОДЫ

1. Изучена восстановительная активность композиционных редокс-систем на основе органических производных алифа-

тических спиртов в совмещенных процессах химической котонизации и крашения кубовыми красителями льноволокна.

2. Установлено, что высокое и стабильное значение ОВП новых редокс-систем достигается только в присутствии сурового модифицированного волокна и является суммой собственно ОВП соединения и ОВП редуцирующих веществ, образующихся при щелочном гидролизе примесей льноволокна.

3. Показано, что новые редокс-системы в совмещенных процессах крашения и химической котонизации обеспечивают хорошие колористические и прочностные показатели окрасок.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Губина С.М., Стокозенко В.Г., Кадыкова Е.Л. // Химия древесины. – 1992, №6.
2. Губина С.М., Стокозенко В.Г., Морыганов А.П. // Русская мануфактура. – 2001, №1. С. 26...28.
3. Важнина Л.В. и др. // Текстильная химия. – 1993, №1(3). С.21...25.
4. Гордеева Н.В., Романова М.Г., Ратновская Е.Д. Кубовые красители в текстильной промышленности. – М.: Легкая индустрия, 1979.

Рекомендована научно-техническим семинаром. Поступила 21.11.01.

УДК 677.04:667.285

## ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА КРАШЕНИЯ ХЛОПЧАТОБУМАЖНЫХ ТКАНЕЙ СЕРНИСТЫМИ КРАСИТЕЛЯМИ

О.И. ОДИНЦОВА, Н.А. ДОГАДКИНА, О.К. СМЕРНОВА, Е.Ю. КУВАЕВА, Б.Н. МЕЛЬНИКОВ

(Ивановский государственный химико-технологический университет, АО "Ивхимпром")

Цель настоящего исследования заключалась в разработке нового биологически мягкого интенсификатора, выполняющего роль диспергатора, эмульгатора и антиоксиданта в процессах крашения целлюлозных текстильных материалов сернистыми красителями.

Наиболее широко используемые в текстильной промышленности сернистые красители черного, зеленого и синего цветов являются производными тиазина, точное строение их до конца не выяснено. В красильной ванне такие соединения находятся в нескольких формах: в основном в виде

натриевой соли лейкосоединения сернистого красителя, частично – в виде свободного лейкосоединения и донной фазы.

Для отбора поверхностно-активных веществ, наиболее эффективно улучшающих состояние красителя в растворе, использован метод восходящей бумажной хроматографии.

В процессе хроматографирования обнаружено разделение стартового пятна на две части: верхнее пятно – светло-зеленое, представляющее растворимую фракцию, и нижнее – более темное, расположенное на стартовой линии хроматограммы, соответствующее нерастворимой, грубодисперсной фракции. Смыв пятен с хроматограмм осуществляли диметилформамидом.

Полученные растворы колориметрировали на фотоэлектроколориметре КФК-2МП. Соотношение различных форм красителя рассчитывали по формуле

$$C, \% = D_i/D \cdot 100,$$

где  $D_i$  – оптическая плотность раствора пятна;  $D$  – суммарная оптическая плотность растворов.

В исходной красильной системе, не содержащей поверхностно-активного вещества, содержится до 40% грубодисперсной фракции (табл.1 – влияние ПАВ на дисперсионное состояние сернистого ярко-зеленого Ж в красильной ванне).

Таблица 1

Наименование ПАВ	Количество фракции на хроматограмме, %		Интенсивность окраски К/С, ед	Устойчивость окрасок (балл)		
	растворимой	грубодисперсной		к		
				стирке	поту	сухому трению
-	60,0	40,0	14,0	3/3	3/3	3
Неонол 9/4 АФ	68,6	31,4	21,0	3/4	2-3/4	3
Неонол 9/6 АФ	70,0	30,0	20,4	3-4/4	2-3/4	3
Неонол 9/10 АФ	72,0	28,0	19,1	3/4	3/4	3-4
Феноксол 9/10 БФ	76,0	24,0	19,8	4/4	3/4	3-4
Метекс	67,3	32,7	19,0	4/4	3-4/4	3-4
Фосфол 10Т	74,1	25,9	16,8	4/4	4/4	4-5
Ивегаль	74,0	26,0	17,5	3/4	3-4/4	5
Сульфосид КП	73,0	26,4	18,2	3-4/4	3-4/4	4-5
Велан	72,0	28,0	18,2	3-4/4	4/4	4
Препарат С	77,8	22,0	20,0	4/4	4/4	4
Контакт Петрова	67	33	14,7	4/4	4/4	4

Введение поверхностно-активных веществ независимо от их строения, как неионогенных, так и анионоактивных, способствует увеличению количества растворимой фракции красящего вещества на 7,3...17,8%. Максимальное содержание растворимой фракции красителя (77,8%) и хорошие показатели устойчивости окрасок текстильных материалов к мокрым обработкам и сухому трению получены при использовании препарата С.

Очень важно в процессе использования красильных составов сохранить достигнутое посредством введения ПАВ равновесие между исследуемыми фракциями красителя. В связи с этим изучена устойчивость красильных растворов, которую определяли по изменению их оптической плотности в течение 48 ч (табл.2 – влияние природы ПАВ на устойчивость растворов сернистых красителей).

Таблица 2

Наименование препарата	Особенности структуры ПАВ	Строение гидрофильной части молекулы ПАВ	Строение гидрофобной части молекулы ПАВ	Изменение оптической плотности раствора, % за 48 ч
Неонол 9/4 АФ	линейная с бензольным кольцом	$(C_2H_4O)_4$	- C <sub>9</sub>	32,8 28,8
Неонол 9/6 АФ	линейная с бензольным кольцом	$(C_2H_4O)_6$	- C <sub>9</sub>	9,2
Неонол 9/10 АФ	линейная с бензольным кольцом	$(C_2H_4O)_{10}$	- C <sub>9</sub>	6,8
Феноксол 9/10 БФ	разветвленная с бензольным кольцом	$(C_2H_4O)_{10}$	- C <sub>9</sub> - CH(CH <sub>3</sub> ) - OC <sub>4</sub> H <sub>9</sub>	7,8
Фосфол 10Т	линейная с бензольным кольцом	$(C_2H_4O)_{10}$ - ONa	- C <sub>9</sub>	5,4
Метекс	линейная с бензольным кольцом	$(C_2H_4O)_6$ - ONa	- C <sub>9</sub>	15,9
Препарат С				8,5

Фосфорорганические анионактивные препараты метекс и фосфол 10Т содержат в своем составе группы, характерные как для неионогенных (оксиэтиленовая цепочка), так и анионактивных (-ONa) ПАВ. Сравнительный анализ строения этих соединений и результатов по устойчивости красильной системы (табл.2) также показал, что с увеличением оксиэтиленовой цепочки коллоидно-защитные свойства этих препаратов возрастают.

Изменение оптической плотности красильных растворов может быть следствием как разрушения мицеллярных структур, так и окисления натриевой соли лейко соединения сернистого красителя до пигмента в результате действия кислорода воздуха. Для снижения непроизводительных потерь растворимой фракции красящего вещества за счет окисления кислородом воздуха опробовано введение в состав разрабатываемого препарата кремнийорганического антиоксиданта в количестве одного массового процента.

Созданы композиции на основе наибо-

лее перспективных препаратов (табл.1 и 2) таких, как феноксол БВ, фосфол 10Т и препарат С.

Введение кремнеорганической добавки в состав композиции позволяет снизить долю натриевой соли лейко соединения сернистого красителя, окисленной кислородом воздуха, до 2...5%. Наиболее эффективно в сочетании с антиоксидантом повышает устойчивость красильных растворов препарат С.

Проведенные исследования позволили выявить ряд препаратов, комплексное использование которых позволяет повысить качество текстильных материалов, окрашенных сернистыми красителями, а также стабильность красильного состава.

На основе отобранных поверхностно-активных веществ создан ряд препаратов под общим названием седоксол.

Влияние состава композиционных препаратов на устойчивость красильных систем во времени оценивали по изменению оптической плотности красильных растворов в течение 48 ч.

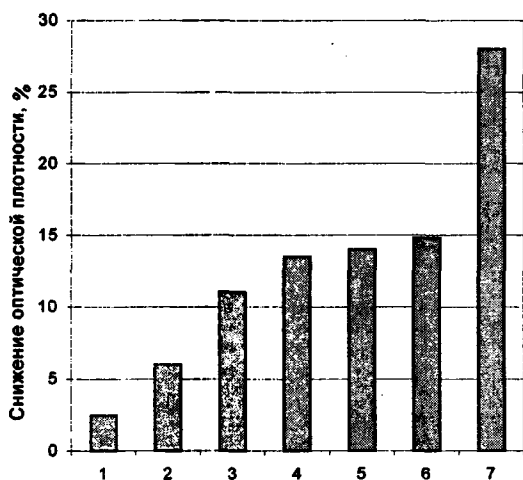


Рис. 1

Анализ представленных на диаграмме изменения оптической плотности раствора красителя во времени в присутствии различных композиционных ПАВ (рис.1, где 1 – седоксол 8; 2 – седоксол Ф; 3 – контакт Петрова; 4 – седоксол 1; 5 – седоксол 2; 6 – седоксол М; 7 – без добавок ПАВ) данных показывает, что введение в красильную ванну седоксола Ф позволяет увеличить устойчивость красильного раствора в 2 раза по сравнению с составом, содержащим контакт Петрова. Максимальная стабильность красильных растворов достигается при использовании седоксола 8.

Методом восходящей бумажной хроматографии изучено влияние состава композиционных препаратов на состояние сер-

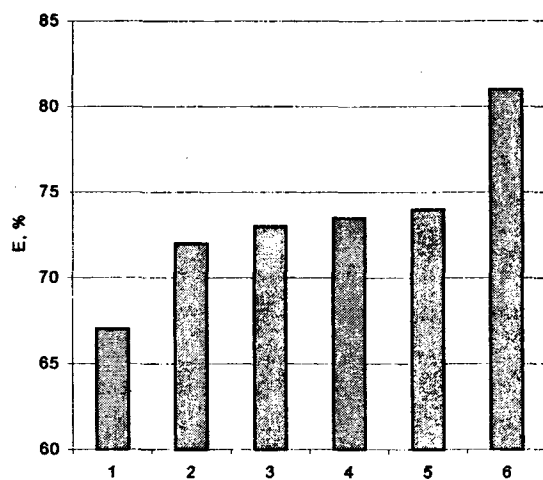


Рис. 2

нистого красителя в красильной ванне.

Установлено (рис.2, где показано влияние композиционного препарата на количество коллоидно-растворенной фракции сернистого красителя в красильной ванне: 1 – контакт Петрова; 2 – седоксол 1; 3 – седоксол М; 4 – седоксол Ф; 5 – седоксол 2; 6 – седоксол 8), что максимальное содержание растворимой фракции сернистого красителя 80,2% достигается при наличии в системе препарата седоксол 8.

Оценено влияние композиционных препаратов на технические результаты крашения хлопчатобумажной ткани сернистыми красителями – синим 3 и ярко-зеленым Ж (табл.3).

Таблица 3

Марка красителя	Наименование ПАВ	Интенсивность окраски К/С, ед	Устойчивость окрасок образцов до закрепления препаратом ДЦУ, балл, к			Устойчивость окрасок образцов после закрепления препаратом ДЦУ, балл, к			Наличие эффекта "бронзовости"
			стирке №1	поту	сухому трению	стирке №1	поту	сухому трению	
Синий 3	Контакт Петрова	16.1	2-3/4	2-3/4	2-3	4/4	4/4	3-4	-
	седоксол 1	25.3	1-2/4	3/4	3	4/4	3-4/4	4	+
	седоксол 2	22.8	2/4	2-3/4	3	3/4	2-3/4	4	+
	седоксол 8	21.7	3/4	3/4	3-4	4/4	4-5/4	4-5	-
	седоксол Ф	22.8	2-3/4	3/4	3-4	3-4/4	3-4/4	4	-
	седоксол М	24.0	1-2/4	2/4	3	3-4/4	3-4/4	4-5	+
Ярко-зеленый Ж	Контакт Петрова	15.1	3-2/4	2-3/4	2-3	4/4	4/4	3-4	-
	седоксол 1	15.7	2/4	3/4	2-3	4/4	3/4	4	-
	седоксол 2	20.7	2-3/4	3/4	4	3/4	2-3/4	4	-
	седоксол 8	16.9	3/4	3/4	4	4/4	4-5/4	5	-
	седоксол Ф	14.2	2/4	3/4	3-4	3-4/4	3-4/4	5	-
	седоксол М	17.5	2/4	2/4	4-5	3-4/4	3-4/4	5	-



Интенсивность окрасок текстильных материалов, окрашенных при использовании разработанных препаратов, возрастает на 6...10 ед по сравнению с традиционной технологией. Применение седоксола 8 и седоксола Ф при крашении в синий цвет способствует устранению эффекта "бронзоватости". Устойчивость получаемых окрасок тканей к физико-химическим воздействиям при использовании комплексного препарата седоксол 8 по сравнению с седоксом Ф возрастает в среднем на 1 балл.

На основании проведенных исследований к применению в производстве рекомендован препарат седоксол 8.

В условиях отделочной фабрики АО "Зиновьевская мануфактура" проведены производственные испытания нового комплексного препарата седоксол 8, выполняющего функции диспергатора, эмульгатора и антиоксиданта в процессах крашения целлюлозных текстильных материалов сернистыми красителями.

Использование препарата седоксол 8 позволяет снизить температуру крашения до 75...80°C. Качество обработанного материала оценивали по изменению интенсивности окраски и устойчивости окрасок к физико-химическим обработкам. Устойчивость получаемых окрасок соответствует требованиям нормативно-технической документации. При этом было отмечено, что интенсивность окрасок текстильных материалов при использовании седоксола повышается на 15%, устойчивость окрасок

УДК 667.027.562.81

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОЗОНА В ПРОЦЕССАХ ОТДЕЛКИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Л.А.ГАРЦЕВА, М.Н.ГЕРАСИМОВ, В.П.ДЕНИСЕНКО, С.В.ЛОГИНОВ*

(Ивановская государственная текстильная академия)

Значительное число технологических процессов текстильного отделочного производства базируется на использовании окислителей: их применяют при удалении с тканей шлихты, для ингибирования процессов деструкции целлюлозы в процессе

ткани к трению возрастает на 1 балл.

## ВЫВОДЫ

1. Установлено, что введение ПАВ на стадии приготовления красильных растворов увеличивает количество растворимой фракции красителя на 7,3...17,8 %. Максимальное содержание растворимой фракции красителя достигается при использовании препарата С.

2. Изучено влияние поверхностно-активных веществ на устойчивость красильных растворов во времени и показано, что сильнее проявляют защитно-коллоидные свойства неионогенные и анионоактивные ПАВ со степенью оксиэтилирования, равной 10 (особенно препарат С).

3. Оценено влияние кремнеорганического антиоксиданта на устойчивость красильного состава. Выявлено, что введение антиоксиданта в систему позволяет сократить долю натриевой соли лейкосоединения, окисленного кислородом воздуха до 2...5%.

4. Разработан комплексный препарат седоксол, техническая пригодность которого подтверждена производственными испытаниями, проведенными на АО "Зиновьевская мануфактура".

Рекомендована кафедрой химической технологии волокнистых материалов. Поступила 27.11.01.

тивными и другими красителями [1]. Установлено, что окислители могут катализировать процессы смолообразования [2], в частности, протекающие в волокне при заключительной отделке тканей в процессах придания им улучшенных потребительских свойств, а также являются эффективными компонентами в технологии очистки сточных вод текстильных предприятий.

Наиболее универсальным окислителем, используемым в текстильной химии, является пероксид водорода. Несмотря на целый ряд преимуществ, которыми он обладает по сравнению с другими окислителями (нитрит натрия, хлор, перманганат калия, соединения хрома и др.), пероксид водорода имеет и существенные недостатки (относительная дороговизна, каталитическая неустойчивость при хранении и транспортировке), что создает определенные проблемы при его использовании в производстве.

По механизму окислительного воздействия к пероксиду водорода ближе всего газообразные кислород и озон. Проведенная оценка эффективности использования молекулярного кислорода в технологии отделки текстильных материалов показала [3], что, не обеспечивая необходимого окислительного эффекта, последний оказывает достаточно интенсивное деструктурирующее воздействие на целлюлозные текстильные материалы. В свою очередь, озон, являясь более эффективным окислителем в сравнении с кислородом, мало изучен в качестве препарата текстильной химии.

В настоящей статье приведены результаты экспериментов, позволивших сделать заключение о достаточно высокой технологической целесообразности применения озона в текстильной технологии.

Таблица 1

Показатели качества ткани	Схема обработки, №	Суровая ткань	После	
			отварки	беления
Степень удаления шлихты, %	1	-	57,2	80,3
	2	43,2	75,3	85,4
Степень удаления примесей, %	1	-	41,4	72,5
	2	41,4	72,5	84,7
Капиллярность (мм за 60 мин)	1	11,2	106	125
	2	68	123	147
Белизна, %	1	42	65	80,4
	2	62	76	84,7
Удельная вязкость	1	2,41	2,10	1,78
	2	2,39	2,18	1,76

В табл.1 сведены основные показатели, характеризующие качество подготовки хлопчатобумажной ткани бязь арт.142, обработанной по двум технологическим схемам, отличающимся наличием или отсутствием предварительной операции расшлихтовки суровой ткани.

Обработка по схеме №1 соответствовала традиционной технологии непрерывного запарного способа щелочной отварки и последующего беления пероксидом водорода.

При обработке по технологической схеме №2 перед отваркой и белением (их проводили по технологии схемы №1) осу-

ществляли расшлихтовку ткани: суровую ткань пропитывали водой до влажности 120 %, помещали в герметичный сосуд, куда подавали озоновоздушную смесь (ОВС) концентрацией озона 0,5 мг/дм<sup>3</sup>; время обработки ткани ОВС составляло 1 мин.

Данные табл.1 свидетельствуют о позитивном влиянии предварительной обработки ОВС суровых хлопчатобумажных тканей на их основные технологические показатели качества – более эффективное удаление шлихты и примесей, а также повышение показателя капиллярности ткани без усиления деструктурирующего влияния на целлюлозу.

Таблица 2

Режим окисления, №	Качественные показатели окраски ткани							
	крашение				печатание			
	интенсивность K/S	устойчивость			интенсивность K/S	устойчивость		
		мыло 40°C	трение			мыло 40°C	трение	
сухое			мокрое	сухое			мокрое	
краситель кубовый золотисто-желтый КХП								
1	1,82	4/4	4	3	1,14	4/4	3-4	3
2	2,28	4/5	4	3	1,23	4/5	4	3-4
3	3,87	4/5	4-5	4	1,87	5/5	4	4-5
краситель кубовый ярко-фиолетовый КД								
1	2,70	4/5	4	3	1,27	4/5	3	3
2	3,90	4/5	4	3-4	1,22	4/5	3-4	3
3	4,40	5/5	4-5	4	1,35	5/5	4-5	4

В табл.2 представлены результаты эксперимента по изучению влияния условий окисления лейкоформ кубовых красителей на качественные показатели окрасок хлопчатобумажной ткани.

Крашение ткани миткаль арт. 46 проводили по непрерывному суспензионному способу, печатание – по ронгалитно-поташному методу. При этом использовали два типа кубовых красителей. Сравнимые режимы обработки отличались технологией окислительной операции. Во всех режимах время окисления было одинаковым (10 с), а окислительная среда различной: холодная вода с температурой 15°C (режим № 1); водный раствор пероксида водорода концентрацией 3 г/л и температурой 50°C (режим № 2); озонированная вода концентрацией озона 0,3 мг/л и температурой 15°C (режим №3).

Промывка ткани после операции окисления во всех режимах осуществлялась по одинаковой технологии: промывка в холодной воде, затем в водном растворе мы-

ла при температуре 80°C и окончательно в воде.

Данные табл.2 показывают, что использование озонированной воды интенсифицирует процесс окисления лейкосоединений кубовых красителей по сравнению с проведением этой операции в среде холодной воды или в водном растворе пероксида водорода. Это можно объяснить более высоким окислительно-восстановительным потенциалом озона ( $\varphi^{\circ} = +2,07$ ) по сравнению с аналогичным показателем для пероксида водорода ( $\varphi^{\circ} = +1,77$ ) [4]. Следствием такой интенсификации является повышение яркости, чистоты тона и интенсивности окраски тканей, обработанных с использованием технологии озонирования. Это согласуется с теоретическими представлениями о влиянии заключительных операций при проведении процессов крашения и печатания кубовыми красителями текстильных материалов [5].

Таблица 3

Схема обработки, №	Прочность окраски, баллы				Прядомые свойства волокна			
	к мылу, °С		к трению		прочность, гс	удлинение, %	упругость, %	коэффициент трения
	40	100	сухое	мокрое				
1	4/4	2/2	3	1...2	4,2±1,2	5,8±2,0	65,4±2,0	0,26±0,01
2	4/4	3/3	4	2...3	4,3±1,3	5,2±2,0	66,2±2,5	0,25±0,01

В табл.3 приведены данные исследований по использованию озона в технологии сернистого крашения хлопкового волокна,

осуществляемого периодическим способом.

Сравнивались две схемы процесса крашения волокна, имеющие отличие в осуществлении операции перевода сернистого красителя в нерастворимое состояние: использование в качестве окислителя холодной воды (схема № 1) и обработка волокна в среде, содержащей 0,2 мг озона в литре воды. Как видно из данных табл.3, использование озонированной воды, не ухудшая прядомых свойств волокна, приводит к улучшению прочностных показателей его окраски.

Насыщение воды озоном в концентрациях, необходимых для использования в технологии крашения текстильных материалов, не требует больших затрат электроэнергии, не оказывает деструктирующего действия на текстильный материал и не должно привести к существенному нарушению экологической обстановки в зоне обслуживания оборудования. Доказано [6], что озонирование воздуха в определенных концентрациях может быть использовано для бактерицидной обработки воздушной среды цехов текстильных предприятий.

Одним из перспективных направлений использования озона в текстильном производстве является его применение в технологии очистки сточных вод, удаляемых от красильно-отделочного оборудования. Проведенные испытания показали, что насыщение озоном концентрацией 0,5 мг/дм<sup>3</sup> отработанных промывных вод после крашения текстильных материалов прямыми, сернистыми и кубовыми красителями обеспечивает достаточно эффективную их очистку. Такая концентрация достигается за 30 мин барботаж сточной воды озоновоздушной смесью, что обеспечивает снижение ее показателя химической потребности кислорода (ХПК) на 30...35%, понижение цветности до 20 град и увеличение прозрачности до 30 см. Одновременно устраняется запах и происходит обеззараживание воды. Особенно перспективно совмещение озонной технологии очистки с ультрафильтрацией. Это позволяет бес-

печить одновременно химическую очистку и очистку от механических загрязнений сточных вод и дает возможность использовать их в системах оборотного водоснабжения текстильного отделочного оборудования.

Таким образом, представленные выше результаты свидетельствуют об актуальности проведения дальнейшего комплексного исследования использования озона в текстильной технологии, основными задачами которого должно стать уточнение параметров технологических режимов такой обработки, разработка аппаратного оформления, необходимого для ее реализации, и осуществление производственной апробации разработанных режимов и оборудования.

## ВЫВОДЫ

С помощью конкретных результатов экспериментальных исследований показана технологическая целесообразность использования озона для повышения эффективности различных процессов текстильного отделочного производства и обоснована актуальность проведения дальнейших исследований в этой области.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Мельников Б.Н., Морыганов П.В. Применение красителей. – М.: Легкая индустрия, 1971.
2. Коршак В.В. Химия высокомолекулярных соединений. – М., АН СССР, 1950.
3. Мельников Б.Н. и др. Прогресс текстильной химии. – М.: Легпромбытиздат, 1988.
4. Краткий справочник физико-химических величин / Под ред. К.П.Мищенко и А.А.Равделя. – Л.: Химия, 1967.
5. Якимчук Р.П., Мищенко А.В., Булушева Н.Е. Применение кубовых красителей. – М.: Легпромбытиздат, 1985.
6. Сегуру В.И., Кузнецов О.Ю. Проблемы озонирования в целях бактерицидной очистки воздушной среды текстильных предприятий // Тез. всесоюз. конф.: "Озон-91". – М., МГУ, 1991. С.219.

Рекомендована кафедрой теплотехники. Поступила 20.11.01.

УДК 677.055:677.017.36

**ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ  
КОМПЕНСИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА  
В ПРОЦЕССЕ ФОРМИРОВАНИЯ  
ТРИКОТАЖНОГО ПЕРЕПЛЕТЕНИЯ**

*В.Д.ФРОЛОВ, О.А.ГОЛУБЕВА, Ф.Р.КАХРАМАНОВ, В.И.РОНЬЖИН, Т.В.СМИРНОВА*

(Ивановская государственная текстильная академия)

Часто элементом демпфирования при формировании трикотажного полотна на плоскофанговой машине служит антеннообразная пружинная пружина (рис.1), один конец которой закрепляется на планке трикотажной машины, а другой – служит проводником пряжи и при этом совершает упругое колебание, компенсируя натяжение.

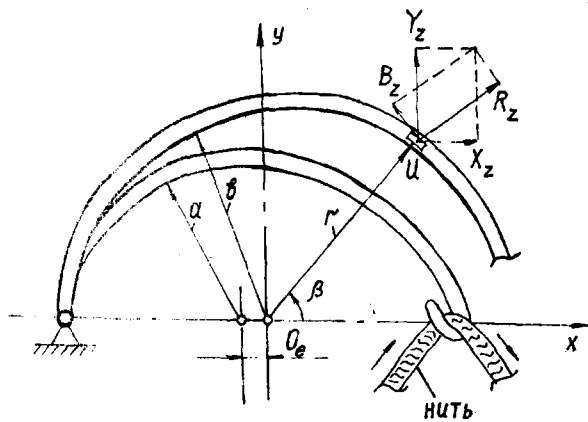


Рис.1

Большинство исследователей считают, что при изменении входного натяжения

нити происходит перераспределение нагрузок, воздействующих на нить при ее кулировании, в результате чего изменяется соотношение между потреблением нити иглами со стороны нитевода и уже образованными петлями.

Потребление нити со стороны петель характеризуется величиной перетяжки нити (за рубежом применяют термин “обратная подача со стороны нитевода”). Поэтому для стабилизации напряжения нити необходимо знать напряженное состояние пружинной пружины в виде полукольца, изгибаемой моментом  $M_z$ .

При решении задачи о чистом кручении стержневой системы следуют “полуобратному методу” Сен-Венана, полагая

$$X_x = Y_y = Z_z = X_y = Y_x = 0, \quad (1)$$

где z – ось полукольца.

Ввиду малости численного значения эксцентриситета e радиусов a, b, r считаем их в единой системе координат в точке O.

При принятых допущениях расчетные уравнения равновесия имеют вид

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial R_r}{\partial r} + \frac{\ell}{r \sin(\alpha)} \frac{\partial R_\beta}{\partial \beta} + \frac{\ell}{r} \frac{\partial R_\alpha}{\partial \alpha} + \frac{2R_r - B_\beta - A_\alpha + R_\alpha \operatorname{ctg}(\alpha)}{r} &= 0 & \left( = \rho \frac{\partial^2 U_r}{\partial \tau^2} \right) \\ \frac{\partial B_r}{\partial r} + \frac{\ell}{r \sin(\alpha)} \frac{\partial B_\beta}{\partial \beta} + \frac{\ell}{r} \frac{\partial B_\alpha}{\partial \alpha} + \frac{B_\alpha (3 + 2 \operatorname{ctg}(\alpha))}{r} + B &= 0 & \left( = \rho \frac{\partial^2 U_\beta}{\partial \tau^2} \right) \\ \frac{\partial A_r}{\partial r} + \frac{\ell}{r \sin(\alpha)} \frac{\partial A_\beta}{\partial \beta} + \frac{\ell}{r} \frac{\partial A_\alpha}{\partial \alpha} + \frac{(R_r - B_\beta) \operatorname{ctg}(\alpha) - A_r}{r} + A &= 0 & \left( = \rho \frac{\partial^2 U_\alpha}{\partial \tau^2} \right) \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

где  $\alpha$  – угол закручивания;  $R_r, B_r, A_r, R_\beta, B_\beta, A_\beta, R_\alpha, B_\alpha, A_\alpha$  – составляющие тензора напряжений;  $U_r, U_\beta, U_\alpha$  – проекции смещения точки  $U$  на неподвижные координатные оси;  $\tau$  – время;  $\rho$  – плотность материала.

Из (2) следуют статические уравнения

$$\frac{\partial X_z}{\partial z} = 0, \frac{\partial Y_z}{\partial z} = 0, \frac{\partial Z_x}{\partial x} + \frac{\partial Z_y}{\partial y} = 0. \quad (3)$$

Тогда локальные краевые условия, справедливые для каждой точки поверхности тела с нормалью  $\nu$ , запишутся так:

$$\left. \begin{aligned} X_\nu &= X_x \ell + X_y m + X_z n, \\ Y_\nu &= Y_x \ell + Y_y m + Y_z n, \\ Z_\nu &= Z_x \ell + Z_y m + Z_z n, \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

где  $\ell = \cos(x, \nu)$ ,  $m = \cos(y, \nu)$ ,  $n = \cos(z, \nu)$ ,  $\ell^2 = m^2 + n^2 = 1$ ;

для боковой поверхности стержня

$$Z_x \cos(\nu, x) + Z_y \cos(\nu, y) = 0, \quad (5)$$

на торцах:  $Z = 0, Z = 1$ .

Следовательно,

$$\left. \begin{aligned} \iint_F X_z dF = 0, \iint_F Y_z dF = 0, \\ \iint_F (Y_z x - X_z y) dF = M_z, \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

$$\nabla^2 Y_z = 0, \nabla^2 X_z = 0. \quad (7)$$

Запишем напряжения с помощью функции Прандтля  $\Phi = \Phi(x, y)$ :

$$X_z = Z_x = \frac{\partial \Phi}{\partial y}, Y_z = Z_y = -\frac{\partial \Phi}{\partial x}. \quad (8)$$

Отсюда согласно (7) получим уравнение Пуассона

$$\nabla^2 \Phi = C, \quad (9)$$

которое выразим в полярных координатах [1]:

$$\frac{\partial^2 \Phi}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \Phi}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 \Phi}{\partial \beta^2} = -2\alpha G, \quad (10)$$

где  $G$  – коэффициент Ламе;  $\alpha$  – угол закручивания единицы длины стержня.

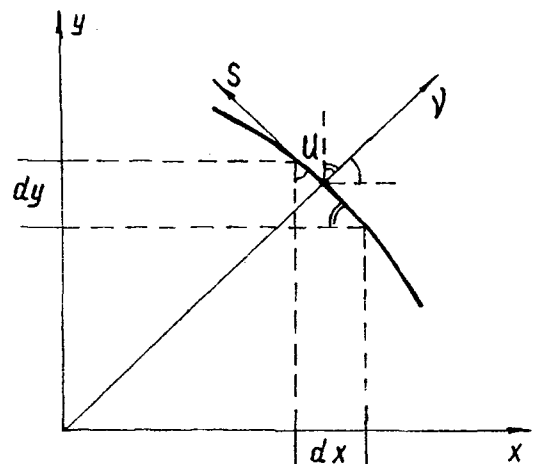


Рис.2

При решении (10) используем уравнение (5), из которого получим

$$\frac{\partial \Phi}{\partial y} \frac{\partial y}{\partial S} + \frac{\partial \Phi}{\partial x} \frac{\partial x}{\partial S} = 0 \quad (11)$$

и, следовательно, на контуре сплошного прутка (рис.2):

$$\Phi(x, y) = 0, \quad (12)$$

удовлетворяющее условию (12) для функции напряжений

$$\Phi = 0. \quad (13)$$

Разложим правую часть уравнения (10) в интервале  $0 \leq \beta \leq \pi$  в ряд Фурье:

$$-2LG = -\frac{8LG}{\pi} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{2n+1} \sin(2n+1)\beta \quad (14)$$

с дальнейшим решением в форме ряда

$$\Phi(r, \beta) = -\sum_{n=0}^{\infty} f_n(r) \sin(2n+1)\beta. \quad (15)$$

После подстановки (14) и (15) в (10) получим определяющее уравнение для  $f_n(r)$  – функция от радиуса изгиба

$$\frac{\partial^2 f_n}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial f_n}{\partial r} - \frac{(2n+1)^2}{r^2} f_n = \frac{8}{\pi} \frac{LG}{2n+1}, \quad (16)$$

$$\Phi(\rho, \beta) = b^2 \sum_{n=0}^{\infty} C_n (\rho^2 - a_n \rho^{(2n+1)} - b_n \rho^{-(2n+1)}) \sin(2n+1)\beta. \quad (18)$$

По формулам (8) найдем напряжения

$$\left. \begin{aligned} X_z &= \frac{\partial \Phi}{\partial y} = \frac{1}{b} \left( \frac{\partial \Phi}{\partial \rho} \sin(\beta) + \frac{\partial \Phi}{\partial \beta} \frac{1}{\rho} \cos(\beta) \right), \\ Y_z &= -\frac{\partial \Phi}{\partial x} = -\frac{1}{b} \left( \frac{\partial \Phi}{\partial \rho} \cos(\beta) - \frac{\partial \Phi}{\partial \beta} \frac{1}{\rho} \sin(\beta) \right). \end{aligned} \right\} \quad (19)$$

Из системы уравнений (19) согласно(рис.1) значения напряжений принимают вид

$$\begin{aligned} R_z &= Y_z \sin(\beta) + X_z \cos(\beta) = \frac{1}{b} \frac{1}{\rho} \frac{\partial \Phi}{\partial \beta}, \\ B_z &= Y_z \cos(\beta) + X_z \sin(\beta) = -\frac{1}{b} \frac{\partial \Phi}{\partial \beta}. \end{aligned}$$

решая которое, найдем

$$f_n(r) = A_n r^{(2n+1)} + B_n r^{-(2n+1)} + C_n r^2,$$

где  $A_n, B_n$  – постоянные интегрирования;

$$C_n = \frac{b \alpha C}{\pi(2n-1)(2n+1)(2n+3)} - \text{постоянная}$$

частного решения.

Ряд (15) удовлетворяет условию  $\Phi = 0$  на прямолинейных участках ( $\beta = 0$  и  $\beta = \pi$ ), а из остальных условий:  $f_n(a) = f_n(b) = 0$  найдены  $A_n, B_n$ .

Окончательно получим

$$f_n(r) = C_n b^2 (\rho^2 - a_n \rho^{(2n+1)} - b_n \rho^{-(2n+1)}), \quad (17)$$

$$\text{где } a_n = \frac{1-k^{(2n+3)}}{1-k^{(4n+2)}}, b_n = k^{(2n+3)} \frac{1-k^{(2n-1)}}{1-k^{(4n+2)}},$$

$$k = \frac{a}{b}, \rho = \frac{r}{b}.$$

Функцию кручения (15) запишем в виде

Окончательно уравнения для определения напряжений будут выглядеть так:

$$\left. \begin{aligned} R_z &= b \sum_{n=0}^{\infty} C_n (2n+1) (\rho - a_n \rho^{2n} - b_n \rho^{-2(n+1)}) \cos(2n+1)\beta, \\ V_z &= -b \sum_{n=0}^{\infty} C_n (2n+1) \left( \frac{2}{2n+1} \rho - a_n \rho^{2n} + b_n \rho^{-2(n+1)} \right) \sin(2n+1)\beta. \end{aligned} \right\} \quad (20)$$

В процессе воздействия момента  $M_z$  на компенсирующее устройство в виде дугообразной прутковой пружины результирующее касательное напряжение достигает наибольшего значения при  $\rho=1$ ,  $\beta = \frac{\pi}{2}$  (в середине дуги полуокружности ближе к внешней стороне прутка, а именно к его большему радиусу). Касательное напряжение в любой точке сечения направлено по касательной к линии  $\Phi = \text{const}$ , проходящей через точку и пропорционально скорости изменения  $\Phi$  по нормали к этой линии (рис.2).

Из (11) и (12) следует

$$S_2 = \frac{\partial \Phi}{\partial v}, \quad V_2 = 0. \quad (21)$$

Тогда, используя теорему Бредта о циркуляции касательного напряжения, получим

$$\oint_{\Phi=C} S_2 dS = 2 \alpha G F_{\Phi}, \quad (22)$$

где  $F_{\Phi} = \oint_{\Phi=C} \frac{1}{2} h dS$  – площадь сечения, ограниченная кривыми.

Согласно уравнению (6)

$$M_z = 2 \int F_{\Phi} d\Phi = 2 \int \int_F F_{\Phi} d\Phi,$$

где  $d\Phi = S_2 dv$  – дифференциал функции напряжений (21);  $F$  – площадь сечения.

## ВЫВОДЫ

Доказано, что значения напряжений, передаваемых компенсатором нити, не должны превышать динамического разрывного усилия трикотажной пряжи. Это зависит от угла закручивания  $\alpha$ , а следовательно, и от момента  $M_z$ .

## ЛИТЕРАТУРА

1. Новожиллов В.В. Теория упругости. – М.: Судпромгиз, 1958.

Рекомендована кафедрой механической технологии текстильных материалов. Поступила 03.12.01.



## РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОСНОВВЯЗАННОГО ТРИКОТАЖА КОМБИНИРОВАННОГО УТОЧНО-ПЛАТИРОВАННОГО ПЕРЕПЛЕТЕНИЯ

Е.М. ЗИМИНА, Л.А. КУДРЯВИН

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

Для получения трикотажного полотна с послойным разделением сырья используют различные заправки и переплетения. Наиболее целесообразным является применение основовязанных полотен комбинированных уточно-платированных переплетений.

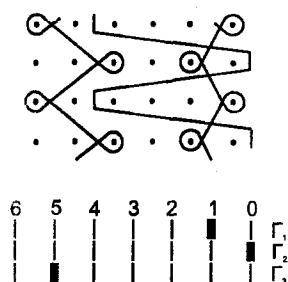
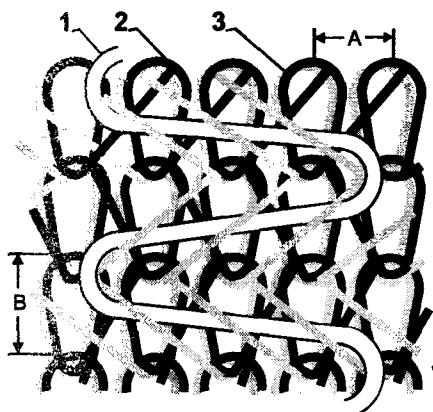


Рис. 1

На рис.1 представлена структура комбинированного уточно-платированного переплетения, образованного из трех систем нитей: уточной – 1, покровной – 3 и грунтовой – 2, причем покровная и грунтовая нити являются грунтовыми по отношению к уточной нити. А и В – соответственно петельный шаг и высота петельного ряда данного переплетения. В гребенки, образующие грунт переплетения, могут быть заправлены нити с линейной плотно-

стью в два – три раза меньшей, чем нити, заправленные в уточную гребенку.

По правилам структурообразования основовязанного уточного трикотажа уточная нить в местах изменения направления кладки будет выходить на изнаночную сторону в случае, если при образовании петельного ряда уточная и грунтовая гребенки совершают параллельные сдвиги (в одну сторону), а величина сдвига уточной гребенки больше, чем грунтовой. При этом на изнаночной стороне трикотажного полотна образуется застил из нитей уточной гребенки. В случае использования для грунта и утка нитей разного сырьевого состава образуется полотно с послойным разделением сырья.

При выработке основовязанного комбинированного уточно-платированного трикотажа уточная гребенка должна быть расположена перед грунтовой гребенкой, которая устанавливается дальше всех от игельницы. Покровные (одна или две) гребенки находятся перед уточной гребенкой, образуют рисунок с лицевой стороны трикотажного полотна и служат для придания полотну устойчивости его петельной структуры и меньшей растяжимости [1].

При встречных кладках уточных и грунтовых нитей на иглы по правилам структурообразования уточная нить заправляется под протяжки сукна и не выходит на изнаночную сторону, то есть трикотажного полотна с послойным разделением сырья не образуется. Поэтому на основе анализа сдвигов за иглами уточной и грунтовой гребенок для каждого конкретного случая можно определить, будет образовываться трикотажное полотно, у которого лицевая и изнаночная стороны получены из нитей разных систем, или нет.

При вязании полотна при малом натяжении уточных нитей на изнаночной стороне получается ворс, образованный излишком уточной нити в местах изменения направления кладок этой нити. Характеристикой, учитывающей изменение натяжения уточных и грунтовых нитей, является коэффициент перетяжки

$$K_{\text{п}} = \frac{l_y}{l_r} = (0,5 \div 1,5), \quad (1)$$

где  $l_y$  – длина уточной нити, идущей на образование одного петельного ряда;  $l_r$  – длина нити в петле грунта.

Таким образом, при расчете окончательной длины уточной нити, идущей на образование одного петельного ряда для основовязаного трикотажа данного переплетения, необходимо учесть коэффициент  $K_{\text{п}}$  перетяжки.

Из литературных источников известно, что уже созданные программы автоматизированного проектирования трикотажа основовязанных переплетений не учитывают особенностей выработки комбинированного уточно-платированного трикотажа. Вследствие этого и возникла потребность в создании системы проектирования, включающей все особенности технологии изготовления бикомпонентных полотен спортивного назначения.

Для основовязанных полотен возможно применение универсальной системы матричного кодирования (УМК) при условии наличия некоторой информации о переплетении. При автоматизированном проектировании основовязаного трикотажа комбинированных уточно-платированных переплетений аналитическая запись кладок нитей является исходной и незаменимой информацией для дальнейших расчетов и построения графической записи рассматриваемого переплетения.

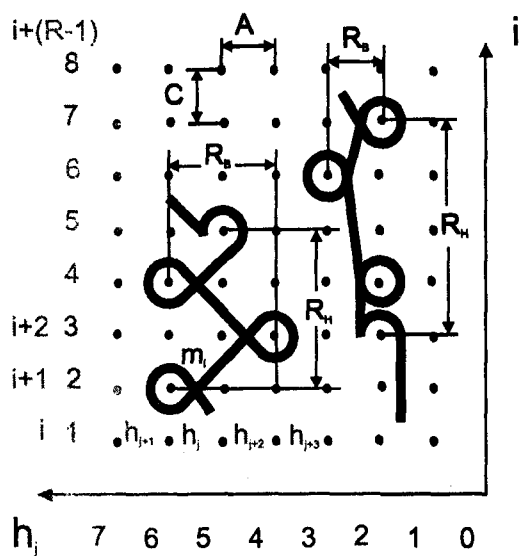


Рис. 2

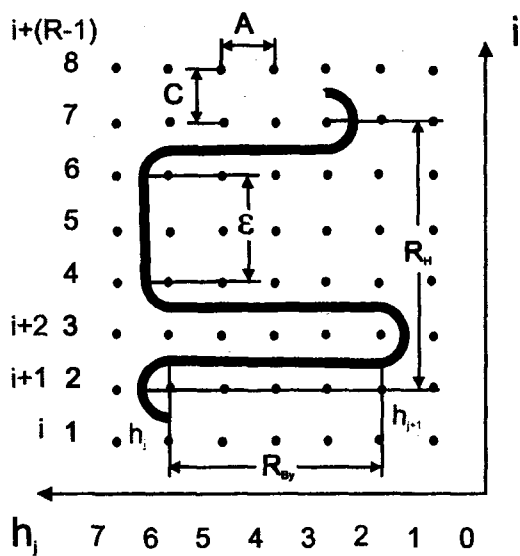


Рис. 3

На рис. 2, 3 показаны графическая запись прокладывания нити основы в основовязаном трикотаже и график прокладывания уточной нити соответственно. Цифровая запись одной гребенки – двумерный массив  $H_{ij}$ , в котором число  $i$  строк – число петельных рядов в раппорте  $R_n$ , а число  $j$  столбцов в каждой строке – тактность работы основовязальной машины.

Элемент массива  $h_{ij}$  – номер звена узорообразующей цепи.  $R_v, R_{vy}$  – раппорт прокладывания нити в  $i$ -м петельном ряду. Расстояние между петельными столбиками равно петельному шагу  $A$ , проекция протяжки  $m_i$ , соединяющей смежные петельные ряды, равна коэффициенту соотношения плотностей в трикотаже –  $C$ ; вертикальная протяжка уточной нити определя-

ется  $\varepsilon$  – числом комбинаций смежных номеров звеньев узоробразующей цепи, отвечающих условию:  $h_{ij} = h_{i,j+1}$ .

Число  $i$  петельных рядов основовязаного переплетения, необходимое для анализа всех элементов, входящих в его петельную структуру, равно  $R_H + 1$ . Это значение принято с целью возможности анализа протяжки, соединяющей последний ряд одного раппорта с первым рядом следующего. Максимальное число  $j$  фиксированных положений ушковых в процессе образования одного петельного ряда зависит от тактности работы основовязальной машины, но максимально необходимое число для определения количества элементов структуры равно двум: 1 – положение ушковых в начале сдвига перед крючками игл; 2 – положение ушковых после сдвига. Также необходимо наличие значения раппорта проборки нитей в гребенку [2].

Таким образом, с учетом вышесказанного направление прокладывания нити на иглы определяется выражением

$$\overline{HC} = h_{(i+1),2} - h_{(i+1),1}, \quad (2)$$

где  $h_{ij}$  – номер звена узорной цепи (элемент матрицы  $H(I,J)$ ), а направление сдвига гребенок за иглами – выражением

$$\overline{3C} = h_{(i+1),1} - h_{(i+1),2}. \quad (3)$$

Следовательно, можно определить, какая из нитей уточная и возможно ли получить полотно, в котором лицевая и изнаночная стороны образованы нитями разных систем.

Если сдвиг перед иглами гребенки равен нулю на протяжении всего раппорта, то эта гребенка не прокладывает нити на иглы, а следовательно, является уточной. Если уточная и следующая за ней грунтовая гребенки совершают сдвиги  $\overline{3C}_r; \overline{3C}_y$ ;  $\overline{3C}_r < \overline{3C}_y$ ;  $\overline{3C}_y \neq 0$ ;  $\overline{3C}_y - \overline{3C}_r \neq 1$ , то уточная нить в местах изменения направления кладки будет выходить на изнаночную сторону трикотажа, и, следовательно, будет вырабатываться полотно, в котором

лицевая и изнаночная стороны образованы нитями разных систем.

Если уточная и следующая за ней грунтовая гребенки совершают сдвиги  $\overline{3C}_r; \overline{3C}_y$ ;  $\overline{3C}_r \geq 0$ ;  $\overline{3C}_y \geq 1$ , то уточная нить будет зарабатывать под протяжки грунта и не будет выходить на изнаночную сторону полотна.

Основные характеристики основовязаного трикотажа комбинированных уточно-платированных переплетений могут быть спроектированы по следующим формулам.

Общая длина одной нити грунтовой гребенки, расходуемая на образование раппорта переплетения,

$$L_{rn} = \ell_o \sum_{i=1}^{R_H} m_{oi} + M_{ppn} A \text{ [мм]}, \quad (4)$$

где  $n$  – номер ушковой гребенки;  $\ell_o$  – длина нити в остовах петель;  $m_{oi}$  – число остовов петель, образованных одной нитью;  $M_{ppn}$  – длина нити в протяжках раппорта;  $A$  – петельный шаг.

Общая длина одной нити уточной гребенки, расходуемая на образование раппорта переплетения,

$$L_{yn} = \ell_{огиб} \sum_{i=1}^{R_H - \varepsilon} m_{oi} + M_{yn} A \text{ [мм]}, \quad (5)$$

где  $\ell_{огиб}$  – длина уточной нити в огибе;  $M_{yn}$  – длина межпетельных протяжек уточной нити.

Поскольку при выработке основовязаного трикотажа комбинированных уточно-платированных переплетений возможно получение полотна с ворсом, образованным излишком уточной нити, то при расчете длины уточной нити необходимо учитывать коэффициент  $K_n$  перетяжки по формуле

$$L_{yn}^p = K_n L_{rn} \text{ [мм]}, \quad (6)$$

где  $L_{yn}^p$  – длина уточной нити  $n$ -й гребенки, расходуемой на образование раппорта переплетения  $R_H$  с учетом  $K_n$ .

Величина ворса трикотажного полотна

$$v = \frac{L_{yn}^p - M_{yn} A}{R_H - \epsilon} - \ell_{огиб} \quad [\text{мм}]. \quad (7)$$

Поверхностная плотность полотна определяется по формуле

$$\rho = \frac{\sum_{n=1}^N Q_n}{R_B R_H A B} \left[ \frac{\text{г}}{\text{м}^2} \right], \quad (8)$$

где  $Q_n$  – масса нити  $n$ -й гребенки;  $R_H$  – высота раппорта переплетения;  $R_B$  – ширина раппорта переплетения;  $A$  – петельный шаг;  $B$  – высота петельного ряда.

По приведенному алгоритму разработана программа проектирования основных заправочных данных полотна, позволяющая существенно сократить сам процесс проектирования. Основные параметры трикотажа проектируемого переплетения, полученные в итоге автоматизированного проектирования, совпадают с данными, полученными экспериментальным путем с учетом допустимой ошибки измерений ( $\delta = 2 - 5 \%$ ).

УДК 677.025.1:517.9

## МАТРИЦА КОНТРОЛЯ ПРОЦЕССОВ ПЕТЛЕОБРАЗОВАНИЯ

*Л.Г. ЧУБАЙ, Е.Н. КОЛЕСНИКОВА, Т.В. МУРАКАЕВА, А.Ф. АНДРЕЕВ*

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

В настоящее время в МГТУ им. А.Н.Косыгина ведется работа по созданию комплекса программ, позволяющих производить автоматизированное проектирование структуры трикотажа и процессов их выработки. Эти программы включают ряд подпрограмм.

Одними из наиболее важных являются

### ВЫВОДЫ

1. В соответствии с особенностями получения основовязаного трикотажа комбинированного уточно-платированного переплетения разработан алгоритм автоматического определения уточной нити и возможности получения полотна, в котором лицевая и изнаночная стороны образованы нитями разных систем.

2. Построен алгоритм проектирования основных характеристик основовязаного трикотажа комбинированного уточно-платированного переплетения, по которому разработана программа.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Шалов И.И., Далидович А.С., Кудрявин Л.А. Технология трикотажа. – М.: Легпромбытиздат, 1986.
2. Кудрявин Л.А. Автоматизированное проектирование основных параметров трикотажа. – М.: Легпромбытиздат, 1992.

Рекомендована кафедрой технологии трикотажного производства. Поступила 01.10.01.

Таблица 1

	0	1	2	3	4	5	6	9	10	19	20	29	30
0		Z <sup>1</sup> P <sup>1</sup> K <sup>1</sup>	Z <sup>1</sup> P <sup>2</sup> K <sup>1</sup>	Z <sup>1</sup> P <sup>3</sup> K <sup>1</sup>	Z <sup>2</sup> P <sup>1</sup> K <sup>1</sup>		Z <sup>3</sup> P <sup>2</sup> K <sup>1</sup>	Z <sup>3</sup> P <sup>3</sup> K <sup>1</sup>	Z <sup>1</sup> P <sup>1</sup> K <sup>2</sup>	Z <sup>4</sup> P <sup>1</sup> K <sup>1</sup>	Z <sup>4</sup> P <sup>2</sup> K <sup>1</sup>	Z <sup>0</sup> P <sup>0</sup> K <sup>1</sup>	Z <sup>0</sup> P <sup>0</sup> K <sup>2</sup>
1	Z <sup>1</sup> P <sup>1</sup> K <sup>1</sup>	a abc	abc	abc	a abc		a abc	a abc	a abc	a abc	a abc		
2	Z <sup>1</sup> P <sup>2</sup> K <sup>1</sup>	abc	a abc	a abc	a abc		a abc	a abc	abc	abc	a abc		
3	Z <sup>1</sup> P <sup>3</sup> K <sup>1</sup>	abc	abc	a abc	a abc		a abc	a abc	a abc	a abc	a abc		
4	Z <sup>2</sup> P <sup>1</sup> K <sup>1</sup>	a abc	a abc	abc	a abc		a abc	a abc	a abc	a abc	a abc	o	o
...													
6	Z <sup>3</sup> P <sup>2</sup> K <sup>1</sup>	a abc	a abc	a abc	a abc		a abc	a abc	a abc	a abc	a abc		
9	Z <sup>3</sup> P <sup>3</sup> K <sup>1</sup>	a abc	a abc	a abc	a abc		a abc	a abc	a abc	a abc	a abc		
10	Z <sup>1</sup> P <sup>1</sup> K <sup>2</sup>	a abc	abc	abc	a abc		a abc	a abc	a abc	a abc	a abc		
...													
19	Z <sup>4</sup> P <sup>1</sup> K <sup>1</sup>	a abc	abc	a abc	abc		a abc	a abc	a abc	a abc	abc		
20	Z <sup>4</sup> P <sup>2</sup> K <sup>1</sup>	abc	a abc	a abc	a abc		a abc	a abc	abc	abc	a abc		
...													
29	Z <sup>0</sup> P <sup>0</sup> K <sup>1</sup>				o		o	o				o	o
30	Z <sup>0</sup> P <sup>0</sup> K <sup>2</sup>				o		o	o				o	o

С целью решения этой задачи построена матрица контроля процессов петлеобразования (табл.1), в которой по вертикали и горизонтали соответственно в нулевых столбце и строке записаны возможные процессы петлеобразования в математической форме, где каждый процесс изображен в виде произведения трех определяющих операций:

$$C_{ij} = \{Z_{\gamma} * P_{\sigma} * K_{\lambda}\}.$$

Здесь  $Z_{\gamma}$  – операция заключения, которая может быть на пяти уровнях:  $Z_1$  – уровень полного заключения,  $Z_2$  – уровень неполного заключения,  $Z_3$  – уровень без заключения,  $Z_0$  – уровень переноса петель,  $Z_4$  – дополнительный уровень;  $Z_4 \geq Z_0 > Z_1$ .

$P_{\sigma}$  – операция прокладывания нити, которая может быть:  $P_1$  – прокладывание под крючок иглы,  $P_2$  – ниже открытого язычка иглы,  $P_3$  – прокладывание за спинку иглы.

$K_{\lambda}$  – операция кулирования, которая может быть на двух уровнях:  $K_1$  – полного кулирования,  $K_2$  – без кулирования.

В ячейках матрицы  $i, j$  указаны условия, при которых могут выполняться процессы соседних иглах;  $i$  – количество строк;  $j$

– количество столбцов.

Анализ условий выполнения процессов петлеобразования на соседних иглах показал, что при существовании необходимых уровней подъема игл  $Z_{\gamma}$  и опускания игл  $K_{\lambda}$  ограничением применения процессов являются условия прокладывания нити.

Каждая ячейка матрицы разделена диагональю на две части: в верхней – указаны возможности выполнения процессов при использовании одной нити; в нижней – возможности выполнения процессов при использовании двух и более нитей. Если процессы не выполнимы, например, при использовании одной нити, ячейка – пуста.

Ячейки матрицы с  $i, j$  по 30,30 обозначают процессы сброса или переноса элементов структуры трикотажа с игольницы на игольницу; знак  $\uparrow$  – сброс ЭСТ; знак  $\downarrow$  – направление переноса; 0 – ноль, показывающий, что прокладывание нити не производится.

Толстой ломаной диагональной линией матрица разделяется на две части. В нижней части указаны ограничения для процессов петлеобразования, протекающих в одной игольнице. Для выявления ограничений в нулевом столбце или строке находим один из протекающих процессов, за-

тем по соответствующему столбцу или строке доходим до ячейки, указывающей пересечение с другим протекающим в системе процессом.

Например, если на одной игле используют процесс  $Z_1 * P_1 * K_2(10,0)$ , а на другой процесс  $Z_2 * P_1 * K_1(0,4)$ , то ячейка 10,4 показывает результат: что такие процессы выполнимы в одной игольнице как при одной нити, так и при прокладывании нескольких нитей.

Анализ матрицы процессов, выполняемых в одной игольнице, показал, что по строке считываются ограничения для совмещенных процессов, записанных выше анализируемых, а в вертикальном столбце, после ячейки пересечения ограничения с совмещенными процессами, – записанными ниже анализируемого. Ячейка пересечения каждых двух одинаковых процессов является рубежной для перехода горизонтального считывания ограничений на вертикальное.

Например, для процесса  $Z_1 * P_1 * K_2(10,0)$ , ячейки с 10,1 по 10,9 ограничивают показатели сочетания процессов в одной игольнице. Последней является ячейка 10,10, где сочетаются два обязательно одинаковых процесса в данном случае  $Z_1 * P_1 * K_2(0,10)$ . Далее считывание возможностей сочетания данного процесса продолжается по вертикали с ячейки 11,10 по ячейку 30,10.

Такая запись позволяет охватывать все возможные варианты комбинирования процессов в одной игольнице, сосредоточив их в нижней части матрицы.

Верхняя часть матрицы, выше толстой ломаной диагональной линии, использова-

на для сбора информации по сочетанию процессов петлеобразования в разных игольницах. Считывание верхней части матрицы производится в обратном порядке, начиная с ячеек нулевой строки. Например, при выборе процесса  $Z_1 * P_1 * K_2(0,10)$  считывание ограничений производим по вертикальному 10-му столбцу до необходимого уровня  $Z_1 * P_1 * K_2(10,0)$  ячейки пересечения, затем считывание происходит по строке 10.

Создание матрицы контроля процессов петлеобразования позволяет выполнить анализ спроектированного процесса и затем при необходимости внести корректировку. Данная матрица является основой для создания подпрограммы контроля процессов петлеобразования.

## ВЫВОДЫ

1. Систематизированы все возможные процессы петлеобразования, которые могут существовать на плосковязальных машинах, и определены условия их реализации на одной и двух игольницах.

2. Составлена матрица контроля процессов петлеобразования, служащая основой подпрограммы контроля процессов петлеобразования.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Колесникова Е. Н. Основы автоматизированных методов проектирования технологии петлеобразования. – М.: ТОО "Оргсервис ЛТД", 2000.

Рекомендована кафедрой технологии трикотажного производства. Поступила 01.10.01.

УДК 687.1:51:001.891.573

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ  
ТЕПЛОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ПАКЕТА  
ИЗДЕЛИЯ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

*И.В. МОЛЬКОВА, А.А. ВИНОГРАДОВ, Б.П. КУЛИКОВ, В.В. ВЕСЕЛОВ*

**(Ивановский филиал НИИ УИС Минюста России,  
Ивановская государственная текстильная академия)**

Изделия специального назначения в силу специфики и многофункциональности, как правило, многослойны. Многослойность обусловлена конкретным назначением каждого изделия, входящего в сформированный композиционный пакет одежды, и поэтому математическая модель типового расчета может быть определена в зависимости от условий назначения и выполняемого задания.

Исходным отправным моментом расчета математической модели теплового со-

противления пакета одежды является температура  $T(t, x, y, z)$  в некоторой точке с координатами  $(x, y, z)$  в момент времени  $t$ . Функция непрерывная и дифференцируемая.

Тогда количество тепла, перемещающегося через элементарную площадку  $\Delta S$ , расположенную внутри композиционного пакета, за промежуток времени  $\Delta t$  определится формулой

$$\Delta Q \cong -K(x, y, z) \frac{dT(t, x, y, z)}{dn} \Delta S \Delta t,$$

где  $\frac{dT}{dn}$  – производная в точке  $(x, y, z)$  площадки по нормали в сторону перемещения тепла;  $K(x, y, z)$  – положительный коэффициент внутренней теплопроводности композиционного пакета в точке  $(x, y, z)$ .

Если площадка лежит на границе композиционного пакета и окружающей среды

или на границе слоев, то справедлив закон в другой интерпретации.

Пусть  $(x, y, z)$  – граничная точка композиционного пакета;  $T(t, x, y, z)$  – температура внутри композиционного пакета вблизи  $(x, y, z)$ ;  $T_1(t, x, y, z)$  – температура вне композиционного пакета вблизи  $(x, y, z)$  (определяется предельным переходом изнутри и снаружи).

Тогда

$$\Delta Q \cong K_1(x, y, z) [T_1(t, x, y, z) - T(t, x, y, z)] \Delta S \Delta t.$$

Здесь  $\Delta Q$  – количество тепла, входящего в композиционный пакет через площадку  $\Delta S$  за время  $\Delta t$ ;  $K_1(x, y, z)$  – коэффи-

циент внешней теплопроводности тела по отношению к среде.

Рассмотрим элементарную площадку поверхности тела человека  $\Delta S$  и теплофизическое состояние слоев пакета одежды, покрывающих эту поверхность. Воздушные прослойки между слоями тканей и пакетами относятся к тканям и пакетам (лучше экспериментально проверить математическую модель);  $\bar{n}$  – нормаль к  $\Delta S$ , проходящая от поверхности тела человека через слои ткани и пакеты изделия – к окружающей среде. Пронумеруем все ткани изделий в направлении  $\bar{n}$ . Первый элемент нательного белья – элемент, прилегающий к поверхности тела человека, второй слой

включает элемент сорочки или кителя и т.д. Пусть многослойная одежда содержит  $m$  слоев совокупного пакета, тогда последний  $m$ -й слой, контактирующий непосредственно с окружающей средой, будет  $m$ -слоем.

Так, если  $T(t, x, y, z)$  – температура тела в точке  $(x, y, z)$  в момент  $t$  – непрерывная и дифференцируемая функция, то количество тепла, проходящее через малую площадку  $\Delta S$ , лежащую внутри тела за время  $\Delta t$ , с точностью до малых величин высшего порядка по сравнению с произведением  $\Delta S \Delta t$ , определяется формулой

$$\Delta Q \equiv -K(x, y, z) \frac{dT(t, x, y, z)}{dn} \Delta S \Delta t,$$

где  $\frac{dT}{dn}$  – производная в точке  $(x, y, z)$  площадки по нормали в сторону перемещения тепла, а положительный коэффициент  $K(x, y, z)$  – коэффициент внутренней теплопроводности тела в точке  $(x, y, z)$ .

Если площадка находится на границе тела и окружающей среды, то справедлив

$$\Delta Q \equiv -K_1(x, y, z) [T_1(t, x, y, z) - T(t, x, y, z)] \Delta S \Delta t,$$

где  $\Delta Q$  – количество тепла, входящего в тело через площадку  $\Delta S$  за время  $\Delta t$ ;  $k_1(x, y, z)$  – коэффициент внешней теплопроводности по отношению к среде.

Рассмотрим элементарную площадку поверхности тела человека  $\Delta S$  и содержание слоев пакета одежды, покрывающих этот участок. Воздушные прослойки между слоями тоже считаем слоями пакета;  $i$ -й слой – слой, прилегающий непосредственно к телу человека.

Пусть всего слоев  $m$  штук, тогда последний  $m$ -й слой – внешний слой одежды. В  $i$ -м слое выделим две точки:  $A_{i\text{нач}}$  и  $A_{i\text{кон}}$  (начальную и конечную), где  $A_{i\text{нач}}$  – точка входа  $\bar{n}$  в  $i$ -й слой;  $A_{i\text{кон}}$  – точка выхода  $\bar{n}$  из  $i$ -го слоя. При этом точки  $A_{i\text{нач}}$  и  $A_{i\text{кон}}$  можно считать совпадающими, но относящимися к  $i$ -1-му и  $i$ -му слоям соответственно.

закон в другой форме. Пусть  $(x, y, z)$  – граничная точка тела из площадки,  $\Delta S$  – граничный;  $T(t, x, y, z)$  – температура внутри тела вблизи  $(x, y, z)$ ;  $T_1(t, x, y, z)$  – температура вне тела вблизи  $(x, y, z)$  (определяется предельным переходом изнутри и снаружи).

Тогда

Предположим, что тепло проходит от  $\Delta S$  в направлении  $\bar{n}$ , причем за время  $\Delta t$  выделяется количество тепла  $Q$ .

Пусть  $T_{i\text{нач}}$  – температура комфорта прилегающей поверхности внутреннего слоя (температура в  $A_{i\text{нач}}$ );  $k_i$  – коэффициент внутренней теплопроводности  $i$ -го слоя;  $k_{i+1}$  – коэффициент внешней теплопроводности  $i + 1$ -го слоя по отношению к  $i$ -му слою;  $\bar{Q} = \frac{Q}{\Delta S \Delta t}$  – количество тепла,

приходящегося на единицу поверхности  $\Delta t$  за единицу времени;

$\bar{Q} = -k_1 \frac{dT}{dn}$ ;  $\bar{Q} = \frac{k_1}{\delta_1} (T_{i\text{нач}} - T_{i\text{кон}})$ , где  $\delta_i$  – толщина  $i$ -го слоя (расстояние между точками  $A_{i\text{нач}}$  и  $A_{i\text{кон}}$ ).

Отсюда

$$T_{i\text{кон}} = T_{i\text{нач}} - \frac{\delta_1 \bar{Q}}{k_1}, \quad \bar{Q} = k_{i2} (T_{i\text{кон}} - T_{i+1\text{нач}}),$$



то есть

$$T_{2 \text{ нач}} = T_{i \text{ кон}} - \frac{\bar{Q}}{k_{12}}, \quad \bar{Q} = \frac{k_2}{\delta_2} (T_{2 \text{ нач}} - T_{2 \text{ кон}}),$$

$$T_{2 \text{ кон}} = T_{2 \text{ нач}} - \frac{\delta_2 \bar{Q}}{k_2} \text{ и т.д.}$$

По температуре в предыдущей отмеченной точке на нормали и  $\bar{Q}$  определим температуру в следующей точке композиционного пакета специальной одежды:

$$(T_{i \text{ кон}} = T_{i \text{ нач}} - \frac{\delta_i \bar{Q}}{k_i}; T_{i+1 \text{ нач}} = T_{i \text{ кон}} - \frac{\bar{Q}}{k_{i+1}}) \quad (1)$$

$$T_{m \text{ кон}} = T_{m \text{ нач}} - \frac{\delta_m \bar{Q}}{k_m}; T_{m+1, \text{ нач}} = T_{m \text{ кон}} - \frac{\bar{Q}}{k_{m+1}}.$$

Здесь  $T_{m+1, \text{ нач}}$  – температура окружающего воздуха.

Рассматриваемый пакет позволяет при температуре окружающего воздуха  $T_{m+1, \text{ нач}}$  и выделении тепла  $\bar{Q}$  с поверхности  $\Delta S$  за время  $\Delta t$  сохранять температуру поверхности прилегающего слоя  $T_{1 \text{ нач}}$ .

Систему (1) можно обратить:

$$T_{m \text{ кон}} = T_{m+1 \text{ нач}} + \frac{\bar{Q}}{k_{m+1}},$$

$$(T_{j \text{ нач}} = T_{j \text{ кон}} + \frac{\delta_j \bar{Q}}{k_j}; T_{j-1 \text{ кон}} = T_{j \text{ нач}} + \frac{\bar{Q}}{k_{j-1j}})$$

$$(j = m, m-1, \dots, 2), T_{1 \text{ нач}} = T_{1 \text{ кон}} + \frac{\delta_1 \bar{Q}}{k_1},$$

– то есть по температуре окружающего воздуха найти остальные температуры.

Эти системы показывают, что изменения  $T_{1 \text{ нач}}$  или  $T_{m+1 \text{ нач}}$  на величину  $\Delta T$  влечет такое же изменение для каждой последующей температуры, если  $\bar{Q}$  не меняется. (Физически это происходит следующим образом. Пусть температура воздуха повысилась на  $\Delta T$ . Тогда уменьшается разность температур последней пары точек и количество тепла, передаваемого в последнем слое за единицу времени. Тепло накапливается у предпоследней точки и повышает температуру в ней и т.д., пока снова все выделяемое тепло  $\bar{Q}$  не будет передаваться наружу).

## ВЫВОДЫ

1. Разработана математическая модель расчета теплового сопротивления пакета одежды, позволяющая определить оптимальный пакет не только в конечном варианте, но и отдельными элементами, функционально входящими в специальную одежду.

2. Теоретически обоснована математическая модель теплового расчета пакетов специальной одежды как суммарного, так и частного содержания.

Рекомендована кафедрой технологии швейных изделий ИГТА. Поступила 31.10.01.

УДК 534.833: 621

**РАСЧЕТ НА ПЭВМ СИСТЕМ ВИБРОИЗОЛЯЦИИ  
ДЛЯ ТКАЦКИХ СТАНКОВ, УСТАНОВЛЕННЫХ  
НА АБСОЛЮТНО ЖЕСТКОМ ОСНОВАНИИ**

*О.С.КОЧЕТОВ, Б.С.САЖИН, Д.А.ПАВЛОВ, Н.В.ШАТРОВА*

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

Длительное систематическое воздействие вибрации на организм оператора приводит к развитию вибрационной болезни, входящей в список профессиональных заболеваний. ГОСТ 12.1.012-90 и СН 2.2.4/2.1.8.556-96 "Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий" регламентируют параметры производственной вибрации и правила работы с виброопасным оборудованием. В

1990 г. на ткацкой фабрике "Пролетарская победа" обследованы рабочие места операторов станков типа СТБ2-216 (число оборотов главного вала 213 мин<sup>-1</sup>), установленных на 3-м этаже ткацкого цеха ("Ромашка") при выработке тканей артикулов: Молодость №43816 и Квант №43372.

Результаты замеров среднеквадратичных значений вертикальных виброускорений, м/с<sup>2</sup>, приведены в табл. 1.

Таблица 1

№	Условия эксперимента	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц					
		2,0	4,0	8,0	16	31,5	63
1	Станок №16 (уст. жестко) при откл. цехе (у передней лапы)	0,001	0,01	0,11	0,22	0,25	0,3
2	Станок №16 (уст. жестко) при откл. цехе (середина)	0,001	0,005	0,12	0,2	0,05	0,15
3	Станок №16 (уст. жестко) при откл. цехе (в проходе)	0,001	0,002	0,07	0,15	0,08	0,15
4	Станок №16 (уст. жестко) при откл. цехе (на корпусе станка)	0,01	0,03	0,07	0,25	0,22	0,3
5	Станок №16 (уст. жестко) при работающем цехе (у передней лапы)	0,001	0,004	0,12	0,22	0,15	0,18
6	Станок №16 (уст. жестко) при работающем цехе (середина)	0,002	0,005	0,15	0,25	0,2	0,24
7	Станок №16 (уст. жестко) при работающем цехе (в проходе)	0,002	0,006	0,1	0,18	0,1	0,2
8	Станки №32,17 (уст. жестко) при работающем цехе (в проходе)	0,002	0,001	0,1	0,17	0,1	0,22
9	ГОСТ 12.1.012-90	0,14	0,1	0,11	0,2	0,4	0,8

Анализ представленных в табл.1 результатов показывает, что превышение нормативных значений на рабочих местах имеет место в полосах частот со среднегеометрическими частотами 8 и 16 Гц, то есть на 2- и 3-й гармонических состав-

ляющих процесса вибровозбуждения основания.

В то же время проведены испытания пневматических ткацких станков типа П-105 (число оборотов главного вала 360 мин<sup>-1</sup>), установленных на 2-м этаже ткацкого цеха (зал № 2) Ивановской ткацко-

отделочной фабрики им. рабочего Ф.Зиновьева. Среднеквадратичные значения вертикальной виброскорости, дБ, измеренные при выработке ткани арт. № 43

(измерительные точки № 1,2,3,4 расположены по контуру станка), приведены в табл.2.

Таблица 2

№	Условия эксперимента	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц					
		2.0	4.0	8.0	16	31,5	63
1	Станок №294 без виброизоляторов при откл. цехе, т. №1	80	74	88	99	84	85
2	Станок №294 на резиновых виброизоляторах при откл. цехе, т. №1	62	68	81	91	78	78
3	Станок №294 без виброизоляторов при откл. цехе, т. №2	82	72	88	99	82	83
4	Станок №294 на резиновых виброизоляторах при откл. цехе, т. №2	52	64	81	91	76	77
	Станок №294 без виброизоляторов при откл. цехе, т. №3	76	72	83	91	81	83
5	Станок №294 на резиновых виброизоляторах при откл. цехе, т. №3	56	62	76	85	72	74
	Станок №294 без виброизоляторов при откл. цехе, т. №4	82	72	82	94	82	84
5	Станок №294 на резиновых виброизоляторах при откл. цехе, т. №4	52	64	76	85	74	74
	Станок №294 без виброизоляторов при работающем цехе, т. №4	83	77	94	103	86	88
5	ГОСТ 12.1.012-90	108	99	93	92	92	92

На этой фабрике испытаны резиновые виброизоляторы [1] в количестве 2 штук на каждую лапу станка (размеры виброизолятора призматической формы 50×50×100 мм), расположенные симметрично относительно опорных поверхностей корпуса. Результаты испытаний системы "станок на виброизоляторах" приведены на рис.1, из которого следует, что эффективность установки одного станка составляет в полосе частот 4...63 Гц порядка 4...8 дБ.

На Калининской прядильно-ткацкой фабрике им. А.П.Вагжанова при получении в 1988 г. новых пневматических ткацких станков типа Джеттис-180 НБ (число оборотов главного вала станка до 600 мин<sup>-1</sup>) в количестве 200 штук была решена задача установки этих станков на виброизолирующие системы типа ВСК-1 [2, 3]. При этом следует отметить, что жесткая установка станков приводила к нарушению санитарно-гигиенических нормативов в полосе частот 8...63 Гц в 1,5...2 раза.

Станок П-105 на резиновых виброизоляторах (г.Иваново)

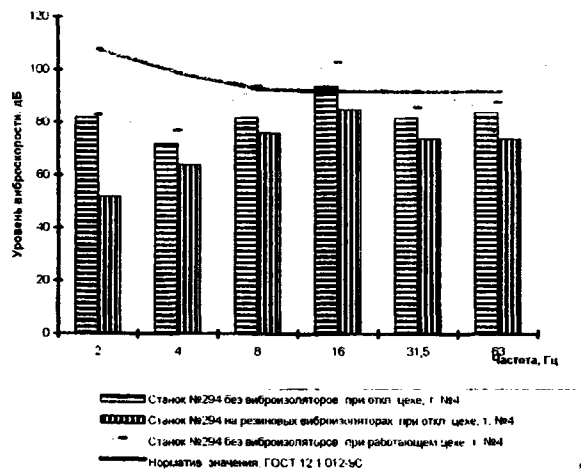


Рис.1

Установка станков на виброизолирующие системы типа ВСК-1 была предпринята после детального теоретического исследования всех возможных случаев резонансных явлений как со стороны основания, так и самой виброизолирующей системы.

Ниже приводятся результаты теоретического исследования на ПЭВМ динамических характеристик системы станок на

виброизоляторах – основание, причем основание рассматривается как абсолютно жесткое. В случае несвязанных колебаний для каждой из координат справедливо дифференциальное уравнение, соответствующее системе с одной степенью свободы, для которой введены и практически используются такие основные понятия теории виброизоляции, как коэффициент

передачи и коэффициент увеличения (раскачки станка на виброизоляторах). Эти коэффициенты служат для оценки эффективности применения тех или иных виброизолирующих устройств.

Рассмотрим три основные схемы установки станков на абсолютно жесткое основание с различным демпфированием.

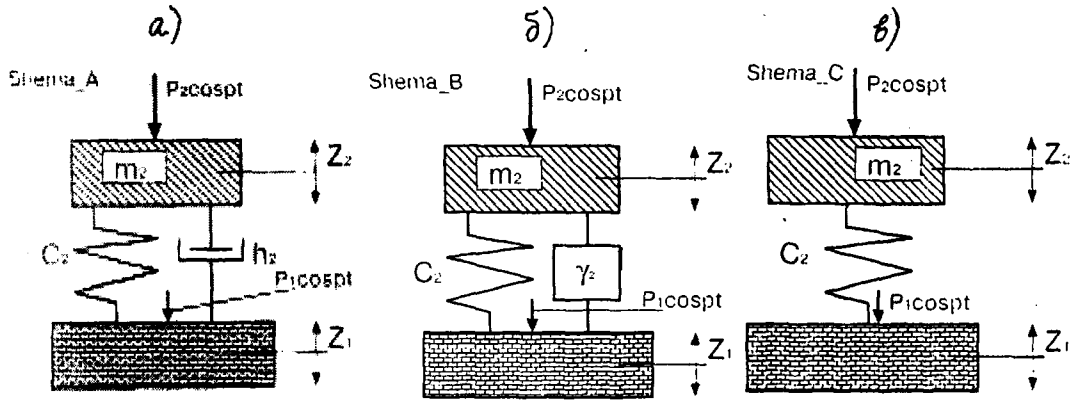


Рис.2

Схема А. Абсолютно жесткое основание. Вязкое демпфирование в системе виброизоляции технологического оборудования (рис.2-а). Коэффициент передачи определяет отношение амплитуды силы, воспринимаемой основанием, к амплитуде возмущающего воздействия. Для систем с одной степенью свободы при гармоническом законе изменения возмущающей силы с постоянной амплитудой коэффициент передачи выражается формулой

$$\eta = \sqrt{\frac{1 + 4 \frac{p^2}{\omega_2^2} D_2^2}{\left(1 - \frac{p^2}{\omega_2^2}\right)^2 + 4 \frac{p^2}{\omega_2^2} D_2^2}}, \quad (1)$$

где  $p$  – частота возмущающего воздействия,  $c^{-1}$ ;  $\omega_2$  – собственная частота колебаний машины на упругих опорах,  $c^{-1}$ ;  $D_2$  – относительный коэффициент демпфирования системы.

Для того, чтобы сила, передаваемая от машины на перекрытие, была меньше воз-

мущающей силы, необходимо соблюдение условия:

$$\frac{p}{\omega_2} \geq \sqrt{2}. \quad (2)$$

Собственная частота колебаний машины и относительный коэффициент демпфирования системы определяются по формулам

$$\omega_2 = \sqrt{\frac{c_2}{m_2}}, \quad (3)$$

$$D_2 = \frac{h_2}{2\sqrt{c_2 m_2}},$$

где  $c_2$  и  $m_2$  – соответственно жесткость упругих элементов виброизоляторов и масса машины;  $h_2$  – абсолютная величина вязкого демпфирования в системе, связанная с логарифмическим коэффициентом  $\delta_2$  затухания колебательной системы зависимостью:

$$\delta_2 = \frac{\pi}{\sqrt{m_2 c_2 - \frac{1}{4}}}, \quad (4)$$

Схема В. Абсолютно жесткое основание. Демпфирование в системе виброизоляции обусловлено внутренним поглощением энергии в материале виброизолятора (рис.2-б):

$$|\eta| = \frac{1 + \gamma_2^2}{\sqrt{\left(1 - \frac{p^2}{\omega_2^2}\right)^2 + \gamma_2^2}}, \quad (5)$$

где  $\gamma_2$  – коэффициент неупругого сопротивления системы, который связан с коэффициентом поглощения  $\psi_2$  (энергии в материале виброизоляторов) и декрементом затухания  $\delta_2$  зависимостью

$$\gamma_2 = \frac{\psi_2}{2\pi} = \frac{\delta_2}{\pi}. \quad (6)$$

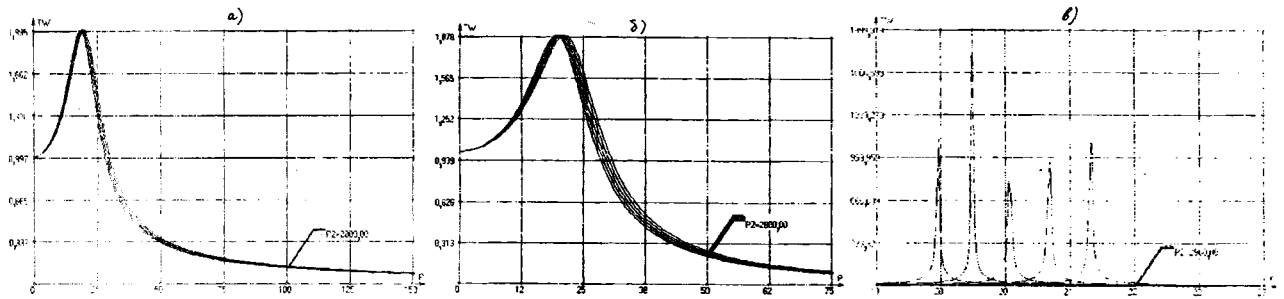


Рис.3

На рис.3-а представлен коэффициент передачи системы "станок на виброизоляторах" при следующих параметрах:  $C_2 = 1106$  кГс/см,  $D_2 = 0,3$ . Причем исследовались изменения виброзащитных свойств системы при срабатывании навоя (то есть при изменении  $P_2$  от 2400 до 2800 кГс). Из рисунка видно, что резонанс системы имеет место при  $\omega = 20$  с<sup>-1</sup>, частота среза (на которой  $T(\omega) = 1,0$ ) равна 28,2 с<sup>-1</sup>, а изменение веса объекта в данном диапазоне практически не оказывает влияния на характер динамики системы. Тот же вывод можно сделать и относительно демпфирования в системе виброизоляции, обусловленным внутренним поглощением энергии в материале виброизоляторов (рис.3-б). В этом случае исследования проводили при

Схема С. Абсолютно жесткое основание. Система виброизоляции без демпфирования (рис.2-в):

$$\eta = \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \frac{p^2}{\omega_2^2}\right)^2}}. \quad (7)$$

Для теоретического исследования динамических характеристик этих схем была составлена программа расчета на ПЭВМ (язык программирования "СИ++").

Анализируя результаты, полученные при проведении машинного эксперимента на ПЭВМ по исследованию коэффициентов передачи системы "станок на виброизоляторах" (при установке станка на абсолютно жесткое основание), можно сделать следующие выводы.

следующих параметрах:  $C_2 = 1106$  кГс/см;  $\gamma_2 = 0,037$  и изменении  $P_2$  от 2400 до 2800 кГс. Что же касается характеристик системы "станок на виброизоляторах" при установке станка на абсолютно жесткое основание и отсутствии демпфирования в системе виброизоляции (рис.3-в,  $D_2 = 0$ ), то следует отметить наличие пяти резонансных пиков (параметр  $P_2$  изменялся от 2400 до 2800 кГс;  $C_2 = 1106$  кГс/см) в диапазоне частот 19...22 с<sup>-1</sup>, причем величина наибольшего резонансного пика достигает  $T(\omega) = 1700$ , частота среза при этом равна 31 с<sup>-1</sup>.

Эффективность установки станков на виброизолирующую систему типа ВСК-1 с демпфированием в системе виброизоляции, обусловленным внутренним погло-

щением энергии в материале виброизоляторов, составляет порядка 10...15 дБ, что позволяет операторам работать в условиях, регламентированных санитарными нормами. Измерения уровней вибрации в проходах между станками при виброизоляции всего количества станков в ткацком зале второго этажа (102 станка) выявили снижение уровней вибрации на 14...18 дБ.

## ВЫВОДЫ

1. Составлена программа расчета на ПЭВМ динамических характеристик системы станок на виброизоляторах – абсолютно жесткое основание, позволяющая осуществлять теоретические исследования динамических систем на этапе предпроектной подготовки производства вибро-

изолирующих систем для стационарного технологического оборудования.

2. Разработанная конструкция виброизолирующей системы типа ВСК-1 для ткацких станков дает возможность уменьшить уровни вибрации на рабочих местах на 14...18 дБ.

## ЛИТЕРАТУРА

1. А.с. № 1737181 СССР. Эластичный виброизолятор Кочетова / О.С.Кочетов. – Опубл.1992. Бюл. № 20.
2. Кочетов О.С. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1995, №1. С.88...92.
3. А.с. № 1668773 СССР. Виброизолирующая система Кочетова для ткацких станков О.С.Кочетов. – Опубл.1991. Бюл. № 29.

Рекомендована кафедрой процессов и аппаратов химической технологии и безопасности жизнедеятельности. Поступила 27.06.01.

УДК 677.053

## ДИНАМИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ НИТИ ПЕРЕМЕННОЙ ДЛИНЫ

А.И. МУНИЦЫН

(Ивановский государственный энергетический университет)

Область неустойчивости первого или главного параметрического резонанса нити переменной длины определена в [1].

Рассмотрим участок нити между натяжным устройством в точке  $x=0$  и точкой, координата которой изменяется в про-

долном направлении по закону  $x = a(t)$ . Обозначим через  $w$  поперечные перемещения точек нити и ограничимся рассмотрением плоских колебаний нерастяжимой нити. С учетом наиболее существенных нелинейных членов уравнения имеют вид:

$$\left[1 - V^2 + (V^2 - 2) \left(\frac{\partial w}{\partial x}\right)^2\right] \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} - 2V \left[1 - \frac{1}{2} \left(\frac{\partial w}{\partial x}\right)^2\right] \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial t} - \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} - \varepsilon \frac{\partial w}{\partial t} - \varepsilon V \left[1 - \frac{1}{2} \left(\frac{\partial w}{\partial x}\right)^2\right] \frac{\partial w}{\partial x} = 0. \quad (1)$$

Здесь все линейные размеры отнесены к среднему значению длины  $a_0$  нити;  $\varepsilon$  – коэффициент внешнего трения. Введены

безразмерные время  $t^*$ , частота  $\omega^*$  и скорость  $V^*$  движения нити:

$$t = t^* \left(\frac{\rho F a_0^2}{T}\right)^{1/2}, \quad \omega = \omega^* \left(\frac{\rho F a_0^2}{T}\right)^{-1/2}, \quad V = V^* \left(\frac{\rho F}{T}\right)^{-1/2}, \quad \varepsilon = \varepsilon^* \left(\frac{\rho F a_0^2}{T}\right)^{1/2}, \quad (2)$$

где  $T$  – натяжение нити;  $\rho F$  – удельная масса. Далее звездочки опускаем.

Полученное дифференциальное урав-

нение в частных производных должно быть дополнено граничными условиями, которые для рассматриваемой схемы дви-

жения нити имеют вид

$$w = 0, \text{ при } x = 0 \text{ и } x = a(t). \quad (3)$$

Задача о колебаниях нити переменной длины сводится к нелинейному дифференциальному уравнению (1) с переменными границами области определения решений. Заменяя переменные  $y = x/a(t)$ , получим постоянные границы  $y = 0$  и  $y = 1$ . При

$$\left( \frac{1}{a^2} - 2 \frac{1}{a^4} \dot{w}^2 - \frac{\dot{a}^2}{a^2} y^2 \right) w'' + \left( \frac{\ddot{a}}{a} - 2 \frac{\dot{a}^2}{a^2} + \varepsilon y \frac{\dot{a}}{a} \right) y w' + 2 \frac{\dot{a}}{a} y w' - \varepsilon \dot{w} - \ddot{w} = 0 \quad (5)$$

и граничные условия

$$w = 0, \text{ при } y = 0 \text{ и } y = 1. \quad (6)$$

Здесь точками обозначены производные по времени, штрихами – производные по координате  $y$ . Скоростью перемотки нити пренебрегаем.

Аналогичные краевые задачи формулируются для колебаний нити в веере раскладки [2] и в баллоне вращения [3], а также изгибных колебаний балки с неиде-

этом производные по координатам и времени заменяются по формулам

$$\frac{\partial w}{\partial x} = \frac{1}{a} \frac{\partial w}{\partial y}; \quad \frac{\partial w}{\partial t} = \frac{\partial w}{\partial t} - y \frac{\dot{a}}{a} \frac{\partial w}{\partial y}. \quad (4)$$

После подстановки (4) в (1) и (3) получим дифференциальное уравнение

альными опорами [4]. Решение краевой задачи (5) и (6) будем искать в виде движения по первой форме колебаний:

$$w(y,t) = \varphi(t) \sin(\pi y). \quad (7)$$

В результате ортогонализации к базисной функции результата подстановки (7) в (5) получим обыкновенное дифференциальное уравнение относительно функции  $\varphi(t)$ :

$$\ddot{\varphi} + \left( \varepsilon + \frac{\dot{a}}{a} \right) \dot{\varphi} + \left( \pi^2 - 1,3949 \frac{\dot{a}^2}{a^2} + \frac{\ddot{a}}{2a} - \frac{\dot{a}^2}{a^2} + \varepsilon \frac{\dot{a}}{2a} \right) \varphi - \frac{\pi^4}{2a^4} \varphi^3 = 0. \quad (8)$$

Уравнение (8) представляет собой уравнение параметрических колебаний нелинейной системы с одной степенью свободы, в которой жесткость системы, ее диссипация и коэффициент нелинейности являются периодическими функциями от времени. Для решения полученного уравнения использовали метод продолжения решения по параметру [5].

Представим искомые  $T$ -периодические решения в виде отрезка ряда Фурье:

$$\varphi(t) = \sum_{k=1}^N (B_k \sin k\theta t + C_k \cos k\theta t) \quad (9)$$

и из условия ортогональности к базисным функциям по времени  $\sin k\theta t$  и  $\cos k\theta t$  получим систему нелинейных алгебраических уравнений относительно частоты  $\omega$  и

коэффициентов  $B_k$  и  $C_k$ . Число уравнений (так же как и число неизвестных) равно  $2N$ , где  $N$  – число членов ряда, удерживаемых в разложении (9). Даже для одного члена ряда полученная система становится слишком громоздкой, поэтому ее не приводим. Разработанное программное обеспечение позволяет хранить в памяти ЭВМ структуру уравнений и вычислять входящие в нее коэффициенты, не прибегая к аналитическим выкладкам.

Метод продолжения решения по параметру позволяет также исследовать устойчивость полученных решений на основе второго метода Ляпунова [5]. Пусть приближенное периодическое решение  $\varphi(t)$  дифференциального уравнения (8) найдено. Рассмотрим некоторое возмущенное решение:

$$\hat{\varphi}(t) = \varphi(t) + \Delta\varphi(t). \quad (10)$$

После подстановки в (8) и линеаризации получим уравнения возмущенного движения первого приближения. Согласно теореме Флюке для каждого характеристического показателя  $\sigma$  существует нормальное решение уравнений возмущенного движения, которое приближенно можно представить в виде отрезка ряда Фурье с множителем  $e^{\sigma t}$

$$\Delta\varphi(t) = \sum_{k=1}^N e^{\sigma t} (D_k \sin k\theta t + F_k \cos k\theta t). \quad (11)$$

Применяя процедуру Галеркина и приравняв нулю определитель полученной системы, получаем проблему собственных значений, для решения которой использовался QR-алгоритм [6]. Согласно теоремам Ляпунова об устойчивости по первому приближению знак действительной части характеристических показателей  $\sigma_i$  позволяет сделать вывод об устойчивости полученного решения. Невозмущенное движение является устойчивым, если все  $\sigma_i$  имеют положительную действительную часть, и неустойчивым, если хотя бы один из них имеет отрицательную действительную часть.

Вычисления проводили с учетом трех членов ряда в разложении (9) для безразмерной функции длины нити  $a(t)=1+0,1\sin(2\theta t)$ . Удвоенная частота изменения длины нити выбрана для того, чтобы не учитывать субгармоники в разложениях (9) и (11).

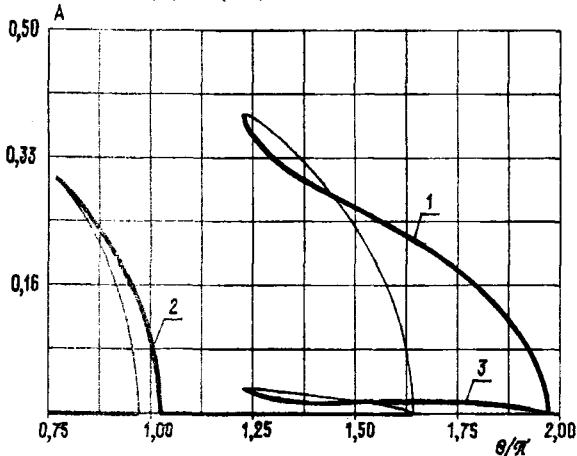


Рис. 1

На рис.1 приведены зависимости от амплитуд трех гармоник решения (9):

$$A_k = (B_k^2 + C_k^2)^{1/2}$$

для значения параметра диссипации  $\varepsilon=0,05$ . Жирной линией показаны устойчивые решения, тонкой – неустойчивые. цифра у кривой обозначает номер гармоники.

Тривиальное решение уравнения (8)  $\varphi(t)=0$ , соответствующее продольным перемещениям нити, является устойчивым всюду, кроме областей первого ( $1,64 < \theta < 1,96$ ) и второго ( $0,95 < \theta < 1,04$ ) параметрических резонансов. Параметрические резонансы более высокого порядка для рассматриваемого значения диссипации отсутствуют. Для получения этих областей достаточно было бы рассмотреть линеаризованные уравнения движения нити. Решение нелинейных уравнений позволяет не только найти области неустойчивости тривиального решения, но и определить устойчивое решение соответствующее данной частоте.

Полученные амплитудно-частотные характеристики имеют мягкую нелинейность, что характерно для текстильной нити с натяжным устройством [2,3]. В области первого резонанса амплитуда третьей гармоники значительно ниже первой, что позволяет сделать вывод о том, что высшие гармоники в решении (9) можно не учитывать.

В областях неустойчивости амплитуда колебаний уменьшается с увеличением частоты параметрического возбуждения. Более того, существуют диапазоны частот  $1,24 < \theta < 1,64$  – для первого резонанса и  $0,77 < \theta < 1,04$  – для второго резонанса, где наряду с тривиальным решением является устойчивым и решение, соответствующее поперечным колебаниям нити с конечной амплитудой. В этом случае любое неучтенное в расчетной схеме возмущение может привести к "перескоку" с одного решения на другое и к нежелательным последствиям, связанным с колебаниями нити с большой амплитудой. С уменьшением



параметра диссипации диапазон этих частот увеличивается и сдвигается влево.

## ВЫВОДЫ

Для нити переменной длины получены решения, описывающие движения нити в области параметрических резонансов. Показано, что учет нелинейности системы приводит к значительному увеличению диапазона частот недопустимого режима работы текстильной машины.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Мизушов И. И. Механика текстильных нитей и тканей. – М.: Легкая индустрия, 1980.
2. Муницын А. И. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1997, № 4. С. 80...84.
3. Муницын А. И. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1999, №4. С. 97...102.
4. Муницын А. И. // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 1998, №2. С.36...39.
5. Гуляев В.И., Баженов В.А., Попов С.Л. Прикладные задачи теории нелинейных колебаний механических систем. – М.: Высшая школа, 1989.
6. Икрамов Х.Д. Несимметричная проблема собственных значений. – М.: Наука, 1991.

Рекомендована кафедрой теоретической и прикладной механики. Поступила 05.10.01.

УДК 677.055.568

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДВИЖЕНИЯ ПЛАТИНЫ В ЗАМКЕ ВЯЗАЛЬНОГО МЕХАНИЗМА КРУГЛОВЯЗАЛЬНОЙ МАШИНЫ С ПЕРЕМЕННОЙ ОТБойНОЙ ПЛОСКОСТЬЮ\*

Е.В. АНАШКИНА, К.И. БАХМАТОВ, Л.С. МАЗИН

(Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна)

Перспективным направлением в развитии конструкции кругловязальных машин является создание механизмов вязания с переменной отбойной плоскостью. Такие машины еще недостаточно изучены, поэтому исследования динамики их петлеобразующих органов и синтез механизмов их движения являются весьма актуальными.

Рассмотрим конструктивную (упрощенную) схему [1] механизма с переменной отбойной плоскостью, представленную на рис.1. У платины 1 имеется хвостовик с выступом 2 и пятками 3, 4, 5. Пятка 4 входит в канал замка 6, задающего вертикальное перемещение платины. Выступом 2 платина контактирует с верхней частью 7 цилиндра машины и поворачивается под действием на ее пятки 3, 5 клиньев 8, 9 соответственно. Игла 10 расположена в пазах

нижней части цилиндра машины 11 и перемещается в вертикальном направлении под действием замка 12.

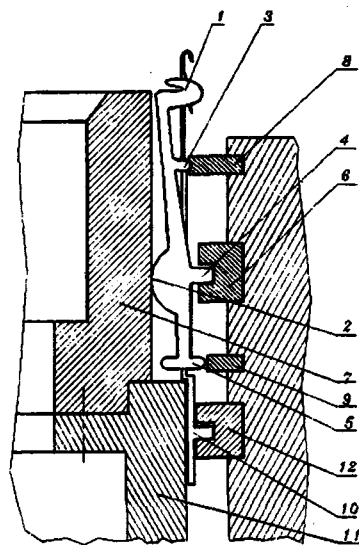


Рис. 1

\* Статья публикуется в порядке обсуждения.

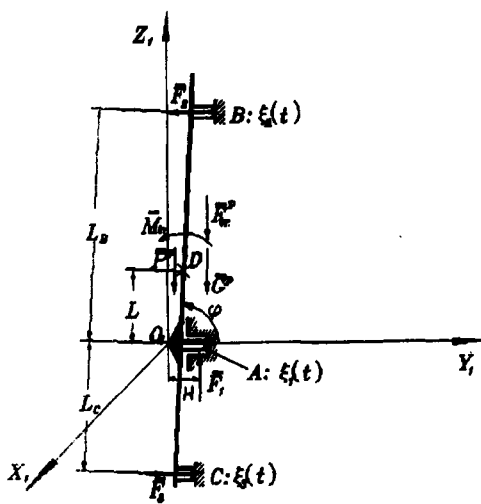


Рис.2

По аналогии с данной конструктивной схемой выберем динамическую модель движения пластины в замках вязального механизма в виде, приведенном на рис. 2. Введем неподвижную систему координат  $O_1X_1Y_1Z_1$ . Будем использовать принцип обращенного движения, то есть пластина совершает вертикальное движение вдоль оси  $O_1Z_1$  и поворачивается относительно оси  $O_1X_1$ . В рассматриваемой конструкции вязального механизма пластина совершает два движения – вертикальное и качательное. Рассмотрим их по отдельности.

Движение в вертикальном направлении пластина совершает под действием профиля клина А (рис.2). Клин А представляет собой пазовый кулачок с геометрическим замыканием, функция положения (закон движения) которого  $\xi_1(t)$ . Для свободного движения пятки пластины по клину предусмотрен зазор. Будем характеризовать вертикальное перемещение пластины координатой  $z_1$ . Кроме этого пластина совершает качательное движение: на пластине имеется выступ (точка  $O_1$ ), она касается им поверхности цилиндра и качается под действием кулачков В, С.

Поверхности кулачков зададим в виде функций положения: для кулачка В –  $\xi_2(t)$ ; для кулачка С –  $\xi_3(t)$ . Поворот пластины относительно оси  $O_1X_1$  под действием кулачков В, С будем характеризовать углом  $\varphi$  (рис.2). Профили кулачков  $\xi_i(t)$ ,  $i = 1, 2, 3$  считаем известными и заданными исследователем *a priori*.

Таким образом, рассматриваемая система имеет две обобщенные координаты  $z_1$  и  $\varphi$ . Примем, что на платину действуют:  $F_1$  – сила взаимодействия пятки пластины с клином А;  $F_2, F_3$  – соответственно силы взаимодействия пластины с клиньями В и С;  $F_{fr}^p$  – сила трения, возникающая при движении пластины в пазу цилиндра;  $M_{fr}^p$  – момент трения, возникающий при повороте пластины в пазу цилиндра относительно оси  $O_1X_1$ ;  $P^p$  – сила технологического сопротивления, действующая на платину со стороны старой петли;  $G^p$  – сила тяжести пластины (угол поворота пластины относительно точки  $O_1$  в процессе петлеобразования не превышает  $3^\circ$ ).

Воспользовавшись методом кинетостатики для выбранной динамической модели (рис.2), запишем математическую модель движения пластины в виде

$$\begin{aligned} (I + mL^2)\ddot{\varphi} &= F_2L_B + F_3L_C + M_{fr} + F_1H, \\ m\ddot{z}_1 &= F_1 - G^p - F_{fr}^p - P^p, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $H, L_B, L_C$  – плечи соответственно сил  $F_1, F_2$  и  $F_3$  (рис. 2) с их знаком (начальные условия задаются исследователем).

Запишем аналитические выражения сил, входящих в правую часть уравнения (1). Анализируя движение пятки пластины относительно клина А, ее поверхность можно рассматривать как упругодемпфирующую. При этом силу, действующую на платину со стороны клина А вдоль направления движения пластины, можно принять равной

$$F_1 = \begin{cases} F_{10}(\delta_1, \dot{\delta}_1) & \text{при } \delta_1 > 0, \\ 0 & \text{при } \delta_v \leq \delta_1 \leq 0, \\ F'_{10}(\delta_1, \dot{\delta}_1) & \text{при } \delta_1 < \delta_v \end{cases} \quad (2)$$

где  $\delta_1$  – величина деформации пятки пластины ( $\delta_1 = z_1 - \xi_1(t)$ );  $\delta_v$  – максимальная величина зазора в паре пластина – клин А.

Имея в виду малость  $\delta_1$  и  $\dot{\delta}_1$ , в первом приближении запишем

$$F_{10}(\delta_1) = -c_p \delta_1 - b_p \dot{\delta}_1, \quad F'_{10}(\delta_1) = -c_p(\delta_1 - \delta_v) - b_p \dot{\delta}_1,$$

где  $c_p, b_p$  — соответственно приведенная жесткость и коэффициент сопротивления.

Силы  $F_2$  и  $F_3$ , действующие соответственно на кулачки В и С, представим в виде

$$F_2 = \begin{cases} F_{20}(\delta_2) & \text{при } \delta_2 > 0, \\ 0 & \text{при } \delta_2 \leq 0, \end{cases} \quad F_3 = \begin{cases} F_{30}(\delta_3) & \text{при } \delta_3 < \delta_h, \\ 0 & \text{при } \delta_3 \geq \delta_h. \end{cases} \quad (3)$$

где  $\delta_2, \delta_3$  — деформации пяток платины при их контакте соответственно с клиньями В, С (рис.2);  $\delta_h$  — величина приведенного за-

зора при геометрическом замыкании в рассматриваемой системе.

Имея в виду малость  $\delta_2, \delta_3$ , в первом приближении примем, что

$$F_{20}(\delta_2) = -c_{p1} \delta_2 - b_{p1} \dot{\delta}_2, \quad F_{30}(\delta_3) = -c_{p2}(\delta_3 - \delta_h) - b_{p2} \dot{\delta}_3,$$

где  $c_{p1}, b_{p1}, c_{p2}, b_{p2}$  — соответственно приведенные жесткости и коэффициенты сопротивления.

Деформации  $\delta_2, \delta_3$  получим из выражений

$$\delta_2 = -L_B \varphi + \xi_2(t), \quad \delta_3 = -L_C \varphi + \xi_3(t).$$

Будем считать, что сила трения, возникающая при вертикальном движении платины в пазу цилиндра, имеет вид

$$F_{tr}^P = F_{tr}^0 \text{sign}(\dot{z}_1), \quad (4)$$

где  $F_{tr}^0$  — амплитудное значение силы трения.

Аналогично момент трения, действующий на платину при ее повороте в пазу цилиндра относительно оси  $O_1 X_1$ , запишем так:

$$M_{tr} = M_{tr}^0 \text{sign}(\dot{\varphi}), \quad (5)$$

где  $M_{tr}^0$  — амплитудное значение момента трения.

Силу технологического сопротивления приближенно примем пропорциональной усилию оттяжки:

$$P^P = p_{ot} \mu \text{sign}(\dot{z}_1), \quad (6)$$

где  $p_{ot}$  — усилие оттяжки [2], приходящееся на одну платину;  $\mu$  — коэффициент трения между нитью и платиной. В случае необ-

ходимости сила  $P^P$  может быть уточнена с учетом конструкции реального механизма.

Формулы (1...6) составляют математическую модель движения платины, соответствующую выбранной (рис.2) динамической модели. Выражения (1) представляют собой систему существенно нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений, поэтому их решение следует проводить численно с использованием ЭВМ.

## ВЫВОДЫ

1. Предложена динамическая модель движения платины в замке вязального механизма с переменной отбойной плоскостью.

2. На основании динамической модели получена математическая модель движения платины в замке вязального механизма (1...6), являющаяся существенно нелинейной.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Патент ФРГ №3311361, D 04 В 9/02, D 04 В 15/04. Strickmaschine zur Herstellung von Maschenware / Plafh. Ernst Dieter. — Оpubл. 1984.

2. *Гарбарук В.Н.* Проектирование трикотажных машин. — Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1980.

Рекомендована кафедрой проектирования машин текстильной и легкой промышленности. Поступила 05.10.01.

## ВЛИЯНИЕ ПРОДОЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ НИТЕВОДИТЕЛЯ НА ЕГО КИНЕМАТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

А.С.ЖДАНОВ, Б.Н.ВИНОГРАДОВ, И.А.САГАН

(Дмитровградский институт технологии, управления и дизайна  
Ульяновского государственного технического университета)

Возвратно-поступательное движение с постоянной скоростью и с малым временем реверса, необходимое для раскладки нити, может быть обеспечено цепным раскладчиком нити [1]. Основными элементами этого механизма являются: стандартная двухрядная втулочно-роликовая цепь, ползушка с закрепленными на ней подвижной звездочкой и нитеводителем и направляющими.

В общем случае в системе нитеводитель-цепь возникают как крутильные колебания ведущего звена (подвижной звездочки), так и продольные колебания нитеводителя. Поэтому для определения истинных значений кинематических функций нитеводителя и нагрузок, действующих со стороны нитеводителя на цепь, необходимо решить совместно два уравнения, определяющих продольные и крутильные колебания системы.

Ранее на основании проведенных исследований показано, что влияние крутильных колебаний ведущего звена на па-

раметры системы весьма незначительны, поэтому для упрощения последующих расчетов примем следующее допущение – крутильные колебания в системе отсутствуют, действуют только продольные.

Для составления дифференциального уравнения колебаний заменим заданный механизм (рис.1-а) его динамической моделью (рис.1-б).

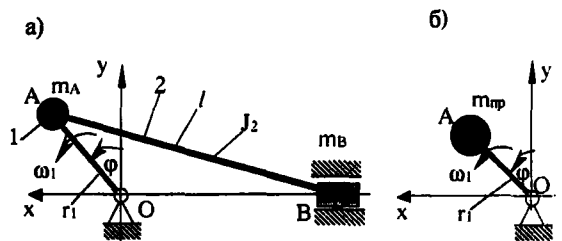


Рис.1

Приведенную  $m_{np}$  массу определим из условия равенства кинетических энергий исходной схемы (рис.1-а) и приведенной (рис.1-б). После проведения соответствующих преобразований получим

$$m_{np} = m_A + I_2 \frac{\sin^2 \varphi}{\lambda^2 r_1^2 (1 - \frac{1}{\lambda^2} \cos^2 \varphi)} + m_B \cos^2 \varphi (1 + \frac{1}{\lambda} \sin \varphi)^2, \quad (1)$$

где  $m_A$  – масса, совершающая вращательное движение (масса звездочки);  $I_2$  – момент инерции звена 2 (ползушки);  $\omega_1$  – угловая скорость вращения т. А (ведущей звездочки);  $\varphi$  – угол поворота ведущей звездочки;  $m_B$  – масса, совершающая поступательное движение (масса нитеводи-

теля);  $r_1$  – радиус вращения т. А (центра подвижной звездочки);  $\lambda = \frac{r_1}{\ell}$  ( $\ell = AB$ ).

Составим дифференциальное уравнение продольных колебаний нитеводителя, учитывая при этом, что приведенная масса (1) является переменной величиной,  $m_{np} = f(\omega_1 t)$  – рис.2.

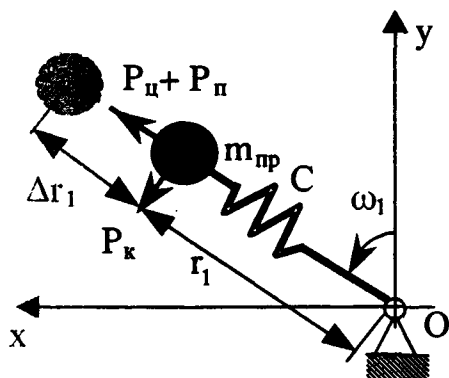


Рис.2.

Силы, действующие на приведенную массу:

1) центробежная сила

$$P_{ц} = m_{пр}(r_1 + \Delta r_1) \omega_1^2, \quad (2)$$

где  $\Delta r_1$  – приращение радиуса.

2) силы инерции Кориолиса

$$m_{пр} \ddot{x} + cx = m_{пр} \omega_1^2 (X + x) - 2m_{пр} \omega_1 \dot{x} + \frac{1}{2} \dot{x}^2 \frac{dm_{пр}}{dx}, \quad (5)$$

где  $X = r_1 \sin \varphi$  – проекция радиуса  $r_1$  на ось X;  $x = \Delta r_1 \sin \varphi$  – проекция приращения радиуса  $\Delta r_1$  на ось X.

Учитывая, что

$$P_k = -2m_{пр} \omega_1 \Delta \dot{r}_1, \quad (3)$$

где  $\Delta \dot{r}_1$  – скорость изменения приращения радиуса.

3) дополнительная сила, приложенная к приведенной массе, возникающая вследствие того, что данная масса является переменной величиной ( $m_{пр} = f(\omega_1 t)$ ) [2]:

$$P_n = \frac{1}{2} \dot{x}^2 \frac{dm_{пр}}{dx}. \quad (4)$$

Проектируя перечисленные силы на ось X, составим дифференциальное уравнение колебания массы  $m_{пр}$  в направлении этой оси:

$$\frac{dm_{пр}}{dx} = \frac{dm_{пр}}{d\varphi} \frac{1}{\dot{x}} \omega_1. \quad (6)$$

после несложных преобразований получим дифференциальное уравнение колебаний переменной приведенной массы:

$$\ddot{x} + \left( 2\omega_1 - \frac{1}{2m_{пр}} \frac{dm_{пр}}{d\varphi} \omega_1 \right) \dot{x} + \left( \frac{c}{m_{пр}} - \omega_1^2 \right) x = r_1 \omega_1^2 \sin \varphi. \quad (7)$$

Данное уравнение решалось численным методом на ЭВМ. Получены значения виброперемещения  $x$ , виброскорости  $\dot{x}$  и виброускорения  $\ddot{x}$ .

Влияние продольных колебаний на кинематические характеристики нитеводителя определяются следующими соотношениями:

$$x_d = X + x; \quad \dot{x}_d = \dot{X} + \dot{x}; \quad \ddot{x}_d = \ddot{X} + \ddot{x}, \quad (8)$$

где  $X, \dot{X}, \ddot{X}$  – перемещение, скорость и ускорение глазка нитеводителя без учета упругости системы;  $x_d, \dot{x}_d, \ddot{x}_d$  – действительные кинематические параметры глазка нитеводителя;  $x, \dot{x}, \ddot{x}$  – виброперемещение, виброскорость и виброускорение нитеводителя.

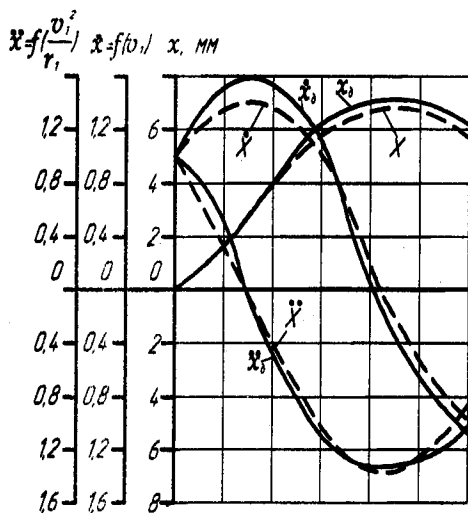


Рис. 3

Как видно из графиков (рис.3, где  $v_1$  – скорость цепи;  $r_1$  – радиус перемещения подвижной звездочки на переходном участке), влияние продольных колебаний нитеводителя на кинематические функции глазка нитеводителя сравнительно невелико: максимальное перемещение возрастает на 4%, максимальная скорость – на 8,5%, в то время как максимальное ускорение уменьшается приблизительно на 4% и, кроме того, изменение ускорения при уче-

те упругости системы происходит более плавно, что благоприятно сказывается на намотке нити на бобину.

## ВЫВОДЫ

1. Получено дифференциальное уравнение продольных колебаний нитеводителя переменной массы и вычислены значения их параметров.
2. Определено влияние продольных колебаний нитеводителя на кинематические функции глазка нитеводителя.
3. Данная методика расчета может быть применена к любому механизму аналогичной конструкции.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Регельман Х.З., Жданов А.С. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1975. №4.
2. Вульфсон И.И. Динамические расчеты цикловых механизмов. – Л.: Машиностроение, 1976.

Рекомендована кафедрой машин и аппаратов.  
Поступила 07.12.01.

УДК 677-487.2

**РАЗВИТИЕ ПРИКЛАДНОЙ ТЕОРИИ ДИНАМИКИ ГИБКОЙ НИТИ  
НА СЛУЧАЙ ДОПОЛНЕНИЯ КОЛЕБАНИЙ  
ОСРЕДНЕННЫМ НАПРАВЛЕННЫМ ДВИЖЕНИЕМ НИТИ  
КАК ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА**

*В.Е.РОМАНОВ, А.П. ЖАБКО, В.А.КЛИМОВ*

(Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна)

В [1...4] даны основополагающие позиции по моделированию динамики колеблющейся гибкой нити методом Даламбера.

Рассматривается теория колебаний нити применительно к многоопорной высокочастотной испытательной установке в предположении, что на левой опоре нить закреплена, а на правом свободном конце висит груз, создающий натяжение; первая после точки О опора совершает вертикальные колебания и тем самым создает высокочастотное возбуждение нити.

Основные позиции разработанного подхода состоят в следующем:

- нить рассматривается единой для всей установки, хотя условие на число ограничителей движения, на которых нить лежит свободно и по которым имеет возможность скользить, не ставится;

- используется стандартная параметризация нити;

- изучаются совокупные продольно-поперечные колебания нити;

- метод Даламбера применяется для нахождения точного описания динамики нити на каждом участке; при этом каждый участок выделяется ограничителями движения;

- составлена объединенная математическая модель нити с учетом одновременного наличия продольных и поперечных

колебаний;

- из объединенной модели формируются модели продольных и поперечных колебаний; по указанным моделям, которые будем называть "идеальными", выполняется поиск "идеальных" решений для продольных и поперечных колебаний;

- поиск "идеальных" решений выполняется по Даламберу как решение однородных гиперболических уравнений в частных производных;

- по ходу поиска "идеальных" решений учитывается изменение длины участков из-за скольжения нити на опорах;

- запуск поиска "идеальных" решений выполняется за счет создания начальных участков формирования решений по начальным условиям;

- учитывается возможность поиска решений на малых шагах  $\Delta t$  аналогично интегрированию систем обыкновенных дифференциальных уравнений; использовать такую возможность требуется в связи со скольжением нити на опорах и изменением в связи с этим длины участков нити по координате  $x$ ; будем этот факт именовать как взаимодействие указанных участков;

- изменение длины участков на каждом шаге  $\Delta t$  ищется из условия обеспечения равенства натяжения нити на опорах со

стороны левого и правого участков;

– вводятся в рассмотрение в уравнении продольных колебаний и в уравнении поперечных колебаний слагаемые, учитывающие взаимодействие продольных и поперечных колебаний, аналитический вид которых получается по объединенной математической модели нити; "идеальные" уравнения продольных и поперечных колебаний получаются однородными;

– вводятся на каждом шаге  $\Delta t$  коррекции решений для продольных и поперечных колебаний с учетом влияния указанных выше неоднородностей, учитывающих, будем говорить, взаимодействие каналов движения.

В настоящей статье речь идет о развитии описанной задачи таким образом, чтобы разработанная методология была бы с определенными дополнениями пригодна для исследования динамики не только колеблющейся нити, но и совершающей в целом направленное движение относительно ограничителей.

Имеется в виду, что в точке  $O$  нить не закреплена, а, наоборот, в этой точке нить имеет скорость движения, направленную в сторону следующей опоры. Движение нити может быть прерывистым и тогда скорость нити в точке  $O$  на интервалах прерывания равна нулю.

Предполагается, что по всей длине нить натянута и ее провисание отсутствует.

Основное дополнение, которое делает изложенную выше теорию пригодной для исследования динамики колеблющейся и одновременно направленно движущейся (коротко движущейся) нити, состоит в том, что в координатах параметризации нить представляется дискретными данными, имеющими два индекса. Эти индексы вводятся при прохождении точки нити опоры  $O$ .

Первый индекс соответствует моменту времени прохождения точки  $x$  по опоре  $O$ , а второй – суммарной длине прошедших

через  $O$  участков нити  $\Delta x$ . При этом время  $t$  тоже представляется дискретными долями  $\Delta t$ .

При прохождении достаточно большого времени в указанных выше индексах может быть осуществлен соответственный сброс.

В качестве объектов исследования в текстильной и легкой промышленности, в которых движущаяся нить выступает как один из основных технологических элементов, могут быть швейные машины, ткацкие станки, прядильные агрегаты и другое. В указанных объектах некоторые элементы машин и агрегатов могут играть роль ограничителей движения нити и сами при этом находиться в динамических режимах.

Положительным моментом является тот результат, что поиск решений для движения нити можно осуществлять аналогично численному интегрированию обыкновенных дифференциальных уравнений и, следовательно, осуществлять решение всей системы дифференциальных уравнений одновременно, включающей как уравнения для нити, так и для ограничителя движения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Романов В.Е., Жабко А.П., Климов В.А. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1998, №6. С. 83...84.
2. Червяков В.В., Жабко Л.Е. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1999, №3. С. 111...115.
3. Маежов Е.Г., Червяков В.В., Жабко Л.Е. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1999, №4. С. 115...122.
4. Маежов Е.Г. и др. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1999, №6. С. 110...115.

Рекомендована кафедрой автоматизации производственных процессов. Поступила 18.06.01.



## КОРРЕКЦИЯ РАСЧЕТНОЙ СХЕМЫ ПОСТРОЕНИЯ ДИНАМИКИ НИТИ ПРИ СОВМЕСТНОМ УЧЕТЕ ПРОДОЛЬНЫХ И ПОПЕРЕЧНЫХ КОЛЕБАНИЙ

Р. Р. СААКЯН

(Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна,  
Амурский государственный университет)

Рассмотрим коррекцию расчетных схем определения функций А, В, С, и D при учете взаимодействия участков движения нити на многоучастковой испытательной установке [1]. Как показано ранее в [2], взаимодействие участков приводит к переменности параметризованной координаты. Также показано, что расчет параметризованной координаты математической модели динамики нити выполняется по соотношению (далее все формулы будем рассматривать для опоры 1 [1]):

$$x_1(t_{i+1}) = x_1(t_i) + \dot{x}_1(t_i)\Delta t. \quad (1)$$

Причем для функции  $\dot{x}_1$  получены от-

$$\dot{x}_1 = \dot{x}_1(A'_1, B'_1, A'_2, B'_2, C'_1, D'_1, C'_2, D'_2, x_1). \quad (2)$$

Как и в предыдущем случае [2], будем исходить из того, что условие, определяющее точку нити (и ее координату), лежащую на опоре 1 (точка 1), есть равенство натяжений или относительных деформаций нити в этой точке для первого и второго участков.

Вначале рассмотрим обобщенное, вне зависимости от участков, математическое представление относительной деформации нити с учетом взаимодействия каналов движения (продольных и поперечных колебаний).

Возьмем две близлежащие точки нити  $x$  и  $x + \Delta x$ . Будем рассматривать систему

дельные зависимости для поперечных и продольных колебаний [2]:

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= \dot{x}_1(A'_1, B'_1, A'_2, B'_2, x_1) \\ \dot{x}_1 &= \dot{x}_1(C'_1, D'_1, C'_2, D'_2, x_1), \end{aligned}$$

которые использовали в дальнейших расчетах.

При исследовании динамики нити с учетом взаимодействия каналов движения [3] (продольных и поперечных колебаний) требуется расчет функции  $\dot{x}_1$  при совместном учете продольных и поперечных колебаний, то есть

координат  $(\tilde{U}, \tilde{V})$ , определяемых по соотношениям

$$\begin{cases} \tilde{U} = x + U, \\ \tilde{V} = V, \end{cases} \quad (3)$$

где  $U, V$  – отклонения от исходного положения нити, а  $\tilde{U}, \tilde{V}$  – полные координаты.

Вычислим расстояние (длину нити) между точками  $x$  и  $x + \Delta x$  (рис.1):

$$\rho(x, x + \Delta x) \approx \sqrt{[\tilde{U}(t, x + \Delta x) - \tilde{U}(t, x)]^2 + [\tilde{V}(t, x + \Delta x) - \tilde{V}(t, x)]^2}.$$

Для относительной деформации  $\epsilon$  нити получим:

$$\epsilon = \frac{\rho(x, x + \Delta x) - \Delta x}{\Delta x} = \frac{\rho(x, x + \Delta x)}{\Delta x} - 1 \approx \sqrt{\left[ \frac{\tilde{U}(t, x + \Delta x) - \tilde{U}(t, x)}{\Delta x} \right]^2 + \left[ \frac{\tilde{V}(t, x + \Delta x) - \tilde{V}(t, x)}{\Delta x} \right]^2} - 1.$$

$$\epsilon \approx \sqrt{[\tilde{U}'_x(t, x)]^2 + [\tilde{V}'_x(t, x)]^2} - 1. \quad (5)$$

С учетом системы (3) для относительной деформации  $\epsilon$  нити запишем

$$\epsilon \approx \sqrt{(1 + U'_x)^2 + (V'_x)^2} - 1. \quad (6)$$

Как было сказано выше, в данном случае в точке 1 должно соблюдаться равенство полученной относительной деформации (натяжения) нити со стороны первого участка справа и со стороны второго участка слева:

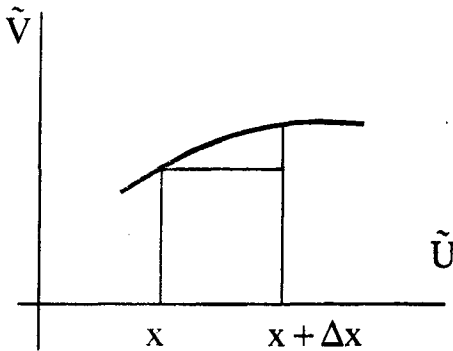


Рис. 1

При условии  $\Delta x \rightarrow 0$  из (4) имеем

$$\left( \sqrt{(1 + U'_{1x})^2 + (V'_{1x})^2} - 1 \right)_{x=x_1} = \left( \sqrt{(1 + U'_{2x})^2 + (V'_{2x})^2} - 1 \right)_{x=x_1}. \quad (7)$$

После сокращений (7) приобретает по отношению к производным функций A, B,

С и D по полным аргументам вид

$$\begin{aligned} & \left[ 1 + \left( A'_1 \left( t + \sqrt{\frac{\rho_0}{b}} x_1 \right) - B'_1 \left( t - \sqrt{\frac{\rho_0}{b}} x_1 \right) \right) \sqrt{\frac{\rho_0}{b}} \right]^2 + \left[ C'_1 \left( t + \sqrt{\frac{\rho_0}{T_0}} x_1 \right) - D'_1 \left( t - \sqrt{\frac{\rho_0}{T_0}} x_1 \right) \right]^2 \frac{\rho_0}{T_0} = \\ & = \left[ 1 + \left( A'_2 \left( t + \sqrt{\frac{\rho_0}{b}} x_1 \right) - B'_2 \left( t - \sqrt{\frac{\rho_0}{b}} x_1 \right) \right) \sqrt{\frac{\rho_0}{b}} \right]^2 + \left[ C'_2 \left( t + \sqrt{\frac{\rho_0}{T_0}} x_1 \right) - D'_2 \left( t - \sqrt{\frac{\rho_0}{T_0}} x_1 \right) \right]^2 \frac{\rho_0}{T_0} \end{aligned} \quad (8)$$

Далее воспользуемся приведенными ниже граничными условиями из [1] для первого и второго участков; выполним для одного из уравнений в каждой группе дифференцирование по времени  $t$ , имея в виду, что в получающемся результате будет присутствовать производная  $\dot{x}_1$ .

Затем заменим четыре слагаемых в (8)

по указанному получающемуся результату. Тогда будем иметь искомую зависимость (2) с отсутствующими замененными производными.

Рассмотрим граничные условия:

первый участок – продольные колебания

$$\begin{cases} A_1(t) + B_1(t) = 0, \\ A_1\left(t + \sqrt{\frac{Q_0}{b}}x_1\right) + B_1\left(t - \sqrt{\frac{Q_0}{b}}x_1\right) = \ell_1 - x_1(t) + \alpha \sin \psi_1 (1 - \cos \omega t); \end{cases} \quad (9)$$

второй участок – продольные колебания

$$\begin{cases} A_2\left(t + \sqrt{\frac{Q_0}{b}}x_1\right) + B_2\left(t - \sqrt{\frac{Q_0}{b}}x_1\right) = \ell_1 - x_1(t), \\ A_2\left(t + \sqrt{\frac{Q_0}{b}}x_2\right) + B_2\left(t - \sqrt{\frac{Q_0}{b}}x_2\right) = \ell_1 + \ell_2 - x_2(t); \end{cases} \quad (10)$$

первый участок – поперечные колебания

$$\begin{cases} C_1(t) + D_1(t) = 0, \\ C_1\left(t + \sqrt{\frac{Q_0}{T_0}}x_1\right) + D_1\left(t - \sqrt{\frac{Q_0}{T_0}}x_1\right) = \alpha \cos \psi_1 (1 - \cos \omega t); \end{cases} \quad (11)$$

второй участок – поперечные колебания

$$\begin{cases} C_2\left(t + \sqrt{\frac{Q_0}{T_0}}x_1\right) + D_2\left(t - \sqrt{\frac{Q_0}{T_0}}x_1\right) = \alpha (1 - \cos \omega t), \\ C_2\left(t + \sqrt{\frac{Q_0}{T_0}}x_2\right) + D_2\left(t - \sqrt{\frac{Q_0}{T_0}}x_2\right) = 0. \end{cases} \quad (12)$$

Возьмем второе соотношение системы (9).

Дифференцирование по времени  $t$  дает

$$\begin{aligned} & \left(1 + \sqrt{\frac{Q_0}{b}}\dot{x}_1\right)A_1'\left(t + \sqrt{\frac{Q_0}{b}}x_1\right) + \left(1 - \sqrt{\frac{Q_0}{b}}\dot{x}_1\right)B_1'\left(t - \sqrt{\frac{Q_0}{b}}x_1\right) = \\ & = -\dot{x}_1 + \alpha \omega \sin \psi_1 \sin \omega t. \end{aligned} \quad (13)$$

Из первого соотношения системы (10)

после дифференцирования получим

$$\left(1 - \sqrt{\frac{Q_0}{b}}\dot{x}_1\right)B_2'\left(t - \sqrt{\frac{Q_0}{b}}x_1\right) + \left(1 + \sqrt{\frac{Q_0}{b}}\dot{x}_1\right)A_2'\left(t + \sqrt{\frac{Q_0}{b}}x_1\right) = -\dot{x}_1. \quad (14)$$

Продифференцировав второе соотношение системы (11), будем иметь

$$\left(1 + \sqrt{\frac{\varrho_0}{T_0}} \dot{x}_1\right) C'_1 \left(t + \sqrt{\frac{\varrho_0}{T_0}} x_1\right) + \left(1 - \sqrt{\frac{\varrho_0}{T_0}} \dot{x}_1\right) D'_1 \left(t - \sqrt{\frac{\varrho_0}{T_0}} x_1\right) = \alpha \omega \cos \psi_1 \sin \omega t. \quad (15)$$

После дифференцирования первого соотношения системы (12) записываем

$$\left(1 - \sqrt{\frac{\varrho_0}{T_0}} \dot{x}_1\right) D'_2 \left(t - \sqrt{\frac{\varrho_0}{T_0}} x_1\right) + \left(1 + \sqrt{\frac{\varrho_0}{T_0}} \dot{x}_1\right) C'_2 \left(t + \sqrt{\frac{\varrho_0}{T_0}} x_1\right) = \alpha \omega \sin \omega t. \quad (16)$$

Подставив из (13...16) соответственно  $A'_1, B'_2, C'_1, D'_2$  в уравнение (8), получим

$$\begin{aligned} & \left[ 1 + \left( -\frac{2}{1 + \sqrt{\frac{\varrho_0}{b}} \dot{x}_1} B'_1 \left( t - \sqrt{\frac{\varrho_0}{b}} x_1 \right) + \frac{-\dot{x}_1 + \alpha \omega \sin \psi_1 \sin \omega t}{1 + \sqrt{\frac{\varrho_0}{b}} \dot{x}_1} \right) \sqrt{\frac{\varrho_0}{b}} \right]^2 + \\ & + \left[ -\frac{2}{1 + \sqrt{\frac{\varrho_0}{T_0}} \dot{x}_1} D'_1 \left( t - \sqrt{\frac{\varrho_0}{T_0}} x_1 \right) + \frac{\alpha \omega \cos \psi_1 \sin \omega t}{1 + \sqrt{\frac{\varrho_0}{T_0}} \dot{x}_1} \right]^2 \sqrt{\frac{\varrho_0}{T_0}} = \\ & = 1 + \left[ -\frac{2}{1 - \sqrt{\frac{\varrho_0}{b}} \dot{x}_1} A'_2 \left( t + \sqrt{\frac{\varrho_0}{b}} x_1 \right) + \frac{\dot{x}_1}{1 + \sqrt{\frac{\varrho_0}{b}} \dot{x}_1} \right]^2 \sqrt{\frac{\varrho_0}{b}} + \\ & + \left[ \frac{2}{1 - \sqrt{\frac{\varrho_0}{T_0}} \dot{x}_1} C'_2 \left( t + \sqrt{\frac{\varrho_0}{T_0}} x_1 \right) - \frac{\alpha \omega \sin \omega t}{1 - \sqrt{\frac{\varrho_0}{T_0}} \dot{x}_1} \right]^2 \sqrt{\frac{\varrho_0}{T_0}}. \quad (17) \end{aligned}$$

После упрощения соотношения (17) имеем

$$\begin{aligned} & \frac{\left[ 1 + \sqrt{\frac{\varrho_0}{b}} \left( \alpha \omega \sin \psi_1 \sin \omega t - 2B'_1 \left( t - \sqrt{\frac{\varrho_0}{b}} x_1 \right) \right) \right]^2}{\left( 1 + \sqrt{\frac{\varrho_0}{b}} \dot{x}_1 \right)^2} + \frac{\left[ \alpha \omega \cos \psi_1 \sin \omega t - 2D'_1 \left( t - \sqrt{\frac{\varrho_0}{T_0}} x_1 \right) \right]^2 \frac{\varrho_0}{T_0}}{\left( 1 + \sqrt{\frac{\varrho_0}{T_0}} \dot{x}_1 \right)^2} = \\ & = \frac{\left[ 1 + \sqrt{\frac{\varrho_0}{b}} \left( 2A'_2 \left( t + \sqrt{\frac{\varrho_0}{b}} x_1 \right) \right) \right]^2}{\left( 1 - \sqrt{\frac{\varrho_0}{b}} \dot{x}_1 \right)^2} + \frac{\left[ 2C'_2 \left( t + \sqrt{\frac{\varrho_0}{T_0}} x_1 \right) - \alpha \omega \sin \omega t \right]^2 \frac{\varrho_0}{T_0}}{\left( 1 - \sqrt{\frac{\varrho_0}{T_0}} \dot{x}_1 \right)^2}. \quad (18) \end{aligned}$$

Уравнение (18) представляет собой полином 4-й степени относительно  $\dot{x}_1$ . Однако в допустимом интервале изменения  $\dot{x}_1$  (а именно следует считать  $|\dot{x}_1| < \min \left\{ \sqrt{\frac{T_0}{\rho_0}} \sqrt{\frac{b}{\rho_0}} \right\}$  – скорость пространства волны) находится только один корень уравнения (18). Поясним это далее.

В численной схеме этот корень можно определить методом Ньютона, методом половинного сечения и т.д.

Для нахождения  $\dot{x}_1$  в линейном приближении проводим разложение в ряд Тейлора знаменателей дробей соотношения (18) относительно  $\dot{x}_1$ :

$$\begin{cases} \frac{1}{\left(1 + \sqrt{\frac{\rho_0}{b}} \dot{x}_1\right)^2} = 1 - 2\sqrt{\frac{\rho_0}{b}} \dot{x}_1 + 3\frac{\rho_0}{b} \dot{x}_1^2 + \dots; \\ \frac{1}{\left(1 + \sqrt{\frac{\rho_0}{T_0}} \dot{x}_1\right)^2} = 1 - 2\sqrt{\frac{\rho_0}{T_0}} \dot{x}_1 + 3\frac{\rho_0}{T_0} \dot{x}_1^2 + \dots \end{cases} \quad (19)$$

$$\begin{cases} \frac{1}{\left(1 - \sqrt{\frac{\rho_0}{b}} \dot{x}_1\right)^2} = 1 + 2\sqrt{\frac{\rho_0}{b}} \dot{x}_1 + 3\frac{\rho_0}{b} \dot{x}_1^2 - \dots; \\ \frac{1}{\left(1 - \sqrt{\frac{\rho_0}{T_0}} \dot{x}_1\right)^2} = 1 + 2\sqrt{\frac{\rho_0}{T_0}} \dot{x}_1 + 3\frac{\rho_0}{T_0} \dot{x}_1^2 - \dots \end{cases} \quad (20)$$

Используя (18...20), получаем искомую зависимость (2) в линейном приближении в виде

$$\dot{x}_1(t) \approx \frac{R_1^2 + R_2^2 - R_3^2 - R_4^2}{2 \left( \sqrt{\frac{\rho_0}{b}} (R_1^2 + R_3^2) + \sqrt{\frac{\rho_0}{T_0}} (R_2^2 + R_4^2) \right)} \quad (21)$$

где

$$R_1 = 1 + \sqrt{\frac{\rho_0}{b}} \left( \alpha \omega \sin \psi_1 \sin \omega t - 2B'_1 \left( t - \sqrt{\frac{\rho_0}{b}} x_1 \right) \right);$$

$$R_2 = \left( \alpha \omega \cos \psi_1 \sin \omega t - 2D'_1 \left( t - \sqrt{\frac{\rho_0}{T_0}} x_1 \right) \right) \sqrt{\frac{\rho_0}{T_0}};$$

$$R_3 = 1 + \sqrt{\frac{\rho_0}{b}} \left( 2A'_2 \left( t + \sqrt{\frac{\rho_0}{b}} x_1 \right) \right);$$

$$R_4 = \left( 2C'_2 \left( t + \sqrt{\frac{\rho_0}{T_0}} x_1 \right) - \alpha \omega \sin \omega \right) \sqrt{\frac{\rho_0}{T_0}}.$$

Дадим пояснения по вопросу одного корня уравнения (18) в рассматриваемом

диапазоне значений  $\dot{x}_1$  (рис.2).

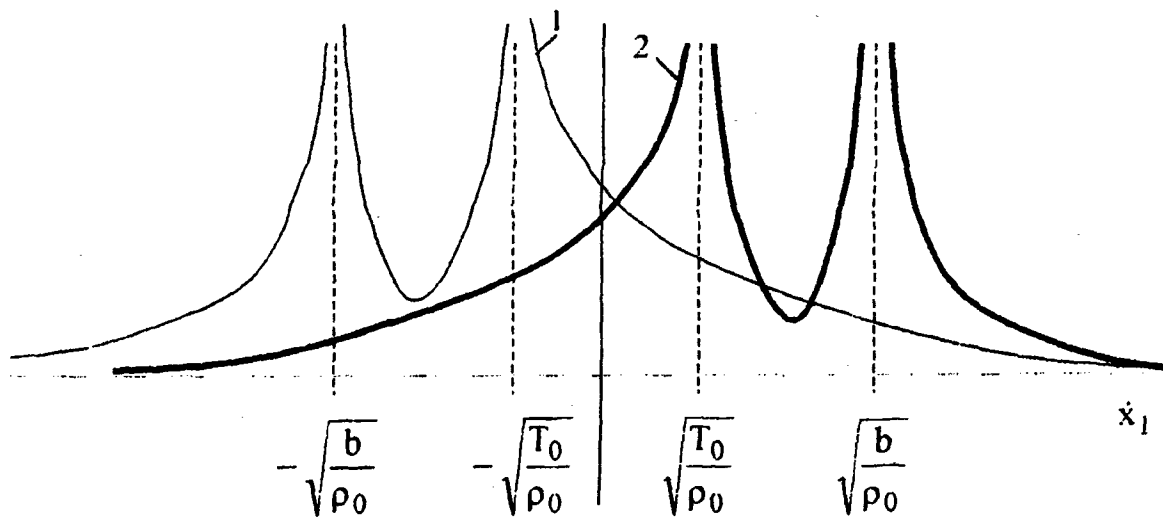


Рис. 2

Обозначим

$$z = \left\langle \min \left\{ \sqrt{\frac{T_0}{\rho_0}}, \sqrt{\frac{b}{\rho_0}} \right\} \right\rangle.$$

Левая часть уравнения (18), как функция переменной  $\dot{x}_1$  (кривая 1), является строго монотонно убывающей от  $+\infty$  функцией на интервале  $(-z, z)$ . Правая часть уравнения (18), как функция переменной  $\dot{x}_1$  (кривая 2), является строго монотонно возрастающей до  $+\infty$  функцией на этом же интервале. Отсюда и вытекает существование единственного решения  $\dot{x}_1 \in (-z, z)$  этого уравнения.

## ВЫВОДЫ

Изложена методика совместного учета продольных и поперечных движений

(скольжений) нити на опоре, создающей возмущения, с помощью которой можно добиться повышения точности прогнозирования динамики нити. Аналогичным образом должен проводиться расчет параметрической координаты касания для других опор.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Романов В.Е., Жабко А.П., Климов В.А. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. - 1998, №6. С. 83...84.
2. Маежов Е.Г., Червяков В.В., Жабко Л.Е. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. - 1999, №4. С. 115...122.
3. Маежов Е.Г. и др. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. - 1999, №6. С. 110...115.

Рекомендована кафедрой автоматизации производственных процессов. Поступила 12.02.02.

## ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИЙ ДАТЧИК С НЕПОДВИЖНЫМИ КОМПЛАНАРНЫМИ ПЛАСТИНАМИ

А.В. ПЕТРОВ

(Ивановская государственная текстильная академия)

Цель настоящей работы заключалась в исследовании бесконтактного электростатического датчика, применяемого для контроля нарушения свойств текстильного продукта. Рассмотрим картину силовых линий, характеризующую поле в рабочем зазоре датчика и методику для расчета количественной оценки изменений параметров датчика.

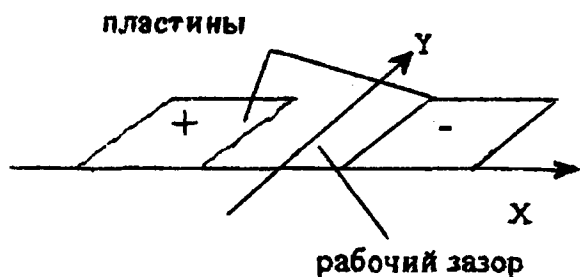


Рис. 1

Свойства электростатических датчиков определяет поле в рабочем зазоре между положительным и отрицательным электродами. Нас интересует поле бесконтактного датчика с компланарно расположенными пластинами, где происходит перемещение контролируемого материала в направлении оси  $Y$  (рис. 1).

Предлагаемый датчик разработан с целью повышения помехоустойчивости, достигаемой за счет расположения рабочих зазоров параллельно основным нитям. В этом случае значительно изменить емкость датчика способна лишь часть мелких пороков ткани, что соответственно уменьшает вероятность ложных срабатываний.

Поскольку в данном случае пластины датчика расположены в одной плоскости, рассматриваемое поле является криволинейным и имеет сложную форму. Геометрические размеры датчика в направлении

оси  $Y$  во много раз больше величины расстояния между электродами. Поэтому поле можно считать плоскопараллельным.

Расчет поля такого датчика можно получить с помощью конформных отображений [1], являющихся практическим применением теории функций комплексного переменного для двумерных электростатических полей и позволяющим установить связь между искомым и равномерным полями.

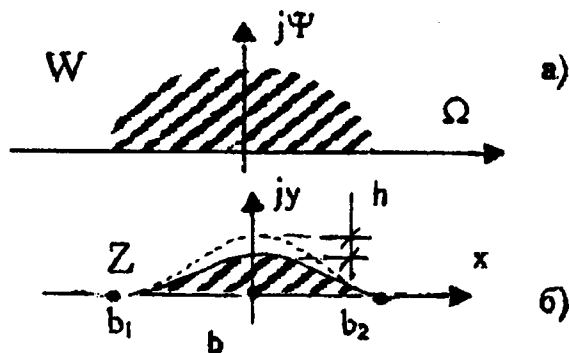


Рис. 2

При расчете электростатического датчика полагаем, что ширина пластин значительно больше ширины рабочего зазора, то есть поле в каждом рабочем зазоре можно рассчитывать отдельно. После принятых ограничений проекция силовых линий поля на вертикальную плоскость примет вид полуокружности (рис. 2-а). Для построения картины поля найдем сначала функцию, реализующую отображение верхней полуплоскости  $W$  на верхнюю полуплоскость  $Z$ , из которой выброшена малая площадка, ограниченная отрезком и дугой кривой, опирающейся на этот отрезок и касающейся действительной оси в его концах (рис. 2-б).

Воспользуемся для этого формулой [1, с.192]:

$$Z = W - \frac{h}{a^2} (\sqrt{(W - b_1)^3 (W - b_2)^3} - (W - b_1)(W - b_2)(W - b)),$$

где  $a$  – половина расстояния между пластинами;  $b_1 = b - a$ ,  $b_2 = b + a$ ;  $h$  – малая высшего порядка относительно  $a$ .

Поместим точку  $b$  в начало координат. Тогда

$$Z = W - \frac{h}{a^2} (\sqrt{(W + a)^3 (W - a)^3} - (W + a)(W - a)(W)).$$

Упростим это выражение:

$$Z = W - \frac{h(W^2 - a^2)}{a^2} (\sqrt{W^2 - a^2} - W).$$

После подстановки  $W = \Omega + j\psi$  и преобразования получим

$$Z = \Omega + K_1 (F_1 + \Omega) + K_2 (F_2 - \psi) + j[\psi + K_2 (F_1 + \Omega) + K_1 (F_2 - \psi)]. \quad (1)$$

Здесь

$$K_1 = \frac{h\Omega^2 + h\psi^2}{a^2},$$

$$K_2 = \frac{2\Omega h\psi}{a^2},$$

$$F_1 = \sqrt{\frac{\sqrt{(\Omega^2 - \psi^2 - a^2)^2 + (2\Omega\psi)^2} + \Omega^2 - \psi^2 - a^2}{2}},$$

$$F_2 = \sqrt{\frac{\sqrt{(\Omega^2 - \psi^2 - a^2)^2 + (2\Omega\psi)^2} - 2\Omega\psi}{2}}.$$

Заменяем в выражении (1)

$$x = \Omega + K_1 (F_1 + \Omega) + K_2 (F_2 - \psi),$$

$$y = \psi + K_2 (F_1 + \Omega) + K_1 (F_2 - \psi)$$

и перейдем к относительным единицам, разделив действительную и мнимую части на  $a$ :

$$Z = \frac{x}{a} + j \frac{y}{a}. \quad (2)$$

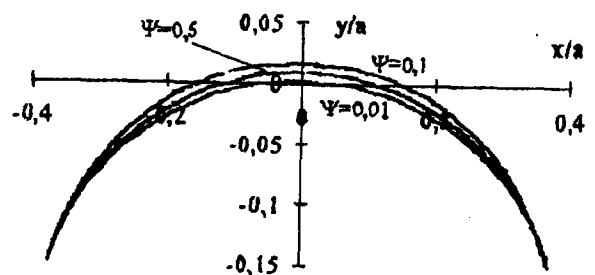


Рис. 3

На рис.3 показана картина поля, рассчитанная по формуле (2). Коэффициенты  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $F_1$ ,  $F_2$  введены для упрощения записи.

Теперь получим формулу для количественной оценки изменений параметров



датчика, вызываемых прохождением и ткани.

Электрические свойства электростатических датчиков определяются напряжением  $U$  между электродами, зарядом  $q$  и энергией  $W$  взаимодействия между полем конденсатора и внешнего диэлектрика [2, с. 72]:

$$\partial W = -\frac{U^2}{2} \partial C. \quad (3)$$

Рассмотрим случай, когда обкладки конденсатора не подключены к цепи источника тока. Конденсатор в этом случае является электрически изолированной системой. Здесь изменение энергии, накопленной в системе конденсатор–диэлектрик, вызывает изменение напряжения между электродами и емкости конденсатора, а общий заряд остается величиной постоянной, перетекая с одной обкладки конденсатора на другую.

Энергия взаимодействия диполя с внешним полем согласно [2, с. 63]:

$$W = -pE, \quad (4)$$

где  $p$  – момент диполя, Дж·Кл/Н;  $E$  – напряженность поля, Н/Кл.

Математическую модель контролируемого материала можно представить, как и ранее [3], в виде эллиптического диполя с моментом  $p$ :

$$p = 4\pi abc \epsilon_0 \frac{\epsilon - 1}{\epsilon + 2} E, \quad (5)$$

где  $a$ ,  $b$  и  $c$  – размеры осей эллипсоида, м;  $\epsilon$  – диэлектрическая проницаемость контролируемого материала.

Напряженность электростатического поля конденсатора при расстоянии  $d$  между пластинами

$$E = \frac{U}{d}. \quad (6)$$

После подстановки (5) и (6) в (4) получим выражение для энергии поля:

$$W = -8\pi abc \epsilon_0 \frac{\epsilon - 1}{\epsilon + 2} \frac{U^2}{d^2}.$$

Изменение энергии взаимодействия между датчиком и материалом происходит за счет изменения параметров электрического диполя. Наибольшее влияние оказывают изменение объема и диэлектрической проницаемости диполя. Значительное изменение диэлектрической проницаемости диполя наблюдается при контроле клеевых швов, а изменение объема диполя может быть вызвано изменением высоты  $b$  контролируемого материала.

Итак, наряду с вышесказанным изменение энергии взаимодействия между датчиком и тканью определяем как функцию двух переменных:

$$\partial W = -8\pi abc \epsilon_0 \frac{\epsilon - 1}{\epsilon + 2} \frac{U^2}{d^2} \partial \epsilon \partial b. \quad (7)$$

После подстановки (7) в (3) и упрощения запишем

$$\partial C = \left( \frac{8\pi abc \epsilon_0}{d^2} \left( \frac{\epsilon - 1}{\epsilon + 2} \partial \epsilon \right) \right) \partial b.$$

Определим пределы интегрирования. Так как при правильном сшивании кусков ткани и оверлочным швом, и швом внакладку диэлектрическая проницаемость  $\epsilon_{ш}$  шва больше диэлектрической проницаемости  $\epsilon_T$  ткани, то верхним пределом интегрирования по  $\partial \epsilon$  будет диэлектрическая проницаемость  $\epsilon_{ш}$  шва. Высота  $b_{ш}$  шва больше высоты  $b_T$  ткани на величину, равную двум диаметрам нитей, используемых для сшивания, соответственно верхним пределом интегрирования по  $\partial b$  высота шва  $b_{ш}$ :

$$\partial C = \frac{8\pi abc \epsilon_0}{d^2} \left( \int_{b_n}^{b_{ш}} \left( \int_{\epsilon_T}^{\epsilon_{ш}} \frac{\epsilon - 1}{\epsilon + 2} \partial \epsilon \right) \partial b \right). \quad (8)$$

Изменение емкости найдем с помощью интегрирования выражения (8). С учетом

конструктивных особенностей расположения пластин ( $c=d$ ) получим

$$\Delta C = \frac{8\pi a \epsilon_0}{d} (b_m - b_r) (\epsilon_m - \epsilon_r - 3 \ln \frac{\epsilon_m + 2}{\epsilon_r + 2}). \quad (9)$$

Для практических расчетов выражение (9) можно упростить:

$$\Delta C = \frac{0,222a}{d} (b_m - b_r) (\epsilon_m - \epsilon_r - 3 \ln \frac{\epsilon_m + 2}{\epsilon_r + 2}), \text{ пФ},$$

здесь все размеры в мм.

В конечном результате представим относительное изменение емкости. За начальную емкость примем емкость  $C_0$  датчика, заправленного тканью с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon_r$ :

$$\frac{\Delta C}{C_0} = \frac{8\pi a}{\epsilon_r S} (b_m - b_r) (\epsilon_m - \epsilon_r - 3 \ln \frac{\epsilon_m + 2}{\epsilon_r + 2}),$$

Если датчик имеет диэлектрическую прокладку между поверхностью пластин и тканью, то начальная емкость датчика  $C_0$ :

$$C_0 = \frac{\epsilon_0 S}{\frac{b_r}{\epsilon_r} + \frac{\delta_n}{\epsilon_n}},$$

$$\frac{\Delta C}{C_0} = \frac{8\pi a}{dS} \left( \frac{b_r}{\epsilon_r} + \frac{\delta_n}{\epsilon_n} \right) (b_m - b_r) (\epsilon_m - \epsilon_r - 3 \ln \frac{\epsilon_m + 2}{\epsilon_r + 2}),$$

Напряжение  $U$  на пластинах датчика в момент прохождения шва можно вычислить по формуле

$$U = \frac{U_0}{\frac{\Delta C}{C_0} + 1}, \quad (10)$$

где  $U_0$  – напряжение на пластинах датчика, заправленного тканью без шва в рабочей зоне.

Далее приведены результаты экспериментальных исследований. При проведении эксперимента использовали ткань камвольную костюмную с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon_r = 1,49$ ; толщиной

где  $b_r$  – толщина ткани, м;  $\delta_n$  – толщина диэлектрической прокладки, м;  $\epsilon_n$  – диэлектрическая проницаемость материала прокладки:

где  $b_r$  – толщина ткани, м;  $\delta_n$  – толщина диэлектрической прокладки, м;  $\epsilon_n$  – диэлектрическая проницаемость материала прокладки:

$b_r = 1$  мм; шов шириной  $a = 3$  мм, высотой  $b = 1,1$  мм.

Датчик состоит из 6 пластин размерами  $15 \times 10$  мм с рабочими зазорами  $d = 2$  мм, расположенными параллельно направлению движения ткани, и представляет собой пять параллельно соединенных изолированных конденсаторов.

Измерялась разность потенциалов между пластинами, представляющими собой положительные и отрицательные электроды (рис.1). Изменение напряжения фиксировалось самописцем НЗ38-8П.

В среде Microsoft Excel моделировали изменение напряжения на пластинах. Для получения шума задавали случайное (по равномерному закону) изменение диэлектрической проницаемости и толщины тка-

ни. Шов моделировали посредством изменения диэлектрической проницаемости на величину  $\Delta\epsilon_{\text{ш}} = 0,001$  и высоты шва,  $\Delta b_{\text{ш}} = 0,1\text{мм}$ . Относительную разность напряжений рассчитывали по формуле

$$\frac{\Delta U}{U_0} = \frac{1}{\frac{\Delta C}{C_0} + 1} - 1.$$



Рис. 4

На рис.4 представлена форма сигнала при последовательном прохождении трех швов: график расчетной зависимости  $\frac{\Delta U}{U_0}(t)$  – на рис.4-а; экспериментальная характеристика, зафиксированная с помощью самописца НЗ38-8П – на рис.4-б. Из рисунка видно, что экспериментальная характеристика соответствует расчетной за

исключением того, что экспериментальное значение величины напряжения ниже расчетного, поскольку при расчете не учитывали влияния нагрузки. Эксперимент показывает, что действующая в системе помеха наряду с белым шумом имеет вид синусоидального сигнала определенной частоты, зависящей от скорости движения ткани и порождаемой колебаниями экспериментальной установки.

## ВЫВОДЫ

Получена методика расчета параметров электростатического датчика с компланарными пластинами и рабочими зазорами, расположенными параллельно направлению перемещения ткани, которая может быть использована для инженерных расчетов таких датчиков.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Лаврентьев М.А., Шабат Б.В.* Методы теории функций комплексного переменного. – М.: Наука, 1973.
2. *Тамм И.Е.* Основы теории электричества. – М.: Наука, 1989.
3. *Расторгуев А.К.* //Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – № 6. С. 71...74. 1986.

Рекомендована кафедрой автоматизации и радиоэлектроники. Поступила 06.12.01.

УДК 677.016.253

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ПРОМЫВКИ  
ХЛОПЧАТОБУМАЖНЫХ ТКАНЕЙ ПОСЛЕ МЕРСЕРИЗАЦИИ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УЛЬТРАЗВУКА***М.К.КОШЕЛЕВА, А.А.ЩЕГОЛЕВ, В.А.РЕУТСКИЙ***(Московский государственный текстильный университет им. А.Н.Косыгина,  
Российский заочный институт текстильной и легкой промышленности)**

Ультразвуковое оборудование, широко используемое при очистке и обезжиривании различных деталей, медицинских инструментов, химической посуды и др., в отделочном производстве текстильной промышленности пока не находит применения, несмотря на результаты научных исследований, показавших его перспективность [1, 2].

Интенсификация процесса промывки имеет большое значение и с экологической точки зрения, поскольку позволяет уменьшить объем сточных вод и содержание в них вредных примесей, то есть перейти к малоотходной технологии.

Целью настоящей работы явилось продолжение исследований количественного влияния технологических факторов на интенсификацию процесса промывки хлопчатобумажных тканей после мерсеризации при использовании ультразвуковых колебаний, так как только на основе количественных характеристик можно рассчитать увеличение производительности промывного оборудования в результате применения ультразвука, определить снижение расхода воды на промывку и целесообразность использования выпаривания промывной воды с целью регенерации щелочи.

Нами обработаны результаты экспери-

ментальных исследований, полученных на модельной установке, включающей промывную ванну с закрепленными на днище пьезопреобразователями и питающим ультразвуковым генератором с рабочей частотой колебаний 35 кГц, потребляемой мощностью 90 Вт и амплитудой колебаний 3...5 мк. Принцип действия установки основан на возбуждении интенсивных колебаний в ультразвуковом диапазоне частот, вызывающих кавитацию в промывном растворе.

Исследования проводили на хлопчатобумажных тканях четырех артикулов: миткаль арт. 6978, бязь арт. 102, полудвунитка арт. 4800 и двунитка арт. 6863, отличающихся поверхностной  $M$  плотностью: миткаля 101 г/м<sup>2</sup>; бязи 145 г/м<sup>2</sup>; полудвунитки 280 г/м<sup>2</sup> и двунитки 340 г/м<sup>2</sup>.

В промывную ванну помещали ткань, закрепленную на проволочном цилиндрическом каркасе, установленном на оси мешалки, соединенной с электродвигателем постоянного тока, позволяющим плавно регулировать скорость вращения мешалки. Ткань размещалась на каркасе таким образом, что все ее точки находились на одинаковом расстоянии от оси вращения. Изменение расстояния от ткани до источника ультразвука для легких и тяжелых шерстяных и хлопчатобумажных тканей показывает, что в зависимости от мощности установки оптималь-

ным является расстояние 5...30 мм [3]. В описываемых исследованиях это расстояние составляло 5 мм.

В результате предварительных экспериментов показано, что кривые кинетики промывки ткани на лабораторной установке с мешалкой (без включения ультразвука) и на лабораторной модели современной высокоскоростной башенной промывной машины (для одинаковых условий процесса) находятся в хорошем соответствии друг с другом.

С целью оценки эффективности исполь-

зования ультразвуковых колебаний при промывке исследования проводили при движении ткани относительно промывной воды с линейной  $V$  скоростью 100 м/мин при действии ультразвука, но без движения ткани; при движении ткани и действии ультразвука. При этом модуль  $M_B$  ванны изменялся от 100 до 500.

Некоторые полученные результаты исследований процесса промывки хлопчатобумажных тканей после мерсеризации представлены в табл.1.

Таблица 1

№ п/п	$\tau$ , с	0	120
Миткаль арт. 6978 $M_B = 100, V = 100$ м/мин			
1	$C', \text{ кг/кг}$	203,9	29,4
Миткаль арт. 6978 $M_B = 100, V = 100$ м/мин, ультразвук			
2	$C', \text{ кг/кг}$	181,6	25,8
Двунитка арт. 6863 $M_B = 100, V = 100$ м/мин			
3	$C', \text{ кг/кг}$	187,3	49,6
Двунитка арт. 6863 $M_B = 100, V = 100$ м/мин, ультразвук			
4	$C', \text{ кг/кг}$	181,5	36,4
Двунитка арт. 6863 $M_B = 100$ , ультразвук			
5	$C', \text{ кг/кг}$	167,3	53,2
Двунитка арт. 6863 $M_B = 500, V = 100$ м/мин			
6	$C', \text{ кг/кг}$	169,4	47,5
Двунитка арт. 6863 $M_B = 100, V = 500$ м/мин, ультразвук			
7	$C', \text{ кг/кг}$	166,2	37,7

Каждое значение концентрации щелочи в ткани  $C'$ , кг/кг представляет собой среднеарифметическое двух измерений.

Для количественной оценки степени интенсификации процесса промывки на основе данных табл.1 определяли параметры обобщенного уравнения массопередачи ОУМ [2]:

$$\tau = \frac{M}{\beta} \ln \left[ \frac{(C'_n - C')(A - B)}{(C'_n - A)(C' - B)} \right], \quad (1)$$

где  $\tau$  – время промывки, с;  $C'$ ,  $C'_n$  – соответственно текущая и начальная концентрация щелочи в ткани, кг/кг;  $A$  и  $B$  – соответственно начальная и конечная равновесные концентрации щелочи в ткани, кг/кг;  $\beta$  – коэффициент массопередачи, г/(м<sup>2</sup>·с);  $\beta/M$  – относительный коэффициент массопередачи, с<sup>-1</sup>.

Определение параметров ОУМ (1) проводили по методике [2].

Проверку адекватности ОУМ полученным экспериментальным данным с использованием найденных параметров уравнения осуществляли путем определения среднеквадратичного отклонения концентрации щелочи в ткани, рассчитанной по ОУМ, от экспериментально найденной концентрации.

Концентрацию щелочи в ткани рассчитывали по уравнению, полученному в результате алгебраического преобразования (1):

$$C'_{\text{расч}} = (C'_n + \varphi B) / (1 + \varphi), \quad (2)$$

где

$$\varphi = \frac{(C'_n - A)}{(A - B)} \exp(\tau\beta/M),$$

а относительное среднеквадратичное отклонение в процентах вычисляли по формуле

$$S = 100 \sqrt{\sum_{i=1}^N [(C'_{\text{ср.}i} - C'_{\text{расч.}i}) / C'_{\text{ср.}i}]^2 / N}, \quad (3)$$

где  $i$  – порядковый номер точки на кинетической кривой.

Эффективность использования ультразвуковых колебаний определяли по сокращению продолжительности процесса промывки на комбинированной установке, то есть с применением ультразвука и при движении ткани по сравнению с продолжительностью промывки ткани в установке с движущейся тканью, но без ультразвукового воздействия до одинаковой остаточной концентрации щелочи в ткани  $C'_k$ . В связи с тем, что остаточная концентрация щелочи в ткани на комбинированной установке не совпадает с остаточной концентрацией на установке с мешалкой, продолжительность промывки на комбинированной установке, соответствующую указанной концентрации, определяли в результате расчета по уравнению (1).

Параметры ОУМ для определения расчетного времени промывки или текущего значения концентрации щелочи в ткани приведены в табл. 2 для всех видов тканей, указанных в табл. 1.

Таблица 2

№ кривой	1	2	3	4	5	6	7
А	104,56	107,43	92,6	95,19	93,80	58,60	61,25
В	45,41	40,18	29,48	40,00	30,54	15,00	20,90
$(\beta / M) \cdot 10^2$	2,11	2,09	2,25	2,08	2,29	1,08	1,97

Относительные  $S$ , % среднеквадратичные отклонения расчетной и экспериментальной концентраций для этих же кривых кинетики промывки представлены в табл. 3.

Таблица 3

№ кривых	1	2	3	4	5	6	7
$S$ , %	2,44	3,38	2,44	1,85	5,41	6,59	2,74

Продолжительность процесса промывки в комбинированной установке при наложении ультразвуковых колебаний и относительное сокращение продолжительности промывки

$\Delta\tau$  по отношению к установке без интенсификатора, например, составили:

при промывке ткани двунитка арт. 6863:  
 при модуле 100  $\tau_{\text{ыз}} = 68,35$  с,  $\Delta\tau = 43,0$  %;  
 при модуле 500  $\tau_{\text{ыз}} = 79,1$  с,  $\Delta\tau = 34,1$  %;  
 при промывке миткала арт. 6978:  
 при модуле 100  $\tau_{\text{ыз}} = 91$  с,  $\Delta\tau = 24,2$  %.

Из приведенных данных видно, что при постоянной суммарной массе ткани и промывного раствора модуль ванны, при котором достигается максимальное повышение эффективности промывки, снижается с повышением поверхностной плотности ткани.

Получено степенное уравнение зависимости относительного  $\Delta\tau$  сокращения продолжительности процесса промывки при воздействии ультразвуковых колебаний с частотой 35 кГц от модуля  $M_B$  ванны и поверхностной  $M$  плотности ткани. При этом факторы  $M_B$  и  $M$  представлены в форме безразмерных симплексов  $(M_B / M_{\text{вст}})$  и  $(M / M_{\text{ст}})$ , где  $M_{\text{вст}}$  и  $M_{\text{ст}}$  – значения величин  $M_B$  и  $M$ , принятые в качестве стандартных:  $M_{\text{вст}} = 100$  и  $M_{\text{ст}} = 100$  г/м<sup>2</sup>.

Уравнение связи в форме степенной зависимости:

$$\Delta\tau = a_0 (M_B / M_{\text{вст}})^{a_1} (M / M_{\text{ст}})^{a_2}, \% \quad (4)$$

С использованием приведенных выше условий проведения эксперимента и рассчитанных значений  $\Delta\tau$  в результате логарифмической анаморфозы уравнения (4) получена система трех линейных уравнений:

$$\begin{aligned} 43,0 &= \ln a_0 + a_1 \ln 1 + a_2 \ln 3,6, \\ 34,1 &= \ln a_0 + a_1 \ln 5 + a_2 \ln 3,6, \\ 24,2 &= \ln a_0 + a_1 \ln 1 + a_2 \ln 1,01. \end{aligned} \quad (5)$$

В результате решения этой системы имеем следующие значения параметров уравнения (4):

$$a_0 = 24,99; \quad a_1 = -0,144; \quad a_2 = 0,452.$$

Коэффициент корреляции при использовании уравнения (4)  $r = 0,994$ .

Получено уравнение, позволяющее прогнозировать степень интенсификации процесса промывки (то есть сокращение продолжительности) хлопчатобумажных тканей после мерсеризации под действием ультразвуковых колебаний в зависимости от поверхностной плотности ткани и от модуля промывной ванны. Результаты исследований могут быть использованы при сравнительном анализе ультразвукового оборудования с различными рабочими параметрами.

1. *Сажин Б.С. и др.* Процессы промывки тканей и методы их интенсификации. – М.: Легкая промышленность, 1984.
2. *Сажин Б.С. и др.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1985, № 4. С.61...64.
3. *Копелева М.К., Чернышев Б.В.* Влияние технологических параметров и технических характеристик ультразвукового оборудования на степень интенсификации процесса промывки // Тез. докл.: «Текстиль - 99». – М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2000.

Рекомендована кафедрой процессов и аппаратов химической технологии и безопасности жизнедеятельности. Поступила 01.11.01.

---

УДК 519.717:681.326

**О МАТЕМАТИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ  
ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ  
В ВОЗДУШНОЙ СРЕДЕ**

*В.В. ПЕКУНОВ, Ф.Н. ЯСИНСКИЙ*

(Ивановский государственный энергетический университет)

В настоящей работе рассматривается математическое моделирование распространения загрязнений в некотором ограниченном участке воздушной среды сложной формы с учетом факторов турбулентности, первичного и вторичного загрязнений.

Для повышения эффективности моделирования применим распараллеливание вычислений, что позволит резко уменьшить временные затраты.

Пусть расчетная область содержит источники тепла и загрязняющих веществ. Учтем также наличие постоянных воздушных потоков. Введем в область прямоугольные координаты  $(x_1, x_2, x_3)$  таким образом, чтобы ось  $Ox_3$  была вертикальной.

Запишем уравнения Навье – Стокса для трех компонент вектора скорости  $U$  с использованием эффективной вязкости  $\nu_{эфф} = \nu_{мол} + \nu_{турб}$ , где  $\nu_{мол}$  – молекулярная вязкость, а  $\nu_{турб}$  – турбулентная вязкость:

$$\frac{\partial U_j}{\partial t} + \sum_{i=1}^3 U_i \frac{\partial U_j}{\partial x_i} = \sum_{i=1}^3 \frac{\partial}{\partial x_i} \left( \nu_{эфф} \frac{\partial U_j}{\partial x_i} \right) - \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x_j} + F_j; \quad j=1,2,3, \quad (1)$$

где  $F_1 = 0, F_2 = 0, F_3 = bg\Delta T$ ;  $\rho$  – плотность воздуха;  $b$  – термический коэффициент расширения воздуха;  $\Delta T$  – "избыточная" температура;  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ .

Присоединим уравнения для давления  $P$  и температуры  $T$ :

$$\frac{\partial P}{\partial t} + \sum_{i=1}^3 U_i \frac{\partial P}{\partial x_i} = \sum_{i=1}^3 \frac{\partial}{\partial x_i} \left( (D_P + \alpha_P \nu_{турб}) \frac{\partial P}{\partial x_i} \right) - c^2 \sum_{i=1}^3 \frac{\partial U_i}{\partial x_i}, \quad (2)$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} + \sum_{i=1}^3 U_i \frac{\partial T}{\partial x_i} = \sum_{i=1}^3 \frac{\partial}{\partial x_i} \left( (D_T + \alpha_T \nu_{турб}) \frac{\partial T}{\partial x_i} \right), \quad (3)$$

где  $D_P$  и  $D_T$  – коэффициенты диффузии давления и температуры;  $c^2 = a^2 \rho$ , где  $a$  – скорость распространения малых возмущений;  $\alpha_P$  и  $\alpha_T$  – вспомогательные коэффициенты.

Применим модель турбулентности Абрамовича – Секундова, учитывающую такие важные факторы, как предыстория потока, конвективный и диффузионный перенос турбулентных пульсаций:



$$\frac{\partial v_{\text{турб}}}{\partial t} + \sum_{i=1}^3 U_i \frac{\partial v_{\text{турб}}}{\partial x_i} = \sum_{i=1}^3 \frac{\partial}{\partial x_i} \left( (v_{\text{мол}} + k v_{\text{турб}}) \frac{\partial v_{\text{турб}}}{\partial x_i} \right) + v_{\text{турб}} f \left( \frac{v_{\text{турб}}}{8 v_{\text{турб}}} \right) D - \gamma S, \quad (4)$$

$$S = \frac{v_{\text{турб}} (v_{\text{мол}} + \beta v_{\text{турб}})}{L_{\text{min}}^2}, \quad D = \sqrt{\sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 \frac{\partial U_i}{\partial x_j} \left( \frac{\partial U_i}{\partial x_j} + \frac{\partial U_j}{\partial x_i} \right)}, \quad f(z) = 0,2 \frac{z^2 + 1,47z + 0,2}{z^2 - 1,47z + 1},$$

где  $k = 2,0$ ;  $\gamma = 50,0$ ;  $\beta = 0,06$ ;  $L_{\text{min}}$  – кратчайшее расстояние до твердой стенки.

Запишем уравнения диффузии для  $N$  веществ:

$$\frac{\partial C_j}{\partial t} + \sum_{i=1}^3 U_i^j \frac{\partial C_j}{\partial x_i} = \sum_{i=1}^3 \frac{\partial}{\partial x_i} \left( (D_{C_j} + \alpha_{C_j} v_{\text{турб}}) \frac{\partial C_j}{\partial x_i} \right) + \frac{dC_j}{dt}; \quad j = \overline{1, N}, \quad (5)$$

где  $U_1^j = U_1$ ,  $U_2^j = U_2$ ,  $U_3^j = U_3 + W_j$ ;  $W_j$  – скорость витания  $j$ -вещества;  $D_{C_j}$  – ко-

эффициент диффузии  $j$ -вещества;  $\alpha_{C_j}$  – вспомогательный коэффициент.

Добавим кинетические уравнения

$$\frac{\partial C_j}{\partial t} = \sum_{\substack{k=1 \\ j \in R_k}}^q A_k \prod_{l \in L_k} C_l - \sum_{\substack{k=1 \\ j \in L_k}}^q A_k \prod_{l \in L_k} C_l; \quad j = \overline{1, N}, \quad (6)$$

где  $q$  – число реакций;  $R_k$  – множество номеров веществ, входящих в правую часть  $k$ -реакции;  $L_k$  – множество номеров веществ, входящих в левую часть  $k$ -реакции;  $A_k = A_k(T)$  – константа скорости  $k$ -реакции, вычисляемая с помощью уравнения Аррениуса [2].

К уравнениям (1...6) присоединяются граничные условия 1 и 2-го рода. При необходимости используются также мягкие и циклические граничные условия.

Очевидно, что система уравнений (1...6) распадается на подсистемы динамических (1...5) и кинетических уравнений (6), к каждой из которых целесообразно применить свой метод интегрирования.

Заметив, что динамические уравнения (1...5) могут быть записаны в общей форме

$$\frac{\partial H}{\partial t} + U_x \frac{\partial H}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} \left( R \frac{\partial H}{\partial x} \right) - \frac{1}{3} K_H, \quad (8)$$

где  $x$  – одна из осей  $x_1, x_2, x_3$ ;  $U_x$  – проекция вектора скорости на ось  $x$ .

К кинетическим уравнениям (6) применим жестко устойчивый метод Гира [2], что обусловлено жесткостью системы кинетических уравнений. Алгоритм интегрирования на каждой итерации будет выглядеть следующим образом:

1) вычисление коэффициентов  $K_H$  для уравнений (1...5);

2) интегрирование уравнений (1...5), считая, что  $\frac{dC_j}{dt} = 0, j = \overline{1, N}$ ;

3) интегрирование уравнений (6), в результате чего происходит коррекция значений концентраций веществ в соответствии с происходящими химическими реакциями.

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \sum_{i=1}^3 U_i \frac{\partial H}{\partial x_i} = \sum_{i=1}^3 \frac{\partial}{\partial x_i} \left( R \frac{\partial H}{\partial x_i} \right) - K_H, \quad (7)$$

применим метод расщепления по физическим параметрам [1], в данном случае заключающийся в последовательном интегрировании трех уравнений вида:

Воспользуемся для интегрирования уравнений вида (8) методом скалярной прогонки. Пусть  $\tau$  – шаг интегрирования по времени,  $t^{s+1} = t^s + \tau$ . Введем в расчетной области неравномерную сетку узлов, что

позволит детально исследовать отдельные участки области. Пусть  $h_i$  – размер ячейки сетки по оси  $Ox$  между узлами  $(i, j, k)$  и  $(i + 1, j, k)$ . Для повышения вычислительной устойчивости при аппроксимации конвек-

тивных членов используем противоточные производные.

Опустив подробности вывода, запишем прогоночные формулы:

$$H_{ijk}^{s+1} = H_{i+1jk}^{s+1} L_{i+1jk} + M_{i+1jk},$$

$$L_{i+1jk} = \frac{Z_2^s}{Z_3^s - Z_1^s L_{ijk}^s}, \quad M_{i+1jk} = \frac{B_{ijk}^s + M_{ijk}^s Z_1^s}{Z_3^s - Z_1^s L_{ijk}^s},$$

$$Z_1^s = \tau \frac{(R_{ijk} + R_{i-1jk})}{h_{i-1}(h_i + h_{i-1})} + \tau W_{ijk}^s, \quad Z_2^s = \tau \frac{(R_{ijk} + R_{i+1jk})}{h_i(h_i + h_{i-1})} - \tau \overline{W}_{ijk}^s, \quad Z_3^s = 1 + Z_1^s + Z_2^s;$$

$$B_{ijk}^s = H_{ijk}^s - \frac{\tau}{3} (K_H)_{ijk}^s,$$

$$W_{ijk}^s = \frac{|(U_x)_{ijk}^s| + (U_x)_{ijk}^s}{2h_{i-1}}, \quad \overline{W}_{ijk}^s = \frac{|(U_x)_{ijk}^s| - (U_x)_{ijk}^s}{2h_i}.$$

Для аппроксимации первых производных при вычислении коэффициентов  $K_H$  используем схему

$$\frac{\partial H}{\partial x} = \frac{h_{i-1}^2 (H_{i+1jk}^s - H_{ijk}^s) + h_i^2 (H_{ijk}^s - H_{i-1jk}^s)}{h_i h_{i-1} (h_i + h_{i-1})}.$$

Перейдем к вопросу о распараллеливании вычислений. Заметим, что для задач небольшой размерности (до 10000 узлов расчетной сетки) распараллеливание вычислений не приведет к заметному росту производительности, так как в этом случае основная часть времени будет уходить не на вычисления, а на пересылки данных. В задачах большой размерности распараллеливание оправданно, о чем свидетельствуют результаты экспериментов из [3].

Будем использовать термин "процессор", под которым может подразумеваться либо компьютер в сети, либо отдельный процессор многопроцессорной системы. Объединим  $n$  процессоров в топологию "труба". Последовательно пронумеруем процессоры в "трубе" от 0 до  $n - 1$  так, чтобы первый процессор "трубы" имел номер 0, а последний – номер  $n - 1$ .

Разделим расчетную область по оси  $Ox_3$  на  $n$  равных подобластей, последовательно пронумеруем их от 0 до  $n - 1$  так, чтобы нижняя подобласть имела номер 0, а верх-

няя – номер  $n - 1$ . Пусть каждый  $i$ -процессор обрабатывает  $i$ -подобласть и пусть подобласти перекрываются на два слоя узлов сетки. Это позволит каждому процессору при прогонке по оси  $Ox_3$  обрабатывать "свою" подобласть независимо от других процессоров. В противном случае каждому  $i$ -процессору пришлось бы ждать результатов работы процессоров с номерами от 0 до  $i - 1$ , что свело бы к нулю все усилия по увеличению быстродействия. При наличии же перекрытия граничные ряды узлов подобласти какого-либо процессора являются или внутренними рядами для соседних подобластей (обрабатываемых процессорами с номерами  $i - 1$  и  $i + 1$ ), или – граничными рядами для всей расчетной области (для процессоров с номерами 0 и  $n - 1$ ). Поэтому можно поступить следующим образом.

1. Перед выполнением прогонки по оси  $Ox_3$  процессоры рассчитают значения интегрируемой функции  $H^{s+1}$  в граничных рядах подобласти по схеме Головичева. При этом им понадобится информация от "соседних" процессоров (из соседних подобластей), то есть необходима организация обмена данными.

2. Осуществить прогонку по внутренним рядам узлов подобласти, считая, что на верхней (для процессоров с номерами

от 0 до  $n - 2$ ) и нижней (для процессоров с номерами от 2 до  $n - 1$ ) границах подобласти действуют граничные условия 1 рода.

3. В качестве окончательных результатов на данном шаге взять значения, вычисленные во внутренних рядах подобластей, так как значения, вычисленные по схеме Головичева, имеют более высокую погрешность.

Приведем формулу схемы Головичева:

$$H_{ijk}^{s+1} = \frac{(Z_2^s)_{ijk} H_{ijk+1}^s + (Z_1^s)_{ijk} H_{ijk-1}^s + B_{ijk}^s}{(Z_3^s)_{ijk}}.$$

Отметим, что при использовании схемы Головичева в решение вносится дополнительная погрешность. Однако можно подобрать такие параметры (шаг интегрирования по времени, число процессоров), при которых будут обеспечиваться высокое быстродействие и соблюдаться необходимая точность.

При интегрировании кинетических уравнений (6) проблем с распараллеливанием обычно не возникает, так как вычисление концентраций в каком-либо узле не зависит от соседних узлов и обмен данными между «соседними» процессорами не требуется. Единственная возможная проблема – неравномерная загрузка процессоров. Можно попытаться предсказать (например, с помощью сбора статистики или

обучения нейронной сети) количество вычислений для каждого конкретного узла и на основе этой информации как можно более равномерно распределить вычислительную нагрузку по процессорам. При этом процессоры будут обрабатывать не блоки узлов, а списки узлов, взятых из разных участков.

## ВЫВОДЫ

1. Сформулирована математическая модель экологических процессов в воздушной среде и предложена методика численного интегрирования.

2. Предложен алгоритм распараллеливания вычислений для повышения эффективности моделирования.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Годунов С.К., Рябенький В.С. Разностные схемы. – М.: Наука, 1973.

2. Полак Л. С., Гольденберг М.Я., Левицкий А.А. Вычислительные методы в химической кинетике. – М.: Наука, 1984.

3. Ясинский Ф.Н., Чернышева Л.П., Пекунов В. В. Математическое моделирование с помощью компьютерных сетей: Учебное пособие. – Иваново: Изд-во ИГЭУ, 2000.

Рекомендована кафедрой прикладной математики и информационных технологий. Поступила 20.06.01.

УДК 546.3

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КИСЛОРОДА  
НА ПРОЦЕСС РЕЗАНИЯ МЕТАЛЛОВ**

*В.Н.ЛАТЫШЕВ*

(Ивановский государственный университет)

Многочисленные исследования показывают, что кислород как смазочный компонент оказывает двойственное влияние на трение и износ. Избыток кислорода в смазочных маслах при трении увеличивает износ, а при обработке металлов резанием, наоборот, усиливает смазочный эффект за счет образования смазочных окисных пленок.

Наша научная школа исследует смазочные функции различных модификаций кислорода и воды при резании металлов.

Установлено, что в процессе резания металлов в воде, содержащей растворенный кислород, образуется сильнейший окислитель – перекись водорода.

Однако, будучи неустойчивым соединением, перекись водорода разлагается с

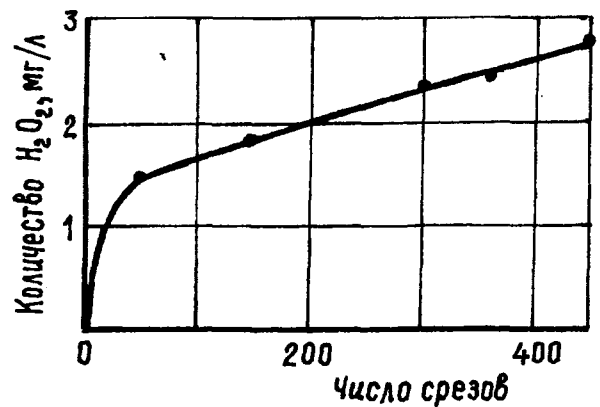


Рис. 1

образованием атомарного кислорода и гидроксила. Впервые перекись водорода в процессе резания была обнаружена Л. Грюнбергом (рис.1). В настоящей работе наряду с другими окислителями изучали влияние на процесс резания озона.

Таблица 1

Среда	Химическое соединение кислорода	Тип связи в молекуле	Энергия разрушения молекул, кДж/моль	Повышение стойкости по сравнению с резанием в воздухе, %
Сухой кислород	O <sub>2</sub>	O = O	491	25
0,5%-ный раствор перекиси водорода	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	ОН - О	210	75
Вода после 15 - минутной обработки озоном	O <sub>3</sub>		84	100

Примечание. Резание стали 45 резцом P18 при скорости 50 м/мин.

В табл.1 представлены данные о кислороде и его олигомерах, сопоставленные со стойкостью режущего инструмента.

В результате проведенных исследований разработана система активизации смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ), в том числе распыленной воды с помощью ионизации и коронного разряда [2...7].

Эффективность ионизированных СОЖ была подтверждена исследованиями, выполненными в США, Японии и России.

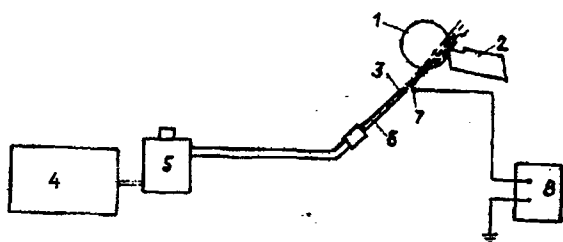


Рис. 2

На рис.2, где 1 – деталь; 2 – резец; 3 – сопло; 4 – компрессор; 5 – редуктор; 6 – трубопровод; 7 – ионизатор, представлена схема подачи в зону резания распыленных ионизированных СОЖ [2].

В соответствии с вышеизложенным проведены опыты по влиянию ионизированного воздуха и воды на параметры резания металлов: износ режущего инструмента и термоэдс при точении стали 45 быстрорежущими резцами (рис.3 – резец P9 и рис.4 –  $V = 2,6$  м/мин;  $a = 0,1$  мм; резец P18; 1 – вакуум; 2 – пары S; 3 – пары Na; 4 – озон).

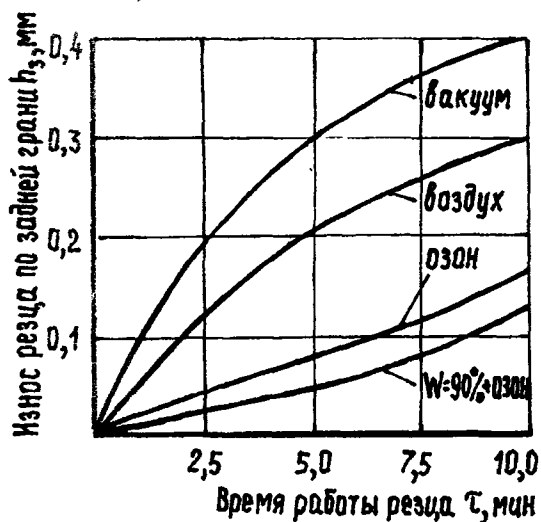


Рис. 3

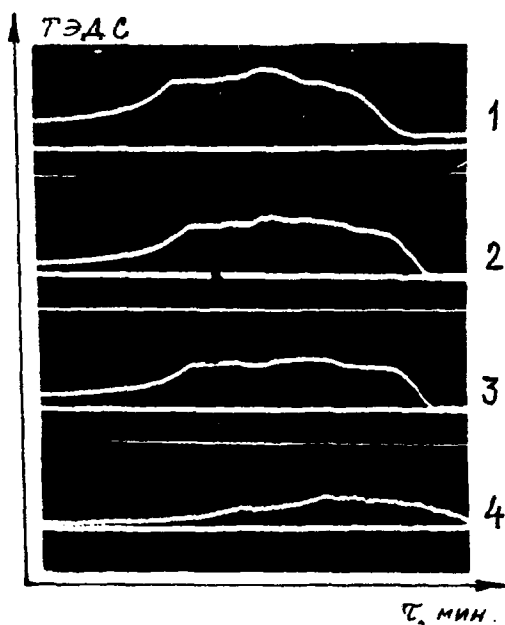


Рис. 4

Из полученных результатов следует, что озонированный воздух и озонированная вода значительно уменьшают износ режущего инструмента и термоэдс в зоне резания.

Озонированная воздушно-жидкостная среда кроме повышения параметров процесса резания способствует улучшению санитарно-гигиенических условий в зоне резания.

Установки для охлаждения-смазки ионизированным воздухом показаны в работах [8] и [9].

В процессе опытов воздух, предварительно охлажденный и ионизированный, подавался через специальное сопло в зону резания. Изучалось влияние среды на износ твердосплавных инструментов, силу резания и усадку стружки. С помощью многочисленных опытов установлено, что в процессе резания инструмент и заготовка контактируют "физически чистыми" поверхностями, при этом происходит взаимное притяжение поверхностей (адгезия). На контактных поверхностях протекают, по мнению автора, процессы физической и химической адсорбции. Газовая среда способствует интенсификации химических процессов, так как она содержит больше активных молекул, атомов и радикалов, взаимодействующих с контактными поверхностями. Активация воздуха электрическим разрядом приводит к образованию

сильнейшего окислителя – озона.

Образующиеся окисные пленки экранируют силы адгезии, уменьшают трение и износ, что в итоге приводит к уменьшению износа режущего инструмента и повышению стойкости резцов (табл.2).

Таблица 2

Вид обработки	Параметры режима резания		Стойкость, мин
	скорость, м/мин	подача, мм/об	
Всухую	131	0.47	23
	292	0.15	5
В среде ОВ	100	0.34	64
	255	0.15	25
В среде ОИВ	102	0.34	98
	253	0.15	196

Как видно из табл.2, при охлаждении ионизированным воздухом стойкость резцов повышается примерно в 4 раза (данные работы внедрены на машиностроительных заводах Чехии с большим экономическим эффектом).

Таким образом, из сказанного выше следует, что активные окислители (озон, перекись водорода) активно влияют на процесс резания металлов, создавая на контактных площадках окисные пленки, предотвращающие адгезию. Так называемое "сухое резание" экологически безопасно, исключает в ряде случаев применение водомасляных эмульсий и масел, способствует повышению качества поверхности – улучшению микрошероховатости, снижению внутренних напряжений и остаточного влияния масел и эмульсий, что

особенно важно при обработке деталей, работающих в условиях вакуума, а также в других экстремальных условиях.

"Сухое резание" исключает деформацию поверхностных слоев ввиду отсутствия охлаждающего эффекта, деформации поверхностных слоев вследствие отсутствия градиента температур на границе внешняя среда – обрабатываемая деталь.

В техническом отношении метод охлаждения ионизированным воздухом или СОЖ также не представляет сложностей.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Грюнберг Л. // Природа. – 1958, № 3.
2. А.с. 210609 СССР. Способ охлаждения и смазки распыленными СОЖ / Е. Горбунова, В. Латышев, А. Солодихин. – Оpubл. 1968.
3. А.с. 348596 СССР. СОЖ для обработки металлов / В. Латышев. – Оpubл. 1970.
4. А.с. 901022 СССР. Сопловой насадок / В. Марков, В. Подгорков, В. Латышев. – Оpubл. 1980.
5. А.с. 605908 СССР. Сопловой насадок / В. Марков, В. Подгорков, В. Семенов, В. Латышев. – Оpubл. 1977.
6. А.с. 449799 СССР. Сопловой насадок / В. Подгорков, В. Латышев и др. – Оpubл. 1977.
7. А.с. 484245 СССР. Способ обработки смазочно-охлаждающей жидкости. – Оpubл. 1972.
8. Подураев В., Татаринова А., Петрова А. // Вестник машиностроения. – 1991, № 11.
9. Патент на изобретение №2156927. Устройство для охлаждения инструмента / О. Трифонов, М. Панин. – Оpubл. 1999.

Рекомендована кафедрой технологии металлов и машиностроения ИГТА. Поступила 18.10.01.

# ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛАГОПОГЛОЩАЮЩИХ СВОЙСТВ БИКОМПОНЕНТНЫХ ТРИКОТАЖНЫХ ПОЛОТЕН С РИСУНЧАТЫМИ ЭФФЕКТАМИ ДЛЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ОДЕЖДЫ

О.Ю.ГОРОХОВА

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

Проведен эксперимент по определению влагопоглощающих и влагопроводящих свойств бикомпонентного полотна с неполным разделением сырья по слоям на образцах трикотажного полотна переплетения двойной неполный жаккард.

Полотно изготавливали из вискозной комплексной нити линейной плотности 16,6 текс и полиэфирной текстурированной нити линейной плотности 18,8 текс. Общее процентное содержание вискозной комплексной нити в полотне 72%, полиэфирной текстурированной нити 28%; для лицевой стороны содержание вискозной комплексной нити 78%, полиэфирной текстурированной нити 22%; для изнаночной стороны соответственно содержание нитей 50 и 50%. Ширина раппорта рисунка по горизонтали  $R_b=18$  петельных столбиков; высота раппорта рисунка по вертикали  $R_h=32$  петельных ряда. Поверхностная плотность полотна  $\rho=140$  г/м<sup>2</sup>, толщина полотна  $M=0,41$  мм.

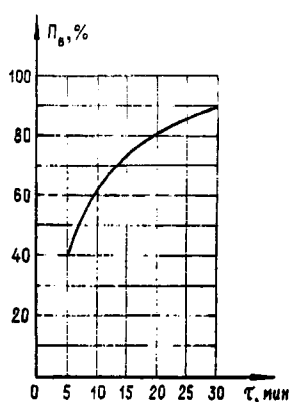


Рис. 1

Эксперимент проводили по методике, приведенной в [1]. Привес  $P_b$ , % влаги для

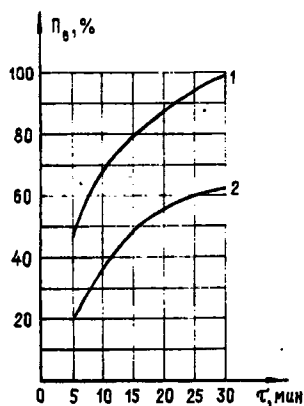


Рис. 2

образца и для салфеток, контактирующих с каждой из его сторон, определяли контактным методом.

На рис.1 показана зависимость привеса влаги образца от времени  $\tau$ , мин, а на рис.2 — кривые зависимости привеса влаги от времени для салфеток, контактирующих с бикомпонентным образцом (1 — для верхней салфетки, контактирующей с лицевой стороной жаккардового полотна, на которой преобладают петли из гидрофильной вискозной комплексной нити; 2 — для нижней салфетки, контактирующей с изнаночной стороной жаккардового полотна, на которой количество петель из гидрофобной полиэфирной нити и гидрофильной вискозной комплексной нити одинаково). Как видно из графиков, большая часть влаги передается с внутренней стороны образца на наружную.

Зная привес влаги образца и салфеток, контактирующих с его сторонами, можно рассчитать привес влаги каждого из слоев образца.

## ВЫВОДЫ

Проведенный эксперимент показал, что при проектировании одежды, обеспечивающей отвод влаги от тела человека, могут быть использованы трикотажные полотна с рисунчатыми эффектами.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Поспелов Е.П.* Двухслойный трикотаж. — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982.

Рекомендована кафедрой технологии трикотажного производства. Поступила 24.09.01.

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ НЕОБХОДИМОЙ ГЕОМЕТРИИ ЗУБЬЕВ УТОНЯЮЩИХ ДИСКОВ СЛОЕФОРМИРУЮЩИХ МАШИН

В.А. ДЬЯЧКОВ

(Костромской государственный технологический университет)

Геометрия зубьев утоняющих дисков слоеформирующих машин определяет такие свойства сформированного слоя, как равномерность слоя по плотности и поврежденность стеблей слоя на выходе из слоеформирующей машины. От этих показателей зависят условия промина и трепания и, следовательно, выход длинного волокна – самого ценного продукта первичной обработки лубяных волокон.

Современная методика проектирования зубчатых дисков слоеформирующих машин [1] имеет недостаток, заключающийся в том, что расстояние между подающим и принимающим дисками механизма задается произвольно. При этом для подающего диска угол наклона зуба к радиусу, если зуб не тонкая пластина и не игла, то угол наклона боковой поверхности зуба, оказывающей давление на материал, согласно этой методике должен быть равным углу наклона траектории движения вершины зуба принимающего диска на участке, где происходит его взаимодействие с выгружаемым из впадины подающего диска материалом. Траектория движения вершины зуба рассматривается как прямая, а зуб принимающего диска – расположенным радиально. При этих условиях расчетный угол наклона оси зуба подающего диска обеспечивает перпендикулярное расположение взаимодействующих зубьев, что облегчает выгрузку содержимого впадины подающего диска и минимальное поперечное обжатие стеблей слоя, то есть минимальную их поврежденность.

Перпендикулярное расположение боковых поверхностей зубьев принимающего и подающего дисков в момент передачи материала в последующий диск можно обеспечить, если обоснованно выбрать распо-

ложение оси вращения принимающего диска относительно подающего. Например, при радиально расположенных зубьях подающего и принимающего дисков выбранное место оси принимающего диска должно располагаться на перпендикуляре, проведенном к траектории движения вершин его зубьев, на участке, где происходит выборка порции стеблей из впадины подающего диска (траектория на этом участке принимается за прямую). Перпендикуляр должен быть проведен из точки, расположенной по середине высоты зуба подающего диска.

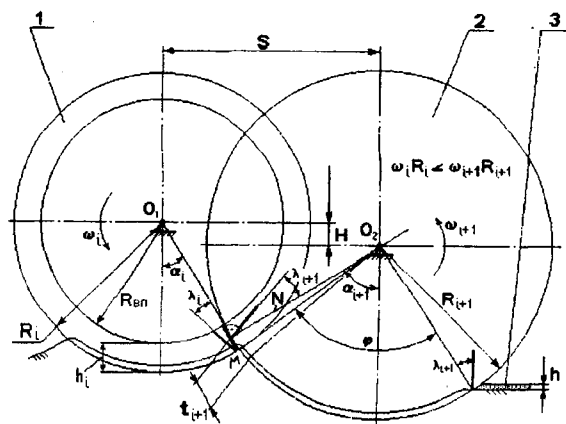


Рис. 1

Рассмотрим рис.1, где представлена схема взаимодействия зубчатых утоняющих дисков: 1 – подающий диск; 2 – принимающий диск; 3 – кондуктор. Здесь показано взаимодействие подающего –  $i$ -го и принимающего –  $i+1$ -го зубчатых дисков;  $R_i$ ,  $R_{i+1}$  – радиус принимающего и подающего дисков по вершинам зубьев;  $R_{вп}$  – радиус впадин подающего диска;  $S$  – межосевое расстояние;  $H$  – смещение центра принимающего диска по вертикали. Примем, что боковые поверхности зуба параллельны.



На радиусе  $O_1M$  из точки, расположенной по середине высоты зуба подающего диска и имеющей координаты  $\alpha_i$ ,

$$R = \frac{R_i + R_{вп}}{2}, \text{ проведем нормаль } N. \text{ Для}$$

соблюдения условия перпендикулярности зубьев при передаче материала в последующий диск на этой линии должна располагаться ось вращения принимающего диска  $O_2$ . По построению  $\alpha_{i+1} = \pi/2 - \alpha_i$ .

Определим межосевое расстояние  $S$  и смещение центра принимающего диска по вертикали  $H$ . Имеем

$$S = R \sin \alpha_i + R_{i+1} \cos \alpha_i; \quad (1)$$

$$H = R \cos \alpha_i - R_{i+1} \sin \alpha_i. \quad (2)$$

Преобразуем уравнение (2) и получим

$$H = \frac{R_{i+1} \sin(\varphi - \alpha_i)}{\cos \varphi},$$

где  $\operatorname{tg} \varphi = \frac{R}{R_{i+1}}$ .

Тогда

$$\alpha_i = \varphi - \arcsin \left( \frac{H \cos \varphi}{R_{i+1}} \right). \quad (3)$$

Выражение (3) дает возможность для вычисления межосевого расстояния по формуле (1) при различных значениях радиусов и произвольном расположении по высоте осей принимающих зубчатых дисков.

Целесообразно конструкцию утоняющего механизма иметь такой, чтобы оси дисков располагались в одной горизонтальной плоскости, то есть при  $H=0$ .

Тогда из (3)

$$\alpha_i = \arctg \left( \frac{R}{R_{i+1}} \right). \quad (4)$$

В случае, если зуб подающего диска или рабочая боковая поверхность зуба (ес-

ли зуб не тонкая пластина и не игла) расположены под некоторым углом  $\lambda_i$  к радиусу, а зуб принимающего диска под углом  $\lambda_{i+1}$ , то  $\alpha_{i+1} = \pi/2 - \alpha_i - \lambda_i + \lambda_{i+1}$ .

Тогда:

$$S = R \sin \alpha_i + R_{i+1} \sin(\pi/2 - \alpha_i - \lambda_i + \lambda_{i+1}),$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{R - R_{i+1} \sin(\lambda_i - \lambda_{i+1})}{R_{i+1} \cos(\lambda_i - \lambda_{i+1})},$$

а при  $H=0$

$$\alpha_i = \arctg \left( \frac{R - R_{i+1} \sin(\lambda_i - \lambda_{i+1})}{R_{i+1} \cos(\lambda_i - \lambda_{i+1})} \right).$$

Использование предложенной методики проектирования зубчатых дисков слоеформирующей машины обеспечит выемку содержимого впадины подающего диска зубьями принимающего с меньшим усилием, при меньшей вероятности повреждения стеблей из-за чрезмерного поперечного обжатия материала. Следует также заметить, что конструкция зубчатых дисков с радиальным расположением зубьев дисков более предпочтительна с точки зрения технологии их изготовления.

## ВЫВОДЫ

Предложена методика расчета межосевого расстояния в дисковом утоняющем механизме слоеформирующей машины, позволяющая обеспечить перпендикулярное расположение зубьев принимающего и подающего дисков в зоне перехода материала на принимающий диск.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Ипатов А.М.* Теоретические основы механической обработки стеблей лубяных культур: Учеб. пособие для вузов. – М.: Легпромиздат, 1989.

Рекомендована кафедрой технологии производства льняного волокна. Поступила 01.10.01.

## ПИРОГОВ КОНСТАНТИН МИХАЙЛОВИЧ

8 июня 2002 г. исполнилось 70 лет со дня рождения и 47 лет производственной и научно-педагогической деятельности, в том числе более 40 лет в высшей школе, заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, члена-корреспондента Академии технологических наук Российской Федерации, доктора технических наук, профессора Константина Михайловича Пирогова.

К.М. Пирогов – известный ученый, основатель и руководитель научной школы в области надежности машинной техники, организации производства и повышения качества продукции.

По окончании Ивановского текстильного института (ИвТИ), где К.М. Пирогов получил две специальности: инженера-технолога и инженера-механика (до этого он в 1950 г. закончил Ивановский электромеханический техникум), Константин Михайлович работал ассистентом кафедры технологии металлов и машиностроения ИвТИ, а затем на Ивановском заводе тяжелого станкостроения инженером, начальником цеха, начальником центральной заводской лаборатории.

В 1967 г. после защиты кандидатской диссертации в Московском станкоинструментальном институте К.М. Пирогов переходит в ИвТИ на должность заведующего кафедрой экономики промышленности и организации производства. Это событие изменило профиль научных интересов нового заведующего кафедрой: кроме технологии обработки металлов Константин Михайлович начинает заниматься проблемами повышения эффективности использования оборудования на основе улучшения его качества и надежности, а также совершенствования организации текстильного производства.

Итогом напряженной научной работы становится защита в 1974 г. докторской диссертации по проблемам надежности текстильного оборудования в Ленинградском институте текстильной и легкой промышленности.

В 1976 г. К.М. Пирогов назначается ректором ИвТИ. Этот период развития ИвТИ характеризуется расширением связей науки и образовательных процессов с промышленностью, совершенствованием материальной базы вуза, увеличением в два раза контингента студентов, формированием своей экономической школы, получившей признание во всех ведущих отраслевых вузах Москвы, Ленинграда, Киева, Ташкента, Костромы и т.д.

В 1978 г. Ивановский текстильный институт им. М.В. Фрунзе награждается орденом Трудового Красного Знамени, а его ректор – К.М. Пирогов – орденом "Знак Почета".

Выдающийся талант организатора в полной мере К.М. Пирогов проявил в Ивановском государственном университете, куда он перешел работать в 1984 г. Им была создана кафедра технологии и организации производства (сегодня это кафедра информационных систем в экономике и организации производства). Впервые в ИвГУ открыты филиалы кафедры в НПО "Информатика" и во ВНИПИАСУлегпром. По инициативе К.М. Пирогова на экономическом факультете ИвГУ открывается новая специальность (сегодня эта специальность носит название "Прикладная информатика в экономике"), начато строительство нового учебно-лабораторного корпуса для экономического факультета, сформирован НИИ Региональной экономики, создается вычислительная лаборато-

рия, выросшая в информационный вычислительный центр факультета с пятью дисплейными классами.

Именно по инициативе К.М. Пирогова на факультете была начата подготовка студентов с частичным возмещением затрат за образовательные услуги: по заказу Ивановской областной администрации в 1993 г. организуется переподготовка специалистов управлений, глав городов и районов области с получением второго высшего образования. В 1988 г. при активном участии К.М. Пирогова в ИвГУ создан специализированный совет по защите докторских диссертаций по специальности 08.00.28 – организация производства, который он возглавлял более 10 лет.

Свыше 20 лет К.М. Пирогов работает в редколлегии журнала "Известия вузов. Технология текстильной промышленности" (он был главным редактором, сейчас – активный член редколлегии), является членом Президиума совета УМО Минобразования РФ по специальности 35.14.00 "Прикладная информатика", членом Президиума Верхневолжского отделения АТН РФ.

Основные результаты исследований профессора К.М. Пирогова опубликованы в трех учебниках, четырех монографиях и более чем в 160 научных статьях.

Под руководством проф. К.М. Пирогова подготовлено и защищено более 50 кандидатских диссертаций, получили путевку в жизнь свыше 10 тысяч молодых специалистов инженеров-текстильщиков и экономистов.

В сложный постперестроечный период К.М. Пирогов и его кафедра были ориентированы на проблемы социально-

экономического развития Ивановской области, реструктуризации ее промышленного комплекса, вывода его из кризисного состояния, на теоретические и прикладные исследования в области информационных технологий.

Участие в региональных научных программах и грантах Миннауки РФ и Минобразования РФ позволили К.М. Пирогову адаптироваться к требованиям рынка. Ориентация основного состава кафедры на бизнес в сфере высоких технологий (компьютерное и информационное обеспечение) и оказание образовательных услуг дали возможность развить новые формы организации НИР, технического оснащения кафедры и факультета.

Присуждение стипендии Российской Академии наук проф. К.М. Пирогову в 1998 и 2001 гг. – своеобразная оценка всей его научно-педагогической деятельности, в том числе и в сложное последнее десятилетие.

И сегодня Константин Михайлович полон новых идей, бескорыстно делится ими со своими учениками и коллегами, активно реализует свои задумки и проекты.

Поздравляя Константина Михайловича с замечательным юбилеем, желаем ему крепкого здоровья и новых творческих успехов в научно-педагогической деятельности !!!

**Ректорат, профком, коллектив  
экономического факультета  
и кафедры ИТЭ и ОП Ивановского  
государственного университета.  
Редколлегия и редакция  
журнала "Технология  
текстильной промышленности".**

**ПОЗДРАВЛЯЕМ ЛАУРЕАТОВ !**

Сотрудников Московского государственного текстильного университета им. А.Н. Косыгина:

заслуженного деятеля науки и техники РФ, академика МАНВШ РФ, доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой технологии трикотажного производства Кудрявина Льва Александровича и доцента кафедры, кандидата технических наук Заваруева Владимира Андреевича с присуждением им премии Правительства Российской Федерации за 2001 год в области науки и техники в составе авторского коллектива за работу: «Разработка крупногабаритных бортовых и наземных антенных систем спутниковой связи и создание технологий их производства» (Постановление Правительства РФ № 175 от 21.03.02).

Вклад лауреатов заключается в разработке технологии производства высокоэластичных трикотажных сетеполотен из металлических комплексных и монокристаллических антенн космических и наземных систем спутниковой связи.

Основными предпосылками создания технологии сетезиделий для антенн в отечественных разработках систем космической и наземной связи явились исследования, проводимые в Московском государственном текстильном университете совме-

стно с НПО прикладной механики имени академика М.Ф. Решетнева (г. Красноярск), ОКБ МЭИ, РКК «ЭНЕРГИЯ», КБ «САЛЮТ», ГКНПЦ им. М.В. Хруничева.

Основные задачи выполнения теоретических и экспериментальных исследований состояли в разработке теории структурообразования эластичных металлических отражательных поверхностей антенн на базе материалов, серийно выпускаемых отечественной промышленностью.

Проведенные исследования позволили определить материал микропроволоки, вид ее покрытия (золото, никель), диаметр (15...60 мкм), тип и класс вязального оборудования, оптимальные параметры петельной структуры.

Теоретические и экспериментальные исследования металлических трикотажных сетеполотен позволили разработать теорию расчета коэффициентов отражения электромагнитных волн от металлических сетеполотен различной структуры.

Разработанные материалы по своим радиофизическим характеристикам могут использоваться на всех диапазонах длин волн и частот, применяемых в современной космической и наземной связи.

Выполненные теоретические и экспериментальные исследования являются базовыми и открывают возможности дальнейшего совершенствования материалов для отражательных поверхностей антенн.

**Редколлегия и редакция  
журнала "Технология  
текстильной промышленности".**

СОДЕРЖАНИЕ

Экономика и организация производства

<i>Кротов В.Н., Годунов Б.Н., Кузнецов Г.К.</i> Итоги и перспективы (к 70-летию КГТУ) .....	3
<i>Мокеева Н.С., Профорук Е.В.</i> Реинжиниринг организации технологических процессов швейного предприятия .....	7

Текстильное материаловедение

<i>Зубко Д.П., Коробов Н.А., Гусев Б.Н.</i> Компьютерное исследование поверхности крученой пряжи ..	10
<i>Шустов Ю.С.</i> Определение разрывной нагрузки хлопчатобумажной пряжи кольцевого способа прядения .....	13
<i>Тюменев Ю.Я., Воронцова Н.В., Мухамеджанов Г.К.</i> Исследование фильтрационных свойств нетканых фильтровальных материалов после их термообработки .....	16
<i>Грибинча В., Кирицэ М., Маня Л., Суфицкий П.</i> Исследование влияния термической обработки на деформацию армированных нитей .....	18

Первичная обработка. Сырье

<i>Вихарев С.М., Латшин А.Б., Пашин Е.Л.</i> Влияние поперечной деформации пряди сырца на степень ее нагружения при трепании .....	21
<i>Новиков Э.В., Смирнов Б.И.</i> Обоснование параметров и характеристик процесса одностороннего чесания трепаного льна .....	24

Прядение

<i>Павлов К.Ю., Павлов Ю.В.</i> Основы методики исследования неподвижных выворков .....	28
---	----

Ткачество

<i>Маховер В.Л., Корягин Е.П., Сокерин Н.М.</i> Влияние распределения обрывов по длине шпулярика на производительность и величину оптимальной ставки при партионном сновании .....	31
<i>Конов А.Н., Красноселова В.В., Савельева А.А., Синецын В.А.</i> Формулы для расчета числа нитей утка в уплотненной полосе узорчатой ткани .....	35
<i>Степанов С.Г., Салихова А.Х., Степанов Г.В.</i> Натяжение нитей в тканях главных переплетений ..	38
<i>Полякова Л.П., Примаченко Б. М.</i> Метод отображения однослойного переплетения на ось действительных чисел .....	44
<i>Кузнецова С.М.</i> Оптимизация процесса изготовления ткани комбинированного переплетения с эффектом переменной плотности .....	49
<i>Селиверстов В.Ю., Тягунов В.А., Лисс Л.В., Карлюк И.Ю.</i> Анализ свойств тканей, выработанных с модернизированным товарным регулятором .....	52

Отделка

<i>Пряжникова В.Г., Козлова О.В., Мельников Б.Н.</i> Роль сольватационно-экстракционного фактора при отварке текстильного материала .....	55
<i>Кокорина Л.Ю., Губина С.М., Стокозенко В.Г.</i> Новые редокс-системы для восстановления кубовых красителей в условиях совмещенного процесса котонизации и крашения льноволокна .....	58

<i>Одинцова О.И., Догадкина Н.А., Смирнова О.К., Куваева Е.Ю., Мельников Б.Н.</i> Интенсификация процесса крашения хлопчатобумажных тканей сернистыми красителями .....	61
<i>Гарцева Л.А., Герасимов М.Н., Денисенко В.П., Логинов С.В.</i> Экспериментальная оценка целесообразности использования озона в процессах отделки текстильных материалов .....	65

### Трикотажное производство

<i>Фролов В.Д., Голубева О.А., Кахраманов Ф.Р., Роньжин В.И., Смирнова Т.В.</i> Теоретическое обоснование напряжений компенсирующего устройства в процессе формирования трикотажного переплетения .....	69
<i>Зимица Е.М., Кудрявин Л.А.</i> Разработка алгоритма проектирования основязаного трикотажа комбинированного уточно-платированного переплетения .....	73
<i>Чубай Л.Г., Колесникова Е.Н., Муракаева Т.В., Андреев А.Ф.</i> Матрица контроля процессов петлеобразования .....	76

### Швейное производство

<i>Молькова И.В., Виноградов А.А., Куликов Б.П., Веселов В.В.</i> Математическая модель теплового сопротивления пакета изделия специального назначения .....	79
--	----

### Текстильные машины и аппараты

<i>Кочетов О.С., Сажин Б.С., Павлов Д.А., Шатрова Н.В.</i> Расчет на ПЭВМ систем виброизоляции для ткацких станков, установленных на абсолютно жестком основании .....	82
<i>Муницын А.И.</i> Динамическая устойчивость нити переменной длины .....	86
<i>Анашкина Е.В., Бахматов К.И., Мазин Л.С.</i> Математическая модель движения платины в замке вязального механизма кругловязальной машины с переменной отбойной плоскостью .....	89
<i>Жданов А.С., Виноградов Б.Н., Саган И.А.</i> Влияние продольных колебаний нитеводителя на его кинематические характеристики .....	92

### Автоматизация технологических процессов

<i>Романов В.Е., Жабко А.П., Климов В.А.</i> Развитие прикладной теории динамики гибкой нити на случай дополнения колебаний осредненным направленным движением нити как технологического объекта .....	95
<i>Саакян Р. Р.</i> Коррекция расчетной схемы построения динамики нити при совместном учете продольных и поперечных колебаний .....	97
<i>Петров А.В.</i> Электростатический датчик с неподвижными компланарными пластинами .....	103

### Экология и протеплоэнергетика

<i>Кошелева М.К., Щеголев А.А., Реутский В.А.</i> Повышение эффективности процесса промывки хлопчатобумажных тканей после мерсеризации с использованием ультразвука .....	108
---	-----

### Информационные технологии

<i>Пекунов В.В., Ясинский Ф.Н.</i> О математическом моделировании экологических процессов в воздушной среде .....	112
---	-----

### Обмен опытом, критика и библиография, краткие сообщения

<i>Латышев В.Н.</i> Исследование влияния кислорода на процесс резания металлов .....	116
<i>Горохова О.Ю.</i> Исследование влагопоглощающих свойств бикомпонентных трикотажных полотен с рисунчатými эффектами для функциональной одежды .....	119
<i>Дьячков В.А.</i> Обеспечение необходимой геометрии зубьев утоняющих дисков слоеформирующих машин .....	120
<i>Пирогов Константин Михайлович</i> .....	122
<i>Поздравляем лауреатов!</i> .....	124