

Министерство образования и науки
Российской Федерации

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

**ТЕХНОЛОГИЯ
ТЕКСТИЛЬНОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ОСНОВАН В ДЕКАБРЕ 1957 ГОДА, ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД

**№ 6 (342)
2012**

Издание Ивановской государственной текстильной академии

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор *Г.И. ЧИСТОБОРОДОВ.*

Заместители главного редактора: *Н.М. АШНИН, Б.Н. ГУСЕВ, М.В. КИСЕЛЕВ, Н.Л. КОРНИЛОВА, В.Л. МАХОВЕР, К.Э. РАЗУМЕЕВ, А.К. РАСТОРГУЕВ, Б.Б. СТРОГАНОВ.*

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

Ответственный секретарь *С.Л. ХАЛЕЗОВ.*

Статьи печатаются в редакции авторов.

Адрес редакции: 153000, г. Иваново, Шереметевский пр., 21.

Тел.: (4932) 93-78-87. Факс: (4932) 41-50-88.

E-mail: ttp@igta.ru

http://www.igta.ru

Издание зарегистрировано в Министерстве печати РФ. Регистрационный №796. Сдано в набор 17.12.2012. Подписано в печать 28.12.2012. Формат 60x84 1/8. Бум. кн.-журн. Печать офсетная. 25,58 усл.-печ. л.; 26,08 усл. кр.-отт. Заказ

Тираж 400 экз.

"Известия вузов. Технология текстильной промышленности"

Ивановская государственная текстильная академия

153000, г. Иваново, Шереметевский пр., 21.

E-mail: info@igta.ru; ttp@igta.ru

Издательско-полиграфический комплекс "ПресСто"

153025, г. Иваново, ул. Дзержинского, 39, оф. 307

Тел. (4932) 30-42-91, 30-43-07

E-mail: pressto@mail.ru

**Ministry of Education and Science
of Russian Federation**

PROCEEDINGS OF HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS

**TEXTILE
INDUSTRY
TECHNOLOGY**

SCIENTIFIC AND TECHNICAL JOURNAL

ESTABLISHED IN DECEMBER OF 1957, 6 ISSUES PER YEAR

**№ 6 (342)
2012**

Published by Ivanovo State Textile Academy

EDITORIAL BOARD

Chief editor *G.I. CHISTOBORODOV*.

Deputy editors: *N.M. ASHNIN, B.N. GUSEV, M.V. KISELEV, N.L. KORNILOVA, V.L. MAKHOVER, K.E. RAZUMEEV, A.K. RASTORGUEV, B.B. STROGANOV.*

Editorial board members: *V.S. BELGORODSKII, V.N. BLINICHEV, A.P. BOLOTNYI, V.V. VESELOV, V.F. GLASUNOV, V.M. ZARUBIN, E.N. KALININ, S.M. KIRYUKHIN, A.M. KISELEV, K.I. KOBRAKOV, A.B. KOZLOV, A.R. KORABELNIKOV, N.A. KULIDA, V.V. LYUBIMTSEV, N.I. MAKSIMOV, R.M. MALAFEEV, S.D. NIKOLAEV, YU.V. PAVLOV, E.L. PASHIN, K.M. PIROGOV, A.G. REPIN, L.P. ROVINSKAYA, V.E. ROMANOV, P.N. RUDOVSKII, V.V. SAFONOV, P.A. SEVOSTYANOV, N.A. SMIRNOVA, G.G. SOKOVA, A.P. SORKIN, F.YU. TELEGIN, V.I. TERENCEV, V.D. FROLOV, I.G. TSITOVICH, L.P. SHERSHNEVA, YU.S. SHUSTOV, V.P. TSHERBAKOV, S.S. YUKHIN, F.N. YASINSKII.*

Executive secretary *S.L. KHALEZOV*.

The articles are published in authors' editions.

Address: 153000, Ivanovo, Sheremetevsky av., 21.

Tel.: +7(4932)93-78-87, fax: +7(4932)41-50-88.

E-mail: ttp@igta.ru

<http://www.igta.ru>

Registered with the Ministry of Printing of Russian Federation. Registration no. 796. Passed for typesetting on 17.12.2012.
Signed for printing on 28.12.2012. Format 60×84 1/8. Book/journal paper. Offset printing. 25.58 conventional sheets.
26.08 conventional. Order

Circulation of 400.

"Proceedings of institutions of higher education. Textile Industry Technology"

Ivanovo State Textile Academy
153000, Ivanovo, Sheremetevsky av., 21.

E-mail: info@igta.ru; ttp@igta.ru

Publishing-printing complex "PresSto"
153025, Ivanovo, Dzerdzinskogo, 39, of. 307

Tel. (4932) 30-42-91, 30-43-07

E-mail: pressto@mail.ru

УДК 336.648

**РАЗВИТИЕ ФОРМ ФИНАНСИРОВАНИЯ
ТЕКСТИЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФОНДОВ ПРЯМЫХ ИНВЕСТИЦИЙ:
РЕГИОНАЛЬНЫЙ АСПЕКТ**

**DEVELOPMENT OF THE NORMS OF FINANCING
TEXTILE ENTERPRISES USING DIRECT INVESTMENT FUNDS:
A REGIONAL ASPECT**

А.И. ЖАРОВ, Е.А. ИЗМЕСТЬЕВА, А.В. КИЗЕЕВ
A.I. ZHAROV, E.A. IZMESTJEVA, A.V. KIZEEV

(Ивановская государственная текстильная академия)
(Ivanovo State Textile Academy)
E-mail: ttp@igta.ru

В статье анализируются проблемы и перспективы развития текстильной отрасли, отмечается недостаток объема прямых инвестиций в отечественной экономике, рассматривается альтернативный вариант долгосрочного финансирования текстильных предприятий с использованием средств фондов прямого инвестирования, описывается инвестиционный механизм функционирования фондов прямого инвестирования.

The problems and perspectives of textile industry development are analyzed in the article, the lack of direct investments in domestic economics has been noted, an alternative variant of long-term financing textile enterprises using direct investment funds is considered, an investment mechanism of functioning direct investment funds is described.

Ключевые слова: прямые инвестиции, проблемы развития текстильной промышленности, способы долгосрочного финансирования текстильных предприятий, проектное финансирование, фонд прямого инвестирования (ФПИ).

Keywords: direct investment, the problems of textile industry development, the methods of long-term financing of textile enterprises, project financing, a direct investment fund (DIF).

Отечественная экономика в настоящее время вступила на путь "догоняющего" развития. В ответ на вызов более развитых стран Россия декларирует ускоренную модернизацию. Без строительства новых заводов и фабрик, перевооружения существующих, замены технологического оборудования, системного внедрения инноваций Россия вряд ли сможет совершить новый промышленный рывок, необходимый для устойчивого развития. Эту глобальную задачу можно попытаться решить только с использованием масштабного долгосрочного финансирования. Экспертные оценки свидетельствуют, что для осуществления прорывного инновационного развития российская экономика ежегодно нуждается в значительных прямых инвестиционных вложениях суммарным объемом не менее 200...250 млрд.дол.США [1].

Способами долгосрочного финансирования производственных проектов являются проектное финансирование, осуществляемое коммерческими банками, и инвестиционный механизм фондов прямого инвестирования (ФПИ). Сравнительный анализ механизмов финансирования этих двух инструментов показывает, что они в общем и целом взаимодополняют друг друга.

Проектное финансирование представляет собой одну из форм долгосрочного финансирования заемщиков – юридических лиц – с целью реализации ими инвестиционных проектов. Как правило, осуществляются эти проекты вновь созданными предприятиями, управленческая команда которых должна иметь безупречную деловую репутацию и быть хорошо известна кредитующему проект банку.

Проектное финансирование предполагает возврат инвестиций за счет результатов реализации проекта, а обеспечение исполнения обязательств перед кредитором формируется в процессе создания активов конкретного проекта.

Проектное финансирование считается относительно новой комплексной услугой среди продуктовой линейки отечественных банков. Слабый уровень развития проект-

ного финансирования в России, по оценкам аналитиков, обусловлен рядом серьезных причин, основными среди которых являются:

1) высокие риски инвестирования и отсутствие действенной системы их страхования;

2) недостаточная капитализация банковской сферы;

3) дефицит долгосрочных пассивов на российском финансовом рынке;

4) отсутствие работающих рычагов воздействия на инициаторов проекта ввиду несовершенного отечественного законодательства в данной сфере.

В настоящее время на долю проектного финансирования приходится не более 10 процентов в общем объеме инвестиционных кредитных портфелей коммерческих банков. Наибольшее количество реализуемых проектов относится к сфере строительства, топливно-энергетического комплекса и телекоммуникационного бизнеса.

Дополнительным источником долгосрочного финансирования является инвестиционный механизм фондов прямого инвестирования (ФПИ) – private equity funds, который можно отнести к новациям в российской финансовой сфере. Следует отметить, что в Западной Европе и США ФПИ осуществляют контроль и участвуют в управлении значительной долей коммерческих предприятий [2].

Иностранные ФПИ традиционно создаются в основном на деньги институциональных инвесторов – пенсионных фондов, страховых компаний, семейных трастов, банков, национальных инвестиционных агентств, крупных производственных компаний. Часто бывает, что в одном фонде представлены все категории инвесторов. На высокорисковые инвестиции у каждого западного инвестора выделяется в среднем 5% средств, они и направляются в ФПИ или в венчурные фонды.

В России в настоящее время известны и достаточно активно действуют свыше 30 фондов прямых инвестиций, среди них представлены: американские, европейские, российские и смешанные – российско-

западные ФПИ. Есть фонды, специализирующиеся на инвестициях в определенные отрасли экономики. Например, сфера деятельности фонда "Металлстальинвест" полностью отвечает его названию. ФПИ "Открытые инвестиции" занимается реализацией инвестиционных проектов на рынках недвижимости. Некоторое количество фондов являются по сути своей мультиотраслевыми. Они ищут выгодные с инвестиционной точки зрения проекты сразу в нескольких отраслях экономики.

Многие из ФПИ, работающих в России, созданы на деньги Европейского Банка Реконструкции и Развития (ЕБРР): это Norum, Russia Partners, Berkeley Capital Partners и др. В России существуют также ФПИ, учрежденные и частными лицами, так, например, председатель совета директоров ЗАО "Ренова" Виктор Вексельберг создал на свои деньги фонд "Ренова-капитал". Любопытно, что в настоящее время он по совместительству возглавляет Фонд "Сколково". Создают свои ФПИ некоторые крупные финансово-промышленные корпорации и группы компаний, такие как: "Альфа-Групп", "МДМ", "Авангард".

Российский сектор прямых инвестиций сравнительно невелик в суммовом выражении, но его рост за последние несколько лет впечатляет. Наиболее активными участниками этого рынка являются местные фонды, вкладывающие свои средства во все более крупные сделки. Здесь активно работают и многие крупнейшие в мире фонды прямых инвестиций. Безусловными лидерами являются гранды инвестиционного рынка, такие как TPG и Lion Capital. Они неоднократно осуществили обратные сделки по выходу из инвестиций. Многие иностранные фонды продолжают искать подходящие для инвестирования объекты. Зарубежных фондов, представленных на российском рынке, не так много, но как раз они и осуществляют большинство крупнейших вложений.

Общемировой финансовый кризис привел индустрию фондов прямых инвестиций к весьма плачевным результатам. Многие из них оказались фондами "пло-

хих" инвестиций. Например, Troika Capital Partners имеет теперь в портфеле две компании, находящиеся в процессе банкротства, – экс-лидера факторингового рынка "Еврокоммерц" и сеть гипермаркетов товаров для дома и ремонта "Санта Хаус".

Удивительного в этом мало. Индустрия фондов private equity очень молодая. Если не учитывать фонды, созданные ЕБРР в середине 1990-х, то первый фонд был сформирован компанией Baring Vostok лишь в 2001 году. Известно, что до 2008 года российская экономика росла высокими темпами и private equity funds пользовались последствиями бурного роста в полной мере. Экономический коллапс 2008-2010 гг. стал мощной встряской и проверкой на прочность профессионализма управленческих команд ФПИ.

В настоящее время многие российские компании, входящие в портфели фондов прямых инвестиций, присутствуют на рынке лишь номинально или убыточны. Вся их деятельность сводится к решению организационных или долговых проблем. Таким образом, большинство фондов вряд ли смогут обеспечить заявленные и обещанные поначалу своим инвесторам доходности на собранные инвестиции.

До начала финансового кризиса был очевиден возрастающий интерес к России как к привлекательному инвестиционному направлению. В посткризисный период вероятность экономической неопределенности значительно возросла. В то же время капитализация большинства компаний понизилась. Российский рынок, может быть, не самый простой для инвестирования в настоящее время, но потенциальные выгоды компенсируют приложенные усилия. Учитывая относительно низкий уровень иностранных инвестиций и продолжающийся процесс консолидации, у новых участников рынка есть высокие шансы получить преимущества первопроходцев в посткризисное время.

Стратегия фондов прямых инвестиций проста – они ищут быстрорастущие компании и вкладывают средства в предприятия с налаженным производством, которые вследствие дефицита денежных

средств не имеют возможности перейти на качественно новый уровень развития. Соответственно деньги, полученные от фонда, компания-реципиент направляет на свое дальнейшее развитие: покупает необходимое для расширения производства оборудование, технологии, развивает сбытовую сеть, поглощает более мелкие компании и т.д. Самыми привлекательными отраслями экономики для фондов были и остаются потребительский сектор, СМИ, развлечения, IT и телекоммуникации.

Среди ФПИ выделяется две стратегии отбора объектов инвестирования. Первая заключается в том, что фонды работают с предприятиями тех отраслей экономики, где прогнозируется быстрый рост, а вторая стратегия присуща универсальным фондам. Она заключается в поиске быстрорастущих компаний, независимо от отраслевой принадлежности.

Очевидный вариант налаживания прямого взаимодействия с ФПИ, когда компании первыми идут на контакт и обращаются в фонды за инвестициями, на удивление редко заканчивается подписанием инвестиционных соглашений. Впрочем, известно, что подписание договора с ФПИ – событие вообще не частое. Например, *Varing Vostok Capital Partners* за 10 лет рассмотрел в России 1032 проекта, а инвестировал только в 38. Пресс-релизы *Delta Private Equity Partners* подтвердили, что управляющая компания инвестирует в 6...10 случаях из 800 рассмотренных проектов.

Управляющие компании фондов сами активно ищут объекты инвестирования, а не ждут, когда им кто-нибудь предложит перспективный проект.

Сразу же вслед за фазой осуществления вложений фонды начинают тесное оперативное взаимодействие с топ-менеджментом компании с целью повышения капитализации предприятия. Как правило, реализуется целый комплекс эффективных мероприятий, направленных на системное повышение эффективности компании-реципиента. При этом совершенствуется и приводится к международным стандартам корпоративная структура и система ме-

неджмента, оптимизируются финансовые потоки компании и т. п. Чтобы этим преобразованиям ничего не препятствовало, фонды обычно покупают контрольные пакеты акций подведомственных компаний. После этого представители фонда включаются в советы директоров и приступают к оперативному управлению. По мнению большинства участников рынка, прямые инвестиции гарантированно успешными могут стать только в случаях, когда инвестор имеет полный контроль над функционирующим под его управлением предприятием.

Выгоды для предприятий, в капитал которых входит ФПИ, на первый взгляд очевидны. Покупая долю в капитале компании (и осуществляя таким образом инвестиции в проект), фонды предоставляют фактически беспроцентное долгосрочное финансирование менеджерам проекта. Руководитель компании перестает быть озабоченным постоянной проблемой, как и когда ему нужно будет перекредитовываться, отдавая деньги очередному работодателю.

В подконтрольной компании с приходом ФПИ систематизируется и налаживается финансовый учет, производство, маркетинг, логистика, внедряются инновации. Появляется множество других полезных новшеств, необходимых для успешного стратегического развития [3].

Для компаний, вступивших в тесное взаимодействие с ФПИ, существенно облегчается и решение проблемы привлечения долгосрочных займов. В первую очередь потому, что ФПИ добиваются, чтобы компания стала финансово абсолютно прозрачной. Соответствие мировым стандартам отчетности становится визитной карточкой таких предприятий. Кроме того, фонды одним своим именем повышают репутацию компании и создают ей позитивный имидж.

Естественно, что подобная схема работы фондов подвержена довольно высокому уровню риска. Обратная сторона медали такова, что высокие риски компенсируются не менее высокой доходностью, доходщей до 20...25% годовых. В ряде случаев показатели бывают еще выше.

У ФПИ имеется так называемый черный список отраслей, вложения капитала в которые не приветствуется. Большинство фондов предпочитают избегать вложений в проекты, связанные с природными ресурсами. Рост там спрогнозировать трудно, ибо он во многом зависит от внешней конъюнктуры. Политические риски также высоки. Не работают ФПИ и с отраслями, занимающимися производством табачных изделий и алкоголя, не вкладывают деньги в игорный бизнес. В предприятия по производству вооружений в России инвестирует только фонд Russia Partners. Но у него своя "специфика": он был создан правительством США для конверсии заводов ВПК.

Фонды стараются не сотрудничать с приватизированными предприятиями и с теми предприятиями, где у государства есть даже малый пакет акций. Такие опасения часто вполне оправданы. Например, в начале 2000-х годов фонд Delta Capital едва не лишился своих инвестиций в Ломоносовский фарфоровый завод при попытке федеральных органов вернуть его снова в государственную собственность. Арбитражный суд Санкт-Петербурга по иску Мингосимущества, миноритарного акционера завода, признал недействительным учредительный договор, на основании которого был приватизирован ЛФЗ. Возникла реальная угроза того, что все частные инвесторы лишатся своей собственности, но Delta Capital удалось оспорить это решение в апелляционной инстанции. В 2002 году фонд вышел из инвестиции, продав свой пакет акций топ-менеджменту завода. Доходность сделки оказалась мизерной. Она составила всего 8% в средне-годовом измерении.

В настоящее время приходится с сожалением констатировать отсутствие интереса международных и российских инвесторов к промышленным проектам на территории Ивановской области вообще и к предприятиям текстильной отрасли в частности [4]. Обусловлено это прежде всего исторически сложившимися проблемами

развития отечественной текстильной промышленности:

- оторванностью и удаленностью от сырьевой базы;
- отсутствием государственной поддержки;
- несбалансированной (а в ряде случаев неразумной) таможенной политикой по отношению к текстильной и швейной продукции;
- серьезным конкурентным фактором теневых бизнес-структур и целым набором других обстоятельств.

Однако вложения инвестиционных ресурсов с целью модернизации производства необходимы в первую очередь тем предприятиям, которые имеют длительный опыт работы в отрасли, сформированную в течение многих лет технологическую культуру производства, профессиональные кадры и достаточно современное технологическое оборудование. Наиболее перспективными с этой точки зрения являются текстильные предприятия Ивановской области, обеспечивающие наибольшую долю производства хлопчатобумажных тканей в России.

Самым многообещающим с инвестиционной точки зрения в Верхневолжском регионе в настоящее время является, на наш взгляд, проект строительства комбината синтетического волокна. Его стоимость приближается к 10 млрд. рублей. Цель его реализации – производство сырья для текстильной промышленности из терефталевой кислоты. Компания-реципиент "Кластерная текстильная корпорация "Иврегионсинтез" во главе с генеральным директором В.Е. Гуциным прорабатывают различные варианты финансирования [5]. Среди прочих возможностей целесообразно было бы прибегнуть и к помощи фондов прямого инвестирования, механизм взаимодействия с которыми мы рассмотрели выше.

В табл. 1 представлен перечень наиболее активных ФПИ, работающих на территории России (инвестиционные сделки в открытом состоянии).

Т а б л и ц а 1

| Название | Управляющая компания | Объем фонда | Год | Главные события | Текущие инвестиции |
|--|--------------------------------|-------------|------|---|---|
| Capital International Private Equity Fund V | Capital International | 2200 | 2007 | Завершение сделки по приобретению 10% компании "Юнимилк", переговоры с сетью Sela | "Юнимилк", УК "Теорема" Орехово-Зуевская стекольная компания |
| Lion Capital Fund II | Lion Capital | 2000 | 2007 | Поэтапная сделка продажи долей фонда в ГК "Русский Алкоголь" холдингу CEDC | "Нидан Соки", ГК "Русский алкоголь" |
| Baring Vostok Private Equity Fund IV | Baring Vostok Capital Partners | 1450 | 2007 | Увеличение долей в компаниях "Яндекс", Volga Gas, Gallery Group (| Банк "Каспийский", ГК "ЦФУ", Ozon.Ru, Europlan, "Яндекс", Volga Gas, Gallery Group |
| Greater Europe Fund j Greater Europe Deep Value | | 1000 | 2006 | Угроза банкротства компании "Дикая Орхидея" | Долговое агентство "Пристав", "Дикая орхидея" Концерн "Калина", "Роспечатать" |
| Icon Private Equity Fund | Icon Private Equity | 1000 | 2007 | Объявлены инвестиции в украинского и российского операторов WIMAX | "Дельта-банк" (Украина), "Интерпроект", "Украинские новейшие технологии", ARIADSL |
| TPG Capital | TPG Capital | 1000 | 2007 | Покупка (вместе с "ВТБ Капитал") 34,5% торговой сети "Лента", продажа "Евро-адрес" | Торговая сеть "Лента" |
| Trifecta | Trifecta Capital Partners | 500 | 2008 | Попытка признать сделку по приобретению доли в "Топ-книге" недействительной | ЗАО "Топ-книга" |
| Da Vinci Private Sector Growth Fund | Da Vinci Capital Management | 350 | 2007 | Покупка доли в сети "Империя детства" покупка пакета (менее 5%) биржи РТС | РТС, Game Zona, "Империя детства" Lubel Coal Co, Eram Systems |
| Russian New Growth Fund I & II | Troika Capital Partners | 350 | 2007 | Банкротство компании "Санта Хаус" АКБ "ЕвроКоммерц" | Страховая группа "Региональн.Альянс", УРСА банк, fGame Land, Crazy Park, банк "ЕвроКоммерц" |
| Renova Capital One | Svarog Capital Advisors | 165 | 2004 | Продажа доли 60,5% в сети "Здоровые люди". Рост доли в компании "Натур продукт" до 90% пакета | "Натур продукт", "Здоровые люди", "Международное логистич. партнерство" |

Финансирование текстильных предприятий в условиях нарастания конкуренции на этом рынке в связи с вступлением в ВТО претерпевает изменения, нерешенных вопросов в области инвестиционной привлекательности российских текстильных предприятий остается достаточно много, создание текстильного кластера остается скорее образом, моделью, к которой следует стремиться, нежели реальностью. Однако легкая промышленность в целом и текстильная в частности – является важнейшим многопрофильным и инновационно привлекательным сектором отечественной экономики, обеспечивающим сохранение страной статуса независимой и суверенной индустриальной державы, укрепление ее обороно-

способности, экономической, социальной и интеллектуальной безопасности. Считаем целесообразным предложить отечественным промышленникам и инвесторам принять возможные меры инвестирования средств в новые производства на основе современной инновационной сырьевой базы.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Фомин Б.М., Макеев В.К., Малафеева И.Г. Стратегия модернизации экономики отраслей текстильной и легкой промышленности России // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2010, № 1.
2. Современные модели развития текстильной промышленности Ивановской области: фундамент традиций и образ будущего: Коллективная моно-

графия. – Иваново: Иван.гос.текст.академия, 2012.

3. Темнова Н.К. Модернизация текстильной отрасли. Кластерный подход // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, № 1.

4. Юхина Е.А., Радовский И.А. Риски инвестиционных проектов в текстильной промышленности в современных условиях // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, № 1.

5. Гуцин В.Е. Стагнация не повод для остановки // Эксперт, 2013, № 2 (834), С.39.

Рекомендована кафедрой финансов. Поступила 28.11.12.

УДК 338.45

КАЧЕСТВО ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ КАК СОСТАВЛЯЮЩАЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕКСТИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА *

QUALITY OF TEXTILE MATERIALS AS A CONSTITUENT OF EFFICIENCY OF TEXTILE PRODUCTION

И.М.ГАВРИЛОВА
I.M.GAVRILOVA

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина)
(Moscow State Textile University “A.N. Kosygin”)
E-mail: gim@msta.staff.ac.ru

Предложены факторы, определяющие эффективность текстильного производства. Расчет коэффициентов причинного влияния изучаемых факторов на основе причинно-следственной теории информации позволил устранить эффекты сопутствия, идентифицировать изучаемые факторы, определить факторы, в наибольшей степени влияющие на эффективность текстильного производства. Составлена программа расчета на ЭВМ.

The factors defining the efficiency of textile production have been offered. The calculation of coefficients of casual influence of the studied factors on the basis of the cause and effect theory of information has allowed to establish the concomitance effects, to identify the studied factors, to define the factors influencing on efficiency of textile production to the utmost. The calculation computer program has been made up.

Ключевые слова: эффективность текстильного производства, энтропия, информация, причинно-следственные связи.

Keywords: efficiency of textile production, entropy, information, cause and effect communications.

* Работа выполнена при участии проф., докт. техн. наук С.Д. Николаева.

Для управления текстильным производством, технологическими процессами, качеством, строением и свойствами выпускаемых тканей необходимо определить наиболее значимые факторы, влияющие на выходные параметры. Существующие методы (планирование эксперимента, корреляционный анализ) не всегда дают хорошие результаты, так как в конечном итоге присутствуют так называемые "эффекты сопутствия" влияния различных входных параметров, поэтому необходимо при проведении экспериментальных исследований варьировать факторы в строго определенных пределах, что сложно в производстве.

В ряде работ, проводимых в последнее время МГТУ им.А.Н.Косыгина, используется бинарная причинно-следственная теория информации, основанная на предположениях Шеннона. Задачи исследования обусловлены использованием метода, который бы позволял: идентифицировать исследуемые факторы; устранять эффекты сопутствия; автоматизировать трудоемкий метод расчета.

При исследовании приходится сталкиваться с многообразием факторов, воздействующих на процесс, и с многообразием связей между ними. Следует отметить недостаточность имеющейся эмпирической информации и надежно обоснованных теоретических заключений о характере и механизмах связей между этими факторами, которые необходимы для построения количественной теории, позволяющей надежно прогнозировать поведение исследуемой системы во всем множестве допустимых ситуаций.

При анализе процесса методом "черного ящика" получают эмпирические уравнения, хорошо описывающие поведение исследуемого процесса. Однако эти методы страдают одним недостатком: в них не отражаются внутренние, индивидуальные, присущие именно исследуемому явлению, взаимосвязи между отдельными факторами. Удовлетворительная точность численного прогноза, достигаемая при анализе регрессионных эмпирических зависимостей, во многих случаях не возме-

щает отсутствие возможностей качественного анализа специфики исследуемого процесса. Необходимым дополнением к методам эмпирических уравнений является диаграммная техника причинного анализа, которая позволяет установить внутреннюю причинно-следственную структуру рассматриваемого процесса и оценить количественную интенсивность причинных воздействий между различными факторами.

Необходимым дополнением к методам эмпирических уравнений является диаграммная техника причинного анализа, которая позволяет установить внутреннюю причинно-следственную структуру рассматриваемого процесса и оценить количественно интенсивность причинных воздействий между различными факторами.

В причинном анализе следует выделить две основные фундаментальные проблемы: идентификации причин и следствий в исследуемом процессе; количественной оценки интенсивности прямых и косвенных причинных влияний в процессе. В простейшей постановке проблема идентификации может быть сформулирована следующим образом: рассматриваются две переменные Y и X , между которыми существует причинная связь и имеется статистика значений рассматриваемых переменных $X_i, Y_i, i=1,2,\dots,N$. Требуется, не привлекая дополнительных данных и гипотез, на основании анализа статистики определить направление причинной связи и дать ее количественную оценку. На первый взгляд, задачу можно решить методами корреляционного анализа, но величина корреляции может включать в себя связи сопутствия или координационный эффект.

Казалось бы, что в поставленной задаче можно средствами корреляционного анализа установить, по крайней мере, факт корреляционной связи. Но достоверное отличие от нуля коэффициента корреляции еще не гарантирует наличия истинной взаимосвязи переменных, так как это могут быть "ложная" корреляция, связь сопутствия или координационный эффект. Для снятия такой неопределенности необ-

ходимо привлечение некоторых дополнительных данных.

Предлагается использовать следующее соотношение: если $I_{12}:H_1 > I_{21}:H_2$, то $2 \rightarrow 1$, где J, H – соответственно информация и энтропия распределения вероятностей случайных величин. Поскольку $I_{12}=I_{21}$, то в случае если $H_1 < H_2$, $2 \rightarrow 1$. Причинная связь представляет собой информационный канал между фактором-причиной и фактором-следствием. Следовательно, при одной и той же статистической неопределенности следствия информация, поступающая от причины, должна быть тем больше, чем больше собственная статистическая неопределенность причины.

Величину энтропии распределения вероятностей для одномерной случайной величины можно определить по формуле:

$$H_i = \sum_1^k P(X_{k_i}) \log_2 P(X_{k_i}),$$

где $P(X_{k_i})$ – вероятность состояний случайной величины X_{k_i} .

Величина информации между i -м и j -м факторами определится по формуле:

$$I_{ij} = \sum_1^{k,r} P(X_{k_i}, X_{r_j}) \log_2 \frac{P(X_{k_i}, X_{r_j})}{P(X_{k_i})P(X_{r_j})},$$

где $P(X_{r_j})$ – вероятность состояний случайной величины X_{r_j} ; $P(X_{k_i}, X_{r_j})$ – вероятность состояний случайных величин X_{k_i} и X_{r_j} . Для функционалов энтропии и информации справедливо следующее равенство:

$$\Gamma_{ij} = I_{ij} : H_i,$$

где Γ_{ij} – коэффициент причинного влияния j -го фактора на i -й.

При расчете коэффициентов Γ_{ij} целесообразно для удобства при определении информации и энтропии использовать десятичные или натуральные логарифмы вместо логарифмов с основанием 2. При-

чинную связь между факторами мы будем понимать как информационный канал между фактором – причиной и фактором – следствием. При одной и той же статистической неопределенности следствия информация, поступающая от причины, должна быть тем больше, чем больше собственная статистическая неопределенность причины. При статистической независимости переменных X_i, X_j парный коэффициент причинного влияния Γ_{ij} равен 0. При $\Gamma_{ij}=1$ существует наличие строгой детерминированности следствия причиной.

Частные коэффициенты причинного влияния не равны парным. Любой выбор одного элемента из множества есть устранение неопределенности, превращение возможности в действительность. Установление причинной связи, рассматриваемое как установление определенного соответствия множеств, можно охарактеризовать как снятие неопределенности.

В работе на основе опроса специалистов текстильных предприятий исследовались следующие факторы: эффективность текстильного производства, стабильность в регионе, безработица, подготовка кадров для промышленности, система повышения квалификации, уровень инженерных кадров, уровень рабочих кадров, наличие отечественного сырья, контрабандная поставка текстиля, контрафактное изготовление текстиля, обновляемость ассортимента продукции, уровень оборудования, состояние сельского хозяйства, состояние текстильного машиностроения, состояние химической промышленности, коррупционные явления в стране, уровень материальной базы предприятий, вступление в ВТО, стоимость продукции по сравнению с мировыми ценами, политическая составляющая, уровень управления текстильной промышленностью со стороны государства, наличие системы ПТУ, уровень научно-технического прогресса в отрасли, рациональность размещения предприятий текстильной промышленности, заработная плата в текстильной промышленности.

Были определены значения энтропии для исследуемых факторов и установлены причинно-следственные связи. Далее ре-

шена частная задача установления причинно-следственных связей между 6 факторами: X1 – обеспеченность сырьем, X2 – уровень технологического оборудования, X3 – контрабандный ввоз товара из-за рубежа, X4 – уровень кадров, X5 – ассортимент выпускаемой продукции, уровень кадров, X6 – эффективность производства.

При помощи специально разработанной программы на ЭВМ были рассчитаны величины энтропии, информации, коэффициенты причинного влияния.

Причинно-следственная связь устанавливалась по значениям энтропии: N1=0,775; N2=0,749; N3=0,563; N4=0,449; N5=0,398; N6=0,141.

Ориентированный граф причинно-следственных связей при шести факторах представлен на рис. 1.

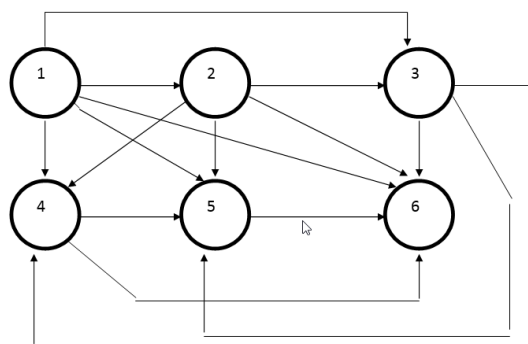


Рис. 1

Для нахождения коэффициентов g_{ij} необходимо составить систему из 15 нелинейных относительно g_{ij} уравнений и решить ее:

$$\begin{aligned} \Gamma_{12} &= g_{12}, \\ \Gamma_{13} &= g_{13} + g_{12} * g_{23}, \\ \Gamma_{14} &= g_{14} + g_{12} * g_{24} + g_{13} * g_{34}, \\ \Gamma_{15} &= g_{15} + g_{12} * g_{25} + g_{13} * g_{35} + g_{14} * g_{45}, \\ \Gamma_{16} &= g_{16} + g_{12} * g_{26} + g_{13} * g_{36} + g_{14} * g_{46} + \\ &+ g_{15} * g_{56}, \\ \Gamma_{23} &= g_{23}, \\ \Gamma_{24} &= g_{24} + g_{23} * g_{34}, \\ \Gamma_{25} &= g_{25} + g_{23} * g_{35} + g_{24} * g_{45}, \\ \Gamma_{26} &= g_{26} + g_{23} * g_{36} + g_{24} * g_{46} + g_{25} * g_{56}, \\ \Gamma_{34} &= g_{34}, \\ \Gamma_{35} &= g_{35} + g_{34} * g_{45}, \\ \Gamma_{36} &= g_{36} + g_{34} * g_{46} + g_{35} * g_{56}, \\ \Gamma_{45} &= g_{45}, \\ \Gamma_{46} &= g_{46} + g_{45} * g_{56}, \\ \Gamma_{56} &= g_{56}. \end{aligned}$$

Решение системы уравнений проводили в среде Matcad.

Результаты расчетов частных коэффициентов причинного влияния представлены в табл. 1 (коэффициенты Γ_{ij} и g_{ij}).

Таблица 1

| Направление связи | Γ_{ij} | g_{ij} | $\Gamma_{ij} - g_{ij}$ |
|-------------------|---------------|----------|------------------------|
| 1→2 | 0,229 | 0,229 | 0 |
| 1→3 | 0,105 | 0,076 | 0,029 |
| 1→4 | 0,270 | 0,218 | 0,052 |
| 1→5 | 0,106 | 0,012 | 0,094 |
| 1→6 | 0,034 | 0,021 | 0,013 |
| 2→3 | 0,125 | 0,125 | 0 |
| 2→4 | 0,210 | 0,201 | 0,009 |
| 2→5 | 0,153 | 0,072 | 0,081 |
| 2→6 | 0,037 | 0,029 | 0,008 |
| 3→4 | 0,068 | 0,068 | 0 |
| 3→5 | 0,192 | 0,172 | 0,020 |
| 3→6 | 0,014 | 0,007 | 0,007 |
| 4→5 | 0,293 | 0,293 | 0 |
| 4→6 | 0,035 | 0,026 | 0,009 |
| 5→6 | 0,031 | 0,031 | 0 |

Анализ полученных результатов позволяет сделать следующие выводы:

- существует довольно тесная взаимосвязь между обеспеченностью сырьем и

уровнем технологического оборудования, без качественного сырья невозможна эффективность работы современного оборудования ($g_{12}=0,229$);

- отсутствие отечественного сырья и недостаточный уровень технологического оборудования влияют на кадровую политику на предприятиях, люди не очень хотят работать на предприятии, где есть проблемы с сырьем ($g_{14}=0,218$, эффект сопутствия составляет 0,60; $g_{24}=0,201$, эффект сопутствия 0,009);

- отсутствие сырья и устаревшее технологическое оборудование в меньшей степени, чем в предыдущем случае, но также являются причиной контрабандного ввоза в страну продукции из-за рубежа ($g_{13}=0,076$, эффект сопутствия 0,029; $g_{23}=0,125$);

- малый приток квалифицированных кадров в промышленность тормозит разработку нового качественного ассортимента тканей ($g_{45}=0,293$), этому не способствует и контрабандный ввоз товара из-за рубежа ($g_{35}=0,172$, эффект сопутствия 0,020);

- недостаточный уровень технологического оборудования является причиной того, что на нем невозможно выработать конкурентоспособную продукцию ($g_{25}=0,072$, эффект сопутствия 0,081), отсутствие сырья, хотя и влияет, но в небольшой степени на ассортиментную политику предприятия ($g_{15}=0,012$), хотя коэффициент причинного влияния $\Gamma_{15}=0,106$; в этом случае имеют место многочисленные эффекты сопутствия и они равны 0,094;

- контрабандный ввоз товара из-за рубежа отпугивает кадры идти работать на текстильные предприятия ($g_{34}=0,068$), хотя и в меньшей степени, чем бедственное положение с сырьевой базой и уровнем технологического оборудования;

- обеспеченность отечественным сырьем, уровень оснащения современным оборудованием, контрабандный ввоз товара из-за рубежа, профессионализм кадрового состава работающих на предприятиях текстильной промышленности, ассортиментная политика на предприятиях, безусловно, являются причинами не-

достаточно, эффективной работы предприятий ($g_{16}=0,021$; $g_{26}=0,029$; $g_{36}=0,007$; $g_{46}=0,026$; $g_{56}=0,031$); малые значения косвенных коэффициентов причинного влияния до конца не могут решить проблему эффективности работы действующих предприятий в современных условиях; эти факторы зависят от многих причин, основные из которых могут быть решены законодательно, на уровне государства.

В Ы В О Д Ы

1. Предложен алгоритм установления основных факторов, влияющих на эффективность текстильного производства, на основе бинарной причинно-следственной теории информации.

2. Обеспеченность отечественным сырьем, уровень оснащения современным оборудованием, контрабандный ввоз товара из-за рубежа, профессионализм кадрового состава работающих на предприятиях текстильной промышленности, ассортиментная политика на предприятиях, безусловно, являются причинами недостаточно эффективной работы предприятий ($g_{46}=0,026$; $g_{56}=0,031$); малые значения косвенных коэффициентов причинного влияния не могут решить окончательно проблему эффективности работы действующих предприятий в современных условиях. Эти факторы, зависящие от многих причин, могут быть решены на государственном уровне.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Николаев С.Д. Прогнозирование технологических параметров изготовления тканей заданного строения и разработка методов их расчета. Дис. ... докт. техн. наук. – М.: МТИ, 1988.

2. Николаев С.Д., Мартынова А.А., Юхин С.С., Власова Н.А. Методы и средства исследования технологического процесса ткачества: Монография – М., 2003.

Рекомендована кафедрой ткачества. Поступила 26.11.12.

**ТЕХНОЛОГИЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ
О ВЫПОЛНЕНИИ ЗАКАЗА ПОТРЕБИТЕЛЯ
НА ШВЕЙНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ**

**THE TECHNOLOGY OF MAKING DECISIONS
ON THE CONSUMER ORDER IMPLEMENTATION
AT GARMENT ENTERPRISES**

С.А. ЛЕОНОВ
S.A. LEONOV

(Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна)
(Saint-Petersburg State University of Technology and Design)
E-mail: sergey-leonov@mail.ru

Раскрыта суть технологии принятия управленческих решений в сбытовой деятельности предприятия. Выделены этапы реализации алгоритма принятия решений о выполнении заказа потребителя. Предложены показатели для расчета возможных объемов поставки.

The essence of the technology of making administrative decisions in sale activity of an enterprise has been exposed. The stages of realization of the algorithm of making decisions on the consumer order implementation have been noted. The indexes for calculation of possible supplies amount have been offered.

Ключевые слова: управление сбытовой деятельностью, управленческий процесс, технология принятия решений, выполнение заказа, швейное предприятие.

Keywords: management of sale activity, administrative process, the technology of making decisions, order implementation, a garment enterprise.

Успех предприятия в современных условиях возрастающей конкуренции зависит от гибкого реагирования производителей на изменение потребностей рынка, что требует создания механизмов управления, позволяющих осуществлять адаптацию к рыночным условиям и конкуренции.

Чем успешнее предприятие функционирует на конкурентном поле, тем чаще необходимо принимать решения о выполнении заказов потребителей. Большая роль в этом процессе отводится постоянному мониторингу за процедурами, связанными с производственно-сбытовой деятельностью фирмы. В связи с этим возникает задача оценки скорости и целесообразности выполнения поступающих запросов потребителей, решение которой сопряжено с опре-

деленными сложностями и, в первую очередь, с большими объемами информации.

Все это приводит к необходимости создания системы управления заказами на базе объединения управления на этапах закупок и планирования запасов, производства, сбыта и маркетинга. Создание такой сквозной системы управления сегодня возможно только при использовании современных информационных технологий, которые позволяют оперативно собирать и обрабатывать большие потоки информации.

Практика показывает, что успех сбытовой деятельности зависит не только от действий топ-менеджмента предприятия, определяющего его стратегическое развитие, но в не меньшей степени и от работников, осуществляющих элементарные операции.

Процесс выработки решения имеет определенную технологию, соблюдение которой способствует обеспечению необходимого уровня качества управленческого решения.

Под технологией принятия решений понимается совокупность последовательных приемов и способов для достижения цели [3, с. 116].

В деятельности предприятия порой для разрешения управленческой проблемы требуется не единичное решение, а определенная последовательность действий. Поэтому принятие решения – это не одномоментный акт, а результат процесса, развивающегося во времени и имеющего определенную структуру. Процессом принятия решения является последовательность действий субъекта управления, направленных на разрешение проблемной ситуации и заключающихся в анализе сложившейся ситуации, генерации альтернатив решения, принятии решения и организации реализации его выполнения.

При поступлении заявки от потребителя на производство готовой спецодежды менеджеру отдела сбыта необходимо проанализировать, имеет ли предприятие технические и технологические возможности произвести заказанную продукцию.

В связи с этим возникает необходимость разработки инструментов анализа и управления, которые помогут менеджеру принять требуемое управленческое решение и сократить время обработки заказа. Стоит отметить, что обработку заказов относят к главным функциям логистики, так как она определяет момент времени получения товара или оказания услуги клиенту и инициирует работу служб по доставке товара.

Основное рабочее время менеджера отдела сбыта уходит на прием и обработку заказов от клиентов фирмы, поэтому наша задача – сокращение времени приема и обработки заказа. Этот процесс состоит из следующих последовательных процедур (рис. 1 – перечень и взаимосвязь составляющих процесса "Прием и обработка заказа" [2, с. 33]): получение заказа, оценка потенциальной возможности выполнения

заказа с учетом технологических особенностей производства, обработка заказа, оформление заказа и предоставление клиенту счета на оплату.

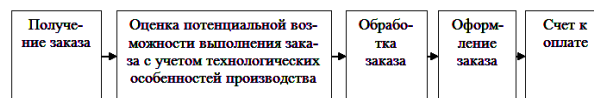


Рис. 1

В связи с этим можно выделить следующие этапы реализации алгоритма принятия решений о выполнении заказа потребителя: ввод параметров заказа в базу данных, оценка потенциальной возможности выполнения заказа с учетом технологических особенностей производства, обработка заказа, оценка рентабельности заказа, оформление заказа (документов), контроль выполнения заказа. Каждый из вышеперечисленных этапов требует подробного рассмотрения. Реализация предложенных этапов требует применения определенных математических и статистических методов. Выполнив предложенные на каждом этапе расчеты, менеджер отдела сбыта определит, можно ли выполнить заказ покупателя в соответствии с требованиями потребителя по объему, качеству готовой спецодежды, цене, срокам отгрузки и поставки.

Алгоритм принятия решений о выполнении заказа потребителя представляет собой последовательность действий и расчетов, которая позволит менеджеру быстро сориентироваться в имеющихся возможностях предприятия и дать быстрый ответ клиенту.

Применение предложенного алгоритма в практике управления производственно-сбытовой деятельностью швейных предприятий дает предприятию механизм, позволяющий ему быстрее адаптироваться к динамике запросов потребителей.

Первоочередной задачей менеджера отдела сбыта является оценка потенциальной возможности выполнения заказа с учетом технологических особенностей производства.

При принятии решения о возможности исполнения заказа требуется ответить на следующие вопросы.

1. Имеется ли в ассортименте фабрики заказываемый артикул спецодежды или артикул спецодежды, обладающей подобными техническими свойствами (наличие заправочных параметров)?

2. Имеются ли техника, технология, трудовые и материальные ресурсы в требуемом количестве и качестве, необходимые для организации производства запрашиваемого артикула спецодежды?

3. Производится ли артикул спецодежды в текущем периоде?

4. Запланировано ли его производство в плановом периоде [3, с. 121]?

Процедура "Оценка потенциальной возможности выполнения заказа с учетом технологических особенностей производства" включает в себя (рис. 2 – блок-схема осуществления процедуры "Оценка потенциальной возможности выполнения заказа с учетом технологических особенностей производства" [1, с. 62]):

1) поиск позиций заказа по номенклатурному справочнику, если заказаны конкретные артикулы спецодежды, выпускаемые предприятием;

2) если клиента интересуют определенные качественные и технические характеристики продукции – проверка наличия аналогичного артикула в базе данных предприятия;

3) если подобная спецодежда не производится предприятием – оценка возможность произвести заказанную спецодежду на имеющемся в распоряжении оборудовании (анализ технических и технологических возможностей производства);

4) в случае, когда производство невозможно – отказ клиенту, в противном случае – переход к процедуре "Обработка заказа".

Таким образом, данная процедура (рис. 2) предполагает анализ возможности производства заказанных артикулов спецодежды на предприятии. Однако в соответствии с выделенными критериями запросов потребителей можно интерпретировать этот этап – как оценку выполнимо-

сти заказа по критериям "ассортимент" и "качество", что является первоочередной задачей при принятии решения о выполнении того или иного заказа. Тогда к числу задач, решаемых в ходе процедуры "Обработка заказа", относится оценка выполнимости заказа по таким критериям, как: количество, время, цена, а также оценка выполнимости заказа в соответствии с прочими требованиями, предъявляемыми потребителем, например, в соответствии с условиями оплаты и доставки и т.д.

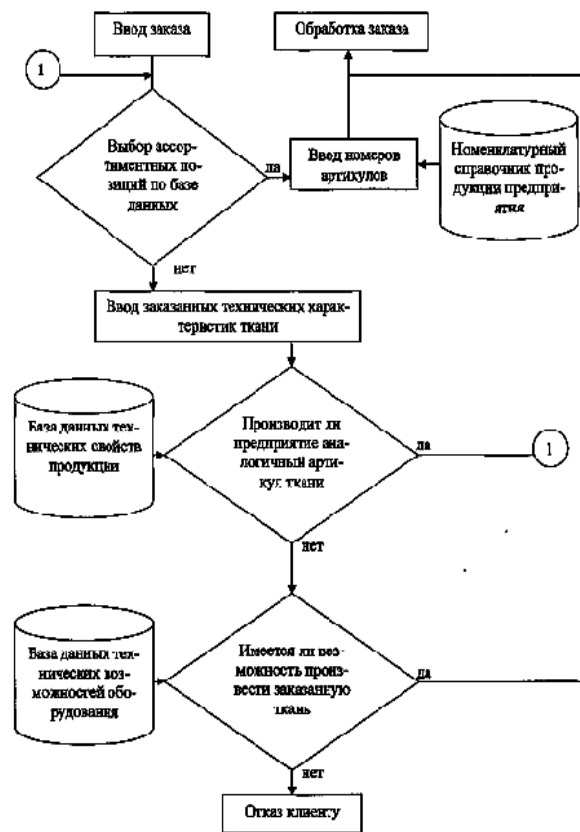


Рис. 2

Рассмотрим следующую процедуру процесса управления заказами – "Обработка заказа". Это процедура, которой следует предприятие при получении заказа от клиента на производство определенной продукции. Она включает в себя проверку кредитоспособности клиента и санкционирование заказа, расчет времени выполнения заказа, себестоимости и стоимости заказа, а также согласование параметров выполнения заказа с потребителем. Цель построения алгоритма процедуры – ускорение реакции на запрос потребителя.

Начинается "Обработка заказа" с проверки наличия готовой спецодежды соответствующего артикула на складе и ее количества, затем, если спецодежда имеется в достаточном количестве – подсчитывается время, необходимое на оформление, оплату, комплектацию, отгрузку и доставку заказа клиенту, если же на складе нет заказанного артикула или имеется в меньшем количестве, чем требуется, проверяется наличие суровья и отделочных материалов для производства готовой спецодежды и их количество и т.д. [1, с. 64].

Если все заказываемые артикулы спецодежды на момент оформления заказа имеются в наличии на складе в достаточном количестве, то предприятие может гарантировать отгрузку заказа в течение определенного срока после оплаты (либо в соответствии с другими условиями оплаты). Если заказанные артикулы частично имеются на складе или зарезервированы другими клиентами, следовательно, необходимо произвести недостающее количество спецодежды определенного ассортимента. При этом заказанные артикулы спецодежды могут быть включены в текущие планы реализации и отгрузок либо в планы на следующие периоды.

Время на производство недостающего количества будет складываться из времени ожидания начала производства конкретного заказа, времени непосредственно на производство (выполнение технологических операций на оборудовании), времени на осуществление складских операций и времени на транспортировку заказа. Существует вероятность задержки выполнения заказа или отгрузки раньше планируемого срока.

Для расчета возможных объемов поставки осуществления процедуры "Обработка заказа" (рис. 1) нами предлагается рассчитать следующие показатели.

1. Общее количество заказанной готовой ткани 1-го артикула на данный момент времени ($ГТ_i$):

$$ГТ_i = ГТ_i^{\text{склад}} - ГТ_i^{\text{рез}} - ГТ_i^{\text{заказ}}, \quad (1)$$

где $ГТ_i^{\text{склад}}$ – количество готовой спецодежды i-го артикула на складе ГП; $ГТ_i^{\text{рез}}$ – зарезервированное количество готовой спецодежды i-го артикула; $ГТ_i^{\text{заказ}}$ – заказанное количество готовой спецодежды i-го артикула (по текущему заказу) [5, с. 76].

2. Текущая потребность в суровых тканях для производства i-го артикула готовой спецодежды ($ТП_i^{\text{CT}}$):

$$ТП_i^{\text{CT}} = ГТ_i / \eta_i, \quad (2)$$

где η_i – коэффициент выхода потерь по длине спецодежды в отделке.

3. Количество суровой ткани, необходимой для производства заказанной готовой спецодежды i-го артикула, на данный момент времени ($СТ_i$):

$$СТ_i = СТ_i^{\text{склад}} - СТ_i^{\text{рез}} - ТП_i^{\text{CT}}, \quad (3)$$

где $СТ_i^{\text{склад}}$ – количество суровья для производства i-го артикула спецодежды, имеющегося в наличии на складе; $СТ_i^{\text{рез}}$ – количество суровья i-го артикула, поставленное в резерв.

4. Текущая потребность в отделочных материалах для производства i-го артикула готовой спецодежды ($ТП_n^{\text{OM}}$):

$$ТП_n^{\text{OM}} = СТ_i \cdot R_{in}, \quad (4)$$

где R_{in} – расход n-го материала на 1 м суровой спецодежды i-го артикула.

5. Количество n-го отделочного материала, необходимого для производства заказанной готовой спецодежды i-го артикула, на данный момент времени ($ОМ_n$):

$$ОМ_n = ОМ_n^{\text{склад}} - ОМ_n^{\text{рез}} - ТП_n^{\text{MO}}, \quad (5)$$

где $ОМ_n^{\text{склад}}$ – количество n-го отделочного материала на складе; $ОМ_n^{\text{рез}}$ – количество n-го отделочного материала, поставленного в резерв.

6. Текущая потребность в пряже j-го артикула (основной и уточной) ($ТП_j^{\text{П}}$):

$$ТП_j^{\text{П}} = СТ_i^{\text{недост}} \cdot Q_{ij}, \quad (6)$$

где Q_{ij} – расход ткани j -го артикула с учетом отходов на 1 м суровой спецодежды i -го артикула.

7. Количество ткани j -го артикула (основной и уточной) на данный момент времени (Π_j):

$$\Pi_j = \Pi_j^{\text{склад}} - \Pi_j^{\text{рез}} - \text{ТП}_j^{\text{п}}, \quad (7)$$

где $\Pi_j^{\text{склад}}$ – количество ткани j -го артикула на складе; $\Pi_j^{\text{рез}}$ – количество ткани j -го артикула, поставленное в резерв [5, с. 81].

8. Текущая потребность в смеси для производства ткани j -го артикула ($\text{ТП}_j^{\text{см}}$):

$$\text{ТП}_j^{\text{см}} = \Pi_j / \delta_j, \quad (8)$$

где δ_j – норма выхода ткани j -го артикула из соответствующей смеси.

9. Текущая потребность в сырье k -го вида для производства ткани j -го артикула ($\text{ТП}_k^{\text{с}}$):

$$\text{ТП}_k^{\text{с}} = \Pi_j \cdot \omega_{kj}, \quad (9)$$

где ω_{kj} – долевое содержание k -го компонента в смеси для производства ткани j -го артикула.

Количество компонентов в смеси (шерсти различного вида, искусственных и синтетических тканей) может быть от 1 до 15 для каждого артикула ткани.

10. Количество k -го компонента смеси на данный момент времени (C_k):

$$C_k = C_k^{\text{склад}} - C_k^{\text{рез}} - \text{ТП}_k, \quad (10)$$

где $C_k^{\text{склад}}$ – количество сырья k -го вида на складе сырья; $C_k^{\text{рез}}$ – количество сырья k -го вида, поставленного в резерв.

Если $C_k < 0$ – имеется недостаток сырья k -го вида, $C_k > 0$ – излишек.

Выполнив предложенные расчеты, менеджер отдела сбыта определит, можно ли выполнить заказ покупателя в требуемом объеме и какое количество недостающего

для выполнения заказа потребителя в требуемом объеме сырья, материалов и полуфабрикатов нужно купить или произвести.

Далее следует процедура "Оформление заказа", которая включает в себя составление счета и товаросопроводительных документов, регистрации заказа и отправку копий заказа соответствующему персоналу, например, на склад, в отдел доставки, в бухгалтерию, после чего клиенту выставляется счет на оплату [1, с. 79].

Таким образом, в функции менеджера в области управления заказами входит оформление заказов на продукцию, выписка и отправка клиентам счетов на оплату заказанной продукции, контроль оплаты счетов, а также контроль исполнения заказов клиентов.

Для эффективной работы менеджеров и анализа их деятельности необходимы оперативная информация и контроль стадий исполнения того или иного заказа. Поэтому важным этапом процесса управления заказами является мониторинг и контроль их выполнения.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ефимова С.А.* Управление сбытом или как увеличить объем продаж. – М.: Издательство "Альфа-Пресс", 2007.
2. *Кочергин Д.* Технологии моделирования бизнес-процессов // Экономика и жизнь. – 2006, №23. С. 33.
3. *Мостовый Я.* Системы поддержки принятия решений в управлении сбытом / Межвуз. сб. науч. тр. Актуальные вопросы современного управления и экономики. – М.: ИНИОН РАН, 2001. С.115...129.
4. *Родионова В.Н., Владимирова И.С.* Современные тенденции развития организации производственной деятельности на предприятии // Организатор производства. – 2007, №2. С.16...20.
5. *Kaplan R.S., Norton D.P.* Using the Balanced Scorecard as a Strategic Management System // Harvard Business Review. – 1996. Vol. 70, №1. P.75...85.

Рекомендована кафедрой менеджмента. Поступила 03.12.12.

**МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ
ПРОГНОЗНОЙ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНЧЕСКОГО ПРОЦЕССА**
**THE METHODS OF CONSTRUCTION
OF THE PREDICTIVE MODEL OF MANAGEMENT PROCESS**

T.C. КОЧЕТКОВА, С.В. ГОРИНОВА
T.S. KOCHETKOVA, S.V. GORINOVA

(Ивановская государственная текстильная академия)
(Ivanovo State Textile Academy)
E-mail: RumyantsevaT@rambler.ru, opl@igta.ru

Авторами разработана методика построения прогноз­ной модели со­стояния управленческого процесса, обеспечивающая переход к превентив­ному регулированию управленческой деятельности. В основе методики ле­жит система показателей, с помощью которой могут быть выявлены типичные нарушения в управленческом процессе предприятия.

The authors have developed the technique for construction of the predictive model of a management process status that provides transition to preventive regu­lation of management activity. The indexes system, that may identify typical faults in the management process of an enterprise, is in the basis of the methods.

Ключевые слова: процесс управления, прогнозная модель, методика.

Keywords: management process, a predictive model, methods.

Как показывает практика, на большин­стве отечественных предприятий применя­ется технология управления по отклонени­ям, предполагающая внесение изменений в процессы на основании выявленных нару­шений. Применение данной технологии управления в некоторых случаях является необходимым и достаточным [1]. Тем не менее, зачастую с целью принятия адек­ватных мер по обеспечению функциониро­вания и устойчивого развития предприятия следует ориентироваться на превентивное (предварительное) воздействие, обеспечи­вающее "желаемое" прогнозное состояние объекта [2]. В этой связи актуально по­строение прогнозных моделей процессов предприятия [3], [4].

Нами разработана методика оценки управленческих процессов предприятия с применением технологии превентивного управления. Как известно, управленческий процесс обладает рядом особенностей, су­щественно отличающих его от управляемо­го процесса и обусловленных специфично­

стью управленческой деятельности [5]. Оп­ределим процесс управления как упорядо­ченную совокупность операций, направ­ленную на выработку управленческих ре­шений для достижения предприятием сво­их целей. Для того чтобы построить про­гнозную модель управленческого процес­са, необходимо выполнить следующие этапы: назначить контрольные показатели процесса управления; определить кон­трольные точки управленческого процесса (определить периодичность расчета кон­трольных показателей); построить модель ожидаемого состояния процесса управле­ния в следующем логистическом цикле с помощью программы Neuroshell.

Анализ эффективности управленческо­го процесса и его подпроцессов предлага­ется проводить по специальной матричной параметрической системе. В ней выделены ключевые показатели процесса (контроль­ные показатели), на основании которых будет строиться прогнозная модель управ­ленческого процесса. С целью выделения

контрольных показателей были сформулированы типичные нарушения управленческого процесса.

Типичными назовем те нарушения, которые возникают в повседневной деятельности аппарата управления предприятия и являются следствием допущенных ошибок, просчетов в работе управленческого персонала.

В ходе проведения исследования нами была предпринята попытка выделить

группы нарушений управленческого процесса. В своей работе мы опирались на данные опроса, проведенного среди управленческого персонала текстильных предприятий по комбинированной выборке. Численность опрошенных обеспечила репрезентативность выборки. Были выявлены типовые проблемы в управленческой деятельности, на основании которых удалось сформулировать типичные нарушения, представленные в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

| Этап процесса управления | Наименование группы нарушений |
|---------------------------|---|
| I. "Вход" процесса | 1) неэффективное ресурсное обеспечение управляющего процесса 2) препятствия на "входе" управляющего процесса |
| II. "Выполнение" процесса | 1) отклонение фактической продолжительности процесса от запланированной 2) некачественное исполнение функциональных обязанностей 3) несовершенство организации процесса 4) неэффективное использование ресурсов управления |
| III. "Выход" процесса | 1) нарушения в организации "обратной связи" 2) нарушения в организации и контроллинге управляемого процесса 3) нарушения в технологии управляющего воздействия |

На втором этапе при определении периодичности расчета контрольных показателей учитывалось, что продолжительность управленческого процесса принимается равной продолжительности управляемого процесса. Устанавливаем контрольные точки процесса в соответствии со средним циклом выполнения заказа (логистическим циклом), рассчитанным по итогам предшествующего года. Определение контрольных показателей за несколько логистических циклов позволит сформировать информационную базу для построения прогнозной модели состояния управленческого процесса.

На третьем этапе осуществляется непосредственное построение прогнозной модели с использованием программы Neuroshell, которая позволяет имитировать способность человеческого мозга классифицировать примеры, делать предсказания или принимать решения, основываясь на опыте прошлого.

Отметим, что построение прогнозной модели управленческого процесса позволит описать ожидаемое состояние процесса в следующем логистическом цикле (но без учета влияния форс-мажорных обстоя-

тельств). В качестве результативного признака в прогнозной модели нам представляется целесообразным использовать показатель "рентабельность управления", так как он является одним из обобщающих показателей, позволяющим судить о деятельности всего аппарата управления предприятия. В качестве факторных признаков выступают контрольные показатели процесса. При построении прогнозной модели используются значения контрольных показателей по итогам нескольких лет. Сравнение полученных прогнозных значений показателей с их нормативными величинами позволит определить степень отклонения ожидаемого состояния управленческого процесса от "желаемого". Именно рекомендации по достижению "желаемого" состояния управленческого процесса ложатся в основу превентивных мер по корректировке состояния процесса.

Безусловно, построение прогнозной модели потребует дополнительных усилий и времени со стороны управленческого персонала. На начальном этапе будут привлечены специальные информационные технологии для формирования базы данных о состоянии процесса. В дальнейшем

часть информации консолидируется автоматически, а часть вводится руководителями подразделений непосредственно в компьютерную сеть со своих рабочих мест. Введение этой процедуры в регламент не отвлечет ресурсы, но упорядочит подпроцессы управления. В то же время эти действия позволят повысить контроль за состоянием процесса, своевременно принять меры по предотвращению возможных в нем нарушений, а значит, повысить его эффективность, будут способствовать его непрерывному совершенствованию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Юхина Е.А., Юхин А.С. Ассортиментная гибкость и эффективность текстильного производства // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2010, № 6. С. 5...7.

2. Горинова С.В., Андриянова Н.В. Проектирование управленческих бизнес-процессов на предприятиях текстильной промышленности // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2006, № 4. С. 6...9.

3. Степанова С.М. Стратегическое управление социально-трудовым потоком Ивановского текстильно-швейного комплекса // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, №6. С. 5...9.

4. Юхина Е.А., Радовский И.А. Структурирование и анализ бизнес-процессов на предприятиях текстильной промышленности в целях выявления рисков // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, №3. С.12...16.

5. Васнев А.Н. Классификация и оценка интеллектуальных ресурсов управления // Вестник ИНЖЭКОНа: Серия Экономика. – 2008, № 2 (21). С. 53...56.

Рекомендована кафедрой организации производства и логистики. Поступила 10.12.12.

УДК 677.07:536.21

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ
ИЗ ХИМИЧЕСКИХ ВОЛОКОН**

**RESEARCH OF HEAT CONDUCTION OF NONWOVEN MATERIALS
FROM CHEMICAL FIBERS**

*Т.С. СОКОЛОВСКАЯ, Е.А. ШИБАРОВА, Т.Е. ВОЛОЩИК
T.S. SOKOLOVSKAYA, E.A. SHIBAROVA, T.E. VOLOSHCHIK*

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина")
(Moscow State Textile University "A.N. Kosygin")
E-mail: office@msta.ac.ru

Исследована зависимость коэффициента теплопроводности объемного нетканого материала из химических волокон: полипропилена, полиамида и полиэфира от различного массового состава. Установлены зависимости коэффициента теплопроводности от массового состава компонент, входящих в нетканый материал. Отмечено, что нетканые материалы с хорошими теплоизоляционными свойствами можно получить, используя смеси химических волокон, в которых в совокупности проявляются их механические и тепловые свойства.

Dependence of a heat conduction coefficient of volume nonwoven material from chemical fibers: polypropylene, polyamide and polyester from different mass composition has been researched. Dependences of a heat conduction coefficient on mass structure of components forming nonwoven material have been established. It is noted, that nonwoven materials with high heat conduction properties can be made using chemical fibers compositions in which their mechanical and heat properties are revealed in aggregate.

Ключевые слова: нетканый материал, коэффициент теплопроводности, химические волокна, массовый состав компонент.

Keywords: nonwoven material, heat conduction coefficient, chemical fibers, components mass structure.

Целью данного исследования являлось изучение влияния содержания в смеси полиэфирных и полипропиленовых волокон на коэффициент теплопроводности нетканого материала.

Волокнистый холст получали на экспериментальной чесальной установке ЧБВ-52 "Орловчанка". Он состоял из полиэфирных

волокон линейной плотности 0,82 текс длиной 65 мм, из полиамидных волокон линейной плотности 0,4 текс длиной 65 мм и из полипропиленовых волокон линейной плотности 0,4 текс длиной 65 мм. Результаты варьирования содержания полиамидного, полипропиленового и полиэфирного волокон представлены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

| № п/п | Массовый состав g, % | | | Толщина, мм | Поверхностная плотность, г/м ² | Показатель пористости, % | Коэффициент теплопроводности λ, Вт/(м·К) |
|-------|----------------------|--------------|----------|-------------|---|--------------------------|--|
| | полиамид | полипропилен | полиэфир | | | | |
| 1 | 40 | 40 | 20 | 8,636 | 623 | 93,4 | 0,0280 |
| 2 | 20 | 40 | 40 | 6,674 | 607 | 91,7 | 0,0275 |
| 3 | 40 | 20 | 40 | 6,298 | 511 | 93,0 | 0,0415 |
| 4 | 20 | 20 | 60 | 9,240 | 555 | 95,0 | 0,0405 |
| 5 | 30 | 30 | 40 | 8,010 | 566 | 93,7 | 0,0406 |
| 6 | 40 | 30 | 30 | 8,722 | 559 | 94,2 | 0,0320 |
| 7 | 20 | 30 | 50 | 8,158 | 703 | 92,5 | 0,0500 |
| 8 | 30 | 40 | 30 | 7,896 | 602 | 92,9 | 0,0319 |

Прочесанные холсты подвергали предварительному (50 см²) и окончательному (200 см²) иглопрокалыванию на машине ИМ-1800МА.

Готовые иглопробивные материалы подвергали термообработке на лабораторном прессе без давления при температуре 150°С в течение 0,5 мин.

Определение теплопроводности нетканых материалов проводилось методом квазирегулярного режима охлаждения [1]. Кривые охлаждения предварительно нагретых, а затем вертикально расположенных плоских образцов нетканых материалов в условиях свободной конвекции, описываются единым законом:

$$\ln u = -m(1 - \mu\tau)\tau + \text{const} \quad (1)$$

с параметрами m , μ , зависящими только от физических свойств испытываемых материалов. В формуле (1) u – разность между температурой поверхности образца и температурой окружающей среды; τ – промежуток времени, прошедший с начала процесса охлаждения [1]. Параметры m , μ определяются из кривой охлаждения и содержат информацию о теплофизических свойствах нетканого материала. Для нетканых материалов из химических волокон из полипропилена, полиамидов и поли-

эфиров параметр μ настолько мал, что кривая (1) в интервале температур 20...80°С представляет собой практически прямую линию. В этом случае для определения теплофизических постоянных можно воспользоваться аналитическим методом, предложенным в работе [2].

Порядок определения коэффициента теплопроводности следующий. Образец нетканого материала нагревается в сушильном шкафу до температуры 80°С, затем быстро вынимается и помещается вертикально перед инфракрасным пирометром, сигнал от которого регистрируется ИК-пирометром на экране дисплея в виде кривой зависимости температуры поверхности образца от времени. По результатам измерений строится кривая охлаждения, показывающая, как меняется во времени логарифм разности между температурой поверхности образца и температурой помещения. Из кривой охлаждения с помощью программы извлекается информация о теплофизических параметрах вещества [2].

Результаты измерений для исследуемых образцов, с различным массовым составом входящих компонентов, сведены в табл. 1.

Из анализа приведенных в табл. 1 значений коэффициентов теплопроводности видно, что с увеличением массовой доли

полиэфирного волокна данный показатель резко возрастает (рис. 1). На рисунках опытные значения коэффициента тепло-

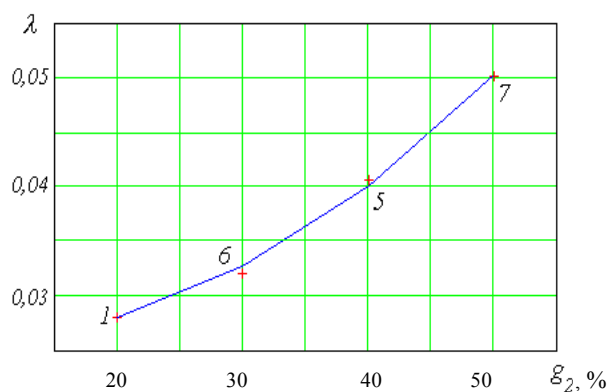


Рис. 1

Зависимость коэффициента теплопроводности от массовой доли полипропиленового волокна совершенно другая (рис. 2). С ростом содержания в нетканом материале полипропиленового волокна коэффициент теплопроводности уменьша-

ется до $0,0275 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$, что теоретически обосновывается низким коэффициентом теплопроводности самого полипропиленового волокна. Внедрение полипропилена в технику в качестве теплоизоляционного элемента означало бы уменьшение веса теплоизоляции, так как плотность его составляет $0,9 \text{ г/см}^3$.

Однако недостаточная гибкость полипропилена в относительно толстом слое ограничивает его применимость для теплотехнической изоляции. При снижении толщины полипропиленового покрытия оно приобретает нужную гибкость, но при этом возрастает опасность его механического повреждения.

Использование же полипропиленового волокна в смесях с другими химическими волокнами в нетканых материалах позволяет устранить данный недостаток и полу-

проводности изображены крестиками, цифровые значения указывают номер образца в табл. 1.

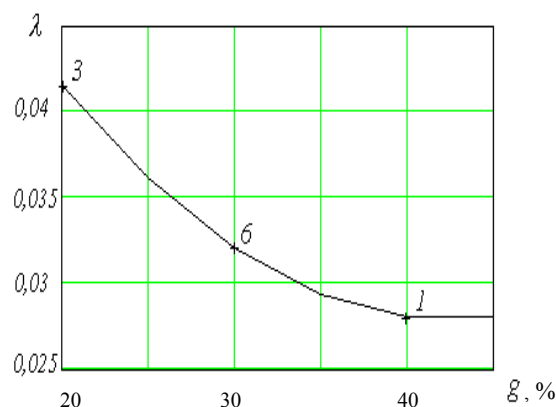


Рис. 2

чить объемные материалы большой толщины с хорошими теплоизоляционными свойствами.

ВЫВОДЫ

Проведенные исследования по определению коэффициента теплопроводности иглопробивного нетканого материала различного волокнистого состава показали, что введение в состав нетканого материала полипропиленового волокна позволяет повысить его теплоизоляционные свойства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Соколовская Т.С., Соколовский Р.И. Нестационарная теплопроводность плоскостойких сред. – М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2007.
2. Соколовская Т.С., Шибарова Е.А. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, № 4.

Рекомендована кафедрой промышленной теплоэнергетики. Поступила 16.01.12.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗРЫВНОЙ НАГРУЗКИ ПРИ РАСТЯЖЕНИИ ПАРААРАМИДНЫХ НИТЕЙ

RESEARCH OF BREAKING LOAD WHILE STRETCHING ARAMIDE FIBERS

О.В. НИКИТИНА, А.В. КУРДЕНКОВА, Ю.С. ШУСТОВ
O.V. NIKITINA, A.V. KURDENKOVA, YU.S. SHUSTOV

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина)
(Moscow State Textile University "A.N. Kosygin")
E-mail: sys@staff.msta.ac.ru

Параарамидные нити имеют широкую область применения. В процессе эксплуатации они чаще всего подвергаются механическим воздействиям. Для получения разрывных характеристик нитей нередко применяют их растяжение с завязыванием посередине образца узла и с заправкой в каждый зажим разрывной машины не одного, а двух отрезков нити в виде входящих одна в другую петель.

Aramide fibers have a wide scope of application. While in serve they are exposed to mechanical influences more often. For getting break characteristics of threads one apply their stretching with making a knot in the middle of a sample and inserting not one but two pieces of a thread in each clip of a break machine in the form of loops entering one in another.

Ключевые слова: параарамидные нити Русар; механические свойства; разрывная нагрузка; разрывное удлинение; разрывная нагрузка в петле; разрывная нагрузка в узле.

Keywords: Rusar aramide threads, mechanical properties, breaking load, breaking lengthening, breaking load in a loop, breaking load in a knot.

Объектами исследования являлись высокопрочные высокомодульные гетероциклические параарамидные нити Русар, предназначенные для изготовления средств баллистической защиты: №1 – необработанная нить Русар (68,64 текс); №2 – термообработанная нить Русар (60,50 текс); №3 – дополнительно термовытянутая нить Русар (60,88 текс); №4 – высокопрочная нить Русар (60,56 текс).

В работе проведены испытания на определение механических свойств нитей. Испытания проводились на испытательной системе Инстрон серии 4411 при скоростях движения верхнего зажима 100, 200, 300, 400 и 500 мм/мин. Разрывные характеристики нитей определялись в соответствии с [1].

Результаты испытаний приведены на рис. 1...3, где рис. 1 – зависимость разрывной нагрузки нитей Русар от скорости растяжения; рис. 2 – зависимость разрывной нагрузки при разрыве петель нитей Русар от скорости растяжения; рис. 3 – зависимость разрывной нагрузки при разрыве узлом нитей Русар от скорости растяжения.

Можно отметить, что у образца 1 (необработанная нить) прочность значительно ниже, чем у остальных образцов. Различия в величине показателей у образцов 2, 3, 4 заметно на скорости 100 мм/мин, а при скорости 500 мм/мин прочность становится практически одинаковой.

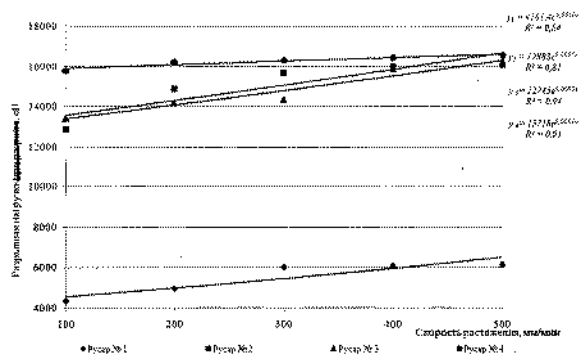


Рис. 1

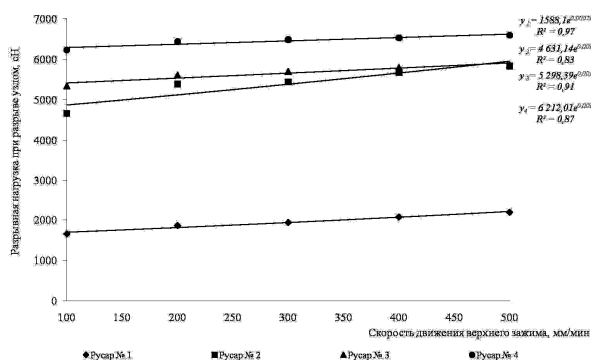


Рис. 3

При исследовании влияния скорости движения зажима на разрывную нагрузку при растяжении до разрыва, при разрыве петлей и узлом установлено, что прочность нитей Русар возрастает по линейному закону.

В зависимости от скорости растяжения меняется время, в течение которого осуществляется деформация. При большой скорости время деформирования мало. Вследствие этого не успевают нарушиться многие межмолекулярные связи, прорасти трещины, развиваться эластическая и пластическая деформации. При малой скорости получается обратная картина. Ввиду этого с ростом скорости растяжения увеличивается разрывная нагрузка и падает полное разрывное удлинение [2].

Также можно отметить, что прочность при стандартном методе испытаний выше, чем при других способах испытаний. Данное обстоятельство связано с тем, что при стандартном методе испытаний и при испытании петлей нить либо не изгибается, либо изгибается в одном направлении. В

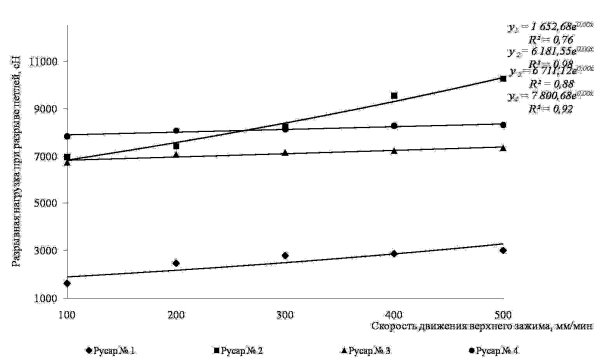


Рис. 2

то время как при завязывании узла нить меняет направление и происходит деформирование филаментов, поэтому и разрывная нагрузка значительно меньше.

Таким образом, при разрыве петлей при скорости 100 мм/мин у образца 1 сохраняется 20% прочности при растяжении одиночной нити, а при скорости 500 мм/мин – 93%. Наибольшее сохранение прочности наблюдается у образца 2 (термообработанная нить) – 90...98% независимо от скорости растяжения. При увеличении деформации (при затягивании узла) происходит сильная фибриллизация с отщеплением микрофибрилл с поверхности нити. При разрыве узлом сохранение прочности у всех образцов находится в пределах от 20 до 36% при различной скорости движения верхнего зажима.

ВЫВОДЫ

В работе получены зависимости механических свойств от скорости движения зажима разрывной машины для параарамидных нитей.

ЛИТЕРАТУРА

- ГОСТ 6611.2–73. Нити текстильные. Методы определения разрывной нагрузки и удлинения при разрыве.
- Шустов Ю.С., Кирюхин С.М. Текстильное материаловедение. – М.: Изд-во. КолосС, 2011.

Рекомендована кафедрой текстильного материаловедения. Поступила 28.05.12.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПАКЕТОВ ОДЕЖДЫ

DEVELOPMENT AND IDENTIFICATION OF THERMOPHYSICAL PROPERTIES OF TEXTILE MATERIALS AND PACKAGES OF CLOTHES

В.И. БЕСШАПОШНИКОВА, К.И. ПУЛИНА, Т.В. АЛЕКСАНДРОВА, М.В. ЗАГОРУЙКО
V.I. BESSHAPOSHNIKOVA, K.I. PULINA, T.V. ALEKSANDROVA, M.V. ZAGORUYKO

(Энгельсский технологический институт (филиал)
Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.)
(Engels Technological Institute (the Branch)
of Saratov State Technical University named after Gagarin Yu.A.)
E-mail: vibesvi@yandex.ru

Разработана методика определения теплофизических свойств текстильных материалов и пакетов одежды на установке ОПГТМ с учетом разной плотности теплового потока от 3 до 80 кВт/м². Методика позволяет оценить тепловое сопротивление материалов, комфортность пододежного пространства одежды и время безопасного пребывания человека в экстремальных условиях воздействия высокотемпературного теплового потока.

The methods of determination of thermophysical properties of textile materials and packages of clothes on the unit DCLTM have been developed, taking into account different density of heat flow from 3 to 80 kWt/m². The methods allow to value heat resistance of materials, comfort of underclothes space and safe stay of a person in extreme conditions of high temperature heat flow influence.

Ключевые слова: метод испытания, теплофизические свойства, текстильные материалы, спецодежда.

Keywords: test method, thermophysical properties, textile materials, overalls.

Для оценки теплозащитных свойств материалов и пакетов одежды от воздействия внешнего теплового потока нами предлагается использовать установку ОПГТМ (определение показателей горючести текстильных материалов).

На установке температура пододежного пространства формируется двумя тепловыми потоками, направленными навстречу друг другу. Первый поток направлен из окружающей среды, с температурой более 37°C, → через материал → в пододежное пространство, куда в это же время поступает второй поток тепловой энергии, выделяемой человеком. Тепловая энергия пододежного пространства суммируется

тепловой энергией двух потоков, направленных навстречу друг другу, и описывает уравнением:

$$Q_{\text{поп}} = Q_{\text{вс}} + Q_{\text{ч}}, \quad (1)$$

где $Q_{\text{поп}}$ – количество тепла в пододежном пространстве, ккал/ч; $Q_{\text{вс}}$ – количество тепла, поступающего из внешней среды, ккал/ч; $Q_{\text{ч}}$ – количество тепла, выделяемого человеком, ккал/ч.

Тепловой поток, который проходит через материал в пододежное пространство, можно определить на установке. Теплофизические свойства материалов и пакетов одежды можно рассчитать. Расчет тепло-

проводности материала λ , Вт/м·°С, в экстремальных условиях открытого пламени осуществляли по формуле:

$$\lambda = \Phi \delta / S \Delta t, \quad (2)$$

где Φ – тепловой поток, Вт/м²; δ – толщина материала, м; S – площадь пробы, 0,06 м²; Δt – перепад температур по обе стороны пробы материала.

Температуропроводность a , м²/с, пробы материалов рассчитывали по формуле:

$$a = \lambda / (C_m \rho_2), \quad (3)$$

где ρ_2 – плотность материала, кг/м³; C_m – удельная теплоемкость пробы материала, Дж/кг·°С, рассчитывается по формуле:

$$C_m = (1,675 \cdot 10^3) M_s S, \quad (4)$$

где $1,675 \cdot 10^3$ – удельная теплоемкость материалов органического происхождения, Дж/кг·°С; M_s – поверхностная плотность образца, кг/м²; S – площадь пробы, м².

Количество тепла, поступающего в пододежное пространство из внешней среды, $Q_{вс}$, ккал/ч, оценивали термическим сопротивлением одежды $R_{сум}$ по формуле:

$$R_{сум} = \delta / \lambda. \quad (5)$$

Темп m , град/с, прохождения теплового потока до критической температуры пододежного пространства 37°С, который позволяет оценить безопасное время пребывания человека в экстремальных условиях, определяли по формуле:

$$m = (\ln T_1 - \ln T_2) / \tau, \quad (6)$$

где T_1 и T_2 – среднеарифметическое значение показаний датчиков температуры перед образцом (со стороны пламени) и за образцом (со стороны короба, в пододежном слое), °С; τ – время, с, в течение которого температура в пододежном слое достигнет 37 °С.

Объектами исследования выбраны огнезащитные композиционные текстильные материалы КТМ-6-ОП (верхний слой –

ткань арт. 49702 СН и нижний слой – фланель арт. 1630, огнезащищенная 22% АРР-201, соединенные сополиамидом Н005РА) и БКМ-10 (верхний слой – базальтовая ткань арт. БТ-10 и нижний – "Поларфлис" арт. ДТУ-240, огнезащищенный 16% АРР-201, соединенные сополиамидом Н005РА). Для сравнения испытывали ткань арт. 06123-ОП из льняных волокон, которая имеет промышленный выпуск и используется в производстве костюмов металлургов. В пакете одежды в качестве утеплителя использовали ватин полушерстяной арт. 927637, нетканый синтепон арт. 935679 и огнезащищенный нетканый утеплитель арт. 935679-ОП [1]. В качестве подкладочного материала выбрана хлопковискозная ткань арт. 42341.

Испытания проводили при разных уровнях плотности теплового потока: низкая – 9 кВт/м², средняя – 33 кВт/м² и высокая – 75...80 кВт/м². Для доказательства достоверности результатов предложенного нами метода ткань арт. 06123-ОП исследовали по разработанному методу на установке ОПГТМ и по стандартной методике ГОСТ Р ИСО 6942–2007. Результаты испытаний и расчетов теплофизических свойств тканей представлены в табл. 1.

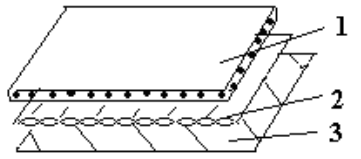
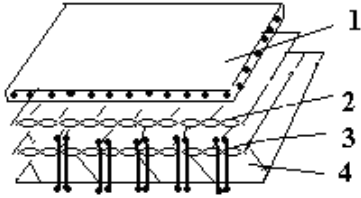
Сравнивая показатели теплофизических свойств ткани арт. 06123-ОП, полученные на установке ОПГТМ и по стандартной методике, можно констатировать, что результаты сопоставимы, следовательно, разработанный метод дает достоверные данные оценки поведения материалов при воздействии потоков теплового излучения.

Слои пакетов одежды формировали по схемам, представленным в табл. 2. Данные свойств пакетов материалов для одежды при воздействии теплового потока плотности 40 кВт/м² представлены в табл. 3. Отмечено, что тепловое сопротивление пакетов материалов от воздействия теплового потока зависит от числа слоев. Замена синтетического утеплителя на полушерстяной ватин значительно повышает сопротивление пакета материалов прохождению теплового потока в пододежное пространство.

Т а б л и ц а 1

| Показатели свойств | Образец материала | | | |
|--|---------------------|-------------------|----------|---------|
| | ткань арт. 06123-ОП | | КТМ-6-ОП | БКМ-10 |
| | на установке ОПГТМ | по ГОСТ 6942-2007 | | |
| плотность теплового потока 12 кВт/м ² | | | | |
| 1. Температуропроводность а, м ² /с | 8,68 | 8,71 | 7,35 | 6,98 |
| 2. Теплопроводность λ, Вт/м·К | 0,04159 | 0,04160 | 0,05040 | 0,03754 |
| 3. Суммарное тепловое сопротивление, °С·м ² /Вт | 0,1865 | 0,1862 | 0,2335 | 0,2826 |
| 4. Темп прохождения теплового потока до t ₃₇ , °С/мин | 0,167 | - | 0,160 | 0,155 |
| 5. Влажность пододежного пространства, % | 55 | - | 56 | 57 |
| плотность теплового потока 33 кВт/м ² | | | | |
| 1. Температуропроводность а, м ² /с | 7,34 | - | 7,12 | 6,46 |
| 2. Теплопроводность λ, Вт/м·К | 0,04074 | - | 0,04674 | 0,03345 |
| 3. Суммарное тепловое сопротивление, °С·м ² /Вт | 0,1969 | - | 0,2468 | 0,3047 |
| 4. Темп прохождения теплового потока до t ₃₇ , °С/мин | 0,258 | - | 0,251 | 0,238 |
| 5. Влажность пододежного пространства, % | 49 | - | 50 | 50 |
| плотность теплового потока 75 кВт/м ² | | | | |
| 1. Температуропроводность а, м ² /с | 6,76 | - | 6,60 | 5,11 |
| 2. Теплопроводность λ, Вт/м·К | 0,03805 | - | 0,04413 | 0,03069 |
| 3. Суммарное тепловое сопротивление, °С·м ² /Вт | 0,2056 | - | 0,2533 | 0,3119 |
| 4. Темп прохождения теплового потока до t ₃₇ , °С/мин | 0,879 | - | 0,876 | 0,863 |
| 5. Влажность пододежного пространства, % | 43 | - | 45 | 46 |

Т а б л и ц а 2

| Схема сборки пакета материалов | № образца | Состав пакета материалов |
|---|----------------|---|
|  | 1, 3, 5 | 1 – ткань верха; 2 – утеплитель арт. 935679-ОП; 3 – подкладка арт. 42341; |
| | 7 | 1 – арт. 06123-ОП 2 – арт. 927637 (п/ш) 3 – арт. 42341 |
|  | 2, 4, 6 | 1 – ткань верха; 2 – утеплитель арт. 935679-ОП; 3 – утеплитель арт. 935679 простеган с подкладкой 4 – арт. 42341 |
| | 8 | 1 – арт. 06123-ОП 2 – арт. 927637 (п/ш) 3 – арт. 935679 4 – арт. 42341 |

Т а б л и ц а 3

| Номер образцов пакетов одежды | Показатели свойств пакетов материалов | | | | | | | |
|-------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|---------------------|-------|------------|---------------------|--|------------|
| | t _{max} , °С | Δm, %, при t _{max} | τ ₃₇ , с | δ, мм | λ, Вт/м·К, | W ₃₇ , % | R _{сум} , °С·м ² /Вт | Δτ, °С/мин |
| Ткань верха БКМ-10 | | | | | | | | |
| №1 | 305 | 4,68 | 4990 | 7,3 | 0,03209 | 49 | 0,218 | 0,025 |
| №2 | 304 | 4,76 | 7505 | 10,5 | 0,02623 | 50 | 0,400 | 0,017 |
| Ткань верха КТМ-6-ОП | | | | | | | | |
| №3 | 305 | 6,1 | 4863 | 7,0 | 0,03741 | 48 | 0,187 | 0,026 |
| №4 | 303 | 6,3 | 7210 | 10,2 | 0,02856 | 49 | 0,364 | 0,017 |
| Ткань арт. 06123-ОП | | | | | | | | |
| №5 | 305 | 6,2 | 4023 | 7,6 | 0,03189 | 46 | 0,238 | 0,031 |
| №6 | 304 | 6,6 | 6840 | 10,8 | 0,02797 | 47 | 0,386 | 0,018 |
| №7 | 304 | 10,1 | 4234 | 7,6 | 0,02898 | 46 | 0,262 | 0,029 |
| №8 | 304 | 10,3 | 6799 | 10,8 | 0,02197 | 55 | 0,492 | 0,014 |

П р и м е ч а н и е. λ – коэффициент теплопроводности; R_{сум} – суммарное тепловое сопротивление; Δτ – темп прохождения теплового потока через материал, соответствующий температуре пододежного пространства 37°С; τ₃₇ – время достижения 37°С в пододежном пространстве; Δm – потеря массы образца при t_{max}; t_{max} – максимальная температура на поверхности пробы; W₃₇ – влажность при температуре пододежного пространства 37°С.

Показано, что разработанный метод исследования теплофизических свойств текстильных материалов и их систем дает результаты, сопоставимые с данными исследований по известным и стандартным методам. Преимущество разработанного метода заключается в том, что он позволяет получить данные теплофизических свойств в зависимости от разной плотности теплового потока.

1. Патент 2287031 РФ 6D04H 1/22; 13/00 Способ получения объемного нетканого утеплителя для одежды / Бесшапошникова В.И., Куликова Т.В. и др. опубл. 10.11.2006 Бюл. № 31.

Рекомендована кафедрой технологии и конструирования швейных изделий. Поступила 29.11.12.

УДК 331.4

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ ИННОВАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

RESEARCH OF THERMAL PROPERTIES OF INNOVATIVE MATERIALS

П.В. КОРОЛЁВ, В.В. ВЕСЕЛОВ, С.В. КОРОЛЕВА, С.Е. СТРЕЛКОВА
P.V. KOROLEV, V.V. VESELOV, S.V. KOROLEVA, S.E. STRELKOVA

(Ивановский государственный энергетический университет,
Ивановская государственная текстильная академия,
Ивановский институт ГПС МЧС России)
(Ivanovo State Power University, Ivanovo State Textile Academy,
Ivanovo Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia)
E-mail office@ispu.ru; edufire@mail.ru; ttp@igta.ru

Приведены результаты исследования теплозащитных экранирующих свойств тканей со специальными свойствами, полученными при нанесении нанотехнологичным способом пленки алюминия. Определено, что наилучшими экранирующими свойствами обладает гладкая смесовая ткань с нанопленкой алюминия, обращенная к источнику тепла металлизированной стороной. Приведен аналитический материал по медицинским аспектам воздействия теплового излучения как поражающего фактора на человека.

The paper presents the results of the research of thermal shielding properties of fabrics with special features received by applying an aluminum film with nanotechnology means. It has been determined that a blended fabric with a smooth aluminum nanofilm facing the heat source by a metalized side has the best shielding properties. The analytical article on the medical aspects of influence of thermal radiation as a damaging factor on a person has been presented.

Ключевые слова: ткани со специальными свойствами, теплозащитные экранирующие свойства, пленка алюминия, нанотехнологичный способ, медицинские аспекты.

Keywords: fabrics with special properties, thermal shielding properties, an aluminum film, nanotechnological method, medical aspects.

В настоящее время большую роль в создании безопасных условий труда играет защита человека от нагретых поверхностей. Кроме того, актуальным направлением обеспечения безопасности человека является постоянное совершенствование средств индивидуальной защиты от теплового излучения. В последнее время появилось большое количество материалов, позиционирующихся как новые защитные технологии. Назрела необходимость провести исследования по теплозащитным характеристикам инновационных материалов в сравнении со стандартными экранами.

Цель исследования – оценить эффективность защиты от теплового излучения с помощью экранов из инновационных материалов, сравнить полученные данные со стандартными экранирующими материалами для совершенствования механизмов индивидуальной защиты человека от нагревающих поверхностей.

Известно, что лучистый теплообмен между телами представляет собой процесс распространения тепловой энергии, которая излучается в виде электромагнитных волн в видимой и инфракрасной (ИК) области спектра. Длина волны видимого излучения – от 0,38 до 0,77 мкм, инфракрасного – от 0,77 до 1000 мкм. Такое излучение называется тепловым. С учетом особенности биологического действия по длинам волн ИК-излучения делятся на области:

- коротковолновую, с $\lambda = 0,76 - 15$ мкм,
- средневолновую, с $\lambda = 16 - 100$ мкм,
- длинноволновую, с $\lambda > 100$ мкм.

Производственные источники лучистого тепла по характеру излучения можно разделить на 4 группы:

- источники с температурой поверхности до 500°C . Их спектр содержит исключительно длинные инфракрасные лучи с длиной волны $\lambda = 3,7 \div 9,3$ мкм,
- поверхности с температурой $t = 500 \div 1200^{\circ}\text{C}$. Их спектр содержит преимущественно длинные инфракрасные лучи, но появляются и видимые лучи,

– поверхности с $t = 1200 \div 1800^{\circ}\text{C}$. Их спектр – ИК-лучи, вплоть до наиболее коротких, а также видимые, которые могут достигать высокой яркости,

– источники с $t > 1800^{\circ}\text{C}$. Их спектр излучения содержит наряду с ИК- и световыми лучами ультрафиолетовые лучи.

Воздух прозрачен (диатермичен) для теплового излучения, поэтому температура воздуха не повышается при прохождении через него лучистого тепла. Тепловые лучи поглощаются предметами, нагревают их и они становятся излучателями тепла. Воздух, соприкасаясь с нагретыми телами, также нагревается и температура воздушной среды, например, в производственных помещениях, возрастает.

ИК-излучение, помимо усиления теплового воздействия окружающей среды на организм человека, обладает специфическим влиянием. С гигиенической точки зрения важной особенностью ИК-излучения является его способность проникать в живую ткань на разную глубину. Лучи длинноволнового диапазона (от 3 мкм до 1 мм) задерживаются в поверхностных слоях кожи уже на глубине 0,1...0,2 мм. Поэтому их физиологическое воздействие на организм проявляется, главным образом, в повышении температуры кожи и перегреве организма. Наибольшее воздействие на организм человека оказывает излучение коротковолнового диапазона (от 0,77 до 1,4 мкм), так как оно обладает наибольшей энергией фотонов и способно глубоко проникать в ткани организма и интенсивно поглощаться водой, содержащейся в тканях. В практических условиях тепловое излучение является интегральным, так как нагретые тела излучают одновременно в широком диапазоне длин волн.

Под действием высоких температур и теплового облучения людей происходят резкое нарушение теплового баланса в организме, биохимические сдвиги, появляются отклонения и выраженные нарушения

ния в деятельности сердечно-сосудистой и нервной систем, усиливается потоотделение, происходит потеря жизненно необходимых для функционирования организма минералов и солей, нарастают изменения органа зрения. Все эти нарушения в течение различного времени могут проявиться в виде судорожной болезни, вызванной нарушением водно-солевого баланса, перегревания (тепловая гипертермия), теплового удара (возникают в результате проникновения коротковолнового инфракрасного излучения (до 1,5 мкм) и воздействия непосредственно на ткань головного мозга), катаракты (помутнение хрусталика, возникающее при относительно длительном воздействии инфракрасных лучей с $\lambda = 0,78 - 1,8$ мкм).

Одним из самых распространенных и доступных способов борьбы с тепловым излучением является экранирование излучающих поверхностей. Различают экраны трех типов: непрозрачные, прозрачные и полупрозрачные. В непрозрачных экранах энергия электромагнитных колебаний взаимодействует с веществом экрана и превращается в тепловую энергию. Поглощая излучение, экран нагревается и, как всякое нагретое тело, сам становится источником теплового излучения. При этом излучение поверхностью экрана, противоположной экранируемому источнику, условно рассматривается как пропущенное излучение источника. К непрозрачным экранам относятся, например, металлические (в том числе алюминиевые), альфоловые (алюминиевая фольга), футерованные (пенобетон, пеностекло, керамзит, пемза), асбестовые и др. В прозрачных экранах излучение, взаимодействуя с веществом экрана, минует стадию превращения в тепловую энергию и распространяется внутри экрана по законам геометрической оптики, что и обеспечивает видимость через экран. Так ведут себя экраны, выполненные из различных стекол: силикатного, кварцевого, органического, металлизированного, а также пленочные водяные завесы (свободные и стекающие по стеклу), вододисперсные завесы. Полупрозрачные экраны объединяют в себе свойства про-

зрачных и непрозрачных экранов. К ним относятся металлические сетки, цепные завесы, экраны из стекла, армированного металлической сеткой.

По принципу действия экраны подразделяются на теплоотражающие, теплопоглощающие и теплоотводящие. Однако это деление достаточно условно, так как каждый экран обладает одновременно способностью отражать, поглощать и отводить тепло. Отнесение экрана к той или иной группе осуществляется в зависимости от того, какая его способность выражена сильнее.

Теплоотражающие экраны имеют низкую степень черноты поверхностей, вследствие чего они значительную часть падающей на них лучистой энергии отражают в обратном направлении. В качестве теплоотражающих материалов в конструкции экранов широко используют фольгу, листовую алюминий, оцинкованную сталь, алюминиевую краску.

Теплопоглощающими называют экраны, выполненные из материалов с высоким термическим сопротивлением (малым коэффициентом теплопроводности). В качестве теплопоглощающих материалов применяют огнеупорный и теплоизоляционный кирпич, асбест, шлаковату.

В качестве теплоотводящих экранов наиболее широко используются водяные завесы, свободно падающие в виде пленки, орошающие другую экранирующую поверхность (например, металлическую), либо заключенные в специальный кожух из стекла (аквариальные экраны), металла (змеевики) и др.

В предлагаемом исследовании для решения поставленной цели в качестве экранов применены инновационные материалы, созданные в ИГХТУ (лаборатория ионно-плазменных процессов, зав. лабораторией канд. техн. наук Б.Л. Горберг) совместно с ИГТА, где разработана принципиально новая технология обработки тканей на основе ионно-плазменного магнетронного распыления, позволяющая наносить на поверхность ткани и каждое волокно в отдельности металлы и их сплавы с высокой степенью адгезии. Четыре

опытных образца различных видов тканей с нанесенными пленками алюминия были использованы в эксперименте по изучению специальных экранирующих свойств.

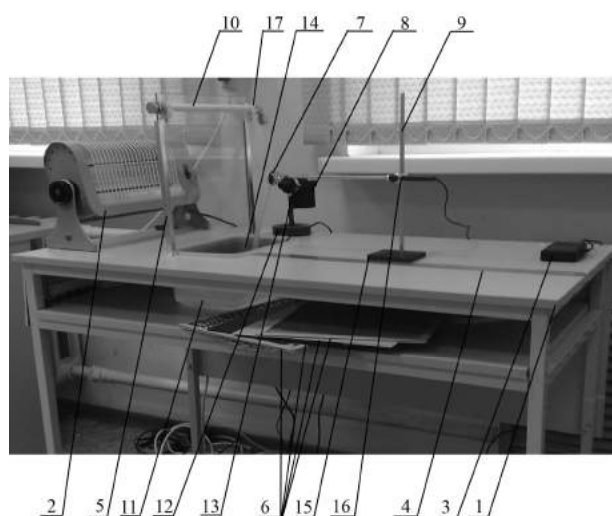


Рис. 1

В качестве метода использован стандартный экспериментальный лабораторный стенд для измерения плотности теплового потока ИПП-2 с целью изучения механизмов защиты от теплового излучения (рис. 1). Стенд представляет собой стол со столешницей 1, на которой размещаются бытовой электрокамин 2, индикаторный блок 3, линейка 4, стойки 5 для установки сменных экранов 6, стойка 9 для установки измерительной головки 7 измерителя тепловых потоков, вентилятора 8, водяного насоса 14, душ 10, емкость с водой 11.

Сменные экраны 6 имеют одинаковый размер, что позволяет поочередно устанавливать их между стойками 5. Металлические экраны выполнены в виде листов металла с направляющими. Для стандартизации эксперимента был выполнен аналогичный экран с возможностью крепления в нем образцов тканей. Экраны с цепями и брезентом выполнены в виде металлических рамок, в которых закреплены стальные цепи или брезент.

На левой боковой поверхности стола расположены выключатели, которые позволяют подключать к сети переменного тока электрокамин 2, вентилятор 8, изме-

ритель теплового потока ИПП-2М и водяную помпу 14.

Для крепления новых материалов была изготовлена рамка из аналогичных стандартным металлам. Серия исследований включала 5 измерений на каждом расстоянии, шаг которого составил 2 см (максимальное расстояние от экрана 42 см, минимальное – 0 см). Перед началом исследования экран нагревался в течение 5 минут.

Для интегральной характеристики полученных результатов измерений было сделано приведение к стандартной шкале, позволившее объединить данные стандартных экранов и экспериментальных образцов. Процедура наглядно позволила сравнить экранирующие свойства по плотности теплового потока в двух крайних сценариях: на максимальном (42 см) и минимальном (0 см, датчик вплотную к экрану) расстоянии. Полученные результаты представлены на рис. 2 (гистограмма распределения плотности теплового потока: *сс* – ткань светлой, металлизированной стороной к излучателю, *тс* – темной стороной к излучателю).

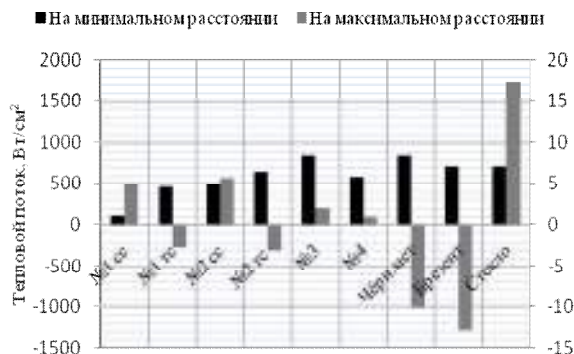


Рис. 2

Характеристики материала в первом случае показывают возможность применения его для экранирования человека от источника излучения, например, от нагретого оборудования, во втором случае – непосредственно для защиты работника, например, в качестве термозащитного костюма. Убедительно продемонстрировано, что наилучшие экранирующие свойства при измерениях вплотную к экрану показал образец №1 светлой стороной к источ-

нику, при работах в удалении от экранируемого источника предпочтительнее использовать экраны №2 и №1 темной стороной к излучателю. В общем случае защитные характеристики первого образца предпочтительнее, чем у конкурентов, сопоставимы с алюминиевой пластиной, и возможно его применение в качестве универсального защитного материала от теплового излучения.

Сравнение инновационных образцов с уже известными стандартными материалами, изготовленными из металла, брезента, стекла, показало, что теплозащитные характеристики при экранировании у черного металла и брезента выше, чем у выбранного нами образца №1. При этом следует учитывать, что применение металла в качестве экранов возможно только в стационарном варианте, а брезент под воздействием высоких температур недолговечен и быстро теряет свои потребительские и соответственно теплозащитные свойства. В случае с минимальным расстоянием защитные показатели материала образца №1 также лучше, чем у конкурентов.

Таким образом, представленные образцы инновационных материалов продемонстрировали хорошие экранирующие свойства, при этом образец №1 (гладкая смесо-

вая камуфлированная ткань "Осенний лес" с пленкой алюминия, нанесенной ионно-плазменным распылением) светлой (металлизированной) стороной к источнику излучения наиболее универсален и предпочтителен для использования при изготовлении защитных костюмов и экранов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Королева С.В., Веселов В.В., Горберг Б.Л. Нанотехнологии в арсенале спецподразделений // Мат. Междунар. научн.-техн. конф.: Современные наукоемкие инновационные технологии развития промышленности региона (ЛЕН – 2008). – Кострома: КГТУ, 2008. С. 84...85.

2. Горберг Б.Л., Веселов В.В., Белова И.Ю., Васильев Д.М., Королева С.В. Материал, отражающий инфракрасное излучение / Патент на изобретение № 2403328 по заявке №2009117931/12 (024691), приоритет от 12.05.2009, зарегистрирован в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 10.10.2010 г.

3. http://www.printsip.Ru/cgi/index/Biblioteka/Stati_o_priborah/izm_okr_sredy/izmerenie_plotnosti_potokov

4.ГОСТ 25380–82. Метод измерения плотности тепловых потоков, проходящих через ограждающие конструкции.

Рекомендована кафедрой технологии швейных изделий ИГТА. Поступила 28.05.12.

УДК 677.21.03

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ ТКАНЕЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НАПРАВЛЕНИЯ

THEORETICAL DETERMINATION OF CHANGE FABRIC LINEAR SIZE DEPENDING ON DIRECTIONS

И.С. РАДЖАБОВ
I.S. RADZHABOV

(Азербайджанский государственный экономический университет)
(Azerbaijan State Economic University)
E-mail: Ilgar67@mail.ru

Проведен анализ известных методик, предложенных для исследования потребительской усадки тканей. Предложена расчетная методика, позволяющая вычислить изменение линейных размеров ткани в произвольном

направлении на основании результатов измерений, полученных по стандартной методике для направлений вдоль основы и утка.

The analysis of the known techniques offered for research of fabric consumer shrinkage has been carried out. The calculation technique allowing to calculate the change of fabric linear sizes in optional direction on the basis of measurement results received by a standard technique for the directions along a warp and a weft, has been offered.

Ключевые слова: ткань, изменение линейных размеров, основа, уток.

Keywords: fabric, change of linear sizes, a warp, a weft.

Согласно стандартной методике [1], [2] определения изменений линейных размеров текстильных материалов после мокрых обработок и химической чистки предусматривается измерение усадки только в двух направлениях: основном (продольном) и уточном (поперечном).

В [3] отмечается, что эластичные ткани с вложением полиуретановых нитей обладают повышенной способностью к изменению линейных размеров после влажно-тепловой обработки. Кроме того, они обладают ярко выраженной анизотропией усадки, которая выражается в том, что усадка существенно увеличивается в направлении вложения нитей полиуретана.

Для описания явления изменения линейных размеров таких тканей автор предлагает методику, которая заключается в измерении изменения линейных размеров после влажно-тепловой обработки (ВТО) в направлениях, расположенных через каждые 15 градусов к основному. Полученные результаты представляются в виде полярной диаграммы. Количество замеров в эксперименте существенно возрастает. Для исключения этого рядом авторов предпринята попытка выразить изменение линейных размеров в произвольном направлении через значения, получаемые по стандартной методике.

В [4] предложена эмпирическая зависимость изменения линейных размеров ткани от угла наклона образцов относительно нити основы:

$$y = e^{a+bL}, \quad (1)$$

где L – угол наклона к нитям основы, град; a и b – коэффициенты, зависящие от вида ткани.

В работе получены соответствующие коэффициенты. Следует отметить, что предложенная формула не отражает сути процесса изменения линейных размеров в произвольном направлении, что ведет к необходимости учитывать особенности строения и сырьевой состав ткани через эмпирические коэффициенты. Попытка получения соответствующей формулы с учетом изменения геометрии ткани принята в [5]. Однако окончательное выражение для оценки величины изменения линейных размеров в произвольном направлении автором не получено.

Покажем, что для определения изменения линейных размеров в любом направлении, проходящем под углом α к направлению нитей основы, достаточно знать экспериментальные значения в направлениях, установленных стандартной методикой.

В дальнейшем для удобства изменение линейных размеров будем определять не в процентах, а в долях от исходных размеров то есть:

$$\lambda = \frac{L_1 - L_0}{L_0}, \quad (2)$$

где L_1 – длина участка материала после мокрой обработки; L_0 – длина участка до мокрой обработки.

По предлагаемой в [3] методике на образце, имеющем форму квадрата, несываемой краской рисуется окружность радиусом R и размечается лучами, идущими от его центра через каждые 15 градусов к

основному направлению. На рис. 1 изображена такая окружность (схема изменения линейных размеров ткани в направлении α к основе).

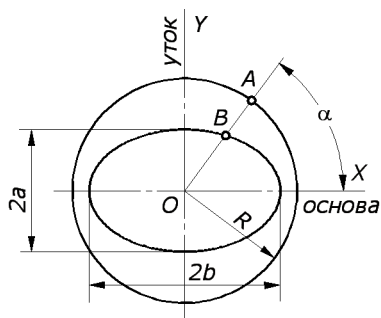


Рис. 1

После ВТО окружность превратится в эллипс с полуосями:

$$\begin{aligned} a &= R(1 + \lambda_y), \\ b &= R(1 + \lambda_o), \end{aligned} \quad (3)$$

где λ_y – изменение линейных размеров по утку, λ_o – изменение линейных размеров по основе.

Его уравнение имеет вид:

$$\frac{x^2}{R^2(1 + \lambda_o)^2} + \frac{y^2}{R^2(1 + \lambda_y)^2} = 1. \quad (4)$$

Решаем это уравнение совместно с уравнением прямой OA, которое имеет вид

$$y = x \operatorname{tg} \alpha. \quad (5)$$

После преобразований получим:

$$x_B = \frac{R}{\sqrt{\frac{1}{(1 + \lambda_o)^2} + \frac{\operatorname{tg}^2 \alpha}{(1 + \lambda_y)^2}}}, \quad (6)$$

$$y_B = \frac{R \operatorname{tg} \alpha}{\sqrt{\frac{1}{(1 + \lambda_o)^2} + \frac{\operatorname{tg}^2 \alpha}{(1 + \lambda_y)^2}}}. \quad (7)$$

Изменение линейных размеров в направлении OA согласно формуле (2) можно получить из выражения

$$\lambda_\alpha = \frac{OB - OA}{OA}, \quad (8)$$

или

$$\lambda_\alpha = \frac{\sqrt{x_B^2 + y_B^2} - R}{R}. \quad (9)$$

Подставляя значения x_B и y_B из (6) и (7), после преобразований получим:

$$\lambda_\alpha = \frac{(1 + \lambda_o)(1 + \lambda_y)}{\sqrt{(1 + \lambda_o)^2 \cos^2 \alpha + (1 + \lambda_y)^2 \sin^2 \alpha}}. \quad (10)$$

Анизотропию изменения линейных размеров материала после ВТО можно характеризовать коэффициентом анизотропии:

$$k = \frac{\lambda_o}{\lambda_y}, \quad (11)$$

где λ_o – изменение линейных размеров по основе; λ_y – изменение линейных размеров по утку.

С целью проверки применения формулы (10) на практике проводили сравнение результатов расчетов с экспериментальными данными, полученными в работах [3] и [6].

В качестве экспериментальных образцов использовали льносодержащие ткани с эластичными комбинированными самокрученными нитями в системе утка. Ткани подвергались семикратным стиркам, после каждой из которых проводились замеры изменения линейных размеров в направлениях через каждые 15° по отношению к направлению нитей основы.

Проверка адекватности формулы (10) проводилась с использованием данных полученных после седьмой стирки, для тканей с различным содержанием эластана.

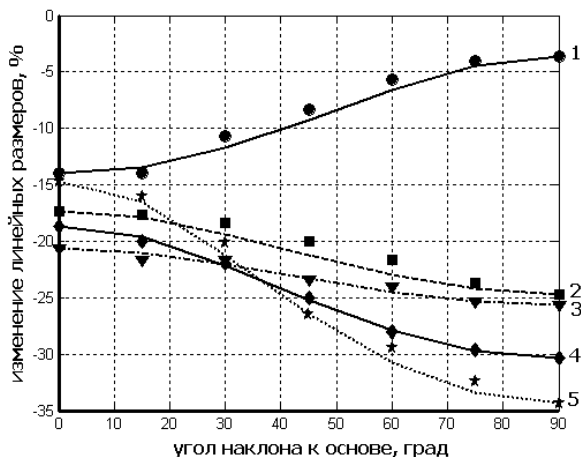


Рис. 2

На рис. 2 приведены результаты сравнения изменения линейных размеров этих тканей с результатами расчетов по формуле (10). Кривая 1 соответствует ткани без вложения эластана. Кривые 2, 3, 4 и 5 относятся к тканям с содержанием 1,35; 1,61; 2,61 и 7% эластана соответственно.

Проверка полученной модели по критерию Фишера подтвердила ее адекватность с доверительной вероятностью 95%.

ВЫВОДЫ

Для описания изменения линейных размеров тканей в произвольном направлении достаточно данных, получаемых в направ-

лениях основы и утка, согласно методике ГОСТ 30157.0–95 и ГОСТ 30157.1–95.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 30157.0–95. Методы определения изменений линейных размеров материалов после мокрых обработок и химической чистки. Подготовка к проведению испытаний.

2. ГОСТ 30157.1–95. Методы определения изменений линейных размеров материалов после мокрых обработок и химической чистки. Проведение испытаний.

3. Королева М.Л., Смирнова Н.А., Рудовский П.Н., Мининкова И.В. Влияние эластичных комбинированных самокруточных (КСК-структуры) нитей на анизотропию усадки льносодержащих тканей // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2009, №1. С.18...20.

4. Белоногова М.Н. Оценка и прогнозирование усадки льняных и льносодержащих тканей: Дис... канд. техн. наук. – С-Петербург: С-Петербургский гос. ун-т технологии и дизайна, 1998.

5. Чернышева Л.В. Прогнозирование изменения линейных размеров тканей льняного ассортимента после мокрых обработок на этапе их проектирования: Дис...канд. техн. наук. – Кострома: КГТУ, 2005.

6. Королева М.Л. Разработка технологии получения растяжимых тканей с использованием комбинированных СК-структуры нитей в системе утка: Дис. ... канд. техн. наук. – Кострома: КГТУ, 2009.

Рекомендована кафедрой стандартизации и сертификации. Поступила 04.12.12.

УДК 677.027

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ЛЬНЯНОЙ ЛЕНТЫ
В МОДИФИЦИРОВАННОЕ ВОЛОКНО**

**RESEARCH OF THE TECHNOLOGY OF PROCESSING A LINEN TAPE
INTO A MODIFIED FIBER**

*А.В. БЕЗБАБЧЕНКО, Д.М. ШЕВАЛДИН, Т.П. ЧЕКРЕНЕВА, Э.В. НОВИКОВ, А.Р. КОРАБЕЛЬНИКОВ
A.V. BEZBABCHENKO, D.M. SHEVALDIN, T.P. CHEKRENEVA, E.V. NOVIKOV, A.R. KORABELNIKOV.*

**(Всероссийский научно-исследовательский институт
механизации льноводства Россельхозакадемии,
Костромской государственной технологической академии)
(All-Russian Research Institute of Mechanization of Flax Cultivation attached
to Russian Agriculture Academy; Kostroma State Technological Academy)
E-mail: vniiml@mail.ru; nis@kstu.edu.ru**

Представлены исследования предлагаемой технологии получения модифицированного волокна из льняной ленты, сформированной в рулоны.

Research of the offered technology of producing a modified fiber from a linen tape formed in rolls has been presented.

Ключевые слова: волокно льняное короткое, процесс высокоскоростного трепания, длина волокна, массовая доля костры, линии модификации.

Keywords: a short linen fiber, the process of high speed scotching, fiber length, chaff mass fraction, modification lines.

Для России лен является стратегическим сырьем, поэтому снижение себестоимости его переработки в модифицированное волокно является важной задачей. Производство модифицированного льняного волокна (МЛВ) экономически целесообразно организовывать на льнозаводах, и примером этому являются Кашинский, Сухиничский, Несвижский и другие льнозаводы. Однако в настоящее время линии, установленные на указанных льнозаводах, не используются из-за повышенной мате-

риало- и энергоемкости, что не обеспечивает достаточную рентабельность.

Многолетний опыт, полученный в прядении длинного и короткого волокна, показал, что наиболее технологичной является переработка материала не в массе, а в ленте. Также известно [1], что на отечественных льнозаводах подготовка короткого волокна к дальнейшей обработке ведется, чаще всего, путем кардочесания с последующим формированием на ленточных машинах потока параллелизованных волокон. Модификация волокна в ленте осуще-

ствляется на линиях Института химии растворов РАН (Иваново), ОАО ЦНИИЛКА (Москва), Костромского ГТУ и ГНУ ВНИИЛК (Кострома), ООО "Промтекс" (Кострома) [1...7] и других, в том числе зарубежных. В основу их входят чесальные и ленточные машины, формирующие ленту для окончательной модификации. Экономические расчеты показывают, что применение двух кардочесальных машин ЧГ-150ПД и Ч-600Л совместно с двумя или тремя переходами ленточных машин не позволяет обеспечить рентабельность производства из-за удорожания эксплуатации и стоимости всей линии.

Из вышеизложенного следует, что необходимо иметь оборудование и в целом линии для получения МЛВ из ленты, которые максимально адаптированы к условиям отечественных льнозаводов, то есть реализовываться на базе имеющегося на заводе оборудования. Кроме того, они должны быть недорогими, достаточно производительными и позволяющими при низких затратах перерабатывать льнотресту, отходы трепания, короткое волокно и ленту в модифицированное волокно требуемого качества.

В настоящей работе, которая является частью общей работы, проводимой в этом

направлении, предлагается технология переработки льняной ленты в модифицированное волокно, состоящая из процессов чесания, но на одной грубочесальной машине, модификации в ленте и очистки волокна. Отличием представленной линии от линий [1...7] является исключение одной чесальной и двух ленточных машин, что существенно снижает затраты на производство волокна, стоимость оборудования, без потери качества волокна, а следовательно, особо актуально в рыночных условиях.

Линия, реализующая указанную технологию, состоит из следующих машин: грубочесальной ЧГ-150-ПД + машины для переработки льна МПЛ + трясильной (2 шт.). Вторая машина [8] реализует технологию модификации волокна в ленте и в массе путем высокоскоростного трепания [1], [4...6] и создана на основе модификатора МЛЛ-510 [7]. Она содержит устройство питания волокна в виде рифленых вальцов, рабочую камеру с плоскими рабочими органами, а также систему отвода волокнистой массы. Экспериментальный макетный образец МПЛ, представленный на рис. 1 (а – общий вид, б – вид льняной ленты на входе), исследовался в работе [8] на волокне льняном коротком №3 в массе.



а)



б)

Рис. 1

Экспериментальные исследования технологии переработки волокнистой ленты проводили на МПЛ. Льняная лента, полученная на грубочесальной машине ЧГ-150ПД из волокна льняного короткого №2 по ГОСТ 9394-76, полученного из недолежалой льнотресты, загружалась в эксперименталь-

ную установку МПЛ (рис. 1-б) и далее проходила модификацию. Переработка велась при плотности загрузки ленты 0,17 кг/м, скорости питания 5 и 10 м/мин, частоте вращения рабочих органов $n=1100, 1500$ и 1900 об/мин. Влажность ленты во время обработки составляла 12%. После МПЛ мо-

дифицированное волокно подвергалось очистке в двух трясильных машинах с нижним гребенным полем. После каждой операции по методикам [9] у волокна определялись: средняя массодлина, средневзвешенная линейная плотность, массовая доля костры, а также удельный вес связанной,

несвязанной костры до и после модификации.

Характеристики волокна после обработки в экспериментальном образце и очистки в трясильных машинах представлены в табл. 1.

Таблица 1

| Характеристики | Исходная лента (перед обработкой) | n, об/мин | После модификации | После трясильных машин (первичная очистка) |
|--|-----------------------------------|-----------|-------------------|--|
| Скорость питания 5 м/мин | | | | |
| 1. Средняя массодлина, мм | 94,7 | 1100 | 76,2 | без изменений |
| | | 1500 | 75,8 | без изменений |
| | | 1900 | 72,5 | без изменений |
| 2. Средневзвешенная линейная плотность, текс | 8,0 | 1100 | 7,0 | 6,6 |
| | | 1500 | 5,9 | 5,7 |
| | | 1900 | 6,1 | 5,6 |
| 3. Массовая доля костры, % | 23,2 | 1100 | 24,3 | 10,8 |
| | | 1500 | 17,1 | 10,8 |
| | | 1900 | 25,0 | 9,4 |
| Скорость питания 10 м/мин | | | | |
| 1. Средняя массодлина, мм | 94,7 | 1100 | 70,3 | без изменений |
| | | 1500 | 69,8 | без изменений |
| | | 1900 | 68,6 | без изменений |
| 2. Средневзвешенная линейная плотность, текс | 8,0 | 1100 | 5,4 | 4,9 |
| | | 1500 | 4,5 | 4,1 |
| | | 1900 | 4,3 | 4,1 |
| 3. Массовая доля костры, % | 23,2 | 1100 | 21,7 | 5,5 |
| | | 1500 | 20,7 | 9,7 |
| | | 1900 | 18,6 | 10,3 |

Результаты табл. 1 показывают, что после МПЛ уменьшается средняя массодлина волокна в основном на 20...25 мм, его средневзвешенная линейная плотность также уменьшается на 1...3 текс.

На рис. 2 представлены распределения волокон по классам длин при скорости питания 5 м/мин, на рис. 3 – при скорости питания 10 м/мин. Из рисунков видно, что

МПЛ снижает количество волокон длиной от 125 до 200 мм и, как следствие, повышает число волокон длиной от 25 до 125 мм. Очистка волокна в трясильных машинах обеспечила массовую долю костры МЛВ в интервале 5,5...12%. Этот показатель в процессе трясения снижается в среднем на 12% (абс.).

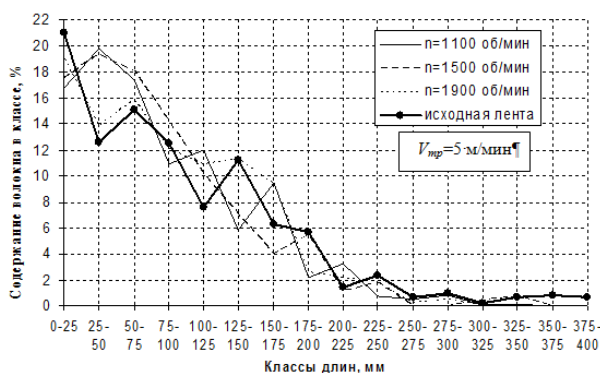


Рис. 2

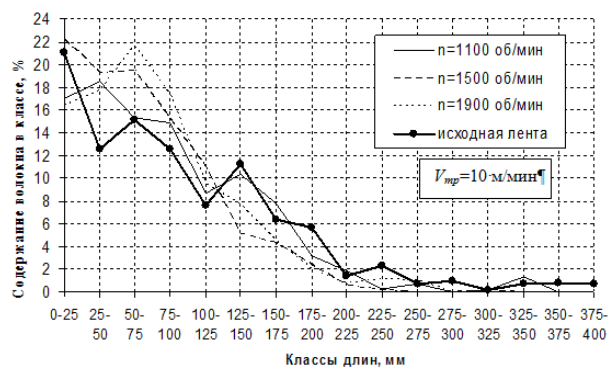


Рис. 3

В табл. 2 представлено содержание связанной и несвязанной костры в модифицированном волокне после обработки в МПЛ (до очистки в трясильных машинах), анализируя которые можно заметить, что

МПЛ повышает удельный вес несвязанной костры, а следовательно, эффективно подготавливает волокно к дальнейшей очистке или более тонкой модификации.

Т а б л и ц а 2

| Частота вращения бил, об/мин | Массовая доля костры после МПЛ, % | Массовая доля несвязанной костры, % | Удельный вес несвязанной костры, % | Массовая доля связанной костры, % | Удельный вес связанной костры, % |
|------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| Скорость питания 5 м/мин | | | | | |
| 0 | 23,2 | 9,0 | 38,8 | 14,2 | 61,2 |
| 1100 | 24,3 | 13,5 | 55,5 | 10,8 | 44,4 |
| 1500 | 17,1 | 8,0 | 46,8 | 9,1 | 53,2 |
| 1900 | 25,0 | 14,0 | 56,0 | 11,0 | 44,0 |
| Скорость питания 10 м/мин | | | | | |
| 0 | 23,2 | 9,0 | 38,8 | 14,2 | 61,2 |
| 1100 | 21,7 | 11,7 | 53,9 | 10,0 | 46,1 |
| 1500 | 20,7 | 13,6 | 65,7 | 7,1 | 34,3 |
| 1900 | 18,6 | 10,2 | 54,8 | 8,4 | 45,2 |

Хронометраж, проводимый во время опытов, показал, что даже экспериментальный макетный образец МПЛ (рис. 1) в лабораторных условиях при использовании предлагаемой технологии может производить 100 кг/ч модифицированного льняного волокна со следующими характеристиками: средней массодлиной 68...76 мм, средне-взвешенной линейной плотностью 4...6 текс, массовой долей костры 5,5...12,0%.

Полученное в исследованиях волокно может быть переработано в нетканые материалы различного назначения, льняную вату, утеплители, а также в волокно высокой степени очистки для производства ценных бумаг, пороха, фрикционных изделий и смесовых пряж.

ВЫВОДЫ

Предложена технология переработки ленты из волокна льняного короткого, которая за счет уменьшения количества переходов и удаления из линии одной кардочесальной и ленточных машин позволяет из низкономерного короткого льноволокна №2 получать более 100 кг/ч модифицированного льна со средней массодлиной 68...76 мм, средне-взвешенной линейной плотностью 4...6 текс и массовой долей костры 5,5...12,0%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пашин Е.Л., Смирнова Т.Ю., Разин С.Н. Совершенствование технологии механической модификации льна: Монография. – М.: Россельхозакадемия – ГНУ ВНИИЛК, 2004.
2. Живетин В.В., Гинзбург Л.Н., Ольшанская О.М. Лен и его комплексное использование. – М.: Информ-знание, 2002.
3. Корабельников А.Р. Развитие теории и технологии получения короткоштапельного льняного волокна: Монография. – Кострома: Изд-во КГТУ, 2005.
4. Разин С.Н., Пашин Е.Л. Теоретические основы совершенствования механической модификации льна: Монография. – Кострома: Изд-во КГТУ, 2005.
5. Пашин Е.Л., Щечкин В.В., Разин С.Н., Смирнова Т.Ю. Энергосберегающая технология переработки отходов трепания льна // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – М., 2007, №6. С.82...84.
6. Повышение эффективности льняного комплекса АПК: Рекомендации / И.И. Круглий, Е.Л. Пашин. – М.: ФГНУ "Росинформагротех", 2007.
7. Модификатор льняной ленты марки МЛЛ-510 : Паспорт 248.00.00.000 ПС. – 26 с.
8. Безбабченко А.В., Новиков Э.В., Шевалдин Д.М., Алтухова И.Н., Романов В.А. Установка для предварительной модификации короткого льноволокна // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – М., 2010, №8. С.25...26.
9. Борухсон Б.В., Городов В.В., Скворцов А.Г. Товароведение лубяных волокон: Учебное пособие. – М.: Легкая индустрия, 1974.

Рекомендована ученым советом ВНИИМЛ. Поступила 26.02.12.

**ОЦЕНКА СТЕПЕНИ СГРУЖИВАНИЯ ПРЯДЕЙ
В СЛОЕ ЛЬНЯНОГО СЫРЦА ПРИ ТРЕПАНИИ**

**ESTIMATION OF THE DEGREE OF STRANDS BUNCHING
IN A RAW FLAX LAYER IN SCUTCHING PROCESS**

A.V. ОРЛОВ, С.В. БОЙКО, Е.Л. ПАШИН, М.С. ЕНИН
A.V. ORLOV, S.V. BOYKO, E.L. PASHIN, M.S. ENIN

(Костромской государственной технологической университет)
(Kostroma State Technological University)
E-mail: kaf_tplv@mail.ru

В статье представлена методика оценки угла сгуживания прядей сырца при их взаимодействии с билами трепальных барабанов. Предложено учитывать расположение билых планок относительно оси барабана и условия нагружения прядей. Установлено влияние на угол сгуживания конструктивных параметров трепального барабана, а именно его формы и положения на барабане билной планки.

The article presents the method of estimation of bunching angle of raw strands in their interaction with scutching drums beaters. It's suggested to consider the location of beaters relative to a drum axis and strands loading conditions. The influence of scutching drum design parameters, namely, its shape and position of the beaters, as well as tension forces affecting the strands part located in the scutching space on a bunching angle has been determined.

Ключевые слова: трепание, прядь, сгуживание пряди, винтовая линия била, угол конуса барабана, угол подъема винтовой линии била.

Keywords: scutching, a strand, strand bunching, a beater helix, a drum cone angle, a raising angle of a beater helix.

Эффективность процесса трепания зависит от параметров исходного слоя льняного сырца: его толщины, длины прядей, их угловой дезориентации, от неровноты этих параметров и других условий [1]. Однако некоторые из этих параметров могут меняться в процессе взаимодействия слоя с билами трепальных барабанов, особенно на начальных этапах трепания, ухудшая технологические показатели обработки [2], [3]. Прежде всего это касается сгуживания прядей – их отклонения от перпендикулярного положения по отношению к поперечному сечению барабана. Такие отклонения вызывают утолщение слоя и, как следствие, увеличение натяжения прядей и

ухудшение условий их обескостривания. В [2] при изучении взаимодействия прядей с билами в конусной части трепальных барабанов выявлены возможные причины сгуживания. Однако авторами задача решалась без учета условий натяжения прядей и угла подъема винтовой линии билной планки. Такие упрощения позволяют считать достигнутые результаты неточными.

В связи с этим нами была поставлена задача по разработке методики оценки угла сгуживания прядей в процессе их перемещения вдоль трепальной машины с учетом нагружения слоя и особенностей конструкции трепального барабана.

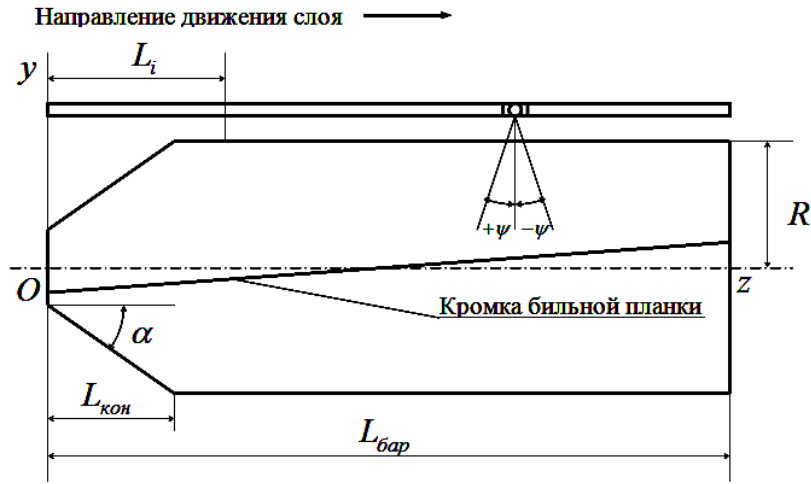


Рис. 1

Анализ при расчете угла сгуживания ψ (рис. 1 – геометрические параметры барабана) проводили с учетом ряда допущений. Считали, что на положение участка пряжи от точки зажима до точки удара билом не влияют остальные участки пряжи. Кромка бильной планки моделируется идеальной математической спиралью на боковой поверхности цилиндра или конуса (в зависимости от рассматриваемой части барабана), образуя винтовой угол. Участок пряжи от точки зажима до точки удара считаем прямолинейным, воздействие сил сопротивления воздушных потоков не рассматриваем. Не учитываем также толщину пряжи и ширину бильной планки.

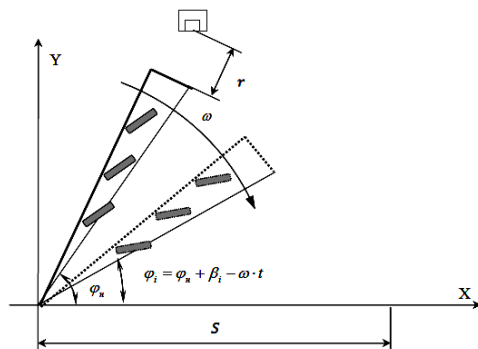


Рис. 2

Рассмотрим расчетную схему трепального барабана (рис. 1) (рис. 2 – схема i -го поперечного сечения барабана). Оси Ox , Oy – соответственно горизонтальная и вертикальная оси в его крайнем левом (на-

чальном) поперечном сечении, Oz – ось вращения трепального барабана (рис. 1). Для каждой пряжи в поле трепания будем определять положение ее верхнего участка (y зажима) в зависимости от угла поворота била φ . Принимаем, что в момент нахождения точки зажима пряжи, на расстоянии L_i от начала координат, начальным является тот момент времени ($t=0$), когда било занимает положение, соответствующее входу рабочей кромки в поле трепания (рис. 2).

Текущий момент времени (время поворота била в рассматриваемом i -м поперечном сечении барабана на угол $\varphi(t)$, прошедшее с момента удара) определяем, считая вращение барабана равномерным, по известной формуле: $t = j(t)/\omega$, где ω – угловая скорость вращения барабана.

Относительное смещение угловой координаты рабочей кромки била в крайних торцевых сечениях барабана определяем по формуле:

$$\beta = \frac{l_{\text{бар}}}{R \operatorname{tg} \gamma},$$

где $L_{\text{бар}}$ – длина барабана; R – радиус цилиндрической части барабана; γ – угол подъема винтовой линии кромки бильной планки (рис. 3 – положение бил в сечениях трепального барабана).

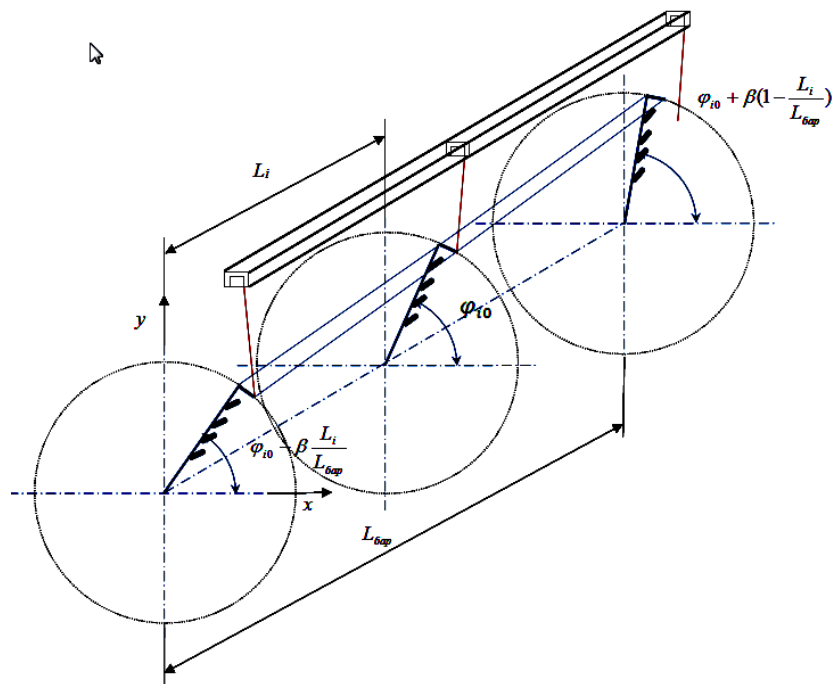


Рис. 3

В этих условиях координаты точки зажима рассматриваемой пряжи при ее перемещении вдоль барабана в момент времени t (рис. 3) будут следующими:

$$x_3 = \frac{S}{2},$$

$$y_3 = \sqrt{(R+r)^2 - \left(\frac{S}{2}\right)^2},$$

$$z_3 = vt + l_i,$$

где S – межосевое расстояние трепальных барабанов; r – расстояние от точки зажима до точки удара; v – скорость перемещения зажимного транспортера; l_i – координата по оси Oz точки зажима рассматриваемой пряжи в начальный момент времени.

Исходя из предположения, что вследствие действия сил натяжения пряжа стремится занять положение, перпендикулярное кромке бильной планки (винтовой линии), определим положение участка пряжи (ее точки зажима и точки взаимодействия с кромкой била) в условиях одновременного перемещения точки зажима пряжи и поворота била.

С этой целью разобьем линию кромки била на n равных элементарных участков

длиной $dz = \frac{l_{\text{бар}}}{n \sin \gamma}$. За вектор i -го участка примем вектор, соединяющий i -ю точку с $(i-1)$ -й точкой.

Для каждого i -го участка определим угол между вектором этого участка и вектором, проведенным от i -й точки к точке зажима. Для этого для каждого i -го поперечного сечения вычислим координаты кромки била в i -м сечении:

$$x_i = R_i \cos(\varphi_n + \beta_i - \varphi(t)),$$

$$y_i = R_i \sin(\varphi_n + \beta_i - \varphi(t)),$$

где

$$R_i = \begin{cases} R - (L_{\text{кон}} - \frac{L_{\text{бар}}}{n} i) \operatorname{tg} \alpha & \text{при } \frac{L_{\text{бар}}}{n} i < L_{\text{кон}}, \\ R & \text{при } \frac{L_{\text{бар}}}{n} i \geq L_{\text{кон}} \end{cases}$$

– радиус барабана в i -м сечении;

$\varphi_n = \arccos \frac{S}{2R}$ – угловая координата била,

при котором рабочая кромка била входит в зону поля трепания в нулевом (начальном

торцевом) сечении (рис. 3); $\beta_i = \frac{\beta}{n} i$ – взаимное угловое смещение сечения относительно начального торцевого сечения.

Текущую угловую координату била будем определять по формуле:

$$\varphi_i = \varphi_n + \beta_i - \omega t$$

Указанные выражения координат x_i и y_i позволяют для каждого момента времени t определить следующие характеристики:

$$\tau_i = \arccos \frac{\ell_{1i} \ell_{2i} + m_{1i} m_{2i} + w_{1i} w_{2i}}{\sqrt{\ell_{1i}^2 + m_{1i}^2 + w_{1i}^2} + \sqrt{\ell_{2i}^2 + m_{2i}^2 + w_{2i}^2}}$$

Далее из совокупности элементарных участков определяем тот, для которого искомый угол τ равен 90° . Для этого участка определим угол между вектором, проведенным от точки взаимодействия участка пряжи с кромкой била к точке зажима, и плоскостью поперечного сечения барабана, содержащую точку зажима:

$$\varepsilon_i = \arctg \left(\frac{z_i - z_3}{y_3 - y_i} \right)$$

Это выражение будет определять угол отклонения участка пряжи у зажима от по-

$$T = \begin{cases} 0,5994z_3^3 + 0,0923z_3^2 - 0,1857z_3 + 0,4215 & z_3 < \ell_k, \\ -0,0008z_3^3 + 0,0229z_3^2 - 0,1244z_3 + 0,6331 & z_3 \geq \ell_k, \end{cases}$$

$$N = \begin{cases} 0,4691z_3^3 - 0,0652z_3^2 - 0,0824z_3 + 0,1757 & z_3 < \ell_k, \\ -0,0093z_3^3 + 0,0645z_3^2 - 0,1546z_3 + 0,3277 & z_3 \geq \ell_k. \end{cases}$$

Тогда корректирующая поправка, вызванная трением волокна по кромке, будет определяться по формуле:

$$\Delta\psi = \arcsin \frac{kN}{T},$$

где k – коэффициент трения пряжи по кромке била.

С учетом этого искомый угол сгуживания ψ будет определяться с учетом знака (рис. 1) по формуле:

$$\psi = \varepsilon_i \pm \Delta\psi$$

– координаты вектора, касательного к кромке била:

$$\ell_{1i} = x_i - x_{i-1}; \quad m_{1i} = y_i - y_{i-1}; \quad w_{1i} = z_i - z_{i-1};$$

– координаты вектора, проведенного от i -й точки бильной планки к точке зажима:

$$\ell_{2i} = x_3 - x_i; \quad n_{2i} = y_3 - y_i; \quad w_{2i} = z_3 - z_i;$$

– угол между векторами касательной к кромке била и вектором, проведенным от i -й точки бильной планки к точке зажима:

перечного сечения барабана, проходящего через точку зажима, то есть угол сгуживания пряжей в слое без учета сил трения пряжи о кромку била.

Однако не вызывает сомнений, что прядь за счет сил трения будет отклоняться в сторону, противоположную перемещению точки зажима. Поэтому, учитывая факт зависимости силы трения от натяжения пряжи, введем к определению значения ε_i корректирующую поправку $\Delta\psi$.

Изменения усредненных сил натяжения T и сил давления на кромку N по длине барабана известны из исследований [4]:

Представленная совокупность моделей и последовательность их формирования является основой методики расчета угла сгуживания пряжей, позволяющей в отличие от [2] обеспечить более эффективную оценку фактического положения пряжей в поле трепания.

В качестве примера использования новой методики на рис. 4 представлены результаты расчета угла сгуживания ψ от угла поворота трепального барабана для одного из поперечных сечений конусной части барабана φ при различных углах конуса α .

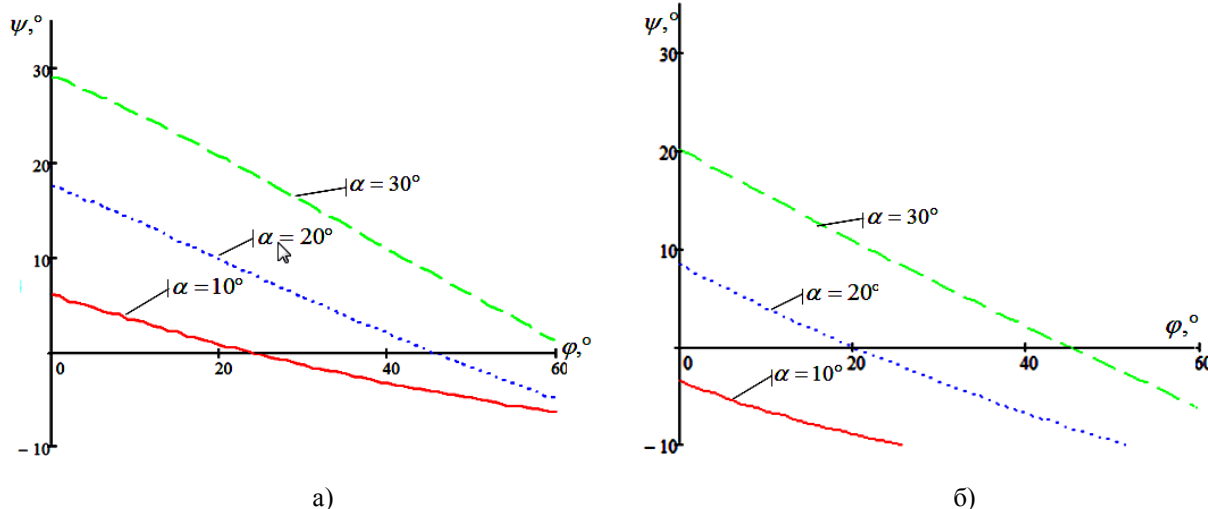


Рис. 4

На рис. 4-а изображены зависимости изменения ψ для случая отсутствия винтового расположения бил ($\gamma = 90^\circ$), а на рис. 4-б – для случая угла подъема винтовой линии $\gamma = 80^\circ$, то есть применительно к используемым на практике барабанам (трепальных машин агрегатов МТА-2Л и МТА-3Л). Расчеты проведены при условиях: частота вращения барабана 300 об/мин; радиус барабана 0,37 м; межосевое расстояние между барабанами 0,52 м; длина конусной части 1,0 м; исследуемая точка сечения находится на расстоянии 0,5 м от переднего торца барабана, то есть на половине конусной части; скорость транспортера 1 м/с; коэффициент трения пряжи по кромке 0,15.

Из анализа представленных зависимостей следует, что в момент нахождения кромки била на минимальном расстоянии от зажимного транспортера в конусной части трепального барабана при углах конуса $\approx 30^\circ$ возникает значительное сгуживание пряжей. По мере поворота барабанов сгуживание снижается. Винтовое расположение (с аналогичными параметрами барабанов действующих трепальных машин) способствует снижению сгуживания. Степень этого снижения зависит от угла конуса. Таким образом, из результатов анализа следует, что величину угла сгуживания можно минимизировать за счет выявления сочетаний параметров конструкции трепального барабана, а именно: угла подъема винтовой линии

билльных планок, угла конуса и других, влияющих на степень нагружения прядей в процессе их обескостривания при трепании. Однако выявление таких условий и учет параметров, входящих в упомянутую выше систему допущений, является предметом дальнейших исследований.

ВЫВОДЫ

1. Разработана система моделей и последовательность их использования для расчета угла сгуживания прядей сырца при их взаимодействии с билами трепальных барабанов. Их особенностью, в отличие от ранее известных подходов, является учет геометрических параметров расположения билных планок по отношению к оси барабана, а также условий нагружения прядей.

2. При расчете угла сгуживания применительно к конусной части трепального барабана установлено, что в процессе взаимодействия била с прядью угол сгуживания меняется. На эти изменения влияет угол винтовой линии била γ и угол конуса α . При $\alpha \approx 30^\circ$ искомый угол сгуживания может составлять 30° , что увеличивает линейную плотность более чем на 13%. Это будет негативно отражаться на эффективности обескостривания при трепании в зоне зажима.

3. Высказано предположение, что для улучшения условий выделения костры,

связанных со сгуживанием прядей, в зоне конусной части длины барабана необходимы определенные сочетания угла подъема винтовой линии бильной планки барабана, угла конуса и других параметров конструкции, влияющих на степень нагружения прядей в процессе их обескостривания при трепании.

ЛИТЕРАТУРА

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

2. Лапшин А.Б., Пашин Е.Л., Вихарев С.М. Особенности взаимодействия конусных частей барабанов с прядями сырца в поле трепания // Вестник ВНИИЛК. – 2003, №1. С.24...28.

3. Енин М.С. Разработка и обоснование параметров процесса и машины для предварительной обработки льняного сырца: Дис. ... канд. техн. наук. – Кострома: КГТУ, 2010.

4. Лапшин А.Б. Развитие теории процесса получения трепаного льняного волокна: Дис. ... докт. техн. наук. – Кострома: КГТУ, 2002.

Рекомендована кафедрой технологии производства льняного волокна. Поступила 26.04.12.

УДК 677.151.256.001.57

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛОЯ СТЕБЛЕЙ ЛЬНА ПРИ ЕГО ОБРАБОТКЕ В ТРЕПАЛЬНОЙ МАШИНЕ

IMITATION DESIGNING OF FLAX STALKS IN THE PROCESS OF PROCESSING IN A SCUTCHING MACHINE

Н.И.КОВАЛЕНКО, С.Н.РАЗИН, М.С.БУРОВ
N.I. KOVALENKO, S.N. RAZIN, M.S. BUROV

(Костромской государственной технологической университет)
(Kostroma State Technological University)
E-mail: info@kstu.edu.ru

Зависимость силы зажима прядей в транспортирующих ремнях трепальной машины от координаты вдоль их линии сопряжения позволяет определить величину этой силы для пряди любой длины, попавшей под зажим на различную длину. Это позволяет более точно оценить пригодность стеблей к трепанию и провести расчет выхода длинного волокна.

Dependence of strand clamp force in transporting belts of a scutching machine on the coordinate along their coupling line allows to determine the value of this force for the strand of any length coming into the clamp on different length. It allows to estimate the strands availability to suotching and make the calculation of a long fiber outlet.

Ключевые слова: транспортирующий ремень, линия сопряжения ремней, сила трения, сила натяжения, имитационное моделирование.

Keywords: a transporting belt, a belts coupling line, friction force, tension force, imitation designing.

Сущность процесса трепания заключается в поочередной обработке прядей льносырца в разных секциях трепальной

машины. В первой секции обрабатываются вершинные части стебля, а комлевые зажаты в транспортирующих ремнях. Во вто-

рой секции машины обрабатываются комлевые участки прядей, а под зажимом находятся вершинные их части. В обеих секциях машины слой должен быть надежно зажат в транспортирующих ремнях зажимного транспортирующего механизма.

Надежность зажима зависит как от его конструктивных особенностей, так и от свойств поступающего в трепальную машину слоя стеблей. Слой должен быть равномерным по толщине, непрерывным, выровненным по комлям и вершинам, а также определенным образом ориентирован относительно зажимного транспортера. Все эти факторы определяют пригодность слоя к трепанию и основной показатель работы мяльнотрепального агрегата – выход длинного волокна. Особенно существенно влияние длины стеблей в слое на результаты механической обработки. Минимальная длина стеблей, пригодных к обработке трепанием определяется конструктивными параметрами зажимного транспортирующего механизма трепальной машины.

Согласно [1] конструктивные параметры зажимного транспортирующего механизма агрегата МТА-2Л показаны на рис. 1 (схема зажима сырца в трепальной машине).

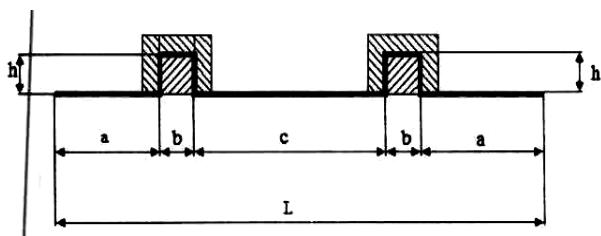


Рис. 1

Минимальная длина стеблей, пригодных к трепанию в транспортирующих ремнях этого агрегата, определяется по формуле:

$$L = 2a + 2b + 4h + c,$$

где L – минимальная длина стеблей, обрабатываемых на длинное волокно; a – длина концов сырца, находящихся вне зажима; h , b – поперечные размеры нижнего ремня; c – расстояние между трепальными секциями.

Эти параметры соответственно равны: $a = 5$ см; $b = 4$ см; $c = 14$ см; $h = 2$ см. Следовательно, для того чтобы стебли попали под зажим обоих конвейеров, длина их должна быть не менее 40 см. Стебли длиной более 40 см могут быть обработаны в трепальной машине в случае, если все они попадут под зажим транспортирующих ремней.

Однако, как показывают наблюдения, слой стеблей, поступающий на переработку в трепальную машину [2], имеет ряд недостатков, которые и определяют степень попадания стеблей под зажим транспортирующих ремней. К ним относится такой недостаток, как растянутость слоя по комлям и вершинам. Растянутость стеблей в слое оказывает негативное влияние на выход длинного волокна, так как часть стеблей не попадет под зажим транспортирующих ремней или попадет частично и выпадет в отходы трепания. Негативное влияние тем больше, чем меньше длина стеблей.

Также негативное влияние на результаты процесса трепания оказывает угловая дезориентация стеблей по отношению к зажимному транспортеру. При этом отдельные стебли в слое располагаются не перпендикулярно линии зажима, а оказываются повернутыми в ту или другую сторону. Величина этого отклонения зависит от свойств сырья. Угловая дезориентация стеблей в слое снижает пригодность стеблей к трепанию, потому что отдельные стебли также не попадают под зажим транспортирующих ремней и выпадают в отходы трепания. Кроме того, стебли после промина имеют некоторую гофрированность, что также влияет на пригодность слоя к трепанию. Следовательно, такие факторы, как неоднородность стеблей в слое, их растянутость, угловая дезориентация и гофрированность, снижают выход длинного волокна, так как эти факторы негативно влияют на надежность зажима стеблей в слое.

До настоящего времени пригодность слоя к трепанию определяли из условия полного попадания стеблей под зажим транспортирующих ремней.

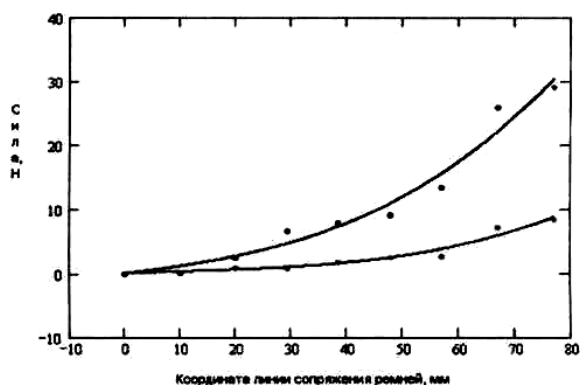


Рис. 2

Проведенные в работе [3] исследования по расчету сил зажима слоя в транспортирующих ремнях трепальной машины впервые позволяют более точно оценить пригодность стеблей к трепанию, исходя из надежности их зажима. Используя зависимость силы зажима прядей от ее координаты вдоль линии сопряжения ремней (рис. 2), можно определить величину этой силы для участка пряди любой длины, попавшего под зажим, и провести расчет выхода длинного волокна. Для этой цели впервые была разработана методика расчета выхода длинного волокна на основе имитационного статистического моделирования слоя, поступающего на обработку в трепальную машину. Из соотношения сил зажима слоя и сил натяжения, возникающего в слое от действия бил трепальных барабанов, можно сделать заключение о надежности фиксации слоя в транспортирующих ремнях.

В работах [2], [4] проведено исследование потока обрабатываемого слоя стеблей в процессе трепания. Из этих работ следует, что смещение комлевой части стеблей и длина стебля изменяются по нормальному закону распределения. В этих работах получены следующие статистические характеристики: математические ожидания $a_x = 5$ см — смещения комлевой части волокна и $a_\ell = 55$ см — длины волокна и их среднеквадратические отклонения $\sigma_s = 2$ см и $\sigma_\ell = 4,5$ см (рис. 2 — зависимость силы зажима слоя стеблей льна от координаты линии сопряжения ремней на участке ремней, расположенного в центре между ося-

ми роликов). В [4] принято, что угловая дезориентация также изменяется по нормальному закону с математическим ожиданием $a_\alpha = 0^\circ$ и среднеквадратическим отклонением $\sigma_\ell = 12^\circ$.

Если известны математические ожидания и среднеквадратические отклонения, то для определения числа стеблей определенной длины, угловой дезориентации и смещения комлевой части можно применять метод статистических испытаний или метод Монте-Карло, согласно которому можно при заданных значениях математического ожидания и среднеквадратического отклонения определить значение нормально распределенной случайной величины [5]:

$$X = M(X) + \sigma(X) \left[\sum_{i=1}^{12} r_i - 6 \right], \quad (1)$$

где r_i — значения случайной величины, равномерно распределенной на $[0; 1]$.

В ходе эксперимента значения параметров изменялись следующим образом [4]: смещение комлевой части волокна — от 0 до 12 мм; длина волокна — от 40 до 70 мм; угол дезориентации — от $-\pi/4$ до $+\pi/4$; гофрирование 14.

При этом вероятность попадания любого обрабатываемого стебля в данные диапазоны составляет не менее 95%. Эксперименты проводились для слоя, состоящего из 10000 стеблей. Повторность опыта десятикратная.

Определяем количество стеблей, смещенных относительно линии зажима в интервале $[X_1, X_2]$, $[X_2, X_3]$, $[X_{k-1}, X_k]$, количество стеблей в интервале длин $[L_1, L_2]$, $[L_2, L_3]$, $[L_{m-1}, L_m]$ количество стеблей с углом дезориентации в интервале $[A_1, A_2]$, $[A_2, A_3]$, $[A_{n-1}, A_n]$.

По полученным в результате компьютерного эксперимента значениям длины стеблей и смещениям стало возможным получить имитационную статистическую модель потока слоя.

Для определения выхода длинного волокна в зависимости от вышеупомянутых факторов рассчитано количество стеблей, оставшихся в зажиме ремней и выпавших

из него при обработке в процессе трепания по разработанной методике. Выход длинного волокна для существующей модели ремней агрегата МТА-2Л составил 9,576%.

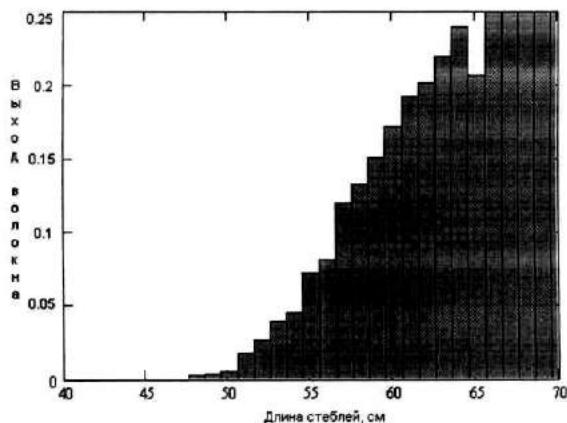


Рис. 3

Моделирование проводилось при силе натяжения, приходящейся на 1 см слоя, равной 5Н.

Анализ проведенных исследований показал, что каждый из факторов: смещение, дезориентация и гофрирование влияет на выход длинного волокна.

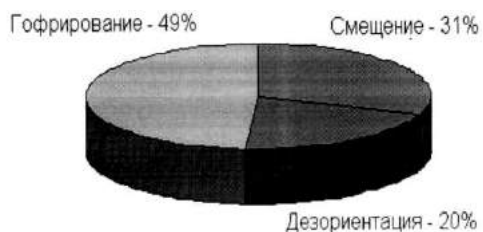


Рис. 4

Доля влияния каждого фактора на выход длинного волокна представлена на

рис. 4 (доля влияния исследуемых факторов на выход длинного волокна для существующей модели транспортирующего механизма).

ВЫВОДЫ

Получена методика оценки технологической эффективности условий зажима стеблей в транспортирующих ремнях трепальной машины. Оценка эффективности осуществляется по величине силы зажима стеблей в ремнях транспортирующего механизма на основе имитационного стохастического моделирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ипатов А.М.* Теоретические основы механической обработки стеблей лубяных культур: Учебное пособие для вузов. – М.: Легпромбытиздат, 1989.
2. *Лапшин А.Б.* Развитие теории процесса получения трепаного льняного волокна: Дис. ... докт. техн. наук. – Кострома, 2002.
3. *Коваленко Н.И., Разин С.Н., Соколов А.В.* Моделирование напряженно- деформированного состояния моделей транспортирующих ремней трепальной машины // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2010, №5. С.81...84.
4. *Баринов А.А.* Разработка параметров системы управления расположением слоя стеблей при получении трепаного льняного волокна: Дис. ... канд. техн. наук. – Кострома, 2010.
5. *Калинина В.Н., Панкин В.Ф.* Математическая статистика. – М.: Высшая школа, 2001.

Рекомендована кафедрой теоретической механики и сопротивления материалов. Поступила 18.06.12.

ОБОСНОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИК-СПЕКТРОМЕТРИИ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ЛЬНОТРЕСТЫ В ПОТОКЕ*

SUBSTANTIATION OF POSSIBILITY OF USE OF INFRARED SPECTROMETRY FOR AUTOMATIC CONTROL OF FLAX STRAW PARAMETERS IN A STREAM

А.С. ЕФРЕМОВ, В.Г. ДРОЗДОВ, А.Е. МОЗОХИН, В.Н. ГОЛУБЕВ
A.S. EFREMOV, V.G. DROZDOV, A.E. MOZOHIN, V.N. GOLUBEV

(Костромской государственной технологической университет)
(Kostroma State Technological University)
E-mail: info@kstu.edu.ru

Предлагается к рассмотрению метод ИК-спектроскопии. Изучается влияние способа измерений внешних факторов на результаты измерений параметров льнотресты. Результаты позволяют говорить о возможности применения ИК-спектроскопии для экспресс-анализа параметров льнотресты и организации системы автоматического управления.

The method of infrared spectrometry has been offered for consideration. The influence of the method of measurements and external factors on the results of measurements of flax stock parameters is researched. The results show the possibility of using the method of infrared spectrometry for the express analysis of flax stock parameters and organization of the automatic control system.

Ключевые слова: параметры льнотресты, автоматический контроль, метод ИК-спектроскопии.

Keywords: flax stock parameters, automatic control, an infrared spectrometry method.

Современные методы анализа позволяют определять все важные физико-химические и технологические показатели вещества. Точность и сходимость большинства стандартных методов достаточна для контроля над технологическим процессом и качеством получаемой продукции, но скорость подобных методов не отвечает современным требованиям для поточного производства: промежуток времени между забором пробы и получением окончательного результата его анализа измеряется часами. Кроме того, сложность и дороговизна (высококвалифицированного труда, оборудования, реактивов) не позволяют предприятиям проводить постоянный мониторинг качества производимой продукции. В производственной практике ограничиваются

периодическими анализами.

В результате оказывается возможным производство в течение длительного времени низкокачественного или бракованного льняного волокна, что, в свою очередь, приводит к финансовым потерям: бесполезному расходу льняной тресты и к снижению выхода длинного волокна.

Вышеизложенное позволяет утверждать, что у экспресс-методов анализа есть перспектива при внутризаводском контроле качества. Подобный контроль позволит выявлять отклонения в качестве сырца или льнотресты на начальном этапе, что сократит долю потерь в общем объеме товарной продукции и позволит лучше контролировать сам технологический процесс обработки.

* Выполнено в рамках ГК № 16.740.11.0230 по ФЦП "Научные и научно-педагогические кадры инновационной России" на 2009 - 2013 годы.

Экспресс-методы анализа могут также служить для создания методов непрерывного контроля качества без отбора пробы, встроенных непосредственно в технологический процесс.

Одним из возможных методов, удовлетворяющих требованиям по скорости и информативности, является метод инфракрасной спектроскопии в ближнем диапазоне (БИК-спектроскопия).

В ходе проведения лабораторных исследований [1], [2] была установлена возможность определения влажности и отделяемости льняной тресты. Для применения данного метода в технологическом процессе необходимо изучить влияние среды и способа измерения на результат.

Целью проведения экспериментальных исследований являлось доказать отсутствие существенного влияния способа измерения и структуры сырья на результаты измерений.

Образцы проб представляли собой как измельченные, так и неизмельченные стебли льна. Измельченные образцы использовались для съемки спектров без какой-либо дополнительной пробоподготовки. Измельченные образцы до измерения спектров хранились в герметичных п/э пакетах. Неизмельченные образцы (стебли) для проведения измерений разрезались на куски длиной 5...10 мм.

Неизмельченные образцы до измерения спектров хранились "на воздухе". Исследование было проведено на 9 образцах льняной тресты.

Съемка спектров проводилась на ИК-спектрометре "Bruker Optics MPA" (фирма Bruker, Германия), оснащенный интегрирующей сферой. Спектральный диапазон $3600...12500 \text{ см}^{-1}$, разрешение 8 см^{-1} , число сканов 32. Съемка спектров велась в цилиндрических кюветах (стаканах). Образцы тресты льна помещались в кювету до $2/3$ высоты и уплотнялись до плотности набивки в диапазоне $0,4...0,6 \text{ г/см}^3$.

Съемка спектров велась в геометрии диффузного отражения. Управление прибором, съемка и обработка спектров, а также анализ полученной спектральной

информации проводились с помощью программы OPUS 5.5 "BRUKER".

Каждый образец подвергался серии измерений. Были использованы вращающийся стакан, неподвижный стакан и выносной оптоволоконный датчик для твердых образцов (в нашем случае использовался для неизмельченных образцов). Было проведено по три измерения с каждой приставкой.

Результаты измерений показывают идентичность ИК-спектров на всех трех измерительных приставках.

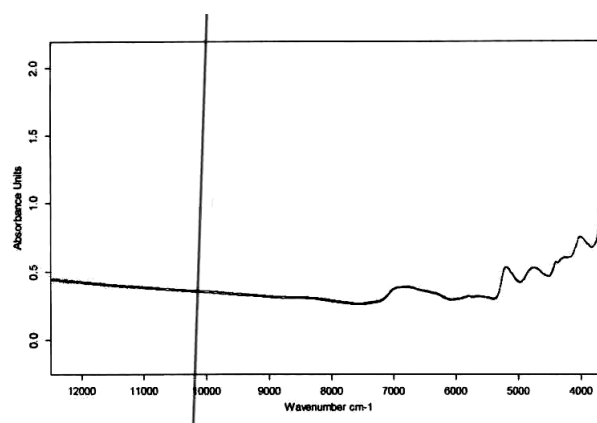


Рис. 1

На рис. 1 представлены два спектра поглощения образца льняной тресты нормальной степени вылежки, снятые во вращающемся и неподвижном стакане. Видно, что спектры практически совпадают. Аналогичные результаты получены при использовании выносного датчика.

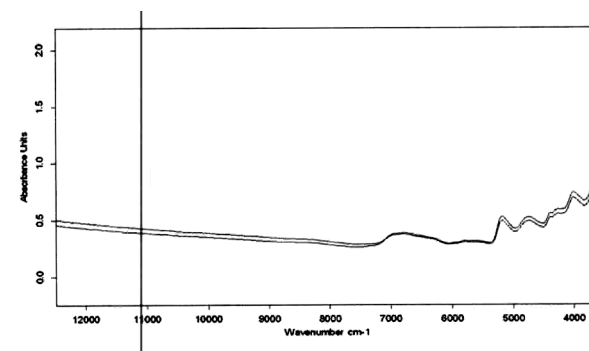


Рис. 2

Спектры поглощения образцов, полученных в виде стеблей и в виде разрезанного материала, также совпадают (рис. 2).

Идентичные спектры получены для од-

ного и того же образца при различной степени набивки от 0,4 до 0,6 г/см³. Спектры также не изменяются при уменьшении числа сканирований с 32 до 8.

ВЫВОДЫ

1. Спектры, получаемые методом ИК-спектроскопии, зависят только от химического состава используемых образцов. Влияние окружающей среды на результаты измерений минимально.

2. Возможность использования ИК-спектров для создания автоматической системы управления процессом обработки льнотресты обоснована. Внедрение такой

системы позволит значительно сократить долю потерь в ходе обработки льна.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ефремов А.С., Катков А.А., Дроздов В.Г. Автоматический контроль параметров льнотресты: Монография. – Кострома, 2011.

2. Ефремов А.С., Дроздов В.Г., Мозохин А.Е. Оптимизация и управление режимами процессов трепания в зависимости от свойств льна // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, №5.

Рекомендована кафедрой автоматизации и микропроцессорной техники. Поступила 14.12.12.

УДК [677.022:677.027.653]:537.218

**РАСЧЕТ ЗАГЛУБЛЕНИЯ ФЛОКА В АДГЕЗИВЕ
ПРИ ЭЛЕКТРОФЛОКИРОВАНИИ**

**CALCULATION OF FLOCK FIBER EMBEDDING IN AN ADHESIVE
IN THE PROCESS OF ELECTRIC FLOCKING**

З.Р. СЦЕПУРЖИНСКАЯ, К.Э. РАЗУМЕЕВ
Z.R. STSEPURZHINSKAYA, K.E. RAZUMEEV

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина)
(Moscow State Textile University "A.N. Kosygin")
E-mail: office@msta.ac.ru

На основе силового взаимодействия поступательно движущегося заряженного волокна флока с электростатическим полем разработан метод расчета, позволяющий теоретически обосновать физико-технологические параметры электрофлокирования: межэлектродное расстояние, максимальный заряд волокна, скорость его установившегося движения, а также величину заглубления флока в адгезиве. Результаты исследования могут использоваться при проектировании технологии электрофлокирования, флокаторов и при прогнозировании свойств получаемых флокированных материалов.

On the basis of power interaction of forward moving charged fiber of flock with electrostatic field the calculation method allowing to prove theoretically physical and technological parameters of electric flocking: interelectrode distance, a maximum charge of a fiber, speed of its steady movement, as well as the size of flock fiber embedding in an adhesive, has been developed. The research results can be used in designing of electric flocking technology, devices for flocking and forecasting the properties of the received flocking materials.

Ключевые слова: электрофлокирование, электростатическое поле, напряженность, заряд волокна, взаимодействие волокна и поля, скорость волокна, аэродинамическое сопротивление, лобовое сопротивление, заглубление волокна.

Keywords: electric flocking, an electrostatic field, intensity, a fiber charge, fiber and field interaction, fiber speed, aerodynamic resistance, front resistance, fiber embedding.

Теоретические исследования в области силового взаимодействия движущегося заряженного волокна с электростатическим полем [1...3] позволяют оценить предельные возможности процесса электрофлокирования и могут служить основой инженерных расчетов при проектировании технологии и флокаторов. Однако отсутствует метод расчета физико-технологических параметров флокирования с выходом на конечный показатель – величину заглубления флока в адгезиве, которая непосредственно влияет на прочность закрепления ворса и соответственно определяет износостойкость флокированных материалов.

Цель данного исследования – на основе комплексного силового анализа теоретически обосновать технические и технологические решения процесса электрофлокирования: межэлектродное расстояние, максимальный заряд флока и скорость его установившегося движения, напряженность электростатического поля, величину заглубления флока в адгезиве, размеры флокатора.

Расчет физико-технологических параметров процесса электрофлокирования проведен для полиамидного флока линейной плотности 0,33 текс со средней длиной $l_\phi = 1$ мм и диаметром $d_\phi = 0,019$ мм, который используется при выработке флокированной нити линейной плотности 270 текс на экспериментальной установке [4].

Силовое воздействие электростатического поля на волокно определяется величиной его напряженности и величиной заряда волокна. Напряженность поля не может превышать величину порядка 10 Кв/см из-за возможного пробоя воздушного промежутка [1], поэтому знание величины максимально возможного заряда волокна представляет особый интерес.

Аппроксимируем цилиндрическое волокно сферой, одинаковой с волокном плотностью и скоростью движения в воздухе, с эквивалентным радиусом, равным [3]:

$$r_3 = \sqrt[3]{ab^2} = 3,56 \cdot 10^{-5} \text{ (м)}, \quad (1)$$

где a – полудлина $l_\phi/2$ и b – полутолщина $d_\phi/2$ волокна флока.

Максимально возможный заряд волокна флока при контактной зарядке на плоском электроде q_{\max} , при расположении его параллельно силовым линиям электростатического поля с напряженностью E (В/м), рассчитываем по формуле, приведенной в [1]:

$$q_{\max} = 4\pi\epsilon\epsilon_0 r_3^2 E = 4,36 \cdot 10^{-13} \text{ (Кл)}, \quad (2)$$

где ϵ – диэлектрическая проницаемость полиамидного флока, равная 4,5 при температуре воздуха 20°C и относительной влажности 65% [5]; ϵ_0 – электрическая постоянная, равная $8,854 \cdot 10^{-12}$ Ф/м [5]; r_3 – эквивалентный радиус, равный $3,56 \cdot 10^{-5}$ м, рассчитан по формуле (1); E – напряженность электрического поля, равная $7 \cdot 10^5$ В/м.

По данным [2] величины зарядов большинства волокон находятся в пределах $10^{-13} \dots 10^{-12}$ Кл. Таким образом, величина расчетного максимального заряда волокна хорошо согласуется с экспериментальными данными, полученными при непосредственном его измерении для аналогичного по геометрическим размерам и материалу волокна флока при близкой к расчетной напряженности электрического поля [3], [6].

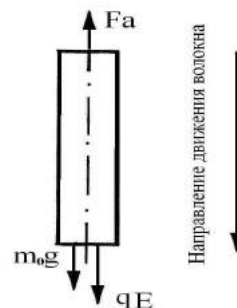


Рис. 1

Если заряженное волокно движется в однородном электростатическом поле со скоростью v (м/с), силовые линии которого вертикальны, а Кулонова сила, действующая на волокно, совпадает с направлением его движения (то есть волокно полностью ориентировано вдоль силовых линий) и направлена вниз (рис. 1), то его поступательное движение определяется суммой основных сил $\sum F$, действующих на волокно [2]:

$$\sum F = F_3 + F_T - F_a, \quad (3)$$

а уравнение поступательного перемещения его центра масс имеет вид [2]:

$$m_0 \frac{dv}{dt} = q_{\max} E + m_0 g - F_a(v). \quad (4)$$

Силу F_3 электрического взаимодействия волокна, несущего заряд q_{\max} (Кл), с полем напряженностью E (В/м) рассчитываем по формуле:

$$F_3 = q_{\max} E = 4,36 \cdot 10^{-13} \cdot 7 \cdot 10^5 = 3,1 \cdot 10^{-7} \text{ (Н)}. \quad (5)$$

Силу F_T тяжести волокна массой m_0 (кг) при движении волокна сверху вниз рассчитываем по формуле:

$$F_T = m_0 g = 0,323 \cdot 10^{-9} \cdot 9,81 = 3,2 \cdot 10^{-9} \text{ (Н)}, \quad (6)$$

где m_0 – масса одного волокна флюка, равная $0,323 \cdot 10^{-9}$ кг [4]; g – ускорение свободного падения, равное $9,81 \text{ м/с}^2$ [5].

Силу F_a аэродинамического сопротивления рассчитываем по эмпирической формуле, полученной С. Андерсоном и Р. Стьюбсом [7] при продольном обтекании волокон диаметром $d = 20 \dots 50$ мкм воздухом со скоростью $v = 3 \dots 17$ м/с в случае, когда волокно имеет максимальную ориентацию (лобовое сечение равно нормальному):

$$F_a = 1,11 \ell (v + 0,1v^2) (d - 9,3 \cdot 10^{-6}), \quad (7)$$

где ℓ – длина волокна (м).

Аналитическое решение уравнения (7) в общем виде приведено в [2].

Известно [2], что имеется экспоненциальная зависимость скорости от времени, то есть скорость асимптотически стремится

к максимальной величине v_∞ (постоянной скорости волокна) при $t \rightarrow \infty$. Результаты численного моделирования скорости v и перемещения h волокна для нашего конкретного случая подробно изложены в [4]. Подразумеваем под временем t установления постоянной скорости время, за которое скорость достигнет примерно 90% асимптотического значения [2], для наших расчетов величина постоянной скорости

$v_\infty = 12,5$ м/с. Тогда, задаваясь значением времени $t = 0,02$ с, получаем скорость установившегося движения волокна флюка $v_y = 10,7$ м/с, при этом величина межэлектродного расстояния равна $h = 0,13$ м. С очень небольшой погрешностью (меньше 1%) можно принять за оптимальное межэлектродное расстояние $h_0 = 0,10$ м [4].

Таким образом, выбор скорости v_y поступательного перемещения волокна при заданном времени является решающим при определении оптимального межэлектродного расстояния [2]. При электрофлюкировании значительно увеличивать межэлектродное расстояние (при постоянной напряженности поля E) нецелесообразно из-за стекания зарядов с волокон во время их полета, и в случае, когда работают при напряжении заряжающего электрода флюкатора, близком к максимальному значению, даваемому генератором, это сделать невозможно [2].

Таким образом, выражая зависимость силы лобового сопротивления воздуха движению волокна от скорости и параметров волокна эмпирической формулой С. Андерсона и Р. Стьюбса [7], можно получить и решить уравнение перемещения волокна в аналитическом виде.

Рассчитаем силу аэродинамического сопротивления по формуле (7):

$$F_a = 1,11 \cdot 10^{-3} (10,7 + 0,1 \cdot 10,7^2) (0,019 \cdot 10^{-3} - 9,3 \cdot 10^{-6}) = 2,4 \cdot 10^{-7} \text{ (Н)}. \quad (8)$$

При движении волокна с установившейся скоростью сила аэродинамического сопротивления примерно равна силе электрического взаимодействия заряженного волокна с полем.

При оценке типа обтекания волокна потоком воздуха число Рейнольдса, равное $Re = 53,6$ [4], позволяет говорить об образовании стационарных вихрей при движении волокна [8].

Для определения величины заглупления волокна флока в клеевом слое воспользуемся энергетическим методом, основанным на законе сохранения энергии. Движущееся волокно обладает кинетической энергией:

$$W_b = \frac{m_0 v_y^2}{2} = \frac{0,323 \cdot 10^{-9} \cdot 10,7^2}{2} = 18,5 \cdot 10^{-9} \text{ (Дж)}. \quad (9)$$

По закону сохранения энергии кинетическая энергия движущегося в направлении потока волокна должна соответствовать работе силы лобового сопротивления адгезива, другими словами, энергия волокна при ударе о вязкую жидкость расходуется на преодоление ее сопротивления и нагревание жидкости.

Опытным путем установлено, что для ламинарного и турбулентного обтекания

$$F_{лс} = 1,11 \cdot 3,14 \cdot (3,56 \cdot 10^{-5})^2 \cdot \frac{1056 \cdot 10,7^2}{2} = 26,7 \cdot 10^{-5} \text{ (Н)}. \quad (11)$$

Рассчитанное при этом число $Re=0,1 < 0,5$ показывает, что пограничный слой в адгезиве отсутствует и значительную роль играет вязкостное трение, которое приводит к потере механической энергии, то есть тормозит тело [8].

Из формулы, приведенной в [1], определяем расчетное значение глубины Δh_p проникновения волокна в клей:

$$\Delta h_p = \frac{W_b}{F_{лс}} = \frac{18,5 \cdot 10^{-9}}{26,7 \cdot 10^{-5}} = 0,069 \cdot 10^{-3} \text{ (м)}, \quad (12)$$

где W_b – кинетическая энергия волокна, определенная по формуле (9).

Разность между расчетным Δh_p и фактическим $\Delta h_\phi = 0,06 \cdot 10^{-3}$ (м) значениями глубины проникновения волокна в адгезив для флокированной нити линейной плотности 270 текс составила 13,0 % [4].

Разработанный метод позволяет теоретически обосновать физико-технологические параметры процесса электрофлокирования: максимально-возможный заряд

тел можно использовать единую формулу для расчета силы лобового сопротивления $F_{лс}$ [8]:

$$F_{лс} = C_x (Re) s \frac{\rho v^2}{2} \text{ (Н)}, \quad (10)$$

где v – скорость волокна перед соударением с адгезивом, равная 10,7 м/с; ρ – плотность адгезива, равная 1056 кг/м³.

Рассматривая проникающее в адгезив волокно как диск с эквивалентным радиусом r_3 (м), рассчитанным по (1), определяем площадь его поперечного сечения по формуле $s = \pi r_3^2$ и, принимая коэффициент лобового сопротивления тела данной формы (диска) $C_x(Re)$ равным 1,11 [8], рассчитываем силу лобового сопротивления волокна $F_{лс}$ по формуле (10):

флока, скорость его установившегося движения, оптимальное межэлектродное расстояние и величину заглупления флока в слое адгезива и, таким образом, на стадии проектирования оценить предельные возможности технологии электрофлокирования, создать теоретические предпосылки для управления динамикой процесса и прогнозирования свойств флокированных материалов.

ВЫВОДЫ

1. На основе разработанного метода выполнен комплексный силовой анализ взаимодействия поступательно движущегося заряженного волокна с электростатическим полем с учетом соответствующих параметров в аналитических и эмпирических зависимостях для конкретного случая.

2. Теоретически обоснованы технические и технологические решения процесса электрофлокирования, позволяющие прогнозировать свойства получаемого флокированного материала. При максимально возможном заряде полиамидного волокна

флока $4,36 \cdot 10^{-13}$ Кл и скорости установившегося движения 12,5 м/с межэлектродное расстояние составляет 0,13 м, при этом разность между рассчитанным теоретически 0,069 мм и фактическим 0,06 мм значениями заглубления волокна флока в клеевой слой составляет 13,0 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Радовицкий В.П., Стрельцов Б.Н. Электроаэромеханика текстильных волокон. – М.: Легкая индустрия, 1970.

2. Бершев Е.Н. Электрофлокирование (нанесение ворса в электростатических полях). – М.: Легкая индустрия, 1975.

3. Бершев Е.Н. Физические основы технологии электрофлокирования. – Л.: Изд-во Ленинградского университета, 1984.

4. Сцепуржинская З.Р. Разработка и исследование технологии флокированной нити: Дис... канд. техн. наук. – М.: МГТУ им. М.Н. Косыгина, 2011.

5. Физические величины: Справочник/ Бабичев А.П., Бабушкина Н.А. и др.; Под ред. Григорьева И.С., Мейлихова Е.З. – М.: Энергоатомиздат, 1991.

6. Иванов О.М. Развитие теории и технологии производства электрофлокированных материалов: Дис... докт. техн. наук. – С-Пб., т.1,2. 2007.

7. Anderson S.L., Stubbs R. Use of Air Currents for Tensioning Fibres // J. the Text. Inst. Transactions. – Vol 42. № 2, 1958. P.53...57.

8. Алешкевич В.А., Деденко Л.Г., Караваев В.А. Механика сплошных сред / Курс лекций. Физический факультет МГУ. – М.: Изд-во Физического факультета МГУ, 1998. С. 78...80.

Рекомендована кафедрой прядения. Поступила 23.05.12.

УДК 677.052.71

ИССЛЕДОВАНИЕ КРУТИЛЬНО-МОТАЛЬНОГО МЕХАНИЗМА С ВРАЩАЮЩИМСЯ ПРЯДИЛЬНЫМ КОЛЬЦОМ*

RESEARCH OF A TWISTING AND REELING MECHANISM WITH ROTATING SPINNING RINGS

Д.С. ОХЛОПКОВ, Ан.А. СТОЛЯРОВ, Ю.В. ПАВЛОВ
D.S. OHLPOKOV, An.A. STOLYAROV, Yu.V. PAVLOV

(Ивановская государственная текстильная академия)

(Ivanovo State Textile Academy)

E-mail: okhlopkov.dmitry @ yandex.ru

В статье представлены результаты начального этапа аналитического исследования одного из важнейших механизмов кольцевой прядильной машины, в котором прядильное кольцо приводится во вращательное движение воздушным потоком.

The results of the initial stage of analytical research of one of the most important mechanisms of a ring spinning machine, in which a spinning ring is rotated by an air stream, have been presented in the article.

Ключевые слова: кольцевая прядильная машина, прядильное кольцо, бегунок, воздушный поток, производительность прядильной машины, скорость движения бегунка по кольцу, частота вращения веретен.

* Работа выполнена под руководством профессора кафедры высокопроизводительных вычислительных систем ИГЭУ, докт. физ-мат. наук Ф.Н. Ясинского.

Keywords: a ring spinning machine, a spinning ring, a traveler, an air stream, spinning machine productivity, speed of traveler movement along a ring, frequency of spindles rotation.

Основной недостаток кольцевой прядильной машины – ее относительно низкая производительность, что является следствием ограниченной частоты вращения веретен, вызванной неблагоприятными условиями работы крутильно-мотальной пары кольцо-бегунок, а именно условиями движения бегунка по кольцу в результате его привода нитью от вращающегося веретена. При повышенной частоте вращения веретена, в условиях резко возросшей силы трения бегунка о кольцо, бегунок испытывает сильнейший перегрев и сгорает. Пределом частоты вращения веретен для отечественных прядильных машин является 15000 об/мин. Современные импортные кольцевые прядильные машины способны работать при частоте вращения веретен вдвое большей. Это достигнуто за счет различных мероприятий, в том числе и за счет создания более совершенных по конструкции профилей кольца и бегунка, а также использования современных конструкционных материалов для их изготовления [1], [2].

Одно из направлений совершенствования крутильно-мотального механизма кольцевой прядильной машины основано на принудительном вращении прядильного кольца. Такая конструкция позволяет зна-

чительно повысить частоту вращения веретен без ущерба бегунку, поскольку относительно вращающегося прядильного кольца его скорость будет в допустимых пределах и сила трения, действующая со стороны бегунка, при контакте с кольцом не будет вызывать его перегрев.

В [3] представлен один из вариантов разработанных крутильно-мотальных механизмов с вращающимся прядильным кольцом, в конструкции которого предусмотрено использование сжатого воздуха для привода кольца, а также создание воздушной подушки между бегунком и кольцом [4]. Одним из наиболее важных вопросов, которые необходимо решить на стадии разработки и создания такого крутильно-мотального устройства, является вопрос аэродинамики, а именно: какой воздушный поток необходим для обеспечения вращения прядильного кольца с определенной скоростью?

Для ответа на этот вопрос рассмотрим упрощенный вариант крутильно-мотального механизма с вращающимся прядильным кольцом [5].

На рис.1 приведена схема заявляемого устройства в разрезе, на рис.2 – вид турбины с лопастями (вид сверху).

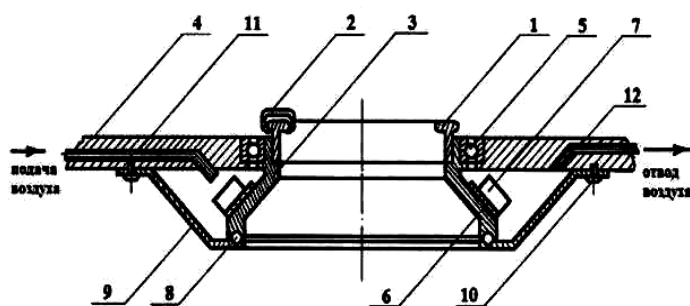


Рис. 1

Узел вращающегося кольца текстильной машины содержит: кольцо 1 с бегунком 2, установленное во втулке 3. Между втулкой 3 и кольцевой планкой 4 установлен подшипник качения 5. На втулке 3 ус-

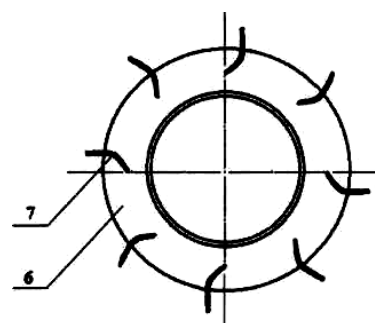


Рис. 2

тановлена турбина 6 с лопастями 7. Нижняя часть втулки 3 опирается на подшипник 8, установленный в корпусе 9, укрепленном к нижней части кольцевой планки 4 винтами 10. В кольцевой планке 4 раз-

мешены система в виде трубопровода 11 подачи сжатого воздуха на лопасти 7 турбины 6 и система в виде трубопровода 12 отвода воздуха из корпуса 9.

Крутильно-мотальное устройство работает следующим образом: при пуске машины через систему подачи сжатого воздуха, выполненную в виде трубопровода 11, размещенного в кольцевой планке 4, подается сжатый воздух, который, воздействуя на лопасти 7 турбины 6, приводит во вращательное движение втулку 3 с установленным в ней кольцом 1. Уменьшение трения бегунка о кольцо за счет применения принудительного вращения кольца позволяет значительно увеличить частоту вращения веретен, сохраняя при этом работоспособность пары кольцо-бегунок, и значительно повысить производительность оборудования, снижая обрывность текстильного продукта и улучшая его качество.

При разработке данной конструкции были исследованы основные величины и аэродинамические показатели [6]. Чтобы рассчитать давление P_0 , нужное для создания условия вращения прядильного кольца, необходимо найти:

1) скорость лопастки (м/с)

$$V_{\text{лопатки}} = 2(R_k + \ell/2)\pi n/60, \quad (1)$$

где R_k – радиус кольца (м^2); $\ell/2$ – половина расстояния стороны лопастки (м^2);

2) силу потока струи воздуха (Н)

$$F_{\text{струи}} = GV_{\text{смп}}, \quad (2)$$

3) расход потока воздуха (кг/с)

$$G = \rho_{\text{пл.в-ха}} f_{\text{всех отв(п)}} V_{\text{струи}}, \quad (3)$$

где $\rho_{\text{пл.в-ха}}$ – плотность воздуха (кг/м); $f_{\text{всех отв}}$ – площадь всех отверстий (м^2); $V_{\text{струи}}$ – скорость воздушной струи (м/с); условие вращения прядильного кольца

$$F_{\text{струи}} = F_{\text{тр}};$$

4) силу трения бегунка о кольцо (Н);

$$F_{\text{тр}} = kN = km\omega^2 R, \quad (4)$$

где ω – угловая скорость бегунка (2093с^{-1}); k – коэффициент трения; m – масса бегунка (мг); R – радиус кольца (м);

5) по закону Бернулли

$$P/\rho_{\text{пл.в-ха}} + V_{\text{стр}}^2/2 = P_0/\rho_{\text{пл.в-ха}} = \text{const}, \quad (5)$$

где P – нормальное атмосферное давление ($P = 10000 \text{ кг/м}^2$), в нашем случае можно не учитывать; P_0 – созданное давление для вращения кольца $n = 20000$ об/мин.

Все характеристики рассчитывались исходя из начальных условий: $n = 20000$ об/мин – необходимая частота вращения кольца; $R_{\text{кольца}} = 0,025 \text{ м}$ – радиус прядильного кольца; $S_{\text{лопатки}} = 100 \cdot 10^6 \text{ м}^2$ – площадь лопасти; $f_{\text{отв}} = 100 \cdot 10^6 \text{ м}^2$ – площадь отверстия, через которое проходит воздушный поток; $m_b = 155 \text{ мг}$ – масса бегунка.

В результате произведенных вычислений получили: 1) $V_{\text{лопатки}} = 2(0,025 + 0,005) \cdot 3,14 \cdot 20000/60 = 62,8 \text{ (м/с)}$; 2) $F_{\text{струи}} = 3,5 \text{ (Н)}$; 3) $G = 1,3 \cdot 100 \cdot 10^{-6} = V_{\text{струи}} = 21 \text{ (г/с)}$; 4) $F_{\text{тр}} = F_{\text{струи}} = 1,3 \cdot 10^{-4} V_{\text{смп}}^2 = 3,5$ – из условия вращения прядильного кольца;

$$V_{\text{стр}} = \sqrt{3,5 / 0,00013} = 164 \text{ (м/с)};$$

5) $P_0 = 1,3 \cdot 164^2/2 = 0,2 \text{ (атм.)}$

Из расчетов видно, что для обеспечения вращения прядильного кольца с частотой вращения 20000 об/мин необходимо давление воздушного потока, воздействующего на лопасти турбины всего лишь 0,2 атм, а для этого достаточно использовать компрессор малой мощности.

ВЫВОДЫ

В результате исследования аэродинамических параметров крутильно-мотального устройства с узлом вращающегося кольца установлено, что данная конструкция работоспособна: для обеспечения высокоскоростного вращения прядильного кольца требуется малый расход подаваемого на лопасти турбины воздуха при низком давлении воздушной струи.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Баишов А.П.* Особенности современных кольцевых прядильных машин для хлопка // Ж. Каталог "В мире оборудования". – 2004, №10, С.28.

2. Кузнецов Г.К., Курков В.В., Титов С.Н. О возможности замены трения скольжения в паре бегунок-кольцо на трение качения // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2004, №1, С.82...85.

3. Столяров А.А., Охлопков Д.С. Крутильно-мотальное устройство текстильной машины // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, №4. С.51...53.

4. Столяров А.А., Павлов Ю.В., Столяров А.А. Крутильно-мотальное устройство текстильной машины. Патент на изобретение РФ №2421557, МПК

D 01 H 7/60, опубл. 20.06.2011, бюл.№17.

5. Столяров А.А., Охлопков Д.С. Столяров А.А. Узел вращающегося кольца текстильной машины. Патент на полезную модель РФ №115783, МПК D01 H7/60, опубл. 10.05.2012, бюл.№13.

6. Краснов Н.Ф. Аэродинамика. – Ч. I. Основы теории. Учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 1976.

Рекомендована кафедрой технологии текстильных изделий. Поступила 25.05.12.

УДК 677.052.94

УСЛОВИЯ РАСПРАВЛЕНИЯ ЗАГНУТЫХ КОНЦОВ ВОЛОКОН В ПРОЦЕССЕ ВЫТЯГИВАНИЯ

CONDITIONS OF STRAIGHTENING OF FIBERS HOOKED ENDS IN THE DRAFTING PROCESS

И.Ю. ЛАРИН

I.Yu. LARIN

(Ивановская государственная текстильная академия)

(Ivanovo State Textile Academy)

E-mail: nir_igta@mail.ru

При постоянных плотностях распределения сил трения в вытяжных парах получены аналитические выражения, позволяющие рассчитать минимальную вытяжку, при которой возможно осуществить расправление загнутых концов волокна в процессе вытягивания и минимальную длину полностью расправляемого волокна. Установлено, что при минимальной вытяжке, необходимой для полного расправления загнутых концов волокна, существуют единственно возможные условия перехода волокон на новую скорость.

The analytical expressions allowing to calculate the minimum draft when straightening of fibers hooked ends can be carried out in the drafting process and the minimal length of a completely straightened fiber have been received at constant density of friction force distribution in drafting zones. It is determined that there are unique conditions for fibers transitions to the new speed at the minimum draft necessary for complete straightening of fibers hooked ends.

Ключевые слова: загнутые концы волокон, вытяжка, расправление волокон, минимальная длина волокна.

Keywords: fibers hooked ends, draft, fibers straightening, the minimal length of a fiber.

В работе [1] найдено необходимое условие полного распрямления переднего и заднего загнутых концов волокна в процессе вытягивания с использованием вытяжного прибора [2]:

$$E \geq \frac{\ell - R + \ell_n}{\ell - R - \ell_n - 2\ell_3}, \quad (1)$$

где ℓ – длина волокна; ℓ_n – длина переднего загнутого конца волокна; ℓ_3 – длина заднего загнутого конца волокна; R – разводка между вытяжными парами.

При выполнении условия (1) возможен выбор функций тормозящей $F_T(x)$ и увлекающей $F_y(x)$ сил таких, что полное распрямление волокна с параметрами ℓ, ℓ_n, ℓ_3 осуществимо.

Найдем условие на функции $F_T(x)$ и $F_y(x)$ при минимальной вытяжке:

$$E_0 = \frac{\ell - R + \ell_n}{\ell - R - \ell_n - 2\ell_3}. \quad (2)$$

$$\frac{P_T(\ell_3)^\alpha \left(\frac{E_0 + 1}{E_0 - 1}\right)^\alpha}{\ell^\alpha} = \frac{P_y}{\ell^\alpha} \left[(\ell - R)^\alpha - \left(\ell - R - \ell_n \frac{E_0 + 1}{E_0 - 1}\right)^\alpha \right]. \quad (7)$$

Выпишем формулы (5...7) при $\alpha = 1$, то есть при постоянных плотностях распределения сил трения:

$$F_T(x) = \frac{P_T x}{\ell}, \quad F_y(x) = \frac{P_y x}{\ell}, \quad (8)$$

$$P_T \ell_3 = P_y \ell_n. \quad (9)$$

Итак, при минимальной вытяжке (2) и постоянных плотностях распределения сил трения полное распрямление волокна будет возможно при условии (9). Это означает, что выражение (9) задает единственно возможные для минимальной вытяжки E_0 условия перехода волокон на новую скорость, определяемые соотношением параметров волокна ℓ_n / ℓ_3 .

При этом неравенства (16) из работы [1] обращаются в равенства:

$$\ell_{22} = \ell_n \frac{E_0 + 1}{E_0 - 1} = \ell - R - \ell_3 \frac{2E_0}{E_0 - 1}. \quad (3)$$

Подставим (3) в выражение (8) из работы [1]. Получим:

$$F_T \left(\ell_3 \frac{E_0 + 1}{E_0 - 1} \right) = F_y \left(\ell_n \frac{E_0 + 1}{E_0 - 1} \right). \quad (4)$$

При выполнении условия (4) возможно полное распрямление волокна.

Рассмотрим условие (4) для конкретных функций, а именно для следующих:

$$F_T(x) = P_T \left(\frac{x}{\ell} \right)^\alpha, \quad (5)$$

$$F_y(x) = P_y \left[\left(1 - \frac{R}{\ell} \right)^\alpha - \left(1 - \frac{R}{\ell} - \frac{x}{\ell} \right)^\alpha \right]. \quad (6)$$

Подставим функции (5) и (6) в уравнение (4):

При этом условии минимальная вытяжка выразится так:

$$E_0 = \frac{\ell - R + \ell_n}{\ell - R - \ell_n \left(1 + 2 \frac{P_y}{P_T} \right)}. \quad (10)$$

Очевидно, что чем меньше длина волокна, тем труднее распрямить его загнутые концы. Определим условия распрямления загнутых концов волокон заданной минимальной длины при постоянных плотностях распределения сил трения. В этом случае силы $F_T(x)$ и $F_y(x)$ заданы формулами (8). Найдем условия, при которых обеспечивается распрямление волокон с длиной

$$\ell \geq \ell_{\min}. \quad (11)$$

Выпишем уравнение (8) из работы [1] для функций (8):

$$\frac{P_T}{\ell}(\ell - R - \ell_3 - l_{22}) = \frac{P_y}{\ell} l_{22}.$$

Выражая из него l_{22} , получим:

$$l_{22} = \frac{P_T}{P_T + P_y}(\ell - R - \ell_3). \quad (12)$$

Подставим l_{22} из (12) в двойное неравенство (16) из работы [1]:

$$l_n \frac{E+1}{E-1} \leq \frac{P_T}{P_T + P_y}(\ell - R - \ell_3) \leq \ell - R - \ell_3 \frac{2E}{E-1}. \quad (13)$$

Получим условие полного распрямления волокна, выраженное через параметры волокна ℓ, l_n, ℓ_3 и параметры вытяжного прибора P_T, P_y, R, E .

Разрешая каждое из неравенств (13) относительно ℓ , получим искомые условия полного распрямления волокна:

$$\ell \geq R + \ell_3 + l_n \frac{E+1}{E-1} \left(1 + \frac{P_y}{P_T}\right), \quad (14)$$

$$\ell \geq R + \ell_3 \left(\frac{2E}{E-1} + \frac{P_T}{P_y} \frac{E+1}{E-1}\right). \quad (15)$$

Таким образом, для полного распрямления волокна его длина ℓ должна удовлетворять неравенствам (14) и (15).

Выполним расчет длины полностью распрямляемого волокна по выражениям (14) и (15).

Пример 1. Пусть вытяжка минимальна: $E_0 = 11, l_n = \ell_3$.

Тогда согласно выражению (9): $P_1 = P_2$. Неравенства (14) и (15) дают одно и то же значение минимальной длины полностью распрямляемого волокна:

$$\ell \geq \ell_{\min} = R + 3,4\ell_3. \quad (16)$$

Пример 2. Пусть вытяжка не минимальна: $E = 11, l_n = \ell_3, P_2 = 2P_1$.

Неравенства (14) и (15) соответственно дают:

$$\ell \geq R + 4,6\ell_3, \quad (17)$$

$$\ell \geq R + 2,8\ell_3. \quad (18)$$

Неравенства (17) и (18) должны выполняться одновременно. Поэтому минимальная длина волокна определяется неравенством (17) и оно больше, чем неравенство (16). Поэтому наиболее предпочтительно пользоваться минимальной вытяжкой E_0 (2).

Выразим минимальную длину полностью распрямленного волокна из формул (14) и (15). Выражая из соотношения (9) l_n и подставляя в правую часть неравенства (14), получим правую часть неравенства (15).

Таким образом:

$$\ell_{\min} = R + \ell_3 \left(\frac{2E_0}{E_0 - 1} + \frac{P_T}{P_y} \frac{E_0 + 1}{E_0 - 1}\right). \quad (19)$$

ВЫВОДЫ

При постоянных плотностях распределения сил трения в вытяжных парах получены аналитические выражения, позволяющие рассчитать минимальную вытяжку, при которой возможно осуществить распрямление загнутых концов волокна в процессе вытягивания и минимальную длину полностью распрямляемого волокна. Установлено, что при минимальной вытяжке, необходимой для полного распрямления загнутых концов волокна, существуют единственно возможные условия перехода волокон на новую скорость.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ларин И.Ю. Распрямление загнутых концов волокна в процессе вытягивания // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, №5.
2. Патент РФ № 2023067 Российская Федерация, МПК⁵ D01H5/26. Способ утонения волокнутого продукта и вытяжной прибор для его

УДК 677.051.17/18:677.021.178.6

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ
АВТОМАТИЧЕСКИ РЕГУЛИРУЕМОГО ПРИВОДА
ЧЕСАЛЬНОЙ МАШИНЫ НА КАЧЕСТВО ПРОЧЕСА**

**RESEARCH OF INFLUENCE
OF AN AUTOMATICALLY REGULATED DRIVE OF A HACKLE
ON WEB QUALITY**

К.А. МАКСИМОВА, Р.М. БОРИСОВ, В.И. РОНЬЖИН
K.A. MAKSIMOVA, R.M. BORISOV, V.I. RONZHIN

(Ивановская государственная текстильная академия)
(Ivanovo State Textile Academy)
E-mail: ksenia.maksimova@mail.ru

Проведена оптимизация заправочных параметров чесальной машины с автоматическим регулированием трех главных зон чесания: приемные валики, главный барабан, съемный барабан при производстве нетканых материалов.

Optimization of charging parameters of a hackle with automatic regulation of the three main webbing zones: reception rollers, the main drum, a detachable drum in production of nonwoven materials has been carried out.

Ключевые слова: чесальная машина, частотный преобразователь, автоматическое регулирование привода.

Keywords: a hackle, a frequency converter, automatic control of a drive.

В последние годы в текстильной промышленности остро стоит проблема модернизации производственного оборудования. В 2010 и 2011 гг. было заменено 12% всего парка машин. Однако в условиях экономического кризиса обновление отечественного оборудования с помощью зарубежных машин проблематично. Проблема становится еще более актуальной, поскольку в настоящее время в нашей стране поставлены важнейшие экономиче-

ские и социальные задачи по увеличению выпуска продукции без расширения производства при существенном уменьшении количества занятых в нем людей.

Вопросы энерго- и ресурсосбережения во всех сферах промышленности и коммунального хозяйства России в свете решения перечисленных проблем приобрели особую важность. Всю механическую энергию для работы чесальных машин получают за счет электрической энергии, ис-

пользуя для этого электроприводы [1]. Рост тарифов вынуждает искать пути сокращения расходов на электроэнергию. Устранение нерационального расхода средств все чаще решается сегодня с помощью высоких технологий. Одно из главных направлений здесь занимает внедрение автоматически регулируемых электроприводов на основе частотного преобразователя.

Цель данной работы – теоретически и экспериментально доказать увеличение объема и повышение качества выпускаемой продукции, а также производительности чесального оборудования путем использования новой конструкции привода с автоматическим регулированием.

На предприятии ООО "ТексИнж" (г. Иваново) были проведены испытания чесальной машины ЧМ-10С с модернизированным механизмом привода при производстве нетканых материалов.

Чесальные аппараты и сегодня состоят из главного барабана, рабочих валиков, съемных валиков и съемного барабана. Таким образом, из самовеса волокнистый материал поступает на приемные валики, которые регулируются первым частотным преобразователем. Затем волокно передается на главный барабан, который регулируется отдельным, более мощным частот-

ным преобразователем. И последняя, третья – главная зона, которая также управляется уже третьим частотным преобразователем – это съемный барабан, куда поступает волокно, а с него уже выходит прочес, очищенный и равномерный, без дыр и утолщений.

За счет того, что были установлены отдельные автоматические регуляторы на все три главные зоны чесания, мы добились улучшения качества волокна при высоких скоростях вращения рабочих органов чесальной машины. Благодаря этому волокнистый слой на выходе получали более равномерный, без значительных перепадов по толщине. Также увеличивалась производительность машины, что актуально на сегодняшний день, поскольку для всех производств очень важно уменьшить число единиц оборудования, увеличив при этом выработку продукта.

Исходя из задачи, поставленной в нашем эксперименте, в качестве варьируемых факторов принимали следующие: X_1 – скорость вращения главного барабана; X_2 – скорость вращения съемного барабана; X_3 – загрузка от питания.

Для описания модели был проведен регрессионный анализ по матрице, которая представлена в табл. 1 [2].

Т а б л и ц а 1

| № п/п | Факторы | | | Параметры | | |
|-------|---------|-------|-------|-----------|-------|-------|
| | X_1 | X_2 | X_3 | Y_1 | Y_2 | Y_3 |
| 1 | 1067 | 13 | 200 | 130,17 | 3,708 | 27,4 |
| 2 | 1200 | 19 | 300 | 110 | 3,668 | 26,4 |
| 3 | 1334 | 27 | 400 | 90,09 | 3,514 | 25 |
| 4 | 1467 | 41 | 500 | 70,13 | 2,986 | 24,2 |
| 5 | 1600 | 55 | 600 | 50,03 | 2,922 | 23 |

В качестве параметров оптимизации выбраны критерии, характеризующие эффективность чесания: Y_1 – поверхностная плотность прочеса; Y_2 – неровнота полотна; Y_3 – качество прочеса.

По полученным уравнениям регрессии, адекватным с 95%-ной доверительной вероятностью, было проанализировано влияние скоростей главного и съемного барабана, а также влияние загрузки от питания на показатели качества прочеса, полученного с чесальной машины ЧМ-10С, осна-

щенной новым устройством – частотным преобразователем.

Вычислив коэффициенты линейных моделей, мы получили уравнения регрессии по каждому из параметров оптимизации в отношении первого фактора (скорость вращения главного барабана):

$$Y_1 = 290 - 0,15X_1, \quad (1)$$

$$Y_2 = 5,67 - 0,002X_1, \quad (2)$$

$$Y_3 = 36,07 - 0,0083X_1. \quad (3)$$

В отношении второго фактора (скорость вращения съемного барабана):

$$Y_1 = 147 - 1,83X_2, \quad (4)$$

$$Y_2 = 3,62 - 0,02X_2, \quad (5)$$

$$Y_3 = 28,1 - 0,1X_2, \quad (6)$$

В отношении третьего фактора (загрузка от питания):

$$Y_1 = 170 - 0,2X_3, \quad (7)$$

$$Y_2 = 3,8 - 0,002X_3, \quad (8)$$

$$Y_3 = 29,4 - 0,011X_3. \quad (9)$$

В представленных математических моделях все коэффициенты регрессии значимы, а сами модели адекватны. Приняв во внимание каждый из вышеперечисленных параметров оптимизации, нами определены оптимальные заправочные параметры чесальной машины с модернизированным механизмом привода: скорость вращения главного барабана 1600 м/мин; скорость вращения съемного барабана 55 м/мин; загрузка от питания 600 кг/ч. В результате поверхностная плотность прочеса (со съемного барабана) 50,03 г/м²; неровнота полотна 2,92; качество прочеса 23.

ВЫВОДЫ

1. Исследованы заправочные параметры чесальной машины с модернизированным механизмом привода. Проведена оптимизация заправочных параметров чесальной машины с автоматическими зонами регулирования.

2. Автоматическое регулирование отдельных зон чесальной машины обеспечивает улучшение качества выпускаемого прочеса и увеличение производительности единицы оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Липенков Я.Я.* Прядение шерсти: Учебник для текстильных техникумов. – Ч.1. – М.: Легкая индустрия, 1979.

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

Рекомендована кафедрой маркетинга. Поступила 10.12.12.

УДК 677. 024.1

**МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ ПРОФИЛЕЙ НИТЕЙ ОСНОВЫ И УТКА
ОДНОСЛОЙНОЙ РЕМИЗНОЙ ТКАНИ**

**THE METHODS OF CONSTRUCTING WARP AND WEFT PROFILES
IN A SINGLE LAYER HEALD FABRIC**

Г.И. ТОЛУБЕЕВА
G.I. TOLUBEEVA

(Ивановская государственная текстильная академия)
(Ivanovo State Textile Academy)
E-mail: ttp@igta.ru

Предложена методика построения профилей нитей основы и утка однослойной ремизной ткани по известным ее заправочным данным и высоте волны изгиба основы, найденной по микросрезу ткани. Профили нитей в пересечках выстраиваются как отрезки дуг, огибающих эллипсы нитей противоположной системы в нижней и верхней частях пересечки, и прямолинейные отрезки, соединяющие эти дуги.

The methods of constructing warp and weft single layer heald fabric by the known charging data and warp bending wave height found by micro section of a fabric has been offered. Fibers' profiles in intersections are placed as arcs segments enveloping the threads' ellipses of the opposite system in lower and upper parts of an intersection and straight-line segments connecting these arcs.

Ключевые слова: однослойная ткань, основа, уток, микросрез, пересечка, настил, координаты центров, матрица переплетения, расчетные эллипсы, дуги, проекции, участок, уравнения, ось нити, верхняя ветвь, нижняя ветвь, профиль.

Keywords: a single layer fabric, a warp, a weft, a micro section, an intersection, a marker, centers' coordinates, an intersection matrix, calculating ellipses, arcs, projections, a section, equations, a thread axis, an upper branch, a lower branch, a profile.

Теоретические основы методики изложены в работах [1], [2]. Исходные данные для построения профилей нитей анализируемых тканей: результирующая линей-

ная плотность основной T_0 и уточной T_y пряжи; вид пряжи, характеризуемый коэффициентами вида основы C_0 и утка C_y ;

число нитей на 10 см ткани по основе P_o и по утку P_y ; вид сечения нитей в ткани и коэффициенты их смятия по вертикальной $\eta_{ов}$, $\eta_{ув}$ и горизонтальной $\eta_{ог}$, $\eta_{уг}$ осям; высота волны изгиба основы h_o и переплетение с раппортами по основе R_o и по утку R_y , которое рассматриваем как матрицу $A = (a_{j,i})$, где $i = 1, \dots, R_o$ – номер основной нити; $j = 1, \dots, R_y$ – номер уточной нити в раппорте переплетения. Элементы матрицы $a_{j,i} = 1$ для основного и $a_{j,i} = 0$ для уточного перекрытий.

Рассмотрим методику построения профилей нитей основы на примере четырех образцов ткани [1]. Предварительно выполняем расчеты необходимых величин по методикам, представленным в [1], [2]. Анализируя матрицу переплетения $A = (a_{j,i})$, по формулам [2 (1)] рассчитываем матрицу координат центров основных нитей вдоль уточных $O = (o_{j,i})$, по формулам [2 (4)] получаем матрицу координат центров уточных нитей вдоль основных $U = (u_{j,i})$. Результаты расчета координат

центров перекрытий раппортов переплетений четырех анализируемых образцов ткани приведены в [2]. По формулам [3 (1) и (2)] рассчитываем высоту расположения осей верхних $h_{ув}$ и нижних $h_{ун}$ утков. Высота расположения осей верхних утков $h_{ув} = 0,2025$ мм, высоты расположения осей нижних утков равны: у полотняного переплетения $h_{ун} = 0,0185$ мм; у саржевого $h_{ун} = 0,0315$ мм; у сатинового $h_{ун} = -0,0335$ мм; у репсового $h_{ун} = -0,0735$ мм. По формулам [3 (3) и (4)] формируем массивы ординат эллипсообразных сечений утков, находящихся в верхнем и нижнем уровнях. По данным [1, табл. 2...6] матриц координат центров уточных нитей $U = (u_{j,i})$ и матриц переплетений $A = (a_{j,i})$ строим представленные на рис. 1 кривые осей нитей основы. Учитывая, что каждая кривая имеет пересечки "слева-направо" (участок 1), пересечки "справа-налево" (участок 2), горизонтальные участки над (участок 3) и под (участок 4) нитями утка, ось волны изгиба i -й основной нити выстраиваем по следующим формулам:

– пересечка "слева-направо" – участки 1:

$$y_{o_{j,i}} = \begin{cases} b_1(1 - \sin t); & x = [o_{j,i}, x_{l_1} + o_{j,i}]; & t = \arccos\left(\frac{x - o_{j,i}}{a_1}\right); \\ k_i(x - o_{j,i}) + k_{l_1}; & x = [x_{l_1} + o_{j,i}, x_{l_1} + x_{l_2} + o_{j,i}]; \\ b_2(\sin t - 1) + h_o; & x = [x_{l_1} + x_{l_2} + o_{j,i}, \ell_{y\phi_i} + o_{j,i}]; & t = \arccos\left(\frac{\ell_{y\phi_i} - (x - o_{j,i})}{a_2}\right); \end{cases} \quad (1)$$

– пересечка "справа-налево" – участки 2:

$$y_{o_{j,i}} = \begin{cases} b_2(\sin t - 1) + h_o; & x = [o_{j,i}, x_{l_1} + o_{j,i}]; & t = \arccos\left(\frac{x - o_{j,i}}{a_2}\right); \\ -k_i(x - o_{j,i}) + k_{l_1}; & x = [x_{l_1} + o_{j,i}, x_{l_1} + x_{l_2} + o_{j,i}]; & k_{l_1} = (h_o - y_{l_1}) - k_i \cdot (x_{l_1} - o_{j,i}); \\ b_1(1 - \sin t); & x = [x_{l_1} + x_{l_2} + o_{j,i}, \ell_{y\phi_i} + o_{j,i}]; & t = \arccos\left(\frac{\ell_{y\phi_i} - (x - o_{j,i})}{a_1}\right); \end{cases} \quad (2)$$

– настил над – участки 3 и под – участки 4 утками, $x = [o_{j,i}, d_{yr}/K_{Hy_i} + o_{j,i}]$:

$$y_{o_{j,i}} = h_o; \quad (3)$$

$$y_{o_{j,i}} = 0. \quad (4)$$

Выбор соответствующего участка для i -й основной нити производим, анализируя переплетение:

$$a_{j,i} = \begin{cases} 1, & \begin{cases} a_{j+1,i} = 1 - \text{участок 3;} \\ a_{j+1,i} = 0 - \text{участок 2;} \end{cases} \\ 0 & \begin{cases} a_{j+1,i} = 1 - \text{участок 1;} \\ a_{j+1,i} = 0 - \text{участок 4.} \end{cases} \end{cases} \quad (5)$$

По формулам [3 (10), (11), (20) и (21)] рассчитываем большие и малые полуоси дуг обхвата эллипсов утков в начале $a_{1в}$, $b_{1в}$ и конце $a_{2в}$, $b_{2в}$ пересечки верхней ветви основы, для каждой нити основы раппорта по формулам (18) и (19) рассчитываем углы обхвата эллипсообразного сечения нити утка верхней ветвью нити основы в начале $\beta_{1в_i}$ и конце $\beta_{2в_i}$ пересечки, по формулам [3 (22), (24) и (26)] нахо-

дим горизонтальные проекции дуг обхвата расчетных эллипсов утков в начале $x_{1в_i}$ и конце $x_{2в_i}$ пересечек и прямолинейных участков $x_{12в_i}$ пересечек верхней ветви основ. По формулам [3 (23) и (25)] рассчитываем вертикальные проекции нижней $y_{1в_i}$ и верхней $y_{2в_i}$ дуг верхней ветви основы, по формуле [3 (27)] определяем свободные члены $k_{1в_i}$ уравнений прямых, проходящих через прямолинейные участки верхней ветви основ в пересечке "слева-направо", по формуле [3 (28)] – коэффициенты $k_{в_i}$ углов наклона прямых, проходящих через прямолинейные участки верхней ветви основ в пересечках "слева-направо". Рассчитываем свободные члены уравнений прямых, проходящих через прямолинейные участки верхней ветви основ в пересечках "справа-налево" (табл. 1):

$$k_{11в_i} = h_o - y_{1в_i} - k_{в_i} x_{1в_i}. \quad (6)$$

Результаты расчетов приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

| Номер образца | $\beta_{1в_i}^\circ$ | $\beta_{2в_i}^\circ$ | $x_{1в_i}$ | $x_{2в_i}$ | $x_{12в_i}$ | $y_{1в_i}$ | $y_{2в_i}$ | $k_{1в_i}$ | $k_{в_i}$ | $k_{11в_i}$ |
|---------------|----------------------|----------------------|------------|------------|-------------|------------|------------|------------|-----------|-------------|
| 1: 1-2 нити | 45,20 | 32,57 | 0,1242 | 0,1927 | 0,2178 | 0,0328 | 0,0462 | 0,0428 | 0,6563 | 0,1077 |
| 2: 1-4 нити | 37,59 | 26,03 | 0,1068 | 0,1571 | 0,3671 | 0,0231 | 0,0298 | 0,0616 | 0,4961 | 0,1590 |
| 3: 1, 3 нити | 33,09 | 22,46 | 0,0956 | 0,1368 | 0,3082 | 0,0180 | 0,0223 | 0,0693 | 0,4208 | 0,1118 |
| 3: 2, 4 нити | 28,77 | 19,20 | 0,0842 | 0,1177 | 0,3969 | 0,0137 | 0,0164 | 0,0755 | 0,3526 | 0,1266 |
| 4: 1-4 нити | 23,76 | 13,60 | 0,0705 | 0,0963 | 0,3888 | 0,0094 | 0,0108 | 0,0810 | 0,2823 | 0,1007 |

Выполняем построение верхних ветвей каждой нити основы:

– пересечка "слева-направо" – участки 1:

$$y_{ов_{j,i}} = \begin{cases} b_{1в} (1 - \sin t) + 0,5d_{ов}; & x = [o_{j,i}, x_{1в_i} + o_{j,i}]; & t = \arccos\left(\frac{x - o_{j,i}}{a_{1в}}\right); \\ k_{в_i} (x - o_{j,i}) + k_{1в_i}; & x = [x_{1в_i} + o_{j,i}, x_{1в_i} + x_{12в_i} + o_{j,i}]; \\ b_{2в} (\sin t - 1) + h_o + 0,5d_{ов}; & x = [x_{1в_i} + x_{12в_i} + o_{j,i}, \ell_{y\phi_i} + o_{j,i}]; & t = \arccos\left(\frac{\ell_{y\phi_i} - (x - o_{j,i})}{a_{2в}}\right); \end{cases} \quad (7)$$

- пересечка "справа-налево" – участки 2:

$$y_{об,j,i} = \begin{cases} b_{2B}(\sin t - 1) + h_o; & x = [o_{j,i}, x_{1B_i} + o_{j,i}]; & t = \arccos\left(\frac{x - o_{j,i}}{a_{2B}}\right); \\ -k_{B_i}(x - o_{j,i}) + k_{11B_i}; & x = [x_{1B_i} + o_{j,i}, x_{1B_i} + x_{12B_i} + o_{j,i}]; \\ b_{1B}(1 - \sin t); & x = [x_{1B_i} + x_{12B_i} + o_{j,i}, \ell_{y\Phi_i} + o_{j,i}]; & t = \arccos\left(\frac{\ell_{y\Phi_i} - (x - o_{j,i})}{a_{1B}}\right); \end{cases} \quad (8)$$

– настил над – участки 3 и под – участки 4 углками, $x = [o_{j,i}, d_{уг}/K_{Hy_i} + o_{j,i}]$:

$$y_{об,j,i} = h_o + 0,5d_{об}, \quad (9)$$

$$y_{об,j,i} = 0,5d_{об}. \quad (10)$$

По формулам [3 (32)...(35)] находим большие и малые полуоси дуг обхвата расчетных эллипсов утков в начале $a_{1н}$, $b_{1н}$ и конце $a_{2н}$, $b_{2н}$ пересечек нижней ветви основ; по формулам [3 (30) и (31)] определяем углы обхвата расчетных эллипсов нижней ветвью каждой нити основы в начале $\beta_{1н_i}$ и в конце $\beta_{2н_i}$ пересечек; по формулам [3 (36), (38) и (40)] рассчитываем горизонтальные проекции дуг обхвата расчетных эллипсов утков в начале $x_{1н_i}$ и конце $x_{2н_i}$ пересечки и прямолинейного участка $x_{12н_i}$ нижней ветви каждой нити основы. По формулам [3 (37) и (39)] рас-

считываем вертикальные проекции дуг обхвата расчетных эллипсов утков в начале $y_{1н_i}$ и конце $y_{2н_i}$ пересечек нижней ветви каждой нити основы; по формулам [3 (41) и (42)] находим свободные члены $k_{1н_i}$ уравнений прямых, проходящих через прямолинейные участки нижней ветви основ в пересечке "слева-направо" и коэффициенты $k_{н_i}$ углов наклона прямых, проходящих через прямолинейные участки нижней ветви нитей основ в пересечках "слева-направо". Рассчитываем свободные члены уравнений прямых, проходящих через прямолинейные участки нижней ветви нитей основы в пересечках "справа-налево":

$$k_{11н_i} = h_o - y_{1н_i} - k_{н_i} x_{1н_i}. \quad (11)$$

Результаты расчетов приведены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

| Номер образца | $\beta_{1н_i}^\circ$ | $\beta_{2н_i}^\circ$ | $x_{1н_i}$ | $x_{2н_i}$ | $x_{12н_i}$ | $y_{1н_i}$ | $y_{2н_i}$ | $k_{1н_i}$ | $k_{н_i}$ | $k_{11н_i}$ |
|---------------|----------------------|----------------------|------------|------------|-------------|------------|------------|------------|-----------|-------------|
| 1: 1-2 нити | 32,57 | 45,20 | 0,1927 | 0,1242 | 0,2178 | 0,0462 | 0,0328 | -0,1717 | 0,6563 | 0,0493 |
| 2: 1-4 нити | 26,03 | 37,59 | 0,1571 | 0,1068 | 0,3671 | 0,0298 | 0,0231 | -0,1396 | 0,4961 | 0,1272 |
| 3: 1, 3 нити | 22,46 | 33,09 | 0,1368 | 0,0956 | 0,3082 | 0,0223 | 0,0180 | -0,1267 | 0,4208 | 0,0902 |
| 3: 2, 4 нити | 19,20 | 28,77 | 0,1177 | 0,0842 | 0,3969 | 0,0164 | 0,0137 | -0,1167 | 0,3526 | 0,1121 |
| 4: 1-4 нити | 13,60 | 23,76 | 0,0963 | 0,0705 | 0,3888 | 0,0108 | 0,0094 | -0,1079 | 0,2823 | 0,0920 |

Выполняем построение нижних ветвей каждой нити основы:

– пересечка "слева-направо" – участки 1:

$$y_{он,j,i} = \begin{cases} b_{1н}(1 - \sin t) - 0,5d_{об}; & x = [o_{j,i}, x_{1н_i} + o_{j,i}]; & t = \arccos\left(\frac{x - o_{j,i}}{a_{1н}}\right); \\ k_{н_i}(x - o_{j,i}) + k_{1н_i}; & x = [x_{1н_i} + o_{j,i}, x_{1н_i} + x_{12н_i} + o_{j,i}]; \\ b_{2н}(\sin t - 1) + h_o - 0,5d_{об}; & x = [x_{1н_i} + x_{12н_i} + o_{j,i}, \ell_{y\Phi_i} + o_{j,i}]; & t = \arccos\left(\frac{\ell_{y\Phi_i} - (x - o_{j,i})}{a_{2н}}\right); \end{cases} \quad (12)$$

– пересечка "справа-налево" – участки 2:

$$y_{он_{j,i}} = \begin{cases} b_{2н}(\sin t - 1) + h_o; & x = [o_{j,i}, x_{1н_i} + o_{j,i}]; & t = \arccos\left(\frac{x - o_{j,i}}{a_{2н}}\right); \\ -k_{н_i}(x - o_{j,i}) + k_{11н_i}; & x = [x_{1н_i} + o_{j,i}, x_{1н_i} + x_{12н_i} + o_{j,i}]; \\ b_{1н}(1 - \sin t); & x = [x_{1н_i} + x_{12н_i} + o_{j,i}, \ell_{уф_i} + o_{j,i}]; & t = \arccos\left(\frac{\ell_{уф_i} - (x - o_{j,i})}{a_{1н}}\right); \end{cases} \quad (13)$$

– настил над – участки 3 и под – участки 4 утками, $x = [o_{j,i}, d_{уф}/K_{н_{уф}} + o_{j,i}]$:

$$y_{он_{j,i}} = h_o - 0,5d_{ов}, \quad (14)$$

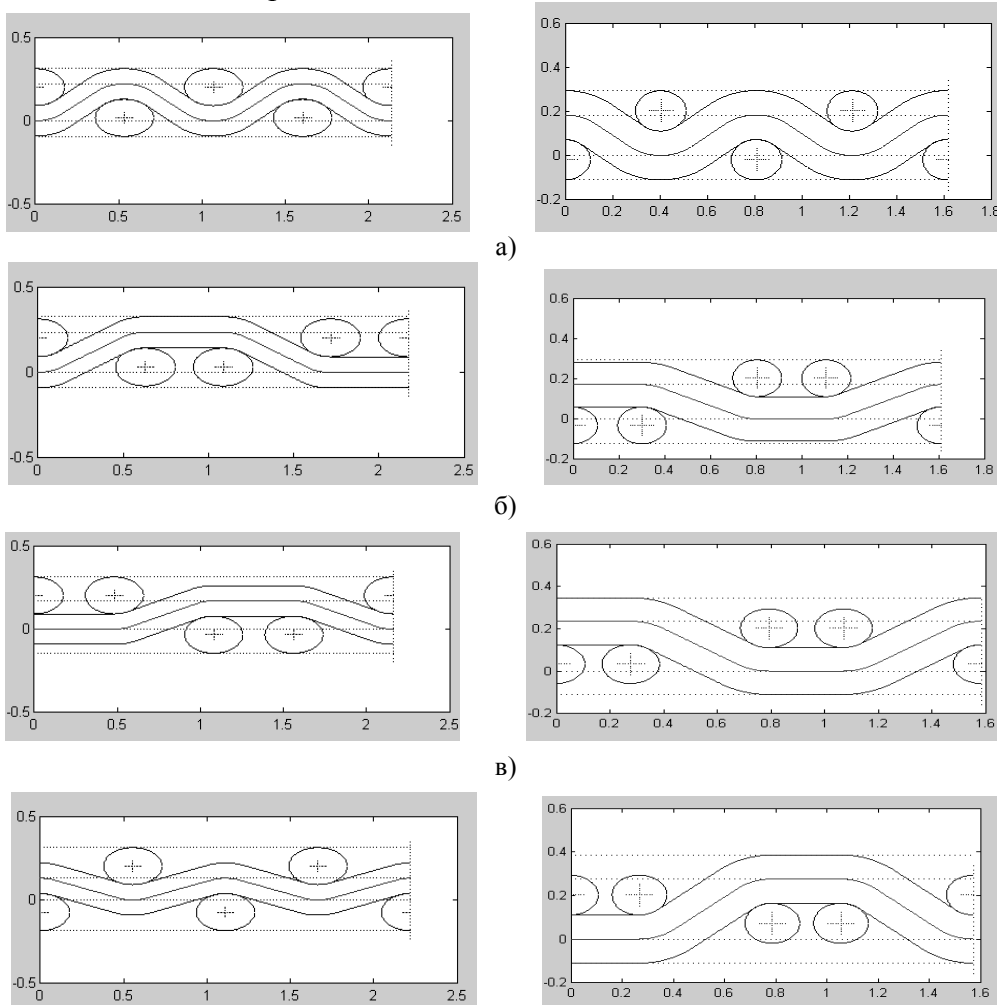
$$y_{он_{j,i}} = -0,5d_{ов}. \quad (15)$$

Построение профилей уточных нитей выполняется по аналогичной методике.

На рис. 1 представлены профили основных и уточных нитей для четырех опытных образцов тканей [1]: 1-а – вторых нитей полотняного, 1-б – третьих нитей

саржевого (2/2), 1-в – четвертых нитей сатинового (четырёхниточного усиленного) и 1-г – первых нитей уточного репсового (2/2) переплетений. Построение профилей нитей выполнено в среде программирования MATLAB с помощью программного комплекса [4].

Подобная задача решается в работе [4] для тканей полотняного переплетения с использованием кусочно-непрерывной функции.



г)
Рис. 1

ВЫВОДЫ

Разработана методика автоматизированного построения профилей нитей образца однослойной ремизной ткани по известным ее заправочным данным и высоте волны изгиба основы, найденной по микросрезу ткани.

ЛИТЕРАТУРА

1. Толубеева Г.И. Методика расчета уработок нитей во фронтальной плоскости однослойной ткани по ее заправочным данным и высоте волны изгиба основы. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, № 3. С.48...53.
2. Толубеева Г.И. Методика расчета уработок нитей в горизонтальной плоскости однослойной ткани по ее заправочным данным и высоте волны

изгиба основы. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, № 5. С.64...70.

3. Толубеева Г.И. Пример расчета уработок нитей основы и утка и построение их профилей в ткани полотняного переплетения. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, № 2. С.53...58.

4. Толубеева Г.И., Коробов Н.А. Программа для расчета уработок нитей основы и утка однослойных тканей по различным методикам. Свидетельство о госуд. регистрации программы для ЭВМ № 2011616799 от 01.09.2011 г.

5. Гречухин А.П., Селиверстов В.Ю. Способ построения профиля нити в ткани // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2010, №5. С. 52...55.

Рекомендована кафедрой проектирования текстильных изделий. Поступила 17.01.12.

УДК 677.024

НАТЯЖЕНИЕ ОСНОВНЫХ НИТЕЙ НА РАПИРНЫХ ТКАЦКИХ СТАНКАХ

TENSION OF WARP THREADS ON RAPIER WEAVING MACHINES

А.Б. БРУТ-БРУЛЯКО, М.Н. ЕРОХОВА
A.B. BRUT-BRULJAKO, M.N. EROKHOVA

(Костромской государственный технологический университет)
(Kostroma State Technological University)
E-mail: info@kstu.edu.ru

Проведен анализ натяжения основных нитей на рапирных ткацких станках различных фирм.

The analysis of tension of warp threads on rapier weaving machines of various firms has been carried out.

Ключевые слова: рапирный ткацкий станок, основная нить, тензограмма, натяжение, прибор, заступ, зевобразование.

Keywords: a rapier weaving machine, a warp thread, a tenzogramm, tension, a beating, a shade, a shedding.

Качество и конкурентоспособность тканей в значительной мере зависят не только от используемого сырья, но и от оборудования, на котором эти ткани производятся [1], [2]. Основной тенденцией совершенствования ткацких машин за последнее десятилетие является уменьшение затрат при

выработке тканей. Наиболее перспективными с точки зрения производительности и ассортиментных возможностей являются рапирные ткацкие машины [3]. У рапирных ткацких машин так же, как у микрочелночных, привод батанного механизма осуществляется от кулачкового механизма.

Кулачковые батанные механизмы обладают меньшей силой инерции, приведенной к опушке ткани, и меньшим моментом инерции для прибора уточной нити по сравнению с кривошипно-шатунными батанными механизмами челночных ткацких машин.

Одним из основных параметров процесса ткачества является натяжение основных нитей за цикл работы ткацкого станка. При этом, в зависимости от заполнения ткани, соотношение натяжения основных нитей в момент прибора и при зевобразовании может быть различным.

В литературе [4], [5] приводятся тензограммы основных нитей при выработке тканей на челночных ткацких станках. Внедрение в ткацкое производство рапирных ткацких станков ставит задачу перед учеными-текстильщиками выявления реальной картины нагружения основных нитей за цикл работы станка при выработке различного ассортимента тканей рапирным способом.

Для оценки характера изменения натяжения основных нитей в цикле работы станков проведены эксперименты на различных моделях рапирных ткацких станков: P1-190-Э10, Dornier HTV S4/S и Picanol GTX, оснащенных негативными основными регуляторами. Исследования проводили в лаборатории кафедры ткачества Костромского государственного технологического университета и в ткацком производстве ООО "Звольма" (г. Кострома). Запись тензограмм натяжения основных нитей проводили с помощью аппаратного комплекса ПАК-6 [6]. В тензодатчик заправляли одну основную нить с последней ремизы в середине заправки станка для оценки максимального натяжения нити.

На первом этапе исследований проведен анализ изменения натяжения основной нити на рапирном ткацком станке P1-190-Э10, изготовленном на Новосибирском машиностроительном заводе по лицензии фирмы Зульцер Рюти (Швейцария). На данном станке вырабатывается хлопчатобумажная ткань со следующими заправочными данными: ширина суровой ткани $B_c = 160,5$ см, плотность ткани по основе

$P_o = 21$ нит/см, плотность ткани по утку $P_y = 16$ нит/см, линейная плотность хлопчатобумажной основной пряжи $T_o = 25$ текс, линейная плотность хлопчатобумажной уточной пряжи $T_y = 29 \times 2$ текс, скорость ткацкого станка $n = 320$ мин⁻¹, скало установлено выше уровня грудицы на 30 мм, переплетение полотняное; бердо в переднем положении при 360° угла поворота главного вала; угловая величина заступа – 310°.

Характер тензограммы основной нити на ткацком станке P1-190-Э10 представлен на рис. 1.

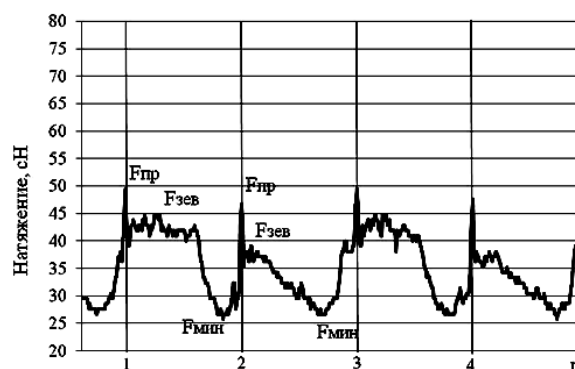


Рис. 1

Из тензограммы видно, что максимальное натяжение одиночной основной нити соответствует моменту прибора, когда нить находится в нижней ветви зева, и составляет $F_{пр} = 50$ сН. При разрывной нагрузке основной пряжи $P_p = 290$ сН натяжение нити при приборе составляет 17,2% от P_p . Натяжение при зевобразовании составляет $F_{зев} = 45$ сН или 15,5 % от P_p . Соотношение натяжения прибора к натяжению зевобразовании составляет $F_{пр} : F_{зев} = 1 : 0,9$. Минимальное натяжение нити в цикле работы ткацкого станка составляет $F_{мин} = 26$ сН или 8,96% от P_p .

Анализируя тензограмму основной нити (рис. 1), можно отметить, что после прибора натяжение зевобразовании составляет 40 сН, а затем увеличивается до 45 сН. Наибольшее натяжение при зевобразовании основная нить испытывает при 75° угла поворота главного вала. Затем натяжение постепенно снижается до уровня 42 сН, что соответствует 225° угла поворота главного вала. Под действием натяже-

ния основы скало опускается вниз и натяжение основной нити резко снижается до своего минимального значения 26 сН при 275° угла поворота главного вала. Снижение натяжения основных нитей объясняется колебательным процессом скала и натяжения нитей основы несколько меньше, чем в момент заступа при 310° угла поворота главного вала.

Тензограмму основной нити на станке P1-190-Э10 примем за базовую для сравнения с другими тензограммами.

На втором этапе проведено исследование натяжения основной нити на рапирном ткацком станке Dornier HTV S4/S с жесткими рапирами. На станке вырабатывается льняная ткань Обр. 7с19 со следующими заправочными данными: ширина суровой ткани $V_c = 168$ см, плотность ткани по основе $P_o = 15,5$ нит/см, плотность ткани по утку $P_y = 18,4$ нит/см, общее число нитей в основе $m_o = 2610$, линейная плотность льняной основной пряжи $T_o = 46$ текс, линейная плотность льняной уточной пряжи $T_y = 46$ текс, скорость ткацкого станка $n=325$ мин⁻¹, скало установлено выше уровня грудницы на 35 мм, переплетение полотняное; бердо в переднем положении при 360° угла поворота главного вала; угловая величина заступа – 315°.

Характер тензограммы основной нити на ткацком станке Dornier HTV S4/S представлен на рис. 2.

Из тензограммы, представленной на рис. 2, находим, что максимальное натяжение одиночной основной нити соответствует моменту прибоя, когда нить находится в нижней ветви зева, и составляет $F_{пр} = 50$ сН. При разрывной нагрузке основной пряжи $P_p = 818$ сН натяжение нити при прибое составляет 6,1% от P_p . Наибольшее натяжение при зевобразовании составляет $F_{зев} = 48$ сН или 5,86 % от P_p .

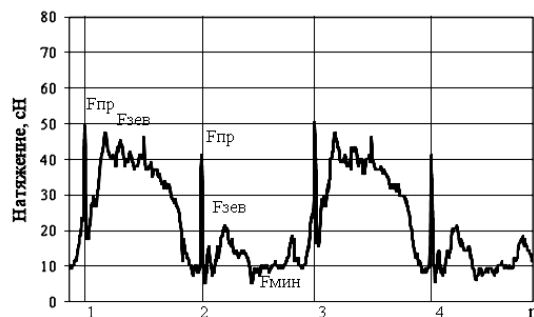


Рис. 2

Соотношение натяжения прибоя к натяжению зевобразования составляет $F_{пр} : F_{зев} = 1 : 0,96$. Минимальное натяжение нити в цикле работе ткацкого станка составляет $F_{мин} = 5$ сН или 0,6 % от P_p .

Также можно отметить, что после прибоя уточины натяжение основной нити резко снижается до 16...18 сН. После этого под действием зевобразовательного механизма оно увеличивается до максимального уровня 48 сН. Далее натяжение основной нити несколько снижается и при 210° угла поворота главного вала резко снижается до минимального натяжения, которое совпадает с натяжением при заступе.

Общая картина изменения натяжения основы на ткацком станке Dornier напоминает изменение натяжения основы на ткацком станке P1-190-Э10, но есть два отличия. Первое отличие заключается в самостоятельности пики прибоя на тензограмме станка Dornier и второе – в совпадении величины минимального натяжения с величиной натяжения основной нити в момент заступа.

В обоих вариантах, характеризующих своеобразие изменения натяжения за цикл работы ткацкого станка, существенное влияние оказывают основные регуляторы.

Исследование натяжения основных нитей на рапирном ткацком станке Picanol GTX с гибкими рапирами проводили на станке, вырабатывающем смесовую ткань Обр. 855 со следующими заправочными данными: ширина суровой ткани $V_c = 168,5$ см, плотность ткани по основе $P_o = 31,7$ нит/см, плотность ткани по утку $P_y = 28$ нит/см, общее число нитей в основе $m_o = 5338$, линейная плотность хлопковискозной основной пряжи $T_o=16,7 \times 2$ текс,

линейная плотность хлопковискозной уточной пряжи $T_y = 16,7 \times 2$ текс, скорость ткацкого станка $n = 314 \text{ мин}^{-1}$, скало установлено ниже уровня грудницы на 20 мм, переплетение комбинированное 2/1; бердо в переднем положении при 360° угла поворота главного вала; угловая величина заступа – 300° .

Характер изменения натяжения основной нити на ткацком станке Picanol GTX представлен на рис. 3.

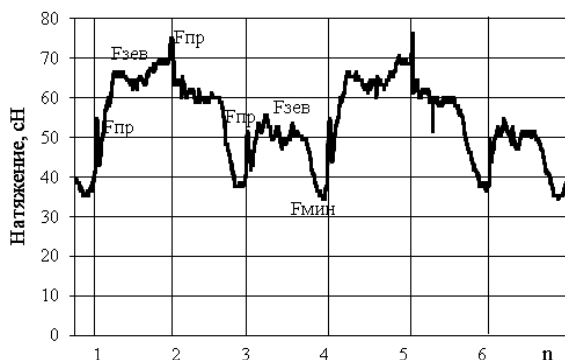


Рис. 3

Поскольку на ткацком станке Picanol установлена зевобразовательная каретка открытого зева, то в течение первых двух оборотов главного вала ремиза находится в верхнем положении и максимальное натяжение приборя находится в середине этих двух оборотов. При выработке данной ткани максимальное натяжение приборя составляет $F_{пр} = 76 \text{ сН}$. При разрывной нагрузке основной пряжи $R_p = 512 \text{ сН}$ максимальное натяжение нити при приборе, выраженное в процентах от разрывной нагрузки, составляет 14,8% от R_p . Наибольшее натяжение при зевобразовании составляет $F_{зев} = 70 \text{ сН}$ или 13,7% от R_p . Соотношение натяжения приборя к натяжению зевобразования составляет $F_{пр} : F_{зев} = 1 : 0,92$. Минимальное натяжение нити в цикле работе ткацкого станка составляет $F_{мин} = 34 \text{ сН}$ или 6,6 % от R_p .

Анализируя тензограммы основной нити на станке Picanol, можно отметить, что при выработке ткани комбинированного переплетения с кареткой открытого зева в течение первого оборота главного вала натяжение приборя составляет 55 сН; натяжение при зевобразовании достигает 70 сН.

За второй оборот натяжение приборя достигает 76 сН, а натяжение при зевобразовании составляет 65 сН. При 220° угла поворота главного вала натяжение при зевобразовании резко снижается и при 300° угла поворота главного вала достигает минимального значения 34 сН. За третий оборот главного вала станка, когда основная нить находится в нижней ветви зева, натяжение приборя составляет 50 сН, а при зевобразовании 53 сН. Поскольку скало на данном станке установлено ниже уровня грудницы, то натяжение верхней ветви зева больше, чем нижней.

Наибольшая величина натяжения нитей при приборе наблюдается тогда, когда основная нить выстаивает в течение нескольких оборотов в своем крайнем положении, при образовании открытого зева. Натяжение основной нити при выстое ремиз не остается на одном уровне, а момент приборя увеличивается на 7%.

Пример тензограммы станка Picanol свидетельствует о том, что характер изменения натяжения нити основы при выработке ткани комбинированного переплетения существенно отличается от тензограмм, снятых со станков, вырабатывающих ткань полотняного переплетения.

На всех трех ткацких станках основные регуляторы настроены так, что уровень натяжения нитей при приборе не превышает 17,2 % от R_p . Возможность выработки льняного ассортимента на ткацких станках P1-190-Э10 и Picanol необходимо экспериментально проверить.

ВЫВОДЫ

1. Получены тензограммы основных нитей на различных рапирных ткацких станках, которые могут служить базой для дальнейшего изучения натяжения основных нитей на ткацких станках данного типа.

2. При выработке мелкоузорчатых тканей на ткацких станках с зевобразовательными механизмами открытого зева наибольшая величина натяжения основных нитей в процессе ткачества отмечается при приборе, когда нити выстаивают в течение

нескольких оборотов главного вала в верхнем положении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фомичева Л.Н. Современное оборудование для ткацкого производства на отечественном рынке // Текстильная промышленность. – 2010, № 2. С.48...55.
2. Оников Э.А. Технология, оборудование и рентабельность ткацкого производства. – М.: Текстильная промышленность, 2003.
3. Терентьев В.И., Смирнова Б.Н. Тенденции совершенствования современных ткацких машин // Текстильная промышленность. – 2010, № 2. С.8...10.

4. Гордеев В.А. Динамика механизмов отпуска и натяжения основы ткацких станков. – М.: Легкая индустрия, 1965.

5. Николаев С.Д., Власов П.В., Сумарукова Р.И., Юхин С.С. Теория процессов, технология и оборудование ткацкого производства. – М.: Легпромбыт-издат, 1995.

6. Латшин В.В. Экспериментальные методы определения показателей качества материалов для изделий текстильной и легкой промышленности: Монография. – Кострома: КГТУ, 2010.

Рекомендована кафедрой ткачества. Поступила 26.10.12.

УДК 677.023.73/74

ЦЕЛЕВАЯ ФУНКЦИЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ЛЕНТОЧНОГО СНОВАНИЯ

OBJECTIVE FUNCTION OF WARPING PROCESS OPTIMIZATION

В.Л. МАХОВЕР, Г.С. СТОЛЯРОВА
V.L. MAKHOVER, G.S. STOLJAROVA

(Ивановская государственная текстильная академия)
(Ivanovo State Textile Academy)
E-mail: ttp@igta.ru; dep002@igta.ru

Получена целевая функция оптимизации процесса ленточного снования по его производительности, учитывающая различные варианты организации технологического процесса, скорость снования, величину ставки бобин, обрывность нитей и ряд других факторов.

The objective function of warping process optimization has been obtained according to its productivity. Different variants of technological process organization, warping speed, number of bobbins in bobbin sets, breakage rates and other factors are taken into account.

Ключевые слова: ленточное снование, обрывность нитей, ставка бобин, скорость снования, производительность, оптимизация, целевая функция.

Keywords: section warping, warp breakage rate, number of bobbins in bobbin sets, warping speed, efficiency, optimization, objective function.

С учетом распределения обрывов по вертикальным рядам шпуляричника производительность Π ленточной сновальной машины в навоях за смену определяется по формуле [1]:

$$\Pi = (\tau_{cm} - \tau_6) / \left(\frac{A_0}{m_l} + C \sum_{i=1}^T ik_i + A_1 \right), \quad (1)$$

где τ_{cm} , τ_6 – соответственно общее время

рабочей смены и время простоев машины по группе "б", с; С – разница во времени ликвидации обрыва нити для двух соседних вертикальных рядов бобин, с; k_i – распределение общего числа Р обрывов нитей по вертикальным рядам шпулярика в расчете на один ткацкий навой ($i = 1, 2, \dots, n$),

$$n = m_{л}/(2b); \quad (2)$$

$$A_0 = \begin{cases} \left(\frac{1}{v_c} + \frac{T}{l_{л}} \right) l_{н} m_0 & \text{при } n_c \geq \frac{t_{сб} m_{л}}{t_{п}}, \\ \left(\frac{1}{v_c} + \frac{T}{l_{л}} - \frac{t_{п}}{L_{б}} \right) l_{н} m_0 & \text{при } n_c < \frac{t_{сб} m_{л}}{t_{п}}, \end{cases} \quad (3)$$

$$A_1 = \begin{cases} \left(\frac{1}{m_0 v_{п}} + \frac{t\alpha}{10^6} + \frac{\tau_{ап}}{m_0 l_{н}} \right) l_{н} m_0, & \text{если } n_c \geq \frac{t_{сб} m_{л}}{t_{п}}, \\ \left(\frac{1}{m_0 v_{п}} + \frac{t\alpha}{10^6} + \frac{\tau_{ап}}{m_0 l_{н}} + \frac{t_{сб}}{L_{б} n_c} \right) l_{н} m_0 & \text{при } n_c < \frac{t_{сб} m_{л}}{t_{п}}. \end{cases} \quad (5)$$

$$(6)$$

Вариант 2. При прерывном сновании смена ставки бобин производится после процесса перегонки лент. При этом

$$A_0 = \left(\frac{1}{v_c} + \frac{T}{l_{л}} \right) l_{н} m_0, \quad (7)$$

$$A_1 = \left(\frac{1}{m_0 v_{п}} + \frac{t\alpha}{10^6} + \frac{\tau_{ап}}{l_{н} m_0} + \frac{t_{сб}}{L_{б} n_c} \right) l_{н} m_0, \quad (8)$$

Вариант 3. Снование непрерывное. В данном случае коэффициент A_0 вычисляется по формуле (7), а коэффициент

$$A_1 = \left(\frac{1}{m_0 v_{п}} + \frac{t\alpha}{10^6} + \frac{\tau_{ап}}{l_{н} m_0} \right) l_{н} m_0. \quad (9)$$

В формулах обозначено: m_0 – число нитей в основе; $v_c, v_{п}$ – скорости соответственно процессов снования и перевивки, м/с; $l_{л}, l_{н}, L_{б}$ – длина нитей в ленте, на ткацком навое и на бобине шпулярика, м; t – постоянный коэффициент, с; a – число

$m_{л}$ – число нитей в ленте, b – число бобин в вертикальном ряду.

Для разных вариантов организации технологического процесса коэффициенты A_0 и A_1 рассчитываются по-разному.

Вариант 1. Сновка прерывная, смена ставки бобин осуществляется совместно с процессом перевивания лент. Тогда:

обрывов на 1 млн. м одиночной нити при сновании; n_c – число ставильщиц; $t_{сб}, t_{п}$ – соответственно время смены одной бобины и перегонки лент для последовательно наматывания $n_{п}$ ткацких навоев ($n_{п} \geq 1$), с; T – простой машины вследствие перезаправки лент и прокладки ценовых шнуров при сновке одной ленты, с; $\tau_{ап}$ – вспомогательное технологическое время при перевивании лент в расчете на одну основу, с.

В свою очередь:

$$t_{н} = \frac{l_{н} n_{п}}{v_{п}} + \tau_4 + (n_{п} - 1)\tau_5 + \sum_{j=6}^9 \tau_j, \quad (10)$$

$$T = t_{зл} + t_{ц} l_{л} / l_{ц}, \quad (11)$$

$$\tau_{ап} = \left[\tau_4 + (n_{п} - 1)\tau_5 + \sum_{j=6}^9 \tau_j \right] / n_{п}, \quad (12)$$

где $\tau_{зл}, \tau_{ц}$ – время заправки одной ленты и время одного случая прокладывания ценовых шнуров, с; $l_{ц}$ – длина основы между смежными ценами, м; τ_4 – простой маши-

ны из-за перезаправки ее на перевивание, с; τ_5 – время смены ткацкого навоя, с; τ_6 – простой машины при перезаправке ее на снование после перевивания, с; τ_7 – время на обмахивание машины, с; τ_8 – простой из-за чистки основы, с; τ_9 – общее время прокладывания картона, с;

$$\tau_8 = 0,01t_q \ell_n n_n, \quad (13)$$

$$\tau_9 = t_{пк} \ell_n n_n / \ell_k, \quad (14)$$

t_q , $t_{пк}$ – время одного случая соответственно чистки основы и прокладывания картона, с; ℓ_k – расстояние между двумя соседними картонами, м.

Поскольку числитель формулы (1) является величиной постоянной, наибольшее значение производительности Π ленточной сновальной машины будет при минимуме функции:

$$F = \frac{A_0}{m_n} + C \sum_{i=1}^n i k_i + A_1. \quad (15)$$

Таким образом, задача оптимизации процесса ленточного снования сводится к исследованию на экстремум функции (15),

$$F(n, v_c) = \frac{m_0}{2bn} \left(\frac{\ell_n}{v_c} + \frac{T}{n_n} \right) + \frac{am_0 \ell_n}{2 \cdot 10^6} (2t + Cn + C) + \frac{B_0}{n_n} + B_1, \quad (19)$$

$$\text{где } B_0 = \tau_4 + \tau_6 + \tau_7 - \tau_5, \quad (20)$$

$$B_1 = \frac{\ell_n}{v_n} + \tau_5 + \ell_n \left(0,01t_q + \frac{t_{пк}}{\ell_k} \right). \quad (21)$$

Вариант 1 при $n_c < t_{сб} m_n / t_n$:

$$F(n, v_c) = \frac{m_0}{2bn} \left(\frac{\ell_n}{v_c} + \frac{T}{n_n} - \frac{t_n \ell_n}{L_6} \right) + \frac{am_0 \ell_n}{2 \cdot 10^6} (2t + Cn + C) + \frac{B_0}{n_n} + B_2, \quad (22)$$

$$\text{где } B_2 = B_1 + \frac{m_0 \ell_n t_{сб}}{L_6 n_c}. \quad (23)$$

Вариант 2:

$$F(n, v_c) = \frac{m_0}{2bn} \left(\frac{\ell_n}{v_c} + \frac{T}{n_n} \right) + \frac{am_0 \ell_n}{2 \cdot 10^6} (2t + Cn + C) + \frac{B_0}{n_n} + B_2. \quad (24)$$

Вариант 3: здесь функция $F(n, v_c)$ совпадает с выражением (19), однако величи-

которая представляет собой целевую функцию данного процесса. Сделаем преобразование этой функции.

Принимаем аналогично [2] распределение обрывов нитей по длине шпулярика равномерным:

$$k_i = P/n, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (16)$$

где

$$P = am_0 \ell_n \cdot 10^{-6}. \quad (17)$$

С учетом (15) и (16) второе слагаемое в (14) будет:

$$C \sum_{i=1}^n i k_i = C \frac{P}{n} \sum_{i=1}^n i = 0,5Cam_0 \ell_n \cdot 10^{-6} (n+1). \quad (18)$$

С использованием выражений для A_0 и A_1 , а также зависимостей (12), (13), (14), (18) и (2) функция (15) в разных вариантах организации технологического процесса после несложных преобразований примет следующий вид.

Вариант 1 при $n_c \geq t_{сб} m_n / t_n$:

ны α , C и t будут другими в отличие от прерывной сновки.

Анализ полученных зависимостей показывает следующее.

1. При прерывном ленточном сновании наиболее производительным является технологический процесс по варианту 1, когда число ставильщиц $n_c \geq t_{сб} m_n/t_n$. Это объясняется тем, что в данном случае простой машины из-за смены ставки бобин будет отсутствовать, так как последняя заканчивается одновременно или раньше полного перевивания лент.

2. Организация технологического процесса по варианту 1 при $n_c < t_{сб} m_n/t_n$ будет менее производительной, так как образуются дополнительные простои машины вследствие того, что смена ставки бобин будет продолжаться и после окончания операции перегонки лент.

3. С увеличением числа n_n ткацких навоев, формируемых из длины снования лент, простои предыдущего пункта 2 могут сократиться до нуля, так как возрастает суммарное время t_n перегонки лент, перекрывающее время смены ставки бобин.

4. Вариант 2 при прерывном сновании является малопродуктивным по сравнению с обоими случаями варианта 1, так как заранее предполагает простои машины вследствие смены полной ставки бобин после окончания операции перевивания лент.

5. Увеличение числа n_n ткацких навоев, получаемых из длины снования лент, снижает вспомогательное технологическое время $\tau_{ап}$ при перевивании лент, что при-

водит к повышению производительности ленточного снования во всех рассмотренных вариантах организации технологического процесса.

ВЫВОДЫ

Для проведения последующей оптимизации процесса ленточного снования с целью повышения его производительности получены различные выражения целевой функции, соответствующие разным вариантам организации технологического процесса и учитывающие скорость снования, величину ставки бобин, обрывность нитей и ряд других факторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Маховер В.Л., Микаелян В.Б.* Влияние распределения обрывности нитей по длине шпулярника и других факторов на производительность ленточной сновальной машины // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2000, №1. С.50...53.

2. *Гордеев В.А., Тагаварян Л.Г.* Зависимость некоторых показателей от величины ставки при ленточном способе снования // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1969, №2. С.70...75.

Рекомендована кафедрой технологии текстильных изделий. Поступила 10.05.12.

УДК 677.024.2

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МНОГОСЛОЙНОЙ БИКОМПОНЕНТНОЙ ТКАНИ

THE PRODUCTION TECHNOLOGY OF MULTILAYERED BICOMPONENT FABRIC

В.Т. СЕРГЕЕВ, С.Д. НИКОЛАЕВ, Р.И. СУМАРУКОВА
V.T. SERGEEV, S.D. NIKOLAYEV, R.I. SUMARUKOVA

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина)
(Moscow State Textile University "A.N. Kosygin")

E-mail: nsd@msta.staff.ac.ru

Выявлены технологические основы получения многослойной бикомпонентной ткани, предложены конструктивные изменения ткацкого станка, составлен технологический план.

The technological bases of production of multilayered bicomponent fabric have been revealed, constructive changes of a loom have been offered, a technological plan has been made.

Ключевые слова: бикомпонентная ткань, ткацкий станок, перематывание, заправка, углеродные и кварцевые нити.

Keywords: bicomponent fabric, a loom, rewinding, charging, carbon and quartz threads.

Бикомпонентная ткань выпускается по техническим условиям. Технологический процесс производства бикомпонентной ткани состоит из следующих переходов (рис. 1 – схема технологического процесса):

- трощение и первая крутка углеродной и кварцевой нити;
- трощение и вторая крутка углеродной и кварцевой нити;
- перематывание углеродных и кварцевых нити на катушки;

- перематывание углеродных и кварцевых нитей на уточную шпулю;
- заправка шпулярника нитями основы на катушках;
- пробирание основных нитей на станке КПТЗ-160С;
- выработка бикомпонентной ткани;
- разбраковка, маркировка, упаковка ткани.

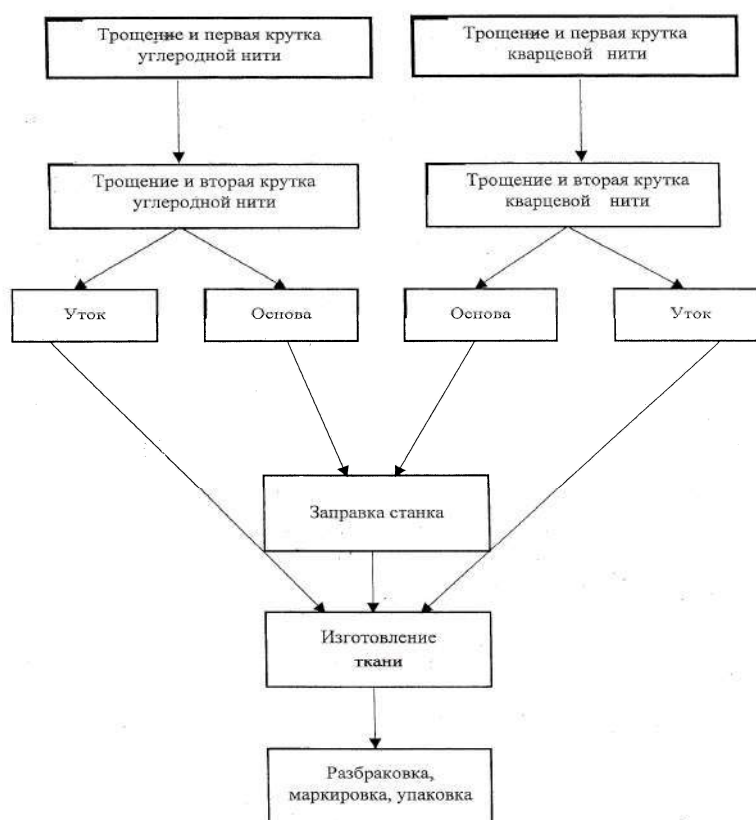


Рис. 1

Трошение и первая крутка кварцевой и углеродной нити необходимы для увеличения линейной плотности углеродных и кварцевых нитей с целью получения заданной толщины ткани.

Трошение и вторая крутка углеродной и кварцевой нити необходимы для достижения равновесности (Z и S крутка) и повышения линейной плотности углеродных нитей до 410 текс (205 текс×2) и кварцевых нитей от 68 до 612 текс (612). Уменьшение деформационных нагрузок нити достигается снижением величины крутки до 60 кр/м.

Для изготовления бикомпонентной ткани требуется два вида уточных нитей: углеродная и кварцевая, которые перемаются на пластиковые шпули с целью получения уточного початка.

В ткацком цехе на станке, при согласованной работе механизмов, в результате переплетения нитей основы и утка образуется многослойная бикомпонентная ткань. Процесс ткачества осуществляется на челночных ткацких станках КПТЗ-160-С (станок специально сконструированный Климовским СКБТО для выработки контурно-профильных ткацких заготовок, с максимальной шириной заправки до 160 см, С – для стеклянных нитей).

Снятые с ткацкого станка изделия подаются на участок разбраковки, где разрезаются вручную на отдельные изделия, облагораживаются и разбраковываются. Разбраковка бикомпонентной ткани включает в себя просмотр внешнего вида наружной и внутренней поверхностей полотна ткани, определение плотности по основе и утку и определение поверхностной плотности.

Разбраковка, маркировка и упаковка бикомпонентной ткани осуществляются в соответствии с ТУ 0-48-05786904-121-92.

Кварцевые и углеродные нити марки Урал Н-22 на бобинах, предназначенные для крутки, устанавливаются в питающую рамку тростильно-крутильной машины марки ТКС-132. (рис. 2 – технологическая схема заправки машины ТКС-132).

Технические характеристики машины: ширина 1100 мм; высота 2045 мм; длина

10612 мм; мощность электродвигателя 5,5 кВт; скорость веретена 1460 мин⁻¹. Нить 2 с бобины 1 проходит через нитепроводник 3, собирается в питающем приборе 4, обвивая при этом 2...3 раза ролик и барабанчик питающего прибора. Выйдя из питающего прибора, нить проходит через нитепроводник 3, бегунок 5, установленный на кольце 6 и наматывается на железную гильзу, насаженную на веретено 7.

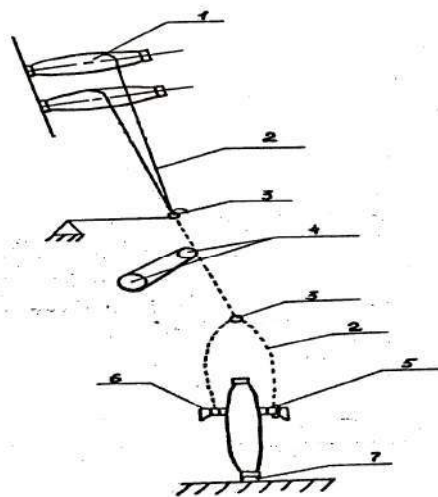


Рис. 2

Линейная плотность входящей углеродной нити 205±10 текс. Число кручений на метр 60±9, направление крутки (Z). Частота вращения веретен 1460 мин⁻¹. Масса нити на початке не более 0,3 кг. Линейная плотность входящей кварцевой нити 68±10 текс, выходящей паковки 68 текс х3. Число кручений на метр 60±9, направление крутки (Z). Частота вращения веретен 1460 мин⁻¹, масса нити на початке не более 0,3 кг.

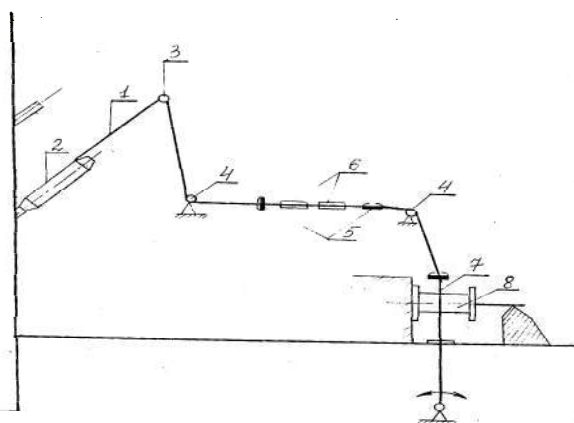


Рис. 3

Кварцевые и углеродные нити, предназначенные для основы, поступают на мотальный полуавтомат SRKC-12 для перемотки на катушки (рис. 3 – технологическая схема заправки полуавтомата SRKC-12), которые потом устанавливаются на шпулярник ткацкого станка. Технические характеристики машины: линейная скорость намотки 190 м/мин; линейная плотность кварцевых нитей 612 текс, углеродных 410 текс. Масса нити на катушке (кг) зависит от объема партии.

Нить 1 сматывается с початка 2, установленного на подставке, проходит через направляющий глазок 3, ограниченный пруток 4, фарфоровый глазок 5, шайбовый нитенатяжитель 6, нитераскладчик 7 и наматывается на катушку 8.

Кварцевые и углеродные нити, предназначенные для утка, перематываются на уточно-мотальном автомате марки УА-300-3М1 (рис. 4 – технологическая схема заправки УА-300-3М1). Технические характеристики машины: частота вращения веретен 3500 мин⁻¹; линейная плотность кварцевых нитей 612 текс, углеродных 410 текс; диаметр намотки 30÷34 мм.

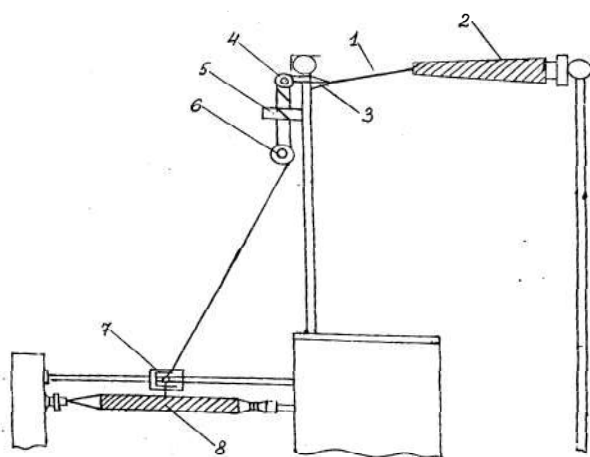


Рис. 4

Нить 1 сматывается с неподвижно установленной паковки 2, проходит через направляющий глазок 3, огибает ролик 4,

цилиндрический натяжной прибор 5, направляющий ролик 6, проходит через поводок нитеводителя 7 и раскладывается на шпуле 8.

Плотность намотки и натяжение обеспечиваются количеством витков вокруг цилиндрического натяжителя, то есть за счет изменения угла изгиба нитей и сил трения.

Расчетное количество катушек устанавливается на катушкодержателе шпулярника станка КПТЗ-160-С. На катушкодержатель устанавливается по две катушки. Нить сматывается с катушки, огибает направляющий пруток и пробирается в направляющую гребенку. Для создания необходимого натяжения и компенсации каждой нити основы надеваются две тормозные скобы. Тормозные скобы надеваются после привязки основы к "фартуку" товарного валика. Проборка нитей в направляющие гребенки с катушек осуществляется с внутренних рядов с первого до последнего ряда по всей глубине шпулярника, а затем с наружных рядов с первого до последнего ряда. В направляющих гребенках каждая нить пробирается в свой виток. Нити, пробранные в направляющие гребенки, связываются узлом с целью предотвращения их перепутывания.

Процесс проборки включает в себя проборку нитей в систему скал, скальное бердо, ремиз, ткацкое бердо. При проборке необходимо соблюдать следующие условия: нити основы, образующие в переплетении верхние слои, должны располагаться сверху по всей технологической линии заправки ткацкого станка; проборка (отбор нитей и подача их) производится от центра шпулярника сверху вниз.

Бикомпонентная ткань изготавливается на ткацком станке марки КПТЗ-160С механизированным способом (рис. 5 – схема станка КПТЗ-160-С). Для получения бикомпонентной ткани используется многочелночный механизм, с двумя видами утка (кварцевая и углеродная нить), программа работы механизма задается специальным картоном. Для поднятия ремизок используется зевобразовательная каретка закры-

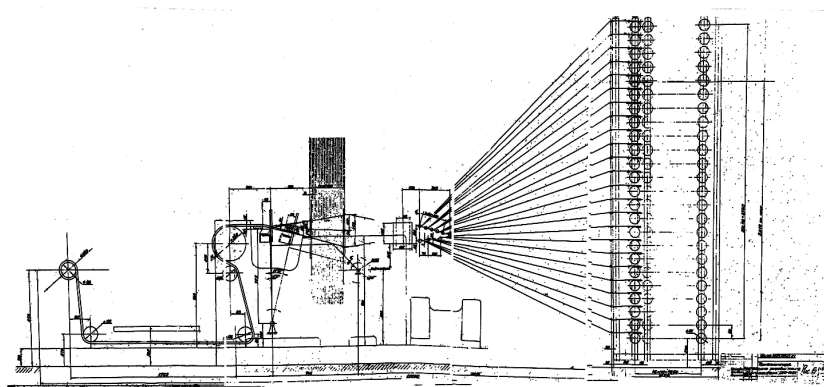


Рис. 5

Технические характеристики станка: ширина станка со шпулярником 3800 мм, глубина со шпулярником 1290 мм; высота со шпулярником 3010 мм; частота вращения главного вала 60 мин⁻¹; диаметр вальца 280 мм; диаметр товарного валика 128 мм; номер берда 40. Технические характеристики заправки шпулярника: количество рамок 3, расстояние между центрами катушек 110 мм; число катушек на шпулярнике 3312, масса тормозных скоб 40 г.

Для изготовления бикомпонентной ткани необходимо учитывать ряд технологических особенностей на станке КПТЗ-160-С. Работа станка осуществляется со шпулярника, что позволяет расходовать разную длину основы и держать каждую нить под своим собственным натяжением, исключая любое провисание. Кроме того, каждая нить пробирается в гребенку шпулярника для исключения перепутывания нитей основы. Далее нити со шпулярника огибают систему скал для разделения основных нитей, проходят через скальное бердо, которое определяет заданную ширину заправки. После этого нити пробираются в галево ремизок и ткацкое бердо. Нарботанная ткань огибает грудницу и навивается на товарный валик. Уникальный станок КПТЗ-160-С позволяет вырабатывать ткань на 24 ремизках с большим выносом зева до 2 метров и высотой зева 140 мм у последней ремизки, что позволяет вырабатывать технические ткани значительной толщины. Для формирования тка-

ни из нитей разного волокна используется многочелночный механизм.

Заправочный рисунок переплетения бикомпонентной ткани представлен на рис. 6.

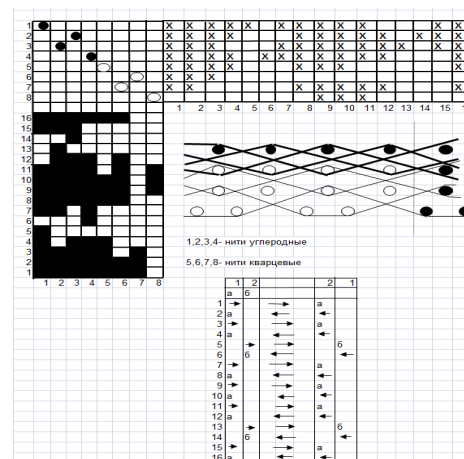


Рис. 6

ВЫВОДЫ

1. Предложен технологический план изготовления бикомпонентной многослойной ткани, включающий процессы трощения, кручения, перематывания, пробирания и ткачества.
2. Разработана и предложена технологическая схема заправки машины ТКС-132.
3. Разработаны технологические параметры изготовления многослойной бикомпонентной ткани.

Рекомендована кафедрой ткачества. Поступила 26.11.12.

УДК 677.21.027.26.074

**ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ НИЗКОЧАСТОТНЫХ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ПОЛЕЙ
НА СТЕПЕНЬ ПОВРЕЖДЕНИЯ
ПРИРОДНЫХ И СИНТЕТИЧЕСКИХ ПОЛИМЕРОВ**

**RESEARCH OF LOW-FREQUENCY ULTRASONIC FIELDS INFLUENCE
ON THE DAMAGE RATE
OF NATURAL AND SYNTHETIC POLYMERS**

С.Ю. ШИБАШОВА, А.В. ШИБАШОВ, А.Е. ЗАВАДСКИЙ
S.Yu. SHIBASHOVA, A.V. SHIBASHOV, A.E. ZAVADSKY

(Научно-исследовательский институт термодинамики и кинетики химических процессов
Ивановского государственного химико-технологического университета)
(Research Institute of Thermodynamics and Kinetics of Chemical Processes
of Ivanovo State University of Chemistry and Technology)
E-mail: rector@isuct.ru

В настоящей работе дана оценка степени повреждения хлопкового и полиэфирного волокна смесовой ткани в процессе ультразвукового беления. Химические превращения целлюлозы хлопка определяли по содержанию функциональных групп и окрашиванию волокна красителем – метиленовым голубым, степень деструкции волокна – по изменению степени полимеризации целлюлозы хлопка и структуры поверхности волокна текстильного материала.

The given paper presents the estimation of damage rate of cotton and polyester fiber of a mixed fabric in the process of ultrasonic bleaching. Chemical transformations of cotton cellulose have been defined by functional groups and fiber coloring by dye, and the degree of fibers destruction – by the change of cotton cellulose polymerization degree and surface structure of a textile material fiber.

Ключевые слова: ультразвук, хлопкополиэфирная ткань, беление, степень повреждения хлопкового волокна.

Keywords: ultrasonic, cotton and polyester fabric, bleaching, cotton damage rate.

Особенности подготовки хлопкополиэфирных тканей заключаются в том, что технология должна учитывать свойства индивидуальных компонентов, степень их

загрязненности различными примесями и назначение тканей. При этом необходимо выбирать такие варианты подготовки, при которых требуемый эффект достигался бы

при максимальной сохранности наиболее ценных свойств индивидуальных составляющих ткани.

В настоящей работе дана оценка степени повреждения хлопкового и полиэфирного волокна смесовой ткани в процессе ультразвукового беления. Белиние хлопкополиэфирной ткани осуществляли жидкостным способом в растворе, содержащем, г/л: пероксид водорода – 9, стабилизатор АС – 6. Белиние ткани проводили на промышленной установке УЗВ-28/200 МП, в которой ультразвуковые колебания с частотой $22 \pm 10\%$ кГц создаются пьезокерамическим преобразователем. Мощность ультразвукового воздействия составляла 3 кВт в течение 20 мин. Для сравнения приведены результаты беления хлопкополиэфирной ткани классическим жидкостным способом в течение 60 мин раствором, содержащем, г/л: пероксида водорода – 10, едкого натра – 2,5, силиката натрия – 10, смачиватель – 1.

Химические превращения целлюлозы хлопка определяли по содержанию функциональных (альдегидных и карбоксильных) групп и окрашиванию волокна красителем – метиленовым голубым, степень деструкции волокна – по изменению степени полимеризации целлюлозы хлопка и

структуры поверхности волокна текстильного материала.

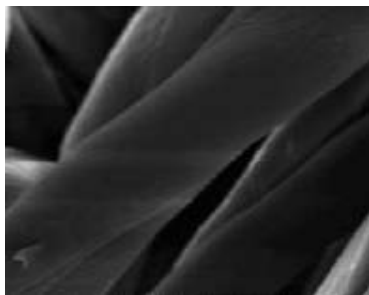
В табл. 1 приведены технические результаты беления хлопкополиэфирной ткани различными способами. Из таблицы видно, что значения степени белизны и капиллярности хлопкополиэфирной ткани, отбеленной с использованием ультразвука, не уступают соответствующим значениям для ткани, подготовленной по классическому способу. Полученные данные по изменению содержания функциональных групп показали, что суммарное содержание альдегидных и карбоксильных групп целлюлозы в процессе ультразвукового беления ниже этих показателей, чем при классическом способе беления. Одним из доказательств сохранности целлюлозы хлопкового волокна является его способность окрашиваться метиленовым голубым красителем. Хлопковая составляющая хлопкополиэфирной ткани, отбеленной с использованием ультразвука, окрашена менее интенсивно, чем у образца, отбеленного по классическому способу. Это свидетельствует о том, что целлюлоза волокна не претерпевает значительных химических превращений, что подтверждается данными по степени полимеризации (СП) целлюлозы хлопкового волокна [1].

Т а б л и ц а 1

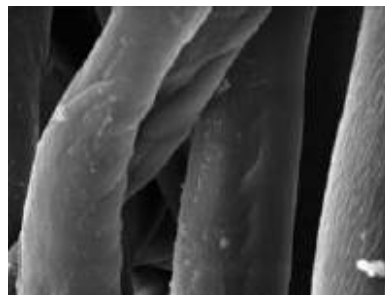
| Наименование показателя | Ультразвуковой способ беления | Классический способ беления (с запариванием) |
|--|-------------------------------|--|
| Степень белизны, % | 82,5 | 81,5 |
| Капиллярность, мм | 119 | 115 |
| Содержание карбоксильных групп, % | 0,012 | 0,021 |
| Содержание альдегидных групп, % | 0,046 | 0,064 |
| Степень полимеризации хлопкового волокна | 2217 | 2016 |
| Интенсивность окраски образца (К/С) | 0,709 | 1,243 |

Для подтверждения сохранности хлопкового и полиэфирного волокон смесовой ткани в процессе ультразвукового беления представлены микрофотографии поверхностей хлопкового (рис. 1: а) – суровое; б)

– отбеленное волокно) и полиэфирного (рис. 2: а) – суровое; б) – отбеленное волокно) волокон. Изменение структуры поверхности волокон исследовали методом электронной растровой микроскопии [2].

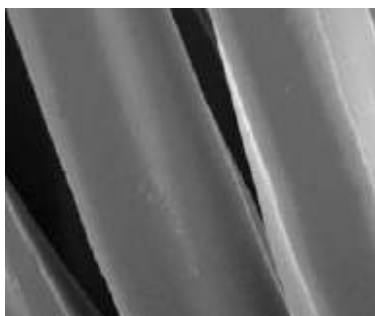


(a)

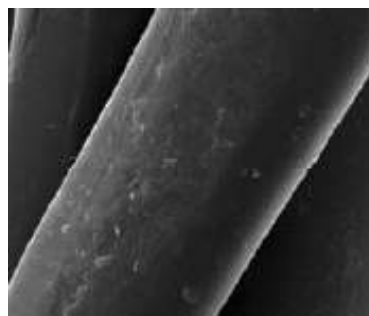


(б)

Рис. 1



(a)



(б)

Рис. 2

Поверхность хлопкового и полиэфирного волокна, подвергаясь ультразвуковому воздействию, обнаруживает неоднородность внешнего вида по сравнению с поверхностью исходного волокна. В некоторых местах поверхности волокна образуются щели, расположенные по направлению оси волокна, и вид поверхности волокна подобен виду, который приобретают поверхности, подвергавшиеся травлению. Причиной таких дефектов поверхности волокна может быть не только прямое действие кавитации, создающее значительное внутреннее напряжение, достаточное для локального разрыва волокна и образования трещины, но и трение молекул воды о поверхность волокна в ходе передачи ультразвуковой энергии.

Результаты исследования поверхности волокон показали, что после беления с ультразвуком волокно имеет поверхностные микродефекты в виде микротрещин и углублений, которые облегчают проникновение пероксидных растворов во внут-

ренние области волокна, но не приводят к деструкции полимера.

Полученные результаты подтверждаются рентгенографическим анализом надмолекулярной структуры волокон хлопкополиэфирной ткани. Рассеяние рентгеновских лучей анализировали на дифрактометре ДРОН-3 с использованием излучения $\text{CuK}\alpha$, выделенного сбалансированными Ni- и Co-фильтрами. Съемку осуществляли по схеме "на просвет" в диапазоне углов дифракции $2\theta = 8^\circ - 36^\circ$ при одновременном повороте образца и детектора излучения. Плоские образцы готовили из дисков ткани, вырубленных специальным шаблоном. Исследуемые препараты помещали в ячейку, закрепленную на гониометрической приставке для вращения объектов и дополнительного усреднения интенсивности дифракции. Параметры дифракции рассчитывали с учетом фона и дифференциальной фильтрации по уравнениям из работы [3].

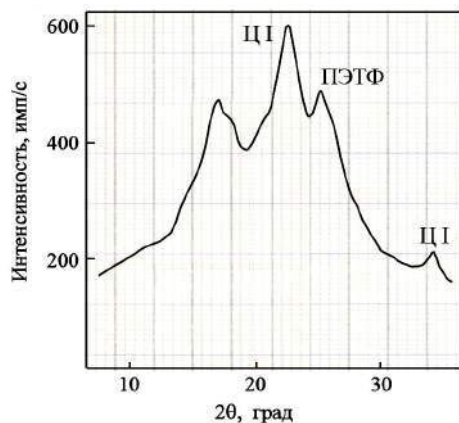


Рис. 3

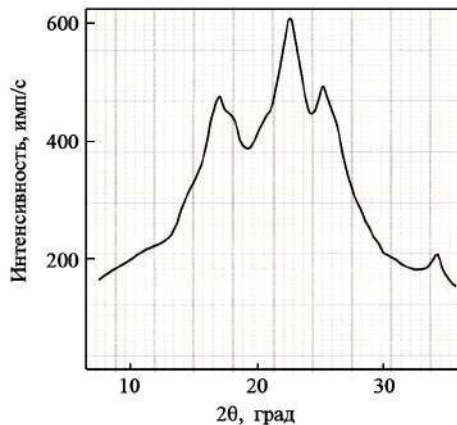


Рис. 4

Кривая интенсивности рассеяния рентгеновских лучей волокнами исходной ткани, представленная на рис. 3, характеризуется набором дифракционных рефлексов, характерных для кристаллитов ПЭТФ (при $2\theta = 25,5^\circ$) и целлюлозы I (при $2\theta = 22,6^\circ$ и $34,6^\circ$) [4]. Дифрактограмма волокон ткани, отбеленной с использованием ультразвука, представленная на рис. 4, свидетельствует о сохранении при этом общего вида картины рассеяния рентгеновских лучей.

Сравнительный количественный анализ различных образцов требует приведения параметров дифракции к единой шкале измерений. Указанную операцию осуще-

ствляли путем нормализации последних по интенсивности рассеяния внешним эталонном и поверхностной плотности образцов [5].

Нормализованная интегральная величина рассеяния образцом $A_{\text{обр}}^n(\Delta 2\theta)$ в исследуемом диапазоне углов дифракции и нормализованные значения интенсивности рефлексов $I_{\text{обр}}^n(2\theta)$ при $2\theta = 22,6^\circ$ и $25,5^\circ$, характерных для целлюлозной и полиэфирной составляющих ткани, приведены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

| Вид ткани | $A_{\text{обр}}^n(\Delta 2\theta)$, имп | $I_{\text{обр}}^n(2\theta)$, имп/с | |
|------------------------------|--|-------------------------------------|------------------------|
| | | $2\theta = 22,6^\circ$ | $2\theta = 25,5^\circ$ |
| 1. Суровая | 309000 | 602 | 492 |
| 2. Отбеленная с ультразвуком | 311000 | 610 | 496 |
| Коэффициент вариации, % | 2,0 | | |

Количественный анализ показал, что параметры дифракции волокнами ткани в результате беления с применением ультразвука практически не изменяются. Незначительный рост интенсивности и интегральной величины рассеяния волокнами может быть связан с удалением нанесенных и сопутствующих примесей ткани в процессе беления.

ВЫВОДЫ

Таким образом, можно сделать вывод об устойчивости надмолекулярной струк-

туры полиэфирной и целлюлозной составляющих текстильного материала к низкочастотному ультразвуковому воздействию в процессе пероксидного беления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Поздняков В.П., Поперно Т.Я., Смирнова А.А. Физико-химические методы исследования в органической и биологической химии. – М.: Просвещение, 1977.
2. Голдстейн Дж., Яковиц Х. Практическая растровая электронная микроскопия: пер. с англ. – М.: Мир, 1978.

3. *Завадский А.Е.* Решение проблем учета некогерентной составляющей при рентгенографическом анализе степени кристалличности целлюлозных материалов // Изв. вузов. Химия и химическая технология. – 2003, т.46. №1. С. 46...49.

4. *Калиновски Е., Урбанчик Г.В.* Химические волокна. – М.: Легкая индустрия, 1966.

5. *Завадский А.Е.* Рентгенографический метод определения степени кристалличности целлюлозных материалов различной анизотропии // Химические волокна. – 2004, № 6. С. 28...32.

Рекомендована кафедрой химической технологии волокнистых материалов. Поступила 16.04.12.

УДК 677.027.523.5

ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ НИЗКОКОНЦЕНТРИРОВАННЫХ ЗАГУСТОК ПРИ ПЕЧАТИ АКТИВНЫМИ КРАСИТЕЛЯМИ*

PRACTICAL APPLICATION OF LOW-CONCENTRATED THICKENERS IN PRINTING BY ACTIVE DYES

В.Н. НЕКРАСОВА, О.А. БЕЛОКУРОВА
V.N. NEKRASOVA, O.A. BELOKUROVA

(Ивановский государственный химико-технологический университет)
(Ivanovo State University of Chemistry and Technology)
E-mail: rector@isuct.ru

Показано, что при использовании как пористых, так и гелеобразных загусток для фиксации активных красителей предпочтительнее использовать перегретый или насыщенный водяной пар. По сравнению с фиксацией горячим воздухом они обеспечивают на 5...20% более высокие показатели степени полезного использования красителей.

It is indicated that in using as porous, so as gelatinous thickeners for fixation of active dyes it is more preferable to use superheated or sated water steam. In comparison with fixation by hot air they provide 5-20% higher indexes of effective dyes usage rate.

Ключевые слова: печать, активные красители, низкоконцентрированная загустка, полианионная целлюлоза (ПАЦ-В).

Keywords: printing, active dyes, a low-concentrated thickener, polyanionic cellulose.

На кафедре ХТВМ ИГХТУ разработаны экономичные низкоконцентрированные пористые и гелеобразные составы и на их основе оптимизирован состав печатной краски [1...3]. На качество отпечатка активными красителями оказывает большое влияние не только состав печатной краски,

но также способ фиксации и качество отмывки незафиксированного красителя.

Выявление оптимальных параметров фиксации и условий промывки тканей при использовании новых загусток и явилось целью данного исследования. Как известно, на практике в зависимости от состава печатной краски и производственных ус-

* Работа выполнена по тематике НИИ термодинамики и кинетики химических процессов.

ловий фиксацию активных красителей осуществляют либо путем обработки напечатанных тканей сухим горячим воздухом, либо запариванием насыщенным или перегретым паром.

Исследование влияния способа и температурно-временных параметров фиксации активных красителей на качество печати при использовании низкоконцентрированных загусток показало, что

как для пористых, так и гелеобразных загусток для фиксации предпочтительнее использовать перегретый водяной пар (160°C, 2...3 мин) или насыщенный (101°C, 5 мин). По сравнению с фиксацией горячим воздухом (160°C, 3...4 мин) они обеспечивают на 5...20% более высокие показатели степени полезного использования красителей (СПИК) (табл.1).

Т а б л и ц а 1

| Загустка | Способ термообработки | Условия термообработки | | Интенсивность окраски образца, K/S, ед | Концентрация красителя на ткани, г/кг | СПИК, % | |
|-------------------------------|-----------------------------------|------------------------|--------|--|---------------------------------------|---------|------------------|
| | | t, °C | τ, мин | | | по K/S | по методу зольей |
| Сольвитоза С-5 7% | горячий воздух | 160 | 4 | 5,07 | 6,46 | 53,77 | 58,89 |
| Пористая на основе ПАЦ-В 1,0% | горячий воздух | 160 | 1 | 5,62 | 5,79 | 60,61 | 49,56 |
| | | | 2 | 5,55 | 6,56 | 59,52 | 47,33 |
| | | | 3 | 5,25 | 5,89 | 62,71 | 53,48 |
| | | | 4 | 5,25 | 7,43 | 66,08 | 68,05 |
| | | | 5 | 4,92 | 7,37 | 52,24 | 60,47 |
| | | | 6 | 5,01 | 7,37 | 51,90 | 55,70 |
| | перегретый пар | 160 | 1 | 5,61 | 7,39 | 60,62 | 54,42 |
| | | | 2 | 5,55 | 7,71 | 59,5 | 54,12 |
| | | | 3 | 5,25 | 8,74 | 62,72 | 73,94 |
| | | | 4 | 4,92 | 7,89 | 58,17 | 64,93 |
| | | | 5 | 5,25 | 7,13 | 60,98 | 62,36 |
| | | | 6 | 5,01 | 6,02 | 51,87 | 51,39 |
| | насыщенный пар | 101 | 3 | 9,55 | 7,46 | 60,57 | 56,91 |
| | | | 4 | 10,52 | 6,82 | 63,99 | 69,72 |
| | | | 5 | 13,83 | 8,47 | 72,76 | 73,18 |
| | | | 6 | 10,79 | 7,46 | 61,52 | 58,44 |
| | | | 7 | 9,78 | 6,83 | 60,69 | 59,12 |
| | Гелеобразная на основе ПАЦ-В 2,5% | горячий воздух | 160 | 2 | 4,21 | 4,48 | 50,21 |
| 3 | | | | 4,10 | 4,39 | 58,20 | 60,01 |
| 4 | | | | 3,67 | 4,10 | 68,90 | 68,94 |
| 5 | | | | 3,42 | 4,06 | 52,00 | 59,00 |
| перегретый пар | | 160 | 1 | 5,01 | 4,83 | 56,81 | 55,17 |
| | | | 2 | 4,93 | 4,72 | 62,60 | 60,23 |
| | | | 3 | 4,27 | 4,08 | 64,60 | 63,40 |
| | | | 4 | 3,79 | 4,26 | 51,50 | 59,42 |
| насыщенный пар | | 101 | 3 | 5,03 | 3,45 | 53,93 | 51,48 |
| | | | 4 | 4,59 | 3,39 | 55,20 | 54,00 |
| | | | 5 | 4,09 | 3,75 | 64,50 | 69,34 |
| | | | 6 | 3,71 | 3,20 | 51,30 | 51,71 |

Примечание. 1) ПАЦ-В – полианионная целлюлоза производства ЗАО «Полицелл»; 2) – все образцы показали отличную устойчивость окрасок к стирке №4.

Сравнительно низкие значения интенсивности окраски и СПИК при фиксации сухим горячим воздухом можно объяснить затруднением диффузии красителя из слоя печатной краски вглубь волокна в отсут-

ствии влаги и умеренным содержанием мочевины. Увеличение количества мочевины в пористых печатных красках невозможно из-за ее негативного влияния в больших концентрациях на вязкость и устойчивость

печатных составов. Это наглядно видно из рис. 1 – зависимость вязкости низкоконцентрированных загусток от концентрации мочевины в составе печатной краски.

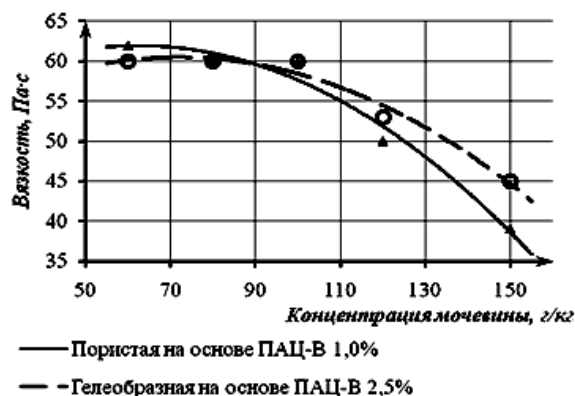


Рис. 1

Анализируя данные, приведенные в табл. 1 (влияние способа фиксации активного красителя реактив желтого 42 на качество напечатанной ткани), можно оценить эффективность гелеобразных составов в сопоставлении с пористыми загустками и с загусткой из Сольвитозы С-5. Преимущество гелеобразных загусток по сравнению с сольвитозной очевидно: они обеспечивают более высокий уровень степени полезного использования красителей, а также меньшее приращение массы после печати на 23...40% (табл. 2 – затраты на печать различными видами загусток). Однако по сравнению с пористыми загустками гелеобразные проигрывают в интенсивности окраски и, самое главное, в экономичности.

Таблица 2

| Загустка | Привес, % | Расход печатной краски, кг/100 м | Стоимость 1кг загустки, руб. | Затраты на загустку при печати 1000 м ткани, руб. |
|-----------------------------------|-----------|----------------------------------|------------------------------|---|
| Сольвитоза С-5 | 95,33 | 13,54 | 5,250 | 710,69 |
| Крахмальная | 91,50 | 12,99 | 2,27 | 294,87 |
| Гелеобразная на основе ПАЦ-В 2,5% | 56,86 | 8,07 | 2,077 | 167,70 |
| Пористая на основе ПАЦ-В 1,0% | 30,35 | 4,31 | 1,604 | 69,128 |

Главная задача промывки тканей состоит в полном удалении незафиксированного красителя. Основными факторами, определяющими качество промывки при непрерывном процессе, являются температура и объем промывных вод. Напечатанные материалы промываются в одной-двух коробках промывного аппарата холодной, затем горячей водой, горячим раствором синтетического моющего средства (операция мыловки), горячей и теплой водой. Наиболее эффективно происходит промывка ткани при температуре горячих промывных ванн 85÷95°С, в этих условиях повышается диффузионная способность гидролизованного и незафиксированного красителя и снижается его сродство к волокну, тем самым удается избежать одного из основных браков, образующихся при неблагоприятных условиях промывки, закрашивания белого фона.

В связи с тем что при использовании низкоконцентрированных загущающих со-

ставов (как пористых, так и гелеобразных) создаются более благоприятные условия для десорбции красителя из слоя (более тонкого и рыхлого) печатной краски в промывные ванны, а также из-за наличия в печатной краске анионноактивного ПАВ (стеарата натрия), была исследована возможность исключения операции мыловки при промывке напечатанных тканей.

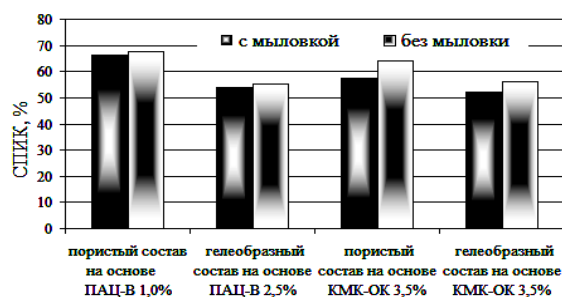


Рис. 2

При анализе данных, представленных на гистограммах (рис. 2 – зависимость степени полезного использования активного красителя реактив желтый 42 от нали-

чия операции мыловки), можно наблюдать повышение СПИК в результате замены ванны с синтетическим моющим средством (СМС) на ванну с горячей водой. Этот факт, на первый взгляд, может быть объяснен неполной отмывкой незафиксированного красителя. Некорректность данного предположения подтвердили исследования устойчивости промытых без «мыловки» образцов к физико-химическим воздействиям, а именно стирке в жестких условиях и поту, которые показали хорошие и отличные результаты. Поэтому более правильным можно считать предположение, что при промывке без СМС на поверхности текстильного материала отсутствует «налет» неотмытого ПАВ, который и вносит погрешность при оценке интенсивности окраски оптическими методами. На основании этого можно сделать вывод, что процесс промывки напечатанных тканей с использованием низкоконцентрированных составов целесообразно упростить, заменив операцию мыловки на промывку горячей водой.

Отечественные отделочные предприятия в условиях рыночной экономики стремятся использовать препараты с наименьшей стоимостью, и доказательство этому – использование до сих пор на ряде предприятий крахмальной загустки для печати активными красителями. Чтобы оценить, устроит ли предпринимателей по стоимости разработанные нами как пористые, так и гелеобразные системы, была проведена сравнительная экономическая оценка загущающих составов, наиболее часто применяемых в настоящее время на отечественных предприятиях, в сопоставлении со стоимостью предлагаемых низкоконцентрированных составов. Соответствующие данные представлены в табл. 2.

Анализ полученных данных свидетельствует о том, что использование предлагаемых низкоконцентрированных составов как гелеобразных, так и пористых эконо-

мически выгоднее в 4÷10 раз по сравнению с Сольвитозой С-5, и в 1,5÷4 раза – по сравнению с крахмальной загусткой.

Эффективность применения разработанных составов была подтверждена производственными испытаниями, проведенными в тканепечатном цехе на предприятии ОАО «Кохматекстиль».

ВЫВОДЫ

1. Показано, что при использовании как пористых, так и гелеобразных загусток для фиксации активных красителей предпочтительнее использовать перегретый или насыщенный водяной пар. По сравнению с фиксацией горячим воздухом они обеспечивают на 5...20% более высокие показатели степени полезного использования красителей.

2. Установлено, что процесс промывки при использовании низкоконцентрированных загусток можно упростить, заменив операцию мыловки на промывку горячей водой.

3. Проведена экономическая оценка разработанных составов, которая показала, что они более эффективны по сравнению с традиционно используемыми продуктами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Некрасова В.Н., Щеглова Т.Л., Белокурова О.А. Низкоконцентрированные вязкие системы для загущения печатных красок // Изв. вузов. Химия и химическая технология – 2010, №11. С. 94...97.

2. Загустка для печати активными красителями целлюлозосодержащих текстильных материалов / В.Н. Некрасова, Т.Л. Щеглова, О.А. Белокурова // Патент РФ 2400585 БИ №27 от 27.09.10

3. Некрасова В.Н., Щеглова Т.Л., Белокурова О.А. Новые низкоконцентрированные загустки для активных красителей // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2010, №4. С. 56...59.

Рекомендована кафедрой химической технологии волокнистых материалов. Поступила 06.04.12.

РАЗРАБОТКА СОСТАВА ЧЕРНИЛ ДЛЯ ЦИФРОВОЙ ПЕЧАТИ ПО ТКАНЯМ ИЗ СМЕСИ ХЛОПКА И СИНТЕТИЧЕСКИХ ВОЛОКОН

DEVELOPMENT THE INK STUCTURE FOR DIGITAL PRINTING ON FABRICS FROM THE MIXTURE OF COTTON AND SYNTHETIC FIBERS

*M.V.KONOVALOVA, T.V.KORNEVA
M.V.KONOVALOVA, T.V.KORNEVA*

(Московский государственный текстильный университет им.А.Н.Косыгина)
(Moscow State Textile University "A.N.Kosygin")
E-mail: komar365@rambler.ru

С целью разработки рецептуры чернил для цифровой печати по хлопкополиэфирным и хлопкополиамидным тканям на основе величины цветового охвата были выбраны триады дисперсных и активных красителей, а также установлены их оптимальные концентрации. Для обеспечения необходимой вязкости и поверхностного натяжения в состав чернил включены загуститель манутекс RS и поверхностно-активное вещество детергол S в необходимых количествах.

For the purpose of development of the ink for digital printing on cotton-polyester and cotton-polyamide fabrics on the basis of the size of color scope the triads of disperse and active dyes have been selected, and their optimal concentrations have been established as well. For providing necessary viscosity and surface tension manutex RS thickener and detergent S surface active substance in necessary amounts have been included in the ink structure.

Ключевые слова: хлопкополиэфирная ткань, хлопкополиамидная ткань, цифровая печать, состав чернил, активные красители, дисперсные красители, цветовой охват триады, вязкость, поверхностное натяжение.

Keywords: cotton-polyester fabric, cotton-polyamide fabric, digital printing, ink structure, active dyes, disperse dyes, triad color scope, viscosity, surface tension.

Начиная с 2005 года в текстильной промышленности стал применяться цифровой способ печати на тканях, который позволяет получать рисунки с фотографической точностью. Главным достоинством цифровой технологии является резкое сокращение сроков производства текстильного материала от рисунка художника до процесса печати и выпуска готового изделия. При этом продукция по качеству не только не уступает получаемой на традиционном текстильном оборудовании, но даже и превосходит ее.

Цифровые технологии могут успешно применяться при изготовлении малых пар-

тий уникальных тканей по специальному заказу: 1) для домов моделей, театров, шоу-бизнеса, кинопроизводства (костюмы и декорации); 2) для оформления интерьеров, выставок (портьеры, занавески, ширмы, баннеры-перетяжки, скатерти, салфетки); 3) для оформления витрин и т.д. При этом на текстильных материалах создаются композиции, включающие фрагменты фотографий, графических и живописных изделий, характеризующиеся отличными показателями яркости и насыщенности цветов и подчеркивающие определенный стиль и эксклюзивность изделий [1].

Именно поэтому стал актуальным вопрос разработки чернил для цифровой печати по тканям из смеси натуральных и химических волокон. Принципиальное отличие новых чернил от предшественников состоит в их универсальности, теперь можно осуществлять печать не только на натуральных и химических волокнах, но и на смесовых тканях. Такие чернила подходят как для работы на самых новейших высокопроизводительных плоттерах, так и на плоттерах предыдущего поколения, а также могут использоваться и для прямой печати.

Объектами исследования являлись ткань хлопчатобумажная – Бязь арт. 262 отбеленная; ткань "Жизель", полиэфирное волокно 100%, арт.5021; ткань хлопкополиэфирная арт. 63284; ткань хлопкополиамидная, арт. 62015. В качестве красителей были выбраны активные красители Цемактивы желтый Т-К, темно-синий Т-23, глубоко-черный Т-К, ярко-красный Т-2С, ярко-голубой Т-К, золотисто-желтый БФ-23, красный БФ-С, синий БФ-К, глубоко-черный НБФ-О; дисперсные красители рубиновый 2С, голубой К, желтый 63.

В соответствии со спецификой цифровой печати необходимо выбрать триады красителей, отличающиеся высокой чистотой цвета, обладающие широким цветовым охватом.

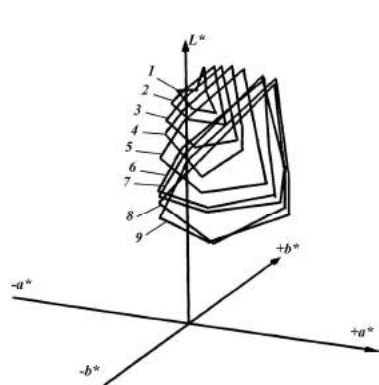


Рис. 1

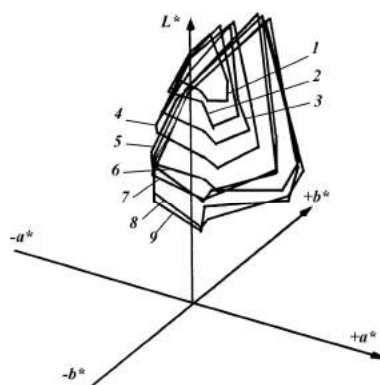


Рис. 2

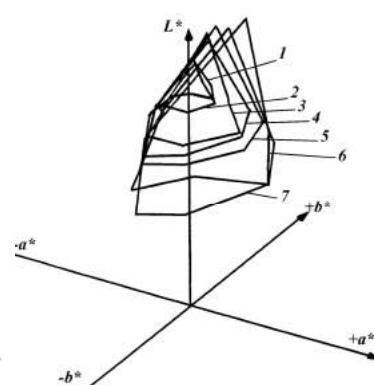


Рис. 3

Полученные результаты использовались для построения фигур цветового охвата при разных концентрациях красителей на цветовом круге системы CIE

Для определения концентрации, в которой выбранные красители будут присутствовать в составе чернил, нами оценивался цветовой охват каждой триады при разной светлоте окраски. Для этого осуществлялись выкраски каждым из выбранных красителей образцов хлопчатобумажной (активные красители) и полиэфирной (дисперсные красители) тканей при различном содержании красителей в растворе. Крашение проводилось плюсовочно-термофиксационным способом с целью приближения условий фиксации красителей к условиям обработки после цифровой печати. Образцы окрашивались как индивидуальными красителями, так и их бинарными смесями. Концентрация красителей в плюсовочном растворе варьировалась от 0,1 до 7 г/л.

После крашения и промывки с окрашенных образцов снимались спектры отражения, путем обработки которых рассчитывались координаты цвета в системах XYZ и CIE $L^*a^*b^*$, а также колористические характеристики. Для снятия спектров отражения нами применялся спектрофотометр MINOLTA CH-3600d, колористические расчеты выполнялись на компьютере по специализированной программе SuperColor-Matching (ф. ORINTEX, Италия).

$L^*a^*b^*$, а также тел цветового охвата в этой же системе. Тела и фигуры цветового охвата представлены соответственно на рис. 1 – для активных бифункциональных

красителей; концентрация красителей, г/л: 1 – 0,1; 2 – 0,5; 3 – 1; 4 – 1,5; 5 – 2; 6 – 2,5; 7 – 3; 8 – 5; 9 – 7; рис.2 – для винилсульфоновых активных красителей; концентрация красителей, г/л: 1 – 0,1; 2 – 0,5; 3 – 1; 4 – 1,5; 5 – 2; 6 – 2,5; 7 – 3; 8 – 5; 9 – 7 и рис.3 – для дисперсных красителей; концентрация красителей, г/л: 1 – 0,1; 2 – 0,5; 3 – 1; 4 – 2; 5 – 3; 6 – 5; 7 – 7.

Как следует из рис.1, исследованные бифункциональные активные красители обеспечивают достаточно широкий цветовой охват, особенно в области красных, оранжевых и желтых тонов. Несколько хуже будут воспроизводиться желто-зеленые и зеленые цвета. В области синих и фиолетовых цветов площадь фигуры цветового охвата совсем незначительна. Как и ожидалось, с повышением концентрации красителя в плюсовочном растворе от 0.1 до 7 г/л и соответствующем снижении светлоты L^* цветовой охват данной триады красителей увеличивается. Это объясняется возрастанием чистоты окраски с ростом ее интенсивности за счет уменьшения доли ахроматической (белой) составляющей цвета. Можно отметить, что для двух наибольших концентраций (5 и 7 г/л) фигуры цветового охвата имеют практически одинаковую площадь, поэтому повышать концентрацию бифункциональных активных красителей выше 5 г/л нецелесообразно.

Аналогичная картина наблюдается при изучении цветового охвата активных винилсульфоновых красителей (рис.2). Вместе с тем винилсульфоновый краситель Цемактив ярко-красный Т-2С имеет цветовой тон более близкий к пурпурному – одному из основных цветов субтрактивного синтеза. На цветовом графике системы CIE $L^*a^*b^*$ точки, соответствующие образцам, окрашенным этим красителем, располагаются близко к положительной ветви оси a^* . Учитывая, что фиксация бифункциональных и винилсульфоновых активных красителей происходит в одинаковых условиях, мы предлагаем для использования в чернилах триаду активных красителей: Цемактив

золотисто-желтый БФ-23, Цемактив синий БФ-К и Цемактив ярко-красный Т-2С. В качестве четвертого – черного – красителя, обычно применяемого в цифровой печати, целесообразно использовать Цемактив глубоко-черный НБФ-О, позволяющий получать более интенсивный черный цвет в концентрации 7 г/л.

Цветовой охват триады исследованных дисперсных красителей значительно меньше, чем у обеих триад активных красителей. Об этом свидетельствуют данные рис. 3. Однако область синезеленых цветов представлена этими красителями в той же степени, как и у активных красителей. Для изготовления чернил для цифровой печати по текстильным материалам эти красители также нужно использовать в концентрации 7 г/л.

Таким образом, чернила для цифровой печати текстильных материалов из смеси хлопка и полиэфирных волокон будут содержать следующие красители:

для получения цветов

| | |
|-----------|--|
| пурпурный | Цемактив ярко-красный Т-2С, 5 г/л |
| | Дисперсный рубиновый, 7 г/л |
| желтый | Цемактив золотисто-желтый БФ-23, 5 г/л |
| | Дисперсный желтый 63, 7 г/л |
| голубой | Цемактив синий БФ-К, 5 г/л |
| | Дисперсный голубой К, 7 г/л |
| черный | Цемактив глубоко-черный НБФ-О, 7 г/л |
| | Дисперсный черный, 7 г/л |

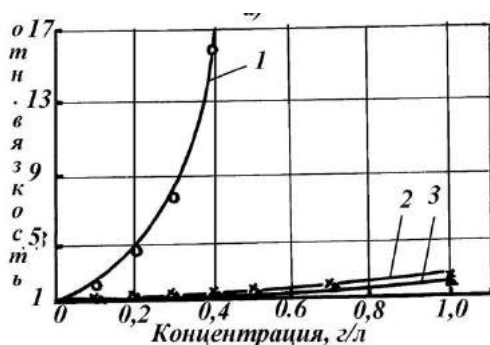
Наносимые капельки чернил должны быстро смачивать текстильный материал, но при этом не растекаться по нему. Такие свойства чернил обеспечиваются определенной величиной поверхностного натяжения и вязкости. При разработке состава чернил представлялось необходимым обеспечить значения этих показателей, как у традиционных аналогов.

Для определения вязкости растворов в работе использовали капиллярный вискозиметр (вискозиметр Оствальда). При этом пользовались не абсолютным значением

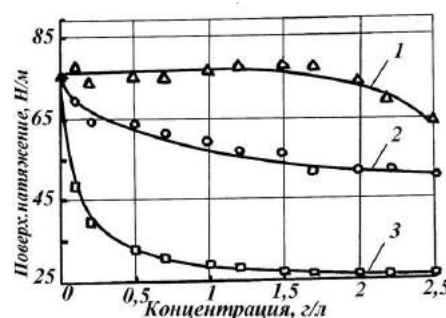
коэффициента вязкости, а так называемой относительной вязкостью, то есть отношением вязкости раствора к вязкости растворителя:

$$\eta_{\text{отн}} = \eta_{\text{р-ра}} / \eta_{\text{р-ля}} = t_{\text{р-ра}} / t_{\text{р-ля}}$$

В этом случае достаточно определить время истечения раствора и чистого растворителя, принимая, что разность плотностей раствора и чистого растворителя достаточно мала.



а)



б)

Рис. 4

Установлено, что лучшие результаты достигаются при использовании манутекса RS в концентрации 0,17 г/л.

На рис. 4 представлена зависимость свойств раствора от концентрации компонентов: а) – относительная вязкость раствора: 1 – манутекс RS; 2 – сольвитоза; 3 – метилцеллюлоза; б) – поверхностное натяжение раствора: 1 – синтанол; 2 – стеарокс б; 3 – детергол S.

Поверхностное натяжение растворов определяют сталагмометрическим методом. Расчет его величин проводился по формуле :

$$\sigma = (\sigma_{\text{H}_2\text{O}} \cdot n_{\text{H}_2\text{O}}) / n_{\text{р-ра}}$$

где $\sigma_{\text{H}_2\text{O}}$ – стандартная величина, равная 72,5; $n_{\text{H}_2\text{O}}$ – среднее количество капель воды; $n_{\text{р-ра}}$ – среднее количество капель исследуемого раствора.

В качестве компонентов использовались поверхностно-активные вещества: стеарокс-б, синтанол и детергол S, которые предназначены для стабилизации и снижения поверхностного натяжения. В

ходе эксперимента была определена зависимость поверхностного натяжения от концентрации этих соединений (рис. 4-б). Очевидно, что концентрация ПАВ, которую необходимо использовать, чтобы поверхностное натяжение предлагаемых чернил соответствовало стандартным значениям (чернил фирмы Smart-T, равное 3), составляет 1 г/л.

По результатам исследований можно сделать вывод о том, какой состав должен содержаться в чернилах для цифровой печати по тканям из смеси натуральных и химических волокон.

В состав чернил входят:

1) дисперсные красители с концентрацией 7 г/л

дисперсный рубиновый
дисперсный желтый
дисперсный голубой
дисперсный черный

2) активные красители с концентрацией 5 г/л

Цемактив ярко-красный Т-2С
Цемактив золотисто-желтый БФ-23
Цемактив синий БФ-К

Цемактив глубоко-черный НБФ-О

3) манутекс – 0,17 г/л

4) поверхностно-активное вещество детергол S – 1 г/л.

Таким образом, после изучения свойств чернил и оценки качества печати было показано, что ткань, напечатанная с помощью цифровой технологии чернилами на основе дисперсных и активных красителей с использованием двух вспомогательных веществ (детергол S и манутекс), практически не уступает по качеству тканям, напечатанным чернилами некоторых известных фирм (при визуальной оценке, а также по результатам устойчивости окраски).

ВЫВОДЫ

1. На основе изучения цветового охвата выбраны триады дисперсных и активных

красителей, составляющих основу чернил для цифровой печати по хлопкополиэфирным и хлопкополиамидным тканям, и установлены их оптимальные концентрации.

2. Выбраны загуститель и поверхностно-активное вещество для придания чернилам необходимой вязкости и поверхностного натяжения и определены их концентрации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Журавлева Н.В., Коновалова М.В., Куликова М.А. Колорирование текстильных материалов: Учебное пособие для вузов. – М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2007.

Рекомендована кафедрой химической технологии волокнистых материалов. Поступила 04.06.12.

УДК 677.054

ПРИМЕНЕНИЕ СЕРИЦИНА ДЛЯ ШЛИХТОВАНИЯ ОСНОВ

APPLICATION OF SERICIN FOR WARPS SIZING

А.Б. ИШМАТОВ, П.Н. РУДОВСКИЙ, З.А. ЯМИНОВА
A.B. ISHMATOV, P.N. RUDOVSKY, Z.A. YAMINOVA

(Костромской государственный технологический университет,
Технологический университет Таджикистана)
(Kostroma State Technological University;
Tajikistan Technological University)

E-mail: ishmat_0405@mail.ru; pavel_rudovsky@mail.ru

Проведены испытания экстракта серицина, используемого в качестве шлихтоматериала. Показано, что технико-экономические показатели процесса ткачества практически не изменяются по сравнению с традиционными шлихтоматериалами, однако предлагаемый шлихтоматериал позволяет производить окрашивание и последующую эксплуатацию тканей без расшлихтовки.

The tests for sericin extract used as a sizing material, have been carried. It is indicated that technical and economical indexes do not practically change in comparison with traditional sizing materials, though the given sizing material allows to color and following operation of fabrics without removal of sizing materials.

Ключевые слова: шлихта, серицин, ткачество, расшлихтовка.

Keywords: sizing, serizin, weaving, removal of sizing material.

Известно, что основным компонентом шлихты традиционно являются клеящие вещества на основе растительных пектинов, такие как крахмал кукурузный, пшеничный, картофельный, рисовый, маисовый, технический желатин и др. [1]. Основным недостатком шлихты на основе растительных пектинов является то, что для ее приготовления используются пищевые продукты. Шлихта на основе таких продуктов подвержена гниению и теряет свои технологические свойства в течение нескольких дней. Введение в ее состав антисептиков приводит к тому, что они остаются в ткани и после расшлихтовки, что снижает ее эксплуатационные свойства. Шлихта на основе синтетических клеящих веществ, таких как карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ), полиакриламид (ПАА), полиакрилвинил (ПАВ), поливиниловый спирт (ПВС) и др., имеет существенно больший срок хранения, однако при этом более дорога, что увеличивает себестоимость тканей.

Общим недостатком такой шлихты является необходимость ее удаления перед крашением ткани. Это вызвано тем, что шлихта, образуя пленку на поверхности нити, препятствует свободному проникновению красителя к волокнам пряжи, обра-

зующим ткань. Второй причиной необходимости расшлихтовки является то, что механические и гигиенические свойства ошлихтованной ткани не соответствуют ее потребительским свойствам, то есть она имеет повышенную жесткость и низкую гигроскопичность и поэтому не пригодна к эксплуатации без расшлихтовки.

Сущность предлагаемой технологии заключается в применении известного клеящего вещества – серицина, входящего в состав натурального шелка, по новому назначению, а именно в качестве шлихты при подготовке основных нитей к ткачеству.

Процесс приготовления шлихты состоял из двух этапов. На первом этапе в условиях лаборатории химии Технологического университета Таджикистана вата-сдир, снятая с оболочки коконов и очищенная от крупных примесей [2], отваривалась в кипящей воде в течение 60 мин при двух исходных концентрациях: 1:5 (5 г ваты-сдира на 100 мл воды) и 1:10 (10 г ваты-сдира на 100 мл воды). Вязкость экстракта серицина измеряли через каждый 10 мин на вискозиметре Уббелюде с диаметром капилляра 0,86 мм при 25°C. В табл. 1 приведен режим получения экстракта серицина и его основные технологические свойства.

Т а б л и ц а 1

| № п/п | Время экстракции, мин | Концентрация раствора, % | Плотность раствора при 20°C, г/см ³ | Время истечения раствора, с | Относительная вязкость |
|----------------------------------|-----------------------|--------------------------|--|-----------------------------|------------------------|
| Соотношение вата-сдир: вода 1:5 | | | | | |
| 1 | 10 | 0,448 | 0,996 | 33,8 | 1,08 |
| 2 | 20 | 0,544 | 0,995 | 45,1 | 1,44 |
| 3 | 30 | 0,607 | 0,994 | 49,8 | 1,59 |
| 4 | 40 | 0,659 | 0,994 | 53,5 | 1,71 |
| 5 | 50 | 0,587 | 0,993 | 55,3 | 1,77 |
| 6 | 60 | 0,628 | 0,992 | 64,9 | 2,07 |
| Соотношение вата-сдир: вода 1:10 | | | | | |
| 1 | 10 | 1,185 | 0,996 | 37,5 | 1,20 |
| 2 | 20 | 1,254 | 0,995 | 40,0 | 1,28 |
| 3 | 30 | 1,291 | 0,994 | 43,1 | 1,38 |
| 4 | 40 | 1,241 | 0,994 | 50,1 | 1,60 |
| 5 | 50 | 1,209 | 0,993 | 53,4 | 1,71 |
| 6 | 60 | 1,235 | 0,992 | 60,4 | 1,93 |

Второй этап работы проводился в условиях ткацкой фабрики Душанбинского АОТ «Нассочи Точик», где из полученного экстракта готовили шлихту. Подбор

необходимой концентрации серицина проводился путем добавления воды таким образом, чтобы вязкость полученной шлихты

соответствовала вязкости шлихты, полученной на основе природных крахмалов.

Процесс приготовления шлихты заключается в следующем: в варочный бак заливают 100 л воды, доводят температуру воды до 70°C, в бак добавляется экстракт серицина в количестве 50 л (концентрации 1:10), полученная суспензия перемешивается в течение 10...15 мин, ее температуру доводят до 80°C. Затем при выключенном паре и остановленных мешалках проверялась вязкость готовой шлихты, которая составила 1,5±1 с.

Приготовленную шлихту из экстракта серицина апробировали для шлихтования основных нитей ткани Миткаль арт. 32 [3],

вырабатываемой на ткацких станках АТПР-100 при частоте главного вала $n=360$ об/мин. Результаты эксперимента приведены в табл.2 (сравнительные результаты шлихтования пряжи с экстрактом серицина).

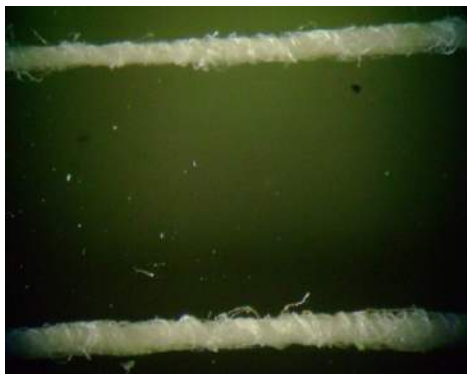
Из табл. 2 видно, что обрывность нитей основы при шлихтовании с предлагаемой шлихтой остается на том же уровне, а положительный эффект достигается за счет отсутствия необходимости проведения такого трудоемкого процесса, как расшлихтовка суровых тканей перед крашением

Т а б л и ц а 2

| Параметры шлихтования | Значение параметров при | | | |
|-----------------------------|-------------------------|---------------------|---------|--------------|
| | существующем | | | предлагаемом |
| Клеящий материал | кукурузный крахмал | технический желатин | ПВС | сирицин |
| Температура шлихты, °С | 90 | 80-85 | 75-80 | 80 |
| Вязкость, С | 1,5...1,6 | 1,4-1,5 | 5,2-5,4 | 1,4-1,5 |
| Влажность основы, % | 6-7 | 6-7 | 8-10 | 8-10 |
| Истинный приклей, % | 7-8 | 7-8 | 5-6 | 6-7 |
| Скорость шлихтования, м/мин | 40 | 40 | 45 | 45 |
| Обрывность, обр/м | 0,44 | 0,38 | 0,30 | 0,28 |
| КПВ | 0,78 | 0,79 | 0,80 | 0,81 |
| Производительность, кг/ч | 50,42 | 45,32 | 54,13 | 55,21 |

Это объясняется тем, что белковые молекулы серицина впитываются гидроксильными группами целлюлозы, придавая нитям упругость. Практическим подтверждением возможности проведения крашения и дальнейшей эксплуатации ткани без расшлихтовки является технология производства тканей из натурального шелка, где подобная операция отсутствует. Также нет необходимости добавления в шлихту расщепителей, антисептиков, антистатиков и т.п., так как экстракт серицина содержит все необходимые вещества, обеспечивающие требования, предъявляемые к готовой шлихте.

Результаты микроскопических исследований ошлихтованных нитей с различными рецептами шлихты показали, что при шлихтовании экстрактом серицина образуется более равномерная пленка на поверхности нитей. Благодаря этому наблюдается незначительное повышение прочности пряжи (5...7%), а повышение удлинения пряжи находится в пределах допустимой ошибки (2...3%). На рис.1 приведены образцы хлопчатобумажных нитей линейной плотности 11 текс, ошлихтованных экстрактом серицина (увеличение в 28 раз); а) – не ошлихтованная, б) – ошлихтованная.



а)



б)

Рис. 1

Экономический эффект от внедрения данного предложения за счет снижения материальных затрат для приготовления 1000 литров шлихты составляет: на клеящий материал 143,2 у.е. и других компонентов шлихты на 105,6 у.е. Дополнительно из-за отсутствия расшлихтовки 0,23 у.е. на 1 м² ткани.

ВЫВОДЫ

1. Сравнительные испытания предлагаемого рецепта шлихты на основе серицина и традиционных шлихтоматериалов показали, что новая шлихта позволяет проводить ткачество без ухудшения основных технико-экономических показателей.

2. Экономический эффект, достигаемый вследствие исключения операции

расшлихтовки, при использовании в качестве шлихты экстракта серицина составляет 0,23 у.е. на 1 м² готовой ткани.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гордеев В.А., Волков П.В., Блинов И.П., Святенко М.В. Хлопчаткачество. – М.: Легкая индустрия, 1980.

2. Розанов Ф.М., Власов П.В., Павлова М.И., Селиванов Г.И., Сурнина Н.Ф. Технология ткачества (приготовление основы и утка к ткачеству). – Часть 1. – М.: Легкая индустрия, 1966.

3. Ишиматов А.Б. Рудовский П.Н. Влияние количества остаточного серицина на качество шелка-сырца // Изв. вузов, Технология текстильной промышленности. – 2012, №2.

Рекомендована кафедрой теоретической механики и сопротивления материалов. Поступила 21.06.12.

УДК 677.026

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ НАПОЛНЕННЫХ БЕНТОНИТОМ
ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫХ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**DEVELOPMENT OF THE TECHNOLOGY OF FILLING
WATERPROOF NONWOVEN MATERIALS BY BENTONITE**

С.С. УРУСОВА, И.Н.ХОДАКОВА, В.М. ГОРЧАКОВА
S.S. URUSOVA, I.N. HODAKOVA, V.M. GORCHAKOVA

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина)
(Moscow State Textile University "A.N. Kosygin")
E-mail: office@msta.ac.ru

В работе установлены оптимальные параметры пропитки полученного иглопробивного нетканого материала суспензией бентонита, при которых достигается равномерное распределение наполнителя по толщине нетканого материала. Исследовано влияние волокнистого состава, структуры холста и содержание наполнителя на эксплуатационные свойства гидроизоляционных нетканых материалов (ГНМ).

The optimal parameters of impregnation of the received needle-punched fabric by bentonite suspension, when uniform distribution of a filler along nonwoven material thickness are obtained, have been established in the paper. Influence of fibrous structure, canvas structure and filler content on operational properties of waterproof nonwoven materials (WNM) has been researched.

Ключевые слова: гидроизоляционные нетканые материалы, бентонит, оптимальные параметры пропитки.

Keywords: waterproof nonwoven materials, bentonite, optimal impregnation parameters.

Гидроизоляционные нетканые материалы (ГНМ) нашли широкое применение за рубежом в качестве заменителей футеровки из уплотненной глины, геомембран или в качестве элемента композитных материалов, улучшающего свойства традиционных облицовочных материалов, при

строительстве каналов и искусственных водоемов, для покрытия, изоляции засоренной и зараженной почвы, для изоляции дамб, каналов, водостоков.

В России в настоящее время при строительстве полигонов депонирования осадков и хранения отходов используются им-

портные геотекстильные гидроизоляционные нетканые материалы фирм «Полифелт», «Сетка», а также отечественные, такие как Изобент и др. Основным гидроизолирующим элементом в этих материалах является бентонитовая глина, которая при гидратации благодаря значительному увеличению объема (в 14...16 раз) образует непроницаемый для воды гель.

В основе технологии указанных ГНМ лежит закрепление слоя бентонитового порошка ($4...6 \text{ кг/м}^2$) внутри полотна иглопробивным способом. Данная структура характеризуется неравномерным распределением порошкового наполнителя по площади полотна за счет низкого сопротивления внутренним сдвигам и высокой высыпаемости на срезах. Высокая цена этих материалов в совокупности с существенными транспортными затратами ограничивает масштабы их использования в нашей стране. Актуальной является разработка новых структур отечественных гидроизоляционных нетканых материалов, позволяющих снизить содержание наполнителя и его равномерного распределения в полотне [1...3].

Целью исследования является разработка новой структуры и технологии ГНМ. Исходя из поставленной цели в работе решены следующие задачи: обоснование выбора сырья, оборудования и технологиче-

ских параметров производства нетканых материалов, наполненных бентонитом, разработка рецептуры дисперсного связующего, разработка технологии наполнения волокнистой структуры,

Для оценки степени закрепления порошкового слоя в ГНМ использовалась методика, описанная в [2].

Основная проблема при разработке технологии наполненных ГНМ связана с введением, равномерным распределением и закреплением наполнителя в полотне.

Нами разработана комбинированная технология ГНМ. В качестве волокнистой основы использовали иглопробивной нетканый материал из полиэфирных волокон и смеси полиэфирного и полипропиленового полотна, где полипропиленовое волокно выступает в качестве легкоплавкого связующего. Условия иглопрокалывания: поверхностная плотность – 150 г/м^2 , плотность прокалывания – 100 см^2 , глубина прокалывания – 7 мм. Полученный иглопробивной нетканый материал пропитывали суспензией бентонита (5...10% масс.), которую готовили на основе 1%-ного раствора КМЦ. После сушки нетканый материал, содержащий наполнитель, подвергли оплавлению с двух сторон на каландре при температуре, близкой к температуре текучести волокна. Схема структуры ГНМ представлена на рис. 1.

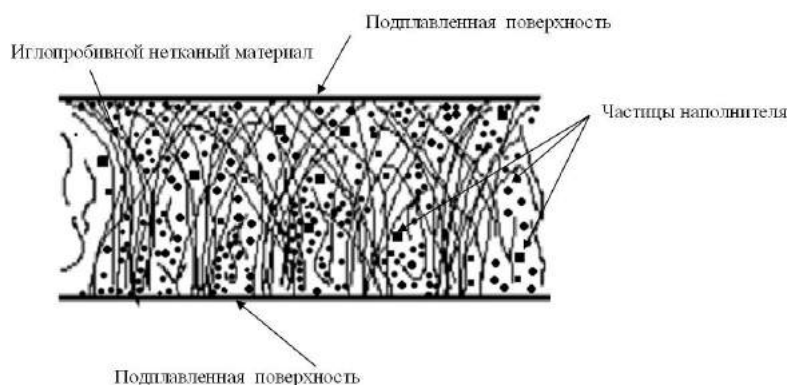


Рис. 1

Для обеспечения агрегативной устойчивости наполненной композиции и равномерности распределения наполнителя по

объему проведен поиск эффективных путей стабилизации суспензии.

Изучена кинетика седиментации суспензии бентонита в КМЦ двух марок (отличающихся дисперсностью и насыпной плотностью). Суспензию бентонита получали на мешалке в течение 10 мин со скоростью вращения 2000 об/мин.

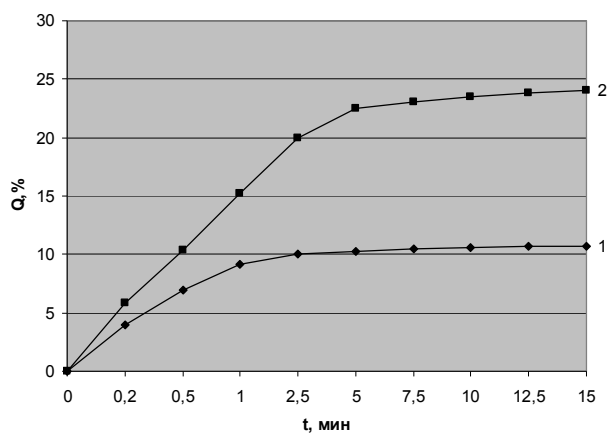


Рис. 2

На рис. 2 представлены кинетические кривые седиментации суспензии в 1%-ном растворе КМЦ: кривая 1 – бентонит марки 1; кривая 2 – бентонит марки 2. Из рисунка видно, что у суспензии бентонита марки 1 за первые 2 минуты оседает около 10% частиц, а у марки 2 оседает от 20...25% частиц. Это связано с большей дисперсностью бентонита марки 1. Затем в течение длительного времени концентрация наполнителя не изменяется для обеих марок. С целью улучшения технологических свойств суспензии бентонита принято решение использовать ее для пропитки через 24 часа после приготовления.

Проведены исследования по определению содержания порошкового наполнителя в структуре полученных образцов ГНМ в зависимости от его концентрации, вида волокон и их смеси. Свойства полученных ГНМ приведены в табл. 1.

Таблица 1

| № п/п | Состав | Вид порошка | Содержание бентонита в суспензии, % масс. | Содержание бентонита в ГНМ, % масс. | Потери бентонита из ГНМ | | Водопоглощение, % масс. |
|-------|---------|-------------|---|-------------------------------------|-----------------------------|----------------------------|-------------------------|
| | | | | | в мокром состоянии, % масс. | в сухом состоянии, % масс. | |
| 1 | 100%ПЭФ | Бентонит №1 | 5 | 64,72 | 4,10 | 1,06 | 176,11 |
| 2 | 100%ПЭФ | Бентонит №2 | 10 | 88,76 | 3,65 | 2,53 | 444,01 |
| 3 | ПП:ПЭФ | Бентонит №1 | 10 | 112,84 | 6,14 | 3,55 | 437,97 |
| 4 | ПП:ПЭФ | Бентонит №2 | 15 | 171,38 | 5,82 | 0,91 | 246,38 |
| 5 | 100%ПЭФ | Бентонит №2 | 15 | 157,26 | 16,65 | 1,46 | 272,62 |
| 6 | 100%ПЭФ | Бентонит №2 | 5 | 51,99 | 7,41 | 1,02 | 211,61 |
| 7 | ПП:ПЭФ | Бентонит №1 | 5 | 61,88 | 5,45 | 0,78 | 322,37 |
| 8 | ПП:ПЭФ | Бентонит №1 | 15 | 114,97 | 7,76 | 1,20 | 316,68 |
| 9 | 100%ПЭФ | Бентонит №1 | 10 | 130,65 | 3,16 | 1,00 | 254,53 |
| 10 | 100%ПЭФ | Бентонит №1 | 15 | 175,12 | 2,80 | 0,63 | 554,51 |
| 11 | ПП:ПЭФ | Бентонит №2 | 5 | 56,59 | 4,35 | 3,27 | 347,42 |
| 12 | ПП:ПЭФ | Бентонит №2 | 10 | 99,78 | 2,49 | 3,20 | 269,45 |

Анализ результатов табл. 1 показал, что минимальные потери порошкового наполнителя в мокром состоянии (не более 4%) у образцов 10, 12, в сухом состоянии (не более 1%) у образцов 10, 7, 9, 4. Максимальное набухание достигается у образца 10.

Максимальное содержание наполнителя в разрабатываемом ГНМ составило 250 г/м², а общая поверхностная плотность полотна 400 г/м², что в 10...15 раз меньше существующих аналогов. Вместе с тем, его

водопроницаемость соизмерима с существующими полотнами.

На основании экспериментальных данных можно сделать вывод, что оптимальными условиями получения ГНМ являются: использование холстов из полиэфирного волокна, с поверхностной плотностью – 150 г/м², скрепленных иглопробивным способом с плотностью прокалывания 100 см⁻², глубиной прокалывания – 7 мм; наполнитель 15%, суспензия бентонита

марки 1, температура оплавления поверхности холста 200°C. Содержание наполнителя при этих параметрах – 175,12%, потеря наполнителя из образцов в мокром состоянии – 2,80% масс., потеря наполнителя из образцов в сухом состоянии – 0,63% масс., водопоглощение – 554,51% масс.

ВЫВОДЫ

1. Разработана комбинированная технология гидроизоляционных нетканых материалов, наполненных бентонитом.

2. Изучены способы введения и закрепления наполнителя. Установлены оптимальные параметры пропитки нетканого материала суспензией бентонита в КМЦ, при которых достигается равномерное

распределение наполнителя по толщине нетканого материала.

3. Установлено, что минимальная водопроницаемость ГНМ наблюдается у образца, имеющего высокую степень набухания и максимальное содержание наполнителя в образце (15% масс.).

ЛИТЕРАТУРА

1. Бершев Е.Н., Горчакова В.М., Курицына В.В., Овчинникова С.А. Физико-химические и комбинированные способы производства нетканых материалов. – М.: Легпромбытиздат, 1993.

2. Зимон А.Д. Адгезия пыли и порошков. – М.: Изд-во: Химия, 1976.

3. Липатов Ю.С. Физическая химия наполненных полимеров. – М.: Изд-во: Химия, 1977.

Рекомендована кафедрой технологии нетканых материалов. Поступила 08.06.12.

УДК 677.66

**РАЗРАБОТКА СТРУКТУР И СПОСОБОВ ПОЛУЧЕНИЯ
ДВУХСЛОЙНОГО ТРИКОТАЖА
НА ПЛОСКОФАНГОВОЙ МАШИНЕ КН-323D**

**DEVELOPMENT OF STRUCTURES AND METHODS OF PRODUCTION
DOUBLE LAYER KNITTED FABRIC
ON FLAT POLKA RIB MACHINE КН-323D**

С.Б. БАЙЖАНОВА, Б.А. САДЫКОВА, А.А. БАТИРКУЛОВА
S.B. BAYZHANOVA, B.A. SADYKOVA, A.A. BATIRKULOVA

(Южно-Казахстанский государственный университет им.М.О. Ауезова)
(South Kazakhstan State University named after M.O. Auezov)
E-mail: tilipp@mail.ru; banusad@mail.ru; sonn90@mail.ru

В работе приводятся пути уменьшения расхода сырья путем введения в структуру трикотажа элементов двухслойного переплетения.

The article presents the ways of decreasing of raw materials charge by including elements of double layer elements into the structure of a knitted material.

Ключевые слова: петлеобразование, раппорт, материалоемкость, формоустойчивость, объемная плотность.

Keywords: looping, rapport, material capacity, stability of shape, volume density.

Использование в одном полотне различных одинарных переплетений позволяет устранить отрицательные и сохранить положительные свойства трикотажа этих переплетений [1].

В двухслойном трикотаже соединение слоев может быть выполнено основными или дополнительными нитями. При достаточно высоком поверхностном заполнении изнаночную сторону можно вырабатывать из пряжи низкого качества с целью сокращения расхода дорогостоящего сырья. В настоящей работе предлагаются структура и способы получения двух-

слойного трикотажа с прессовым соединением основными нитями [2...5].

Общим для всех структур трикотажа с прессовым соединением нитей является наличие набросков, образованных из нитей одного из слоев. Эти наброски лежат на протяжках противоположного ряда петель. Структуры могут отличаться переплетениями слоев, количеством и расположением соединительных элементов, соотношением параметров слоев.

Образцы двухслойного трикотажа были выработаны на плоскофанговой машине типа КН-323D. В качестве сырья была ис-

пользована хлопчатобумажная пряжа с линейной плотностью 20 текс×4. Раппорт первого варианта двухслойного трикотажа состоит из двух петельных рядов (рис. 1-а).

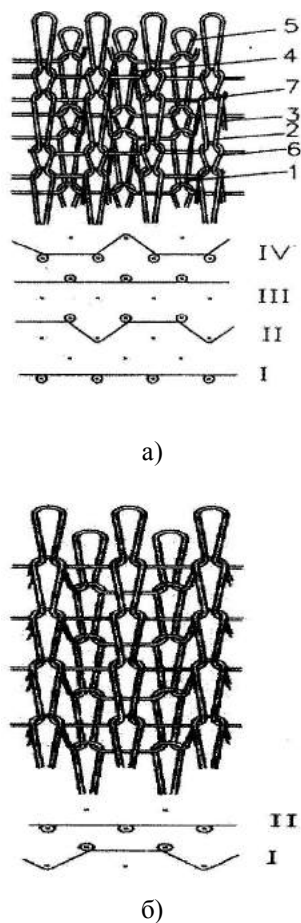


Рис. 1

Для получения первого ряда двухслойного трикотажа четные иглы передней игольницы в работе не участвовали. Это достигнуто опусканием иглы вниз, то есть выведением из зоны вязания и образованием прессовых набросков нечетными иглами. Иглы задней игольницы провязывали замкнутые петли.

Во втором ряду иглы передней игольницы провязывают ряд глади, для этого выключенные иглы в первом ряду автоматически вводятся в зону вязания. В этом ряду иглы задней игольницы в работе не участвуют, это достигается за счет выключения заключающих клиньев 2,3 задней игольницы.

Структура и графическая запись первого варианта двухслойного трикотажа представлены на рис. 1-а. Трикотаж состоит из

удлиненных изнаночных 1, лицевых петель 2, набросков 3 и протяжек 4. Структура и графическая запись второго варианта двухслойного трикотажа показаны на рис. 1-б.

Раппорт переплетения состоит из четырех петельных рядов.

В первом ряду иглы передней игольницы образуют ряд глади, а иглы задней игольницы выключены. Во втором ряду четные иглы с высокой пяткой передней игольницы, образуют прессовые наброски, нечетные иглы с низкой пяткой выключены. Для этого в петлеобразующей системе передней игольницы заключающий клин 2 выключен полностью, а заключающий клин 3 включен на половину. Иглы задней игольницы в этом ряду образуют замкнутые петли. В третьем ряду иглы задней игольницы провязывают ряд глади, а иглы передней игольницы в работе не участвуют.

В четвертом ряду так же, как во втором, каждая вторая игла задней игольницы образует прессовые наброски, остальные иглы задней игольницы выключены. Для этого в петлеобразующей системе задней игольницы заключающий клин 2 выключен полностью, а клин 3 включен наполовину. В этом ряду иглы с высокой пяткой передней игольницы также образуют прессовые наброски, а иглы с низкой пяткой в работе не участвуют.

Трикотаж состоит из удлиненных изнаночных 1, лицевых петель 2, набросков 3, протяжек 4 и изнаночных 5, лицевых петель 6 нормальной величины.

Все варианты двухслойного трикотажа были выработаны в одинаковых условиях, то есть натяжение, глубина кулирования нити и сила оттяжки трикотажа были одинаковыми.

Объемная плотность двух вариантов двухслойного трикотажа меньше, чем базовое переплетение ластик 1+1. За счет изменения структуры двухслойного трикотажа объемная плотность меняется от 282,8 до 336,4 мг/см³.

Если объемная плотность первого (I) варианта двухслойного трикотажа при поверхностной плотности $M_s = 575,2 \text{ г/м}^2$ и

толщине $T = 1,71$ мм равна $336,4$ мг/см³, то объемная плотность ластичного трикотажа (вариант 0) при поверхностной плотности $M_s = 521,2$ г/м² и толщине $T = 1,48$ мм равна $352,2$ мг/см³, а абсолютное объемное облегчение, по сравнению с базовым, составляет:

$$\Delta\delta = \delta_6 - \delta = 352,2 - 336,4 = 15,8 \text{ мг/см}^3,$$

где $\Delta\delta$ – абсолютная объемная облегченность; δ_6 – объемная плотность базового полотна мг/см³; δ – объемная плотность опытного полотна мг/см³.

Относительное облегчение составляет:

$$\theta = \left(1 - \frac{\delta}{\delta_6}\right) \cdot 100 = \left(1 - \frac{336,4}{352,2}\right) \cdot 100 = 5\%.$$

Объемная плотность второго (II) варианта двухслойного трикотажа при поверхностной плотности $M_s = 517,6$ г/м² и тол-

щине $T=1,83$ мм равна $282,8$ мг/см³, абсолютное объемное облегчение, по сравнению с базовым, составляет:

$$\Delta\delta = \delta_6 - \delta = 352,2 - 282,8 = 69,3 \text{ мг/см}^3.$$

Относительное облегчение составляет:

$$\theta = \left(1 - \frac{\delta}{\delta_6}\right) \cdot 100 = \left(1 - \frac{282,8}{352,2}\right) \cdot 100 = 20\%.$$

Анализируя полученные результаты, следует сделать вывод, что II вариант двухслойного трикотажа можно рекомендовать как структуру переплетения с наименьшим расходом сырья по сравнению с вариантом I.

В табл. 1 представлены определенные технологические параметры двухслойного трикотажа из хлопчатобумажной пряжи линейной плотностью 20×4 текс и результаты измерений.

Т а б л и ц а 1

| Показатели | Петельный шаг А, мм | Высота петельного ряда В, мм | Плотность по горизонтали Р _г | Плотность по вертикали Р _в | Первый ряд раппорта L ₁ (мм) | Второй ряд раппорта L ₂ (мм) | Третий ряд раппорта L ₃ (мм) | Четвертый ряд раппорта L ₄ (мм) | Поверхностная плотность трикотажа M _s , г/м ² | Толщина Т, мм | Объемная плотность δ, мг/см ³ | Абсолютное объемное облегчение Δδ, мг/см ³ | Относительное облегчение θ, % |
|------------|---------------------|------------------------------|---|---------------------------------------|---|---|---|--|---|---------------|--|---|-------------------------------|
| Варианты | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 0 | 1,54 | 0,9 | 32 | 55 | 4,7 | 4,7 | - | - | 521,2 | 1,48 | 352,2 | - | - |
| I | 1,67 | 1,0 | 30 | 50 | 5,3 | 4,6 | - | - | 575,2 | 1,71 | 336,4 | 15,8 | 5 |
| II | 2 | 0,9 | 25 | 55 | 6,1 | 4,5 | 5,9 | 4,74 | 517,6 | 1,83 | 282,8 | 69,3 | 20 |

Следует также отметить, что рекомендованные варианты образцов двухслойных трикотажных полотен имеют улучшенные показатели технологических параметров за счет введения в структуру трикотажа таких дополнительных элементов, как удлиненная петля, удлиненная протяжка, прессовый набросок с различными индексами. За счет этого достигнуто уменьшение объемной

плотности и расхода сырья, увеличение толщины и вследствие этого улучшение формоустойчивых, теплозащитных, а также потребительских свойств трикотажа.

В Ы В О Д Ы

1. Установлено, что использованием структуры двухслойного трикотажа при

выработке трикотажных изделий можно достичь уменьшения расхода сырья.

2. Структура двухслойного трикотажа позволяет использовать различные виды сырья для одной и другой сторон трикотажа.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. *Поспелов Е.П.* Двухслойный трикотаж. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982.

2. *Торкунова З.А.* Испытание трикотажа. – М.: Легпромбытиздат, 1985.

3. *Шалов И.Н., Далидович А.С., Кудрявин Л.А.* Технология трикотажного производства. – М.: Легпромбытиздат, 1984.

4. *Шалов И.Н., Кудрявин Л.А.* Основы технологии трикотажного производства. – М.: Легпромбытиздат, 1970.

5. *Кукин Г.Н., Соловьев А.Н., Кобляков А.И.* Текстильное материаловедение. – М.: Легпромбытиздат, 1992.

Рекомендована кафедрой технологии и проектирования текстильных материалов. Поступила 29.06.12.

УДК 687.016.5:004.9

**РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОГО АППАРАТА
ДЛЯ КОНСТРУКТИВНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ
В СООТВЕТСТВИИ С ЖЕЛАЕМОЙ ФОРМОЙ ВТАЧНЫХ РУКАВОВ**

**DEVELOPMENT OF THE MATHEMATICAL TOOL
FOR PATTERN BLOCK SHAPING IN ACCORDANCE
WITH REAL SLEEVE-IN SHAPES**

Н.М. КОЧАНОВА, В.Е. КУЗЬМИЧЕВ, Д. АДЛЬФ
N.M. KOCHANOVA, V.E. KUZMICHEV, D. ADOLF

(Ивановская государственная текстильная академия,
Университет Верхнего Эльзаса, Мюлуз, Франция)
(Ivanovo State Textile Academy; Upper Alsace University, France)
E-mail: kshi@igta.ru

Разработан математический аппарат для целенаправленного конструктивного моделирования чертежей втачных одношовных рукавов и получения систем рука – рукав с заданными показателями объемно-силуэтной формы из разных материалов. Получены уравнения для вычисления значений проекционных зазоров в системе рука – рукав.

A mathematical tool for pattern block shaping of single-joint set-in sleeves and making the system “arm-sleeve” with the established indexes of outline shape from different materials has been developed. The equations for calculating projection air gaps in the system “arm-sleeve” have been established.

Ключевые слова: втачной рукав, объемно-силуэтная форма, оцифровывание, параметризация, функциональные взаимосвязи.

Keywords: a set-in sleeve, shaping, digitalization, parameterization, functional relations.

Ранее нами была установлена тесная связь между количественными значениями приемов конструктивного моделирования втачных рукавов и показателями, с помощью которых были охарактеризованы вертикальные контуры рукавов в системе рука – рукав [1]. После математического под-

тверждения наличия устойчивых связей логично разработать формальный механизм целенаправленного изменения конфигурации контуров рукавов под влиянием количественных изменений чертежей базовой конструкции (ЧБК) рукавов.

Целью исследования явилась разработка математического аппарата для прогнозирования показателей объемно-силуэтной формы системы рука – рукав. Были использованы массивы информации, полученные ранее [1], для обработки которых был применен метод регрессионного анализа.

Были использованы два текстильных материала для изготовления рукавов, обладающих разной способностью повторять форму руки: условно-мягкий (арт. 286(2)) и условно-жесткий (арт. 1589юги) со следующими характеристиками:

| Показатель (НТД) | Значение показателя для условно-мягкого материала арт. 286(2) | Значение показателя для условно-жесткого материала арт. 1589юги |
|--|---|---|
| Жесткость, мкН·см ² (ГОСТ 10550–93) | по основе 1291,8 по утку 1291,8 | по основе 12278,4 по утку 11422,6 |
| Коэффициент драпируемости, % [2] | 48 | 32,7 |
| Поверхностная плотность, г/м ² (ГОСТ 3811–72) | 195,9 | 230 |

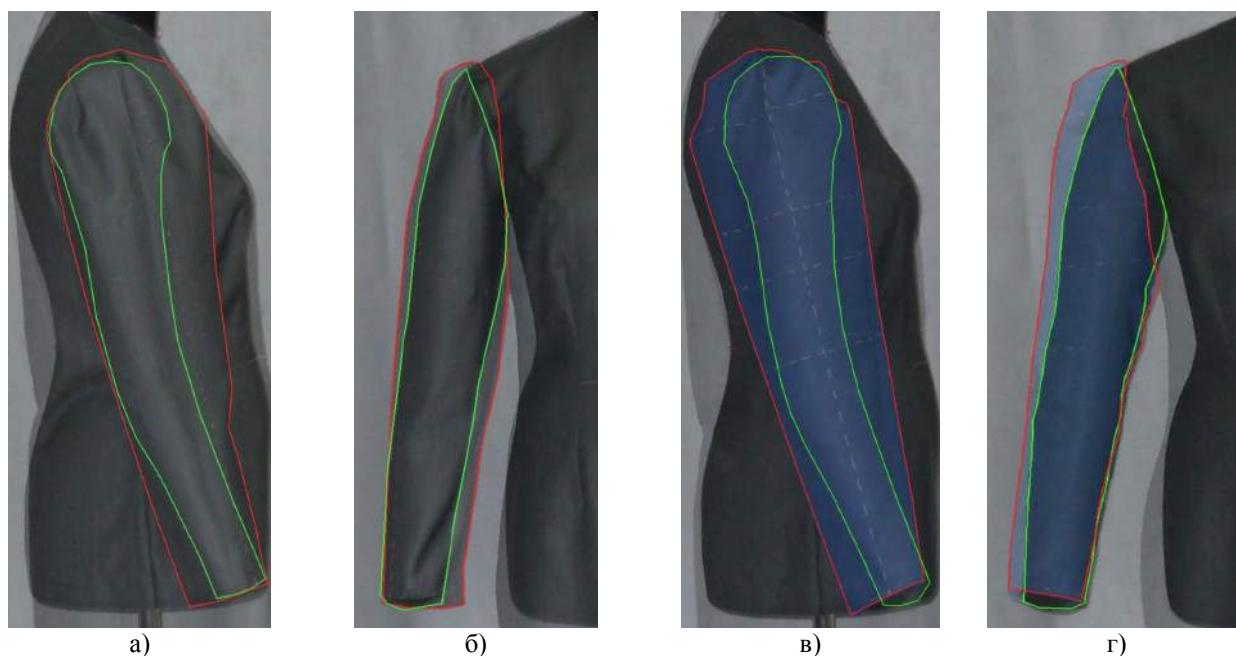


Рис. 1

На рис.1 (контуры элементов системы "рука-рукав" при использовании разных текстильных материалов: условно-мягкого арт. 286(2) (а, б), условно-жесткого арт. 1589юги (в, г)) показаны контуры руки и рукавов из разных материалов, отстоящие друг от друга на разные величины проекционных (воздушных) зазоров (женская типовая фигура 170-92-100). Рис. 1 демонстрирует очень сильное влияние вида материала на его способность принимать форму около шва проймы. Из рис.1-а видно, что весь излишний объем рукава в

верхней части из условно-мягкой ткани арт. 286(2) сосредоточен преимущественно со стороны полочки. По иному происходит формообразование рукава из условно-жесткой ткани арт. 1589юги (рис.1-в): излишний объем смещается в сторону заднего контура.

Для рукавов из условно-мягкого материала преобладающее значение на распределение формы оказывает нижний шов и разворот проймы в сторону полочки. Это подтверждают большие значения зазоров по переднему и нижнему контурам по

сравнению с соответствующими зазорами для другого материала.

Для рукавов из условно-жесткого материала на распределение формы большое влияние оказывают складки, заложенные по окату рукава: чем их больше, тем выше значения зазоров по заднему и верхнему контурам.

Такое различное поведение рукавов из разных материалов вызывает необходимость в дальнейшем провести параметризацию или отдельно по видам материалов или с использованием комплексного показателя свойств, который будет ответстве-

нен за особенности формообразования [3...5]. В этой работе пока исследовано влияние конкретных материалов.

На основании ранее проведенного корреляционного анализа были выбраны наиболее устойчивые связи между параметрами чертежей и готового рукава.

В качестве входных факторов выбраны значения расстояний между аналогичными точками ЧБК и ЧМК, измеренными вдоль лучей, проведенных из единого центра, а выходных – значения воздушных зазоров. Схема их измерения была обоснована ранее [1].

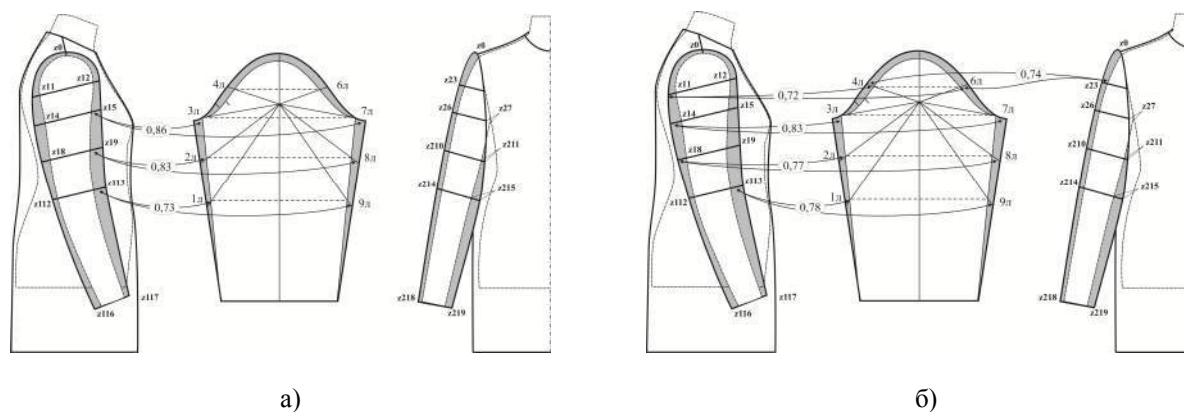


Рис. 2

На рис. 2 (структурная схема влияния участков модификации чертежа на изменение формы рукава (с указанием коэффициента парной корреляции) для разных текстильных материалов: условно-мягкого арт. 286(2) (а), условно-жесткого арт. 1589юги (б)) показана логическая схема согласования между величинами модификации ЧБК и воздушными зазорами, проверенная с помощью корреляционного анализа.

Из анализа корреляционных связей видно, что формообразование рукавов из разных материалов происходит по-разному. Для ткани арт. 286(2) весь излишний объем рукава в верхней части сосредоточен преимущественно со стороны полочки. Воздушные зазоры между передней поверхностью рукава и руки на уровнях глубины оката, обхвата бицепса и локтя, в этом случае, находятся в тесной взаимосвязи с соответствующими конструктивными параметрами ЧМК рукава.

Это объясняется конфигурацией и разворотом проймы стана в сторону полочки. Воздушные зазоры между задней, верхней и нижней поверхностями рукава и руки, а также в вершине оката изменяются случайным образом и не коррелируют с соответствующими конструктивными параметрами.

Для ткани арт. 1589юги упругие силы, возникающие в деталях стана и рукава, смещают излишний объем в сторону заднего контура рукава. Воздушные зазоры между задней поверхностью рукава и руки на уровнях середины оката, глубины оката, обхвата бицепса и локтя находятся в тесной взаимосвязи с соответствующими конструктивными параметрами ЧМК рукава. Воздушные зазоры между передней, верхней и нижней поверхностями рукава и руки, а также в вершине оката изменяются случайным образом и не коррелируют с соответствующими конструктивными параметрами.

Уравнения для вычисления значений проекционных (воздушных) зазоров на уровнях середины оката, глубины оката,

обхвата бицепса и локтя для исследованных материалов имеют вид:

Т а б л и ц а 1

| Материал | Уравнения для расчета (с указанием значения коэффициента парной корреляции) | | | |
|--------------|---|---|---|--|
| | уровень середины оката | уровень глубины оката | уровень обхвата бицепса | уровень локтя |
| Арт. 286(2) | - | $z15 = 0,47 \cdot 3л \text{ (или 7л)} + 1,7 \text{ (} r = 0,86 \text{)}$ | $z19 = 0,55 \cdot 2л \text{ (или 8л)} + 2,05 \text{ (} r = 0,83 \text{)}$ | $z113 = 0,58 \cdot 1л \text{ (или 9л)} + 1,76 \text{ (} r = 0,73 \text{)}$ |
| Арт. 1589юги | $z11 = 0,4 \cdot 4л \text{ (или 6л)} + 0,12 \text{ (} r = 0,72 \text{)}$ | $z14 = 0,38 \cdot 3л \text{ (или 7л)} + 0,79 \text{ (} r = 0,83 \text{)}$ | $z18 = 0,39 \cdot 2л \text{ (или 8л)} + 0,62 \text{ (} r = 0,77 \text{)}$ | $z113 = 0,52 \cdot 1л \text{ (или 9л)} + 1,46 \text{ (} r = 0,78 \text{)}$ |

П р и м е ч а н и е. Схемы измерений параметров чертежа 1л...9л и оцифрованной системы рука – рукав показаны на рис. 2.

Значения коэффициентов парной корреляции составили 0,72...0,86. Проверка уравнений с помощью математических статистик показала их адекватность реальному процессу формообразования с доверительной вероятностью 95% [6].

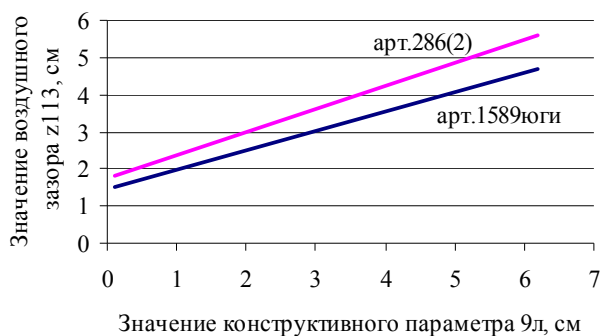


Рис. 3

В качестве примера на рис. 3 показан график изменения значений проекционно-го (воздушного) зазора $z113$ на уровне локтя для разных текстильных материалов (условно-мягкого арт. 286(2) и условно-жесткого арт. 1589юги). Из графика видно, что с увеличением значения конструктивного параметра 9л увеличивается и значение воздушного зазора. При этом значение воздушного зазора между контурами руки и рукава из ткани арт. 286(2) больше, чем из ткани арт. 1589юги.

Проверка полученных уравнений была проведена на случайно отобранном контрольном ЧМК следующим образом. ЧМК рукава (рис.4-а) параметризовали по новой схеме [1], измерив значения расстояний между аналогичными точками ЧБК и ЧМК вдоль лучей, проведенных из единого центра:

| Условное обозначение параметра ЧМК рукава | 4л и 6л | 3л и 7л | 2л и 8л | 1л и 9л |
|---|---------|---------|---------|---------|
| Значение, см | 2 | 0,55 | 0,1 | 0,1 |

На рис. 4 представлен внешний вид контрольного ЧМК рукава (а), фактиче-

ский и теоретический контуры контрольного рукава (б).

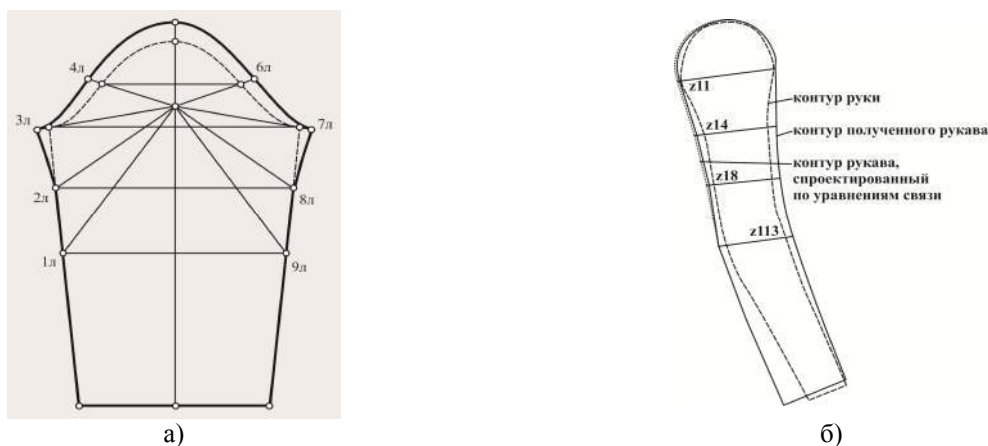


Рис. 4

Для изготовления рукава использовали ткань, близкую по своим характеристикам к условно-жесткой. Подготовленный рукав втачали в пройму, сфотографировали, получили оцифрованные контуры элементов системы рука – рукав. Пересчитали значения полученных воздушных зазоров и сравнили их со значениями проекционных зазоров, рассчитанными по предложенным уравнениям связи. На рис.4-б показаны фактический и теоретический контуры проектируемого рукава.

Разности расчетных и фактических значений проекционных зазоров системы рука – рукав не превышают 10%.

Таким образом, разработанный математический аппарат позволяет целенаправленно моделировать форму рукава с помощью показателей ЧМК.

ВЫВОДЫ

1. Разработан математический аппарат для целенаправленного конструктивного моделирования чертежей втачных одношовных рукавов и получения систем рука – рукав с заданными показателями объемно-силуэтной формы из разных материалов.

2. Выполнена проверка полученных уравнений для вычисления значений проекционных зазоров в системе рука – рукав.

1. Кочанова Н.М., Кузьмичев В.Е., Адольф Д. Обоснование схемы параметризации чертежей модельных конструкций втачных рукавов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, №3. С.82...87.

2. Бузов Б.А., Алыменкова Н.Д., Петропавловский Д.Г. и др. Лабораторный практикум по материаловедению швейного производства. – М.: Легпромбытиздат, 1991. – С. 181...183.

3. Гетманцева В.В., Гончарова А.С., Никитина Н.В., Андреева Е.Г. Влияние показателей физико-механических свойств тканей на пространственную форму плечевого изделия // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, №6. С.88...94.

4. Зверева Ю.С., Ахмедулова Н.И., Кузьмичев В.Е., Костин А.Н., Сеницина М.В. Моделирование процесса формообразования брюк разных объемно-пространственных форм // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, №3. С.83...88.

5. Ло Ю., Кузьмичев В.Е. Исследование закономерностей согласования линий проймы и оката втачных рукавов в женской одежде // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2009, №5. С.65...69.

6. Большев Л.Н., Смирнов Н.В. Таблицы математической статистики. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1983.

Рекомендована кафедрой конструирования швейных изделий. Поступила 13.06.12.

УДК 677.027.511

РУССКИЕ ФОЛЬКЛОРНЫЕ ТРАДИЦИИ В ДИЗАЙНЕ ТЕКСТИЛЬНЫХ ИНТЕРЬЕРНЫХ ПРИНАДЛЕЖНОСТЕЙ

RUSSIAN FOLK TRADITIONS IN DESIGNING INTERIOR TEXTILE PRODUCTS

О.А. КОНОВАЛОВА, Н.П. БЕСЧАСТНОВ
O.A. KONOVALOVA, N.P. BESCHASTNOV

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина)
(Moscow State Textile University "A.N. Kosygin")
E-mail: helgakonovalova@gmail.com

Русское крестьянское текстильное творчество является богатым историческим источником, который заслуживает постоянного изучения с целью понимания его богатейшего культурного наследия и использования

его потенциала в современном дизайне и отечественном производстве интерьерного текстиля.

Russian peasant textile work is the rich historical source that deserves constant studying aiming to understand its richest cultural heritage and using its potential in modern design and domestic industry of interior textile.

Ключевые слова: крестьянский бельевой комплекс, текстильное убранство избы, постельные принадлежности, тема фольклора.

Keywords: peasant bed linen complex, textile decoration of a peasant's house, bedding, folk theme, textile tradition.

Народное крестьянское бытовое искусство, в частности текстильное убранство, представляет собой наиболее интересные страницы русского искусства в целом. Своеобразная художественная культура ярко отражена в быту русского крестьянства, и текстиль занимает в нем заметное и важное место.

Крестьянская изба представляла собой строгий, замкнутый и маломеняющийся на протяжении многих веков организм. Каждый предмет или изделие в нем были не случайны и имели свое место и назначение как чисто функциональное, так и символическое. Несомненно, круг вещей был обусловлен основными потребностями климата, пола, хозяйства, ремесла, труда. При этом несложный жизненный уклад был настолько обогащен искусством, что каждая вещь заслуживает изучения как объект художественного творчества. Это и вышитые полотенца, и украшенные полавочки, кружевные подзоры и наволочки, тканые коврики и покрывала, набивные занавеси и многое другое [1...4].

Следует перечислить многообразие постельных текстильных принадлежностей русского крестьянина в период второй половины 19 – первой трети 20 веков.

Кровати стали появляться в традиционном народном жилище лишь во второй половине 19 века. В богатых домах их ставили, как правило, в сенях или горнице – парадной части крестьянского дома. Металлические кровати появились в народном быту в 30-е годы 20 века и являлись предметом гордости их владельцев. Убранству кроватей придавалось большое

значение. Над деревянными кроватями, стоявшими в сенях, клетях, обычно навешивался полог, предохранявший спящих от комаров, мух. Изготавливался полог из нескольких полотнищ разреженной домотканины (для проникновения воздуха) или из легкой ткани фабричного производства. Во 2-й половине 19 – начале 20 веков в русский крестьянский быт вошли занавески, которыми украшались спинки кроватей и дверные проемы. Для них использовались также ткани фабричного производства, в первую очередь ситец, но могли применяться и ткани домашнего изготовления белого цвета, орнаментированные вышивкой или набивным рисунком.

Основные составные части постели, входившие в общий комплекс устройства спального места крестьянина: матрас; подстилка – тюфяк для сна (в северных районах и в зимнее время подстилкой служили войлок, шкуры оленя, медведя и других животных); наматрасник – чехол для матраса, на его изготовление шла плотная ткань, чаще льняная, грубая дерюжная (традиционно за наматрасниками закрепился узор в 2...3 продольные разноцветные полосы разной ширины); перина – матрас из перьев домашней птицы, собранных в плотный матерчатый чехол-наволочку или наперник; простыня – на изготовление простыней шло холщовое полотно как грубое, так и тонкое, обычно белого цвета; подзор – декоративная деталь, украшавшая постель, представляющая собой полосу ткани с вышивкой или кружевом, пришиваемую к одному из длинных краев простыни, так что при за-

стеленной постели подзор остается открытым и свисает над полом (орнаментация подзора связана большей частью со свадебным ритуалом, пронизанным магическими закланиями, формулами и символическими "письменами" узоров); одеяло – наиболее ранние одеяла в крестьянской среде изготавливались из грубой льняной домотканины (летние) и из меха овчины (зимние); с появлением фабричных тканей и ваты стали распространяться стеганые одеяла из ситца на вате, сукне и меху, распространены были одеяла, выполненные в лоскутной технике; покрывало – покрывала делали легкими и плотными, их ткали из льняных, шерстяных или комбинированных нитей (с развитием текстильной промышленности для изготовления покрывал стали использовать покупные ткани или готовые изделия); подушка – квадратной или прямоугольной формы, набивалась пухом или перьями домашней птицы, шерстью, соломой и пр. (в дневное время, когда постель была убрана, подушка превращалась в один из украшающих элементов постели; под влиянием городской традиции в зажиточных деревенских домах постель убирали целой пирамидой подушек, а сверху покрывали вязаной накидкой); наволочка – на Севере Европейской России наволочки на подушки предпочитали шить из белой ткани, украшая их вышивкой по одной из сторон или вязаным крючком кружевом, под кружево подкладывали цветную, обычно красную, ткань; в южных районах Европейской России наряду с белыми были распространены наволочки из яркого ситца; накидка – кусок ткани для накрывания подушек, сундуков, небольших столиков и прочего; большей частью накидки делали из тюля, покупной ткани, украшенной вышивкой в разных техниках, из кружева (накидки появились в русской деревне в конце 19 – начале 20 веков под влиянием городской культуры и выполняли гигиеническую (защита от пыли и грязи) и эстетическую функции).

В зависимости от региона России одни и те же изделия могли иметь разные назва-

ния, материалы изготовления, способы украшения и орнаментирования.

Весь постельный текстильный крестьянский комплекс можно разделить на две большие группы: "мерные" ткани – то есть от рулона продукции можно отмеривать и отрезать необходимое количество любого размера для конкретного использования (занавесочные ткани и пологи из фабричных ситцев, полосатые наматрасники); штучные изделия – изделия, имеющие конкретные размеры и "конечный" (моно-раппортный) рисунок, при этом значительную часть штучных изделий можно изготовить из мерных тканей (одеяла, покрывала, наволочки, простыни с подзорами, полотенца).

В оформлении изделий можно выделить следующие техники: вышивка (выделяют две основные группы: прозрачная вышивка (сквозная) – строчевое шитье, перевить, вологодское стекло, гипюр и глухая (ковровая) вышивка по целой ткани – тамбуром, крестом, гладью, набором, росписью, в настил); кружево (кружева ручной выработки по технике выполнения разделяются на коклюшках (сцепное сколочное и численное кружево, парная техника (отдельные мотивы одновременно с прозрачным ажурным фоном из решетки или тюля)), шитые иглой, вязаные крючком); ткачество (пестрядь (простое переплетение цветных нитей, образующих небольшие клетки и полосы), ремизное и браное ткачество (узор с лицевой и изнаночной стороны)); набойка (оттиск (набивание) красочного узора на ткань с резных деревянных досок-манер, роспись от руки); лоскутная техника (лоскутное шитье связано с широким распространением в крестьянской и городской среде фабричных ситцев (вторая половина 19 века); лоскутные одеяла и покрывала шили не из новых тканей, а из кусочков отслуживших свой срок предметов одежды и домашнего обихода).

Известный исследователь русского народного искусства В. Воронов отмечает, что "...декоративность крестьянского предмета быта органически слитна с его практическим назначением и никогда не

лишает его реальной бытовой ценности" [2]. В связи с этим неотъемлемыми художественными чертами, по которым всегда можно выделить продукт крестьянского труда, считаются: орнаментальность и конструктивность.

Крестьянское текстильное искусство богато не только темами, сюжетами и мотивами, но безгранично разнообразно по художественным трактовкам. Перечислим основные темы, которые использовались в крестьянских текстильных постельных принадлежностях: 1) архаические и геометрические мотивы – это наиболее старый орнаментальный слой, в значительной степени сохранившийся в вышивках, преимущественно северных (древнейший мотив свастики – знак доброго предзнаменования, пожелания благополучия, отвращение несчастья (известен у многих племен и народов); пересекающиеся линии, звезды, ромбы с крючками, квадраты и др. (имеют родство с германскими, скандинавскими и персидскими странами) – особенно характерны для среднерусской полосы; женщина, зачастую с птицами, между двумя всадниками – является главным мотивом в русской северной вышивке; роженицы (рогатые роженицы, роженицы и птицы, роженицы с постройками и пр.) – магический символ плодородия и деторождения, охотничий мифологический символ; богиня Макошь (женская фигура с опущенными и поднятыми руками) – покровительница женских работ, ткачества и прядения (очень часто изображалась на подзорах простыней), исчезновение языческих символов началось с середины 19 века [4]); 2) растительные мотивы – пришли в русскую вышивку в 17-18 веках (дерево – символ Матери-земли, плодородия; многообразные флоральные мотивы (цветы, ветви, плоды, стебли, гирлянды, венки) – получили широкое распространение под влиянием западноевропейских стилей (ренессанс, барокко, рококо, ампира)); 3) зооморфные мотивы – лоси, олени – древнейшие изображения, своими корнями восходящие к северным петроглифам периода неолит [4] (птицы (аисты, птицы-павы и др.); сказочные животные и персонажи – возникли в

связи с распространением лубочных картинок; двуглавый орел – как отмечает Рыбаков Б.А., царский двуглавый орел заменил забытых крестьянами рожениц, о чем свидетельствуют многочисленные вышивки со сходными композициями и изображениями; барс - мотив искусства раннефеодальной поры русского Севера); 4) жанровые сцены – 18-19 века, время начала специализации художественного ремесла, появление мелких производств, художественных артелей, мастерских; распространение изделий на базарах и ярмарках; потеря идеологического характера творчества, усиление и обогащение декоративной трактовки; встреча городского и деревенского эстетических течений [2] (сцены из помещицкой и усадебной жизни (народные гулянья, чаепития, выезд барыни в карете, современные модные костюмы); сцены деревенской жизни (посиделки, уход за скотиной, женская домашняя работа, увеселения и др.)).

Русский крестьянский бельевой комплекс представляет великолепный образец гармонии как своих составных элементов, так и постельного ансамбля в целом. Вышивки с растительными узорами гармонируют по характеру своего орнамента с цветастыми ситцами – пологими, занавесками, наволочками; вологодские подзоры гармонично сочетают строчевую вышивку с широкой полосой кружева, родственного по материалу, цвету, ажурности узоров, криволинейным очертаниям крупных декоративных орнаментальных мотивов. Замечательны комбинации простых элементов орнамента с удачно подобранными цветами в многоцветном ткачестве и т.д.

В последнее время тема фольклора стала особенно популярна, она занимает заметное место в текущих современных тенденциях интерьерного текстиля. Это отражается в способах оформления спального места множеством подушек разных размеров и форм, в стремлении украсить интерьер изделиями ручной работы, в предпочтении натуральным материалам: хлопку и льну. В качестве примера можно привести текстильные изделия и постельные принадлежности таких компаний, как

Трехгорная мануфактура и ООО "Артель", в дизайнах которых заметно влияние русской традиционной набойки, вышивки и кружева. Народные мотивы приобрели в современных изделиях новое звучание за счет изменения масштаба, колорита, сочетания рисунков и способов их обработки.

Современному поколению дизайнеров, художников и производителей текстильной продукции необходимо постоянно обращаться к историческому народному наследию, черпая в нем вдохновение. Традиции, включенные в контекст современных модных веяний, дают искусству интерьерного текстиля тот духовный стержень, который служит основой креативных поисков в быстроменяющемся мире идей и технологий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баранов Д.А., Баранова О.Г., Мадлеская Е.Л. и др. Русская изба. Иллюстрированная энциклопедия. – СПб.: Искусство, 2004.

2. Воронов В. Крестьянское искусство. – М.: Государственное издательство, 1924.

3. Работнова И.П., Яковлева В.Я. Русская народная вышивка. – М., 1957.

4. Рыбаков Б.А. Язычество древних славян. – М.: Наука, 1981.

Рекомендована кафедрой рисунка и живописи.
Поступила 03.04.12.

УДК 677.024

**ВЛИЯНИЕ УГЛА ЗЕВА И ПЕРЕТЯЖКИ ЕГО ВЕТВЕЙ
НА ВЕЛИЧИНУ И НАПРАВЛЕНИЕ
СУММАРНОГО ВЕКТОРА НАТЯЖЕНИЯ ТКАНИ**

**INFLUENCE OF A THROAT ANGLE AND ITS BRANCHES CONSTRICTION
ON THE SIZE AND DIRECTION
OF THE SUM VECTOR OF FABRIC TENSION**

В.А. МАКАРОВ, Б.А. СУРКОВ, Е.Н. ХОЗИНА
V.A. MAKAROV, B.A. SURKOV, E.N. HOZINA

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина)
(Moscow State Textile University "A.N. Kosygin")
E-mail: office@msta.ac.ru

Положение опушки ткани в процессе зевобразования не остается постоянным, а изменяется в зависимости от угла зева и величины его перетяжки. Предложена формула, позволяющая по коэффициенту асимметрии зева и коэффициенту перетяжки ветвей рассчитывать угол наклона ткани как при зевобразовании, так и в приборе.

По методике расчета переднего зева можно получить картину изменения положения и наклона свободного участка ткани в процессе взаимодействия рабочих органов ткацкой машины с ее заправкой.

Position of fabric edging in the process of shedding is not constant but changes depending on the throat angle and the size of its constriction. The formula allowing to calculate the angle of fabric slope by the throat asymmetry coefficient and branches constriction coefficient as in shedding, so as in beating. By the methods of calculation of the front throat the picture of positions change and unused fabric part in the process of interaction of working elements of a loom with its charging can be seen.

Ключевые слова: опушка ткани, зевобразование, угол зева, прибор, основа, опушкодержатель, зев, ткань.

Keywords: fabric edging, shedding, a throat angle, beating, edging adapter, a throat, fabric.

Положение точки опушки ткани (ТОТ; θ) в процессе зевобразования не остается постоянным [1], [2], при этом изменяется и

угол α_T^* наклона к горизонтали ткацкой машины (ТМ) свободного участка ткани. Угол α_T равен направлению суммарного

вектора $\sum T_{зев}$ натяжения ветвей зева по отношению к горизонтали ТМ [5] (рис. 1 – параллелограмм сил натяжения ветвей зева основы и ткани).

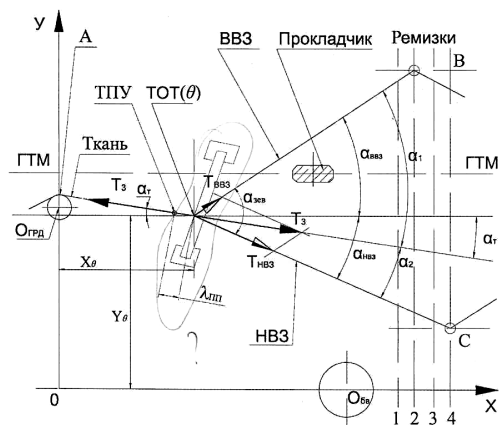


Рис. 1

Вектор суммарного натяжения ветвей зева основы $\sum T_{зев}$ зависит от натяжения и положения нижней $T_{НВЗ}$ и верхней $T_{ВВЗ}$ ветвей зева. Он равен по величине и по направлению вектору натяжения ткани T_T и может быть определен по формулам [5]:

$$T_T = \frac{\sin(180^\circ - \alpha_{зев}) C_T}{\sin(\alpha_{ВВЗ} - \alpha_T)} T_{ВВЗ}, \quad (1)$$

или

$$T_T = \frac{\sin(180^\circ - \alpha_{зев})}{\sin(\alpha_{НВЗ} + \alpha_T)} T_{НВЗ},$$

но, так как $\alpha_{зев} = \alpha_{ВВЗ} + \alpha_{НВЗ}$, а $\sin(180^\circ - \alpha_{зев}) = \sin \alpha_{зев}$, то:

$$T_T = T_3 = \sum T_{зев} = \frac{\sin \alpha_{зев}}{\sin(\alpha_{НВЗ} + \alpha_T)} T_{ВВЗ}, \quad (2)$$

или

$$\sum T_{зев} = \frac{\sin \alpha_{зев}}{\sin(\alpha_{ВВЗ} - \alpha_T)} T_{НВЗ},$$

где $\alpha_{зев}$ – угол раскрытия зева; $\alpha_{ВВЗ}$ – угол верхней ветви зева; $\alpha_{НВЗ}$ – угол нижней ветви зева (рис. 1); α_T^* – угол между тканью и горизонталью ТМ на участке грудница – опушкодержатель. Угол α_T^* зависит от расположения на ТМ грудницы и опушкодержателя.

Зная параметры зева, можно определить натяжение при зевобразовании одной отдельной основной нити [1], которое в любом случае не должно превышать 20...25 % от ее разрывной прочности. Зная раппорт проборки, № ремизки и число нитей, пробранных в одну ремизку, можно определить натяжение части ветви зева, заправленной в одну ремизку (стренгу), а затем и суммарное натяжение любой из ветвей зева.

Можно определить натяжение ткани на любом этапе зевобразовании, в том числе и в процессе прибоя, если будут известны натяжение верхней и нижней ветвей зева ($T_{ВВЗ}$, $T_{НВЗ}$) и величина угла наклона ткани α_T к горизонтали ТМ. Определим значение α_T как функции параметров зева: $\alpha_{зев}$; $\alpha_{ВВЗ}$; $\alpha_{НВЗ}$ и C_T .

Преобразовав равенства (1), (2) и исключив натяжения ($T_{ВВЗ}$, $T_{НВЗ}$), находим значение коэффициента перетяжки C_T :

$$C_T = T_{НВЗ} / T_{ВВЗ} = \frac{\sin(\alpha_{ВВЗ} - \alpha_T)}{\sin(\alpha_{НВЗ} + \alpha_T)}. \quad (3)$$

Учитывая, что $\alpha_{НВЗ} = \alpha_{зев} - \alpha_{ВВЗ}$, получим:

$$C_T = \frac{\sin(\alpha_{ВВЗ} - \alpha_T)}{\sin[\alpha_{зев} - (\alpha_{ВВЗ} - \alpha_T)]}. \quad (4)$$

Полученное трансцендентным уравнение (4) относительно α_T связывает параметр зева $\alpha_{зев}$, $\alpha_{ВВЗ}$ и C_T с параметром α_T .

Выражение (3) показывает, что для нитей основы в зеве коэффициент перетяжки C выступает не только как силовой фактор ($T_{НВЗ} / T_{ВВЗ}$), но и как фактор геометрический, характеризующий асимметрию полученного зева.

Изменение натяжения и положения одной из ветвей зева ведет к изменению симметрии зева по отношению к линии заступа основы и к горизонтали ТМ, а следовательно, и к изменению положения точки опушки ткани и наклона плоскости ткани в области ее опушки ("ОД - θ ") (рис. 3 – конструктивно-заправочная схема переднего зева машины СТБ(У) с опушкодержателем и наклонной линией заступа, лежащей под линией горизонтали, зев "чистый", асимметричный).

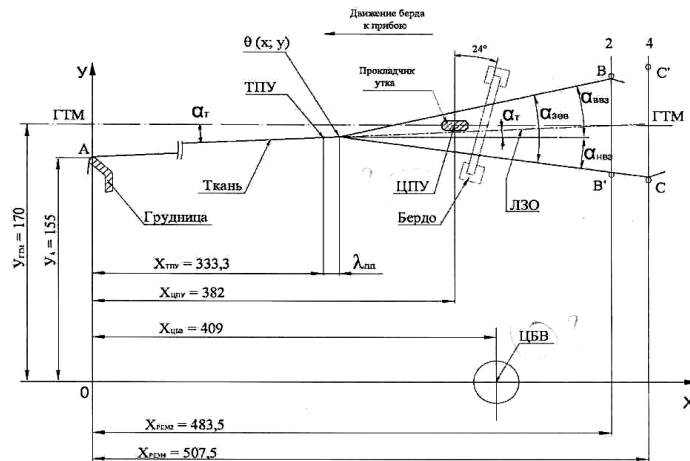


Рис. 2

Во время приобоя угол зева $\alpha_{зев}^{прб}$ не превышает $1/3...2/3$ угла полностью открытого зева $\alpha_{зев}^{max}$, то есть равен $6...16^\circ$, а коэффициент C_T не превосходит 5 (сатин, атлас). Для обычных заправок [3], [4] соотношение $\frac{\alpha_{нвз}}{\alpha_{ввз}}$ находится в интервале: $1,0 \leq \alpha_{нвз} / \alpha_{ввз} \leq 1,35$. Отсюда коэффициент

асимметрии зева $R_{зев}$ будет лежать в диапазоне: $0,3 \leq R_{зев} \leq 0,7$.

При условии, когда $\alpha_{ввз} = \alpha_{нвз} = 0,5$ а_{зев}, коэффициент асимметрии зева $R_{зев}$ будет равен 0,5, то есть зев будет симметричным (рис. 2 – конструктивно-заправочная схема переднего зева машины СТБ(У) при отсутствии опушкодержателя).

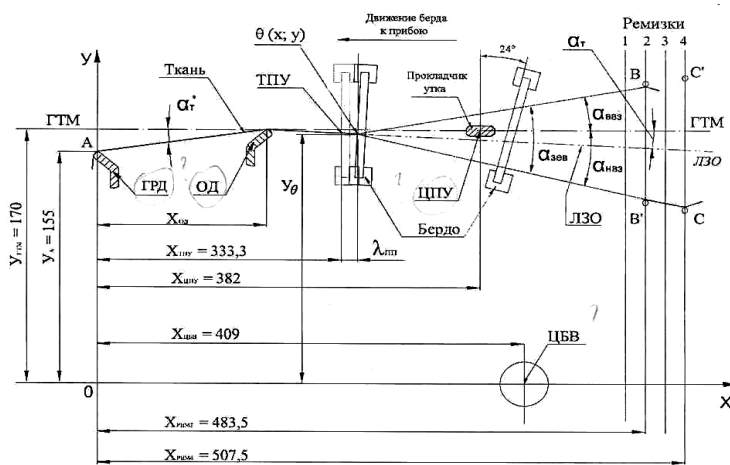


Рис. 3

При значении параметров $\alpha_{зев}$, $R_{зев}$ и C_T , лежащих в указанных выше пределах, трансцендентное выражение α_T из (4) с погрешностью не более 4,5% можно заменить выражением:

$$C_T = \frac{\alpha_{ввз} - \alpha_T}{\alpha_{зев} - (\alpha_{ввз} - \alpha_T)}. \quad (5)$$

Преобразуем выражение (5), обозначив: $R_{зев}$ – коэффициент асимметрии зева:

$$R_{зев} = \frac{\alpha_{ввз}}{\alpha_{зев}}; R_T – \text{коэффициент наклона}$$

свободного участка ткани к горизонтали ТМ:

$$R_T = \left[R_{зев} - \frac{C_T}{1 + C_T} \right]. \quad (6)$$

Получим:

$$\alpha_T = \left[R_{зев} - \frac{C_T}{1 + C_T} \right] \alpha_{зев} \quad (7)$$

Тогда формула (7) примет вид:

$$\alpha_T = R_T \alpha_{зев} \quad (8)$$

Если $R_{зев} \neq 0,5$ и $C_T \neq 1,0$, то наклон свободного участка ткани α_T пропорционален величине угла зева $\alpha_{зев}$. Наклон ткани $\alpha_T^{прб}$ в процессе прибоа будет зависеть от угла зева при прибоа $\alpha_{зев}^{прб}$, величины его изменения $\Delta \alpha_{зев}^{прб}$, коэффициента симметрии зева $R_{зев}^{прб}$ и коэффициента перетяжки ветвей $C_T^{прб}$ в процессе прибоа. Угол

наклона ткани $\alpha_T^{прб}$ при прибоа выражается формулой:

$$\alpha_T^{прб} = \left[R_{зев}^{прб} - \frac{C_T^{прб}}{1 + C_T^{прб}} \right] \alpha_{зев}^{прб} \quad (9)$$

или

$$\alpha_T^{прб} = R_T^{прб} \alpha_{зев}^{прб} \quad (10)$$

Зная диапазон изменений параметров зева: $\alpha_{зев}$; $\alpha_{нвз} / \alpha_{ввз}$; коэффициенты асимметрии зева $R_{зев}$ и перетяжки ветвей зева C_T , можно вычислить по формулам (6)...(10) угол α_T наклона к горизонтали ТМ свободного участка ткани на участке грудница – опушка, или опушкодержатель – опушка. Предварительно определим значения коэффициента наклона ткани R_T . Результаты расчета приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

| Значения коэффициента наклона свободного участка ткани R_T | | | | | | | |
|--|---------|----------|---------|---------|----------------------------|---------|--------|
| $R_{зев} \backslash C_T$ | 0,7 | 0,666(6) | 0,65 | 0,6 | 0,5 симметричный зев | 0,4 | 0,3 |
| 1,0 | +0,20 | +0,1666 | +0,15 | +0,10 | 0 | -0,10 | -0,20 |
| 1,5 | +0,10 | +0,0666 | +0,05 | 0 | -0,10 | -0,20 | -0,30 |
| 1,86 | +0,05 | +0,0166 | 0 | -0,05 | -0,15 | -0,25 | -0,35 |
| 2,0 | +0,0333 | 0 | +0,017 | -0,0666 | -0,1666 | -0,2666 | -0,367 |
| 2,33 | 0 | -0,0333 | -0,05 | -0,10 | -0,20 | -0,30 | -0,40 |
| 2,5 | +0,014 | -0,0476 | -0,0643 | -0,1143 | -0,2143 | -0,3143 | -0,414 |
| 3,0 | -0,05 | -0,0833 | -0,10 | -0,15 | -0,25 | -0,35 | -0,45 |
| 4,0 | -0,10 | -0,1333 | -0,15 | -0,20 | -0,30 | -0,40 | -0,50 |
| 5,0 | -0,133 | -0,1666 | -0,1833 | -0,2333 | -0,3333 | -0,4333 | -0,533 |

Из табл. 1 видно, что наклон свободного участка ткани может быть положительным, равным нулю и отрицательным. Если зев симметричен ($R_{зев} = 0$), то при равных натяжениях верхней и нижней ветвей зева ($C_T=1$) ткань будет располагаться горизонтально. При нарастании коэффициента перетяжки (росте натяжения нижней ветви зева $T_{нвз}$) ткань в области опушки отклоняется вниз. Изменив симметрию зева (произведя соответствующую переналадку зевобразующего механизма (ЗОМа) ТМ), можно восстановить горизонтальное положение ткани в процессе зевобразования и прибоа.

При принятых ограничениях параметров зева и коэффициента C_T угол наклона ткани α_T может изменяться в диапазоне от $+0,2 \alpha_{зев}$ до $-0,5 \alpha_{зев}$, что при $\alpha_{зев} = 6...12^\circ$ (прибой), $19...32^\circ$ (открытый зев). Расчет дает следующие значения угла отклонения ткани:

- в прибоа $+1,2^\circ...-3^\circ$; $(+2,4^\circ...-6^\circ)$;
- при открытом зеве $+3,8^\circ...-9,5^\circ$; $(+6,4^\circ...-16^\circ)$.

При наличии опушкодержателя угол наклона ткани к горизонтали ТМ во время зевобразования резко уменьшается и может принимать значения: от $\pm 2,4^\circ$ до $\pm 6,4^\circ$ (при длине этого участка $8...12$ мм).

За время приборя изменение угла наклона ткани $\Delta\alpha_T^{\text{прб}}$ от зевобразования при наличии опушкодержателя будет не более $\pm 0,25^\circ \dots \pm 0,75^\circ$.

Для точного определения угла наклона ткани $\Delta\alpha_T^{\text{прб}}$ необходимо знать:

– параметры цикловой диаграммы ТМ и взаимодействия с зевобразовательным и батанным механизмами;

– величину приборной полосы $\lambda_{\text{пп}}$ и положение линии приборя ($X_{\text{тпу}}$);

– параметры установленного зева (хода ремиз, углы каждой ветви зева);

– положение и наклон линии заступов основы (ремиз);

– положение опушкодержателя, если он имеется, или положение грудницы.

Данные параметры переднего зева позволяют с помощью приведенной методики расчета переднего зева ТМ [2], [4...7] получить картину изменения положения и наклона свободного участка ткани в процессе взаимодействия рабочих органов ткацкой машины: галев ремизок и берда батана, с ткацкой заправкой: ветвями зева и формируемой тканью.

ВЫВОДЫ

1. Коэффициент перетяжки ветвей зева C_T является как силовым, так и геометрическим фактором, он оказывает прямое воздействие на форму переднего зева и положение опушки, на характер и величину угла наклона ткани на участке грудница – опушка, или опушкодержатель – опушка.

2. Угол наклона свободного участка ткани в области ее опушки α_T является функцией параметров зева и коэффициента перетяжки его ветвей. При известном C_T можно, изменяя симметрию зева $R_{\text{зев}}$, обеспечить получение горизонтального положения ткани в области ее опушки и наоборот.

3. При разработке схем ткацких заправок, особенно при выработке тканей сложных и кареточных переплетений, предлагается использовать данную методику расчета параметров переднего зева и полученные соотношения для определения положения и наклона участка ткани от опушки до грудницы (опушкодержателя), а также для определения положения опушкодержателя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гордеев В.А. Динамика механизмов отпуска и натяжения основы ткацких станков. – М.: Легкая индустрия, 1965.

2. Макаров В.А., Романов П.Г., Хозина Е.Н. Влияние конструктивных параметров ткацких машин на положение опушки ткани // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2010, №4. С. 84...89.

3. Макаров В.А., Лебзак А.В., Хозина Е.Н. Анализ работы кулачковой коробки привода зевобразующего механизма скоростных ткацких станков типа СТБ // Текстильная промышленность. – 2003, №5.

4. Макаров В.А., Лебзак А.В., Хозина Е.Н. Анализ работы кулачковой коробки привода зевобразующего механизма с помощью САПР // В мире оборудования. – 2004, №6.

5. Макаров В.А., Романов П.Г., Хозина Е.Н. Определение силы взаимодействия берда и опушки ткани в начальный момент приборя // Вестник ДИТУД. – Димитровград, 2009.

Рекомендована кафедрой технологических машин и оборудования. Поступила 17.04.12.

РАЗРАБОТКА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ТРЕБОВАНИЙ К МЕХАНИЗМАМ ОБРАЗОВАНИЯ ЗЕВА

DEVELOPMENT OF OPERATIONAL REQUIREMENTS FOR SHEDDING MECHANISMS

A.N. КОРОЛЕВ, В.И. ТЕРЕНТЬЕВ
A.N. KOROLEV, V.I. TERYTYEV

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина)
(Moscow State Textile University "A.N. Kosygin")
E-mail: alexandr88@bk.ru

В статье на основании факторного анализа определены эксплуатационные требования к кулачковым механизмам образования зева и ротационным ремизоподъемным кареткам.

The operational requirements for cam shedding mechanisms and rotary carriers have been defined on the basis of the factor analysis in the article.

Ключевые слова: кулачковый механизм образования зева, ротационная зевобразовательная каретка, эксплуатационные требования, факторный анализ.

Keywords: a cam shedding mechanism, rotary shedding carrier, operational requirements.

При разработке механизмов образования зева необходимо выработать эксплуатационные требования к их конструкциям. С учетом использования методики, изложенной в [1], и, исходя из опыта использования механизмов образования зева в ткацком производстве, экспертным путем сформулированы следующие требования: T_1 – обеспечение заданной высоты зева для пакета ремизок в соответствии с переплетением ткани; T_2 – обеспечение чистоты передней части зева; T_3 – обеспечить закон движения ремизок асимметрично относительно вертикальной (для получения увеличенного угла выстоя ремизок для прокладывания уточной нити) и горизонтальной (для ткацких машин с гибкими рапирами без направляющих пластин в зеве) осей по конструктивным или технологическим соображениям (ступенчатый или рассыпной зев при выработке плотных тканей полотняного переплетения) [2]; T_4 – исключение возможности перекоса ремизных рамок во время образования зева

(причины перекоса: для механизмов ремизного движения с жесткими звеньями – различные величины приведенных зазоров в шарнирах механизма передачи движения к левой и правой сторонам ремизки; для механизмов с гибкими звеньями – разность длин гибких связей для левой и правой сторон ремизной рамки); T_5 – обеспечение демпфирования галев для уменьшения колебаний системы галева – нити основы; T_6 – контроль положения ремизок в соответствии с заданным переплетением; T_7 – отключение привода ткацкой машины при заклинивании кулачков и роликов в приводе механизма; T_8 – обеспечение монтажа и демонтажа набора кулачков из кулачковой коробки при техническом обслуживании; T_9 – быстрота монтажа и демонтажа ремизной рамки при заправке ткацкой машины; T_{10} – обеспечение прочности ремизной рамки при эксплуатации ткацкой машины на высоких скоростях; T_{11} – возможность выполнения розыска раза с наименьшим числом операций.

Для современных ротационных кареток необходимо дополнить к указанным выше следующие эксплуатационные требования: T_{12} – обеспечение обратной связи от ремизки к программоносителю механизма рисунка; T_{13} – установка системы контролеров каретки для предотвращения неправильного срабатывания и поломок ее механизмов; T_{14} – возможность регулирова-

ния скорости главного вала каретки при изменении времени переключения фиксаторов, связанного с изменением частоты вращения главного вала ткацкой машины.

Составим таблицу попарных корреляций (матрицу интеркорреляций) между эксплуатационными требованиями к конструкции ЗОМ (табл. 1).

Таблица 1

| | т1 | т2 | т3 | т4 | т5 | т6 | т7 | т8 | т9 | т10 | т11 |
|-----|------|-----|------|------|------|-----|------|-----|------|-----|-----|
| т1 | 1 | 0,8 | 0,4 | 0,65 | 0,6 | 0,4 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,3 | 0,1 |
| т2 | 0,8 | 1 | 0,7 | 0,6 | 0,6 | 0,3 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,7 | 0,1 |
| т3 | 0,4 | 0,7 | 1 | 0,65 | 0,6 | 0,5 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,1 |
| т4 | 0,65 | 0,6 | 0,65 | 1 | 0,1 | 0,5 | 0,65 | 0,1 | 0,7 | 0,7 | 0,5 |
| т5 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,1 | 1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,65 | 0,5 | 0,1 |
| т6 | 0,4 | 0,3 | 0,5 | 0,5 | 0,1 | 1 | 0,7 | 0,1 | 0,7 | 0,7 | 0,7 |
| т7 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,65 | 0,1 | 0,7 | 1 | 0,8 | 0,7 | 0,1 | 0,1 |
| т8 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,8 | 1 | 0,1 | 0,1 | 0,7 |
| т9 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,7 | 0,65 | 0,7 | 0,7 | 0,1 | 1 | 0,8 | 0,7 |
| т10 | 0,3 | 0,7 | 0,2 | 0,7 | 0,5 | 0,7 | 0,1 | 0,1 | 0,8 | 1 | 0,1 |
| т11 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,5 | 0,1 | 0,7 | 0,1 | 0,7 | 0,7 | 0,1 | 1 |

Коэффициенты корреляции отражают сходства между собой эксплуатационных требований. При анализе величины коэффициентов корреляции можно выделить группы требований, хорошо взаимоувязанных, имеющих общее назначение: А – обеспечение технологических параметров зева (требования T_1, T_2, T_3); Б – обеспечение кинематических и динамических требований к конструкции (требования T_4, T_5, T_{10}); В – контроль безаварийной работы системы ткацкая машина – ЗОМ (требования T_6, T_7, T_{11}); Г – обеспечение удобства технической эксплуатации (требования T_8, T_9).

Для ротационной ремизоподъемной каретки дополнительно выделим: в группу Б – требование T_{14} , а в группу В – требования T_{12} и T_{13} .

Таким образом, эксплуатационные требования характеризуются четырьмя обобщенными требованиями – факторами, к которым применим факторный анализ.

Представим в табл. 2 факторы в виде столбцов, а эксплуатационные требования (переменные) – в виде строк. При этом каждому фактору в строке будет соответствовать среднее значение коэффициента корреляции соответствующих переменных по этому фактору.

Таблица 2

| Переменная | Фактор А | Фактор Б | Фактор В | Фактор Г |
|------------|----------|----------|----------|----------|
| т1 | 0,73 | 0,52 | 0,20 | 0,10 |
| т2 | 0,83 | 0,63 | 0,17 | 0,10 |
| т3 | 0,70 | 0,48 | 0,23 | 0,10 |
| т4 | 0,63 | 0,60 | 0,55 | 0,40 |
| т5 | 0,60 | 0,53 | 0,10 | 0,38 |
| т6 | 0,40 | 0,43 | 0,80 | 0,40 |
| т7 | 0,10 | 0,28 | 0,60 | 0,75 |
| т8 | 0,10 | 0,10 | 0,53 | 0,55 |
| т9 | 0,10 | 0,72 | 0,70 | 0,55 |
| т10 | 0,40 | 0,73 | 0,30 | 0,45 |
| т11 | 0,10 | 0,23 | 0,60 | 0,70 |

Значимость каждого фактора определяется величиной дисперсии между переменными и факторной нагрузкой. Найдем собственное значение фактора путем сложения квадратов факторной нагрузки для каждой переменной. Таким образом, дисперсия фактора А (D_A) составила 2,84, $D_B = 2,63$ $D_B = 2,66$ $D_\Gamma = 2,35$. Из этого следует, что значимость фактора А является самой высокой среди всех факторов.

Найдем, какую долю дисперсии в исходной корреляционной матрице составит этот фактор. Для фактора А доля составляет 25,85%, для фактора Б – 26,64%, фактора В – 24,17%, а фактора Г – 21,37%. Таким образом, четыре фактора, будучи объединены, заполняют 98,03 % дисперсии показателей исходной матрицы.

Аналогично применим факторный анализ эксплуатационных требований к ротационным ремизоподъемным кареткам. Доли факторов составили: для фактора А – 24,97 %, фактора Б – 23,42 %, фактора В – 26,94 % и фактора Г – 17 %. Объединение четырех факторов в этом случае составило 92,33 % заполнения дисперсии показателей исходной матрицы.

Следовательно, разработанные эксплуатационные требования соответствуют в значительной мере условиям эксплуатации механизмов образования зева и они могут быть включены в техническое задание на проектирование кулачковых механизмов образования зева и ротационных ремизоподъемных кареток.

ВЫВОДЫ

На основании факторного анализа определены эксплуатационные требования к кулачковым механизмам образования зева и ротационным ремизоподъемным кареткам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ефимов В.В, Барт Т.В. Статистические методы в управлении качеством продукции. – М.: КНОРУС, 2006.
2. Талавашек О., Сватый В. Бесчелночные ткацкие станки. – М.: Легпромбытиздат, 1985.

Рекомендована кафедрой технологических машин и оборудования. Поступила 03.09.12.

УДК 677.057.444

ИССЛЕДОВАНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЮ ТКАНИ В ПРОМЫВНОЙ РОЛИКОВОЙ МАШИНЕ С УВЕЛИЧЕННОЙ ДЛИНОЙ ЗАПРАВКИ

RESEARCH OF THE RESISTENT TO FABRIC MOVEMENT IN THE WASHING ROLLER MACHINE WITH INCREASED LENGTH OG CHARGING

М.В. ПАРАХИНА, В.С. САМСОНОВ
M.V. PARAKHINA, V.S. SAMSONOV

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина)
(Moscow State Textile University "A.N. Kosygin")
E-mail: office@msta.ac.ru

В статье рассмотрены методика расчета и результаты исследований сопротивления движению ткани в зоне промывной роликовой машины с увеличенной длиной заправки. Дан анализ полученных результатов исследований.

The methods of calculation and the results of the research of resistance to fabric movement in a washing roller machine zone with increased length of charging

have been considered in the article. The analysis of the received research results is presented.

Ключевые слова: промывная роликовая машина, заправка, сопротивление движению ткани, натяжение.

Keywords: a washing roller machine, charge, resistance to fabric movement, tension.

Передовые зарубежные машиностроительные фирмы (Беннингер, Швейцария; Бругман, Нидерланды; Кляйневеферс, Германия) оснащают поточные линии машинами для жидкостной и тепловой обработки с увеличенной длиной заправки ("петля в петле"), в которых ткань перемещается по четырем рядам направляющих роликов. Это позволяет увеличить длину заправки и время обработки ткани по сравнению с применяемыми двухрядными машинами типа ВЦМ, ВЦП в 1,8...2,2 раза при одинаковых габаритах. Благодаря этому можно существенно сократить число машин в поточной линии (или увеличить скорость движения ткани), значительно снизить капитальные затраты, удельные расходы воды, реагентов, электрической и тепловой энергии.

Однако увеличение числа направляющих роликов и длины заправки в одной зоне машины несомненно будет причиной существенного роста сопротивления движению ткани, увеличению ее натяжения, особенно при высоких скоростях, что может стать ограничением в применении такого оборудования для обработки широкого ассортимента тканей с легкоподвижной структурой.

Задача настоящей работы заключается в исследовании сопротивления движению ткани с целью: оптимизации параметров зоны обработки, разработки технических средств управления натяжением в роликовых машинах с увеличенной длиной заправки.

Промывная роликовая машина с заправкой "петля в петле" (рис. 1) состоит из компенсатора 1, двух рядов внешних роликов 2 диаметром 130 мм и двух рядов внутренних роликов 3 диаметром 95 мм. Ролики нижних рядов установлены в ванне

4. Расстояние между рядами внешних верхних и нижних роликов составляет 0,85 м, внутренних – 0,59 м.

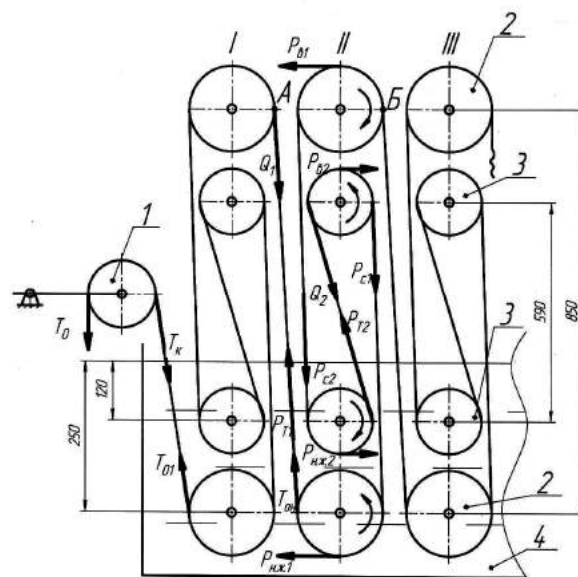


Рис. 1

Продольное натяжение ткани в роликовой машине для жидкостной обработки определяется величиной натяжения, создаваемого компенсатором 1, действием силы тяжести самой ткани, а также местными сопротивлениями, которые и являются основными составляющими натяжения. Для расчета натяжения ткани необходимо определить основные сопротивления: вращению нижних роликов в подшипниковых опорах и жидкости $P_{н.ж}$; вращению верхних роликов в подшипниковых опорах $P_в$; движению восходящей ветви ткани в жидкости и вне ее $P_с$; движению нисходящей ветви ткани в жидкости $P_т$.

Найдем полное сопротивление движению ткани в одной зоне между точками А и Б. При определении сопротивления вращению нижних роликов необходимо учитывать, что на подшипниковые опоры ро-

лика, находящегося в жидкости, действуют следующие силы: $T_{\text{он}}$ – натяжение ткани; G – вес ролика; P_A – выталкивающая сила.

Вес ролика при номинальной ширине $B_H=1,4$ м диаметром 130 мм равен 210 Н, а ролика диаметром 95 мм – 140 Н. Нагрузка на подшипниковые опоры без учета натяжения ткани $G_H = G - P_A$, где $P_A = \gamma V$; γ – удельный вес жидкости, Н/м³; V – объем ролика, м³.

Принимаем натяжение набегающей ветви $T_{\text{он}} = 60$ Н. В первом приближении считаем, что натяжение сбегающей ветви равно $T_{\text{он}}$. Исходя из условия, что $G_H < 2T_{\text{он}}$, полное сопротивление вращению ролика в подшипниковых опорах и в жидкости находим по следующей зависимости [1]:

$$P_{\text{н.ж}} = \frac{(2T_{\text{он}} - G_H)f_{\text{ц}}d + P_{\Gamma}D}{D - f_{\text{ц}}d}, \quad (1)$$

где $f_{\text{ц}}$ – коэффициент трения в подшипниках качения, приведенный к цапфе 0,03; в подшипниках скольжения для пары трения сталь 12Х18Н9Т– ДГ-2 коэффициент трения в воде 0,09 [2]; D , d – диаметр рубашки и цапф ролика соответственно, м; P_{Γ} – приведенная к рубашке ролика сила гидравлического сопротивления, Н.

Для расчета приведенной силы гидравлического сопротивления с ошибкой, не превышающей 2%, воспользуемся упрощенным выражением [1]:

$$P_{\Gamma} = 1,6C_v\rho Dv^2B_H, \quad (2)$$

$$P_C = [(540N^2 + 24N + 36)v^2 - (710N^2 - 172N - 143)v + 333N^2 - 420N + 250] \cdot 10^{-2} \cdot 1,64 \cdot K_B K_T K_{\Pi}, \quad (5)$$

где N – глубина погружения ткани в жидкость (для внешних роликов $N_1=0,25$ м, для внутренних $N_2 = 0,12$ м); K_B – коэффициент, учитывающий ширину ткани, для ткани шириной $B = 1,0$ м $K_B = 1,0$; K_T – коэффициент, учитывающий поверхностную плотность и шероховатость ткани; $K_{\Pi} = 1,1$ – поправочный коэффициент, который учитывает, что для данной схемы

где C_v – коэффициент сопротивления вращению ролика в жидкости; ρ – плотность жидкости, кг/м³; v – окружная скорость ролика, м/с; B_H – номинальная ширина рубашки ролика, м.

Чтобы определить коэффициент сопротивления вращению ролика в жидкости, используем эмпирическую зависимость, полученную на основе статистической обработки результатов однофакторного эксперимента $P_{\Gamma} = f(v)$ [1]

$$C_v = (34,1 - 47v + 24,7v^2 - 4,28v^3) \cdot 10^{-3}. \quad (3)$$

Исследования проводились при температуре воды 20° С.

Сопротивление вращению верхнего ролика в опорах находим по следующей зависимости, условно принимая $T_{\text{об}} = T_{\text{он}}$,

$$P_B = \frac{(2T_{\text{об}} + G)f_{\text{ц}}d}{D - f_{\text{ц}}d}. \quad (4)$$

Полное сопротивление P_C движению восходящей ветви ткани в жидкости и вне ее (с учетом силы тяжести ткани) рассчитывается по эмпирическому выражению:

N_1 больше, чем при проведении эксперимента на 25 мм.

Результаты расчетов P_C для $N_1 = 0,25$ м приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

| В, м | v, м/с | | | |
|------|--------|------|-------|-------|
| | 0,5 | 1,0 | 1,5 | 2,0 |
| 0,8 | 3,68 | 5,52 | 7,91 | 10,83 |
| 1,0 | 4,61 | 6,91 | 9,90 | 13,57 |
| 1,2 | 5,54 | 8,30 | 11,89 | 16,29 |

При увеличении расстояния между ро-
ликами 2 до 0,96 м и глубины погружения
 H_1 до 0,35 м полное сопротивление движе-

$$P_c = [4,0 + 3,85H - 4,19H^2 + (2,0 - 8,48H + 10,26H^2)v + (7,17 - 2,29H - 1,96H^2)v^2]K_B K_T. \quad (6)$$

Результаты расчетов по формуле (6)
приведены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

| В, м | v, м/с | | | |
|------|--------|-------|-------|-------|
| | 0,5 | 1,0 | 1,5 | 2,0 |
| 0,8 | 5,21 | 9,00 | 15,25 | 23,94 |
| 1,0 | 6,51 | 11,25 | 19,06 | 29,93 |
| 1,2 | 7,81 | 13,50 | 22,87 | 35,91 |

Отметим, что при увеличении глубины
погружения до 0,35 м значительно повы-
шается полное сопротивление движению
восходящей ветви ткани (при скорости 1,5
и 2,0 м/с в 1,9...2,2 раза), что в итоге нега-
тивно сказывается на общем натяжении.

При определении сопротивления дви-
жению нисходящей ветви ткани в жидко-
сти следует учитывать [3] толщину увле-
каемого пограничного слоя, характер рас-
пределения скоростей по высоте погра-
ничного слоя и режим течения в нем. Из-
вестно, что режим течения может быть оп-
ределен числом Рейнольдса: $Re_n = vx / \nu$,
где v – скорость движения плоского тела;
 x – текущая длина пластины; ν – кинема-
тическая вязкость жидкости.

При минимальной скорости и малой дли-
не погружения ткани ($Re_{н.кр} < 3,5 \cdot 10^5$) тече-
ние жидкости в пограничном слое будет ос-
таваться ламинарным на всей длине ткани,
погруженной в жидкость. В этом случае сила
сопротивления может быть выражена сле-
дующей зависимостью, которая дает лучшее
согласование с опытными данными [1]:

$$P_T = 1,6V\sqrt{\mu\rho v^3 H}, \quad (7)$$

$$P_T = 0,031 \left(\frac{k_\Gamma}{H} + \frac{84}{Re_n} \right)^{0,21} H B \rho v^2 - \mu Re_{н.кр} \nu B (C_{fT} - C_{fH}), \quad (9)$$

где $Re_{н.кр}$ согласно [2] определяется по
следующей формуле:

нию восходящей ветви ткани рассчитыва-
ется по эмпирической формуле:

где μ – динамическая вязкость жидкости,
Па·с.

При высоких скоростях движения тка-
ни ($v \geq 2,0$ м/с; $Re_{н.кр} \geq 3,5 \cdot 10^5$) турбули-
зация в пограничном слое происходит уже
на входе ткани в жидкость [1]. В этом слу-
чае гидравлическое сопротивление движе-
нию нисходящей ветви ткани будет опре-
деляться зависимостью

$$P_T = 0,031 \left(\frac{k_\Gamma}{H} + \frac{84}{Re_n} \right)^{0,21} H B \rho v^2, \quad (8)$$

где k_Γ – гидравлическая шероховатость, для
хлопчатобумажных тканей полотняного пе-
реплетения составляет $(1,5 - 1,8) \cdot 10^{-5}$ м [1].

Для расчета гидравлического сопро-
тивления при переходном режиме, когда
турбулентный поток образуется при опре-
деленном значении текущей длины ткани
($x_{кр}$), погруженной в жидкость, воспользу-
емся положением, выдвинутым Л. Прандт-
лем [3]. Для этого необходимо из полного
сопротивления пластины при турбулент-
ном режиме вычесть сопротивление ее
участка длиной $x_{кр}$ и прибавить к получен-
ной разности сопротивление, найденное
для этого же участка, но при ламинарном
режиме течения. Тогда сопротивление
движению ткани:

$$Re_{н.кр} = (1,35 + 1,1v - 0,63v^2) \cdot 10^5. \quad (10)$$

Определим полное сопротивление движению ткани в технологической зоне

II между точками А и Б:

$$\Delta T_{II} = P_{T1} - Q_1 + P_{н.ж1} + P_{c1} + P_{в2} - Q_2 + P_{T2} + P_{н.ж2} + P_{c2} + P_{в1}, \quad (11)$$

где $Q_1 = 1,5$ Н, $Q_2 = 1,2$ Н – вес нисходящих ветвей ткани шириной 1,0 м.

Значения ΔT_{II} , найденные согласно формуле (11), для параметров, указанных на рис. 1, представлены в табл. 3.

Т а б л и ц а 3

| В, м | Общее сопротивление движению ткани в одной зоне ΔP_{II} , Н | | | | | | | |
|------|---|-------------|-------------|-------------|--|-------------|-------------|-------------|
| | при $f_{ц} = 0,03$ для верхних роликов и нижних роликов | | | | при $f_{ц} = 0,03$ для верхних роликов и $f_{ц} = 0,09$ для нижних роликов | | | |
| | 0,5 м/с | v = 1,0 м/с | v = 1,5 м/с | v = 2,0 м/с | v = 0,5 м/с | v = 1,0 м/с | v = 1,5 м/с | v = 2,0 м/с |
| 0,8 | 13,87 | 19,82 | 30,29 | 40,75 | 16,83 | 22,82 | 32,01 | 43,10 |
| 0,9 | 14,87 | 21,35 | 32,58 | 44,14 | 17,83 | 24,35 | 34,20 | 46,49 |
| 1,0 | 15,94 | 22,96 | 34,90 | 47,71 | 18,90 | 25,96 | 36,72 | 50,06 |
| 1,1 | 16,97 | 24,49 | 37,28 | 51,10 | 19,93 | 27,49 | 38,99 | 53,45 |
| 1,2 | 18,03 | 26,10 | 36,69 | 54,64 | 20,99 | 29,10 | 41,41 | 56,99 |

Принятые в расчетах упрощения и допущения могут быть причиной занижения полученных значений ΔT_{II} , но не более чем на 5...10%.

В варианте, когда ролики, находящиеся в жидкости, установлены в подшипниках скольжения ($f_{ц} = 0,09$), результаты расчетов ΔT_{II} можно аппроксимировать математическим выражением:

$$\Delta T_{II} = (10,2 + 13,6v + 3,2v^2)V^{0,5}.$$

Приведенная зависимость справедлива для следующих значений параметров: $V_H = 1,4$ м, $V = 0,8...1,2$ м, $v = 0,5...2,0$ м/с, $D_1 = 0,13$ м, $D_2 = 0,095$ м, $d_{ц} = 0,03$ м, $A_1 = 0,85$ м, $A_2 = 0,59$ м, $H_1 = 0,25$ м, $H_2 = 0,12$ м, $\mu = 1 \cdot 10^{-6}$ Пас, $q = 0,13$ кг/м² при средней нагрузке на ролик от натяжения ткани 120 Н.

ВЫВОДЫ

1. Предложенная методика расчета позволяет определить основные составляющие сопротивления и полное сопротивление движению ткани в одной зоне машины с заправкой "петля в петле".

2. Установлено, что наиболее существенной составляющей натяжения является

сопротивление движению восходящей ветви ткани, особенно в диапазоне скоростей 1,5...2,0 м/с и при повышении уровня жидкости и расстояния между рядами роликов; увеличение максимального уровня жидкости с 0,25 до 0,35 м приводит к повышению данного сопротивления соответственно в 1,9...2,2 раза, что считается нежелательным при стремлении минимизировать отрицательное воздействие натяжения на ткани с легкоподвижной структурой.

3. Определено полное сопротивление движению ткани в зоне жидкостной обработки в зависимости от ее основных конструктивных и технологических параметров, а также параметров обрабатываемой ткани.

4. Результаты исследований могут быть применены для оценки силового воздействия натяжения на ткань и при определении моментных характеристик регулируемого привода тканетранспортирующих роликов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Самсонов В.С. Исследование натяжения ткани в промывной роликовой машине: Дис.... канд. техн. наук. – М.: МТИ им. А.Н. Косыгина, 1971.
2. Самсонов В.С. Типовые устройства текстильного отделочного оборудования. – М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2011.

УДК 677.054.845-231.321.2

К РАСЧЕТУ КУЛАЧКОВОГО МЕХАНИЗМА РАЗГРУЖАТЕЛЯ ПРИВОДА БАТАНА ТКАЦКИХ СТАНКОВ СТБ

ON THE CALCULATION OF A CAM UNLOADER MECHANISM OF SLAY DRIVES OF STB LOOM

С.В. ЛУШНИКОВ, В.С. КУЗНЕЦОВА, Н.В. СТЕПНОВ
S.V. LUSHNIKOV, V.S. KUZNETSOVA, N.V. STEPANOV

(Московский государственный текстильный университет им. А. Н. Косыгина)
(Moscow State Textile University “A.N. Kosygin”)
E-mail: office@msta.ac.ru

Разработана методика проектирования кулачкового разгрузателя пружинного типа, позволяющего уравновесить силы инерции батана, значительно уменьшить реакции в паре ролик – кулачок батанного механизма.

The methods of designing of a cam spring unloader have been developed. This method has made it possible to balance internal power of a slay driver and decrease reactions in the cinematic pairs of a slay drive considerably.

Ключевые слова: ткацкий станок, батанный механизм, кулачковый разгрузатель, пружина, контактные напряжения.

Keywords: a loom, a slay drive, a cam unloader, a spring, contact tensions.

Батан ткацких станков СТБ, обладая большой массой, совершает качательное движение, при котором возникают значительные силы инерции. В результате этого в кинематических парах батанного механизма действуют повышенные нагрузки, главный вал ткацкого станка вращается с высокой неравномерностью, возникают вибрации и шум. Для уравновешивания сил, действующих на подбатанный вал, возможно использование кулачковых разгрузателей [1].

Кулачок 1 разгрузателя (рис.1) устанавливается на подбатанном валу или на валике А, который связан с подбатанным валом зубчатой передачей 5-7. Пружина 4 через коромысло 2, кулачок 1 и зубчатую передачу 5-7 создает корректирующий момент M_k , необходимый для уравнове-

шивания сил, действующих на подбатанном валу.

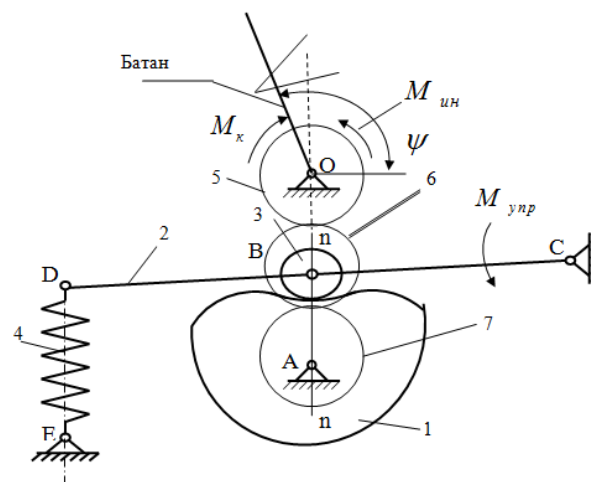


Рис. 1

Смена знака корректирующего момента при переходе от накопления энергии к ее

отдаче (или наоборот) происходит в положении, когда нормаль n-n к профилю кулачка проходит через центр вращения кулачка. При возвратно-вращательном движении кулачка разгрузателя один и тот же профиль используется как для прямого (движение к прибору), так и для обратного ходов батана. При симметричном законе движения батана его силы инерции будут уравновешены полностью. Угол поворота батана ткацких станков типа СТБ составляет сравнительно небольшую величину, поэтому между подбатанным валом и валиком кулачка разгрузателя целесообразно установить повышающую зубчатую передачу, чтобы увеличить угол поворота кулачка разгрузателя с целью обеспечения благоприятных радиусов кривизны профиля и углов давления.

Если при определении корректирующего момента не учитываются силы сопротивления (чисто инерционная нагрузка), корректирующий момент от сил упругости пружины будет равен моменту сил инерции батана:

$$M_k = M_{ин} = J_6 \varepsilon .$$

Текущие значения отдаваемой A_0 и накапливаемой A_H потенциальных энергий пружины определяем по формулам:

$$A_0 = \int_0^{\psi} M_k d\psi = \int_0^{\varphi} M_k \psi' d\varphi , \quad (1)$$

$$A_H = \int_{\psi_{max}/2}^{\psi} M_k d\psi = \int_{\varphi_p/2}^{\varphi} M_k \psi' d\varphi , \quad (2)$$

где φ – угол поворота главного вала ткацкого станка; ψ – угол поворота батана, ψ' – производная от угла поворота батана по углу поворота главного вала; φ_p – угол поворота главного вала, соответствующий движению батана.

Коэффициент жесткости пружины кулачкового разгрузателя оопределялся по выражению [2]:

$$c = \frac{2A_{max}}{2x_0 x_{max} + x_{max}^2} , \quad (3)$$

где x_0 – предварительное натяжение пружины; x_{max} – максимальное растяжение

пружины, A_{max} – максимальное значение накопленной потенциальной энергии.

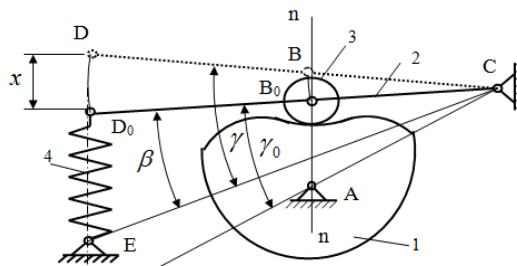


Рис. 2

Перемещение конца пружины 4 (точка D на рис. 2) на участках отдачи и накопления потенциальных энергий в зависимости от угла поворота главного вала определяется по формуле:

$$x(\varphi) = \left[-x_0 + \sqrt{(x_0 + x_{max})^2 - \frac{2}{c} A_0} \right] , \quad (4)$$

$$x(\varphi) = \left[-x_0 + \sqrt{x_0^2 + \frac{2}{c} A_H} \right] .$$

Угол поворота γ коромысла разгрузателя должен обеспечить требуемую деформацию пружины x :

$$\gamma = \arccos \left[\frac{l_{CD}^2 + l_{EC}^2 - (l_{ED_0} + x)^2}{2l_{CD}l_{EC}} \right] , \quad (5)$$

где расстояние l_{EC} определяется из условия благоприятной передачи сил в среднем положении пружины $x = 0,5x_{max}$:

$$l_{EC} = \sqrt{(ED_0 + 0,5x_{max})^2 + l_{CD}^2} . \quad (6)$$

Углы давления в кулачковом механизме разгрузателя вычисляем по формуле:

$$\alpha = \arctg \left[\frac{\left(\frac{d\gamma}{d\psi} U_{4-6} - 1 \right) l_{BC} + l_{AC} \cos[(\gamma - \beta) + \gamma_0]}{l_{AC} \sin[(\gamma - \beta) + \gamma_0]} \right] , \quad (7)$$

где U_{4-6} – передаточное отношение зубчатой передачи (мультипликатора);

$$\beta = \arccos \left[\frac{l_{CD}^2 + l_{EC}^2 - l_{ED_0}^2}{2l_{CD}l_{EC}} \right], \quad (8)$$

$$\gamma_0 = \arccos \left[\frac{l_{AC}^2 + l_{BC}^2 - R_0^2}{2l_{AC}l_{BC}} \right], \quad (9)$$

R_0 – минимальный радиус-вектор профиля кулачка.

Профиль кулачка разгрузителя рассчитывался по формулам:

$$R = \sqrt{l_{AC}^2 + l_{BC}^2 - 2l_{AC}l_{BC}\cos(\gamma + \beta + \gamma_0)}, \quad (10)$$

$$\delta_0 = \arccos \left(\frac{R_{\max}^2 + l_{AC}^2 - l_{BC}^2}{2R_{\max}l_{AC}} \right), \quad (11)$$

$$\delta = \arccos \left(\frac{R^2 + l_{AC}^2 - l_{BC}^2}{2Rl_{AC}} \right), \quad (12)$$

$$\theta = \frac{\psi}{U_{4-6}} + \delta_0 - \delta, \quad (13)$$

где R – радиус-вектор профиля кулачка, θ – угол профиля.

При определении радиусов кривизны ρ – центрального профиля кулачка использовалась формула:

$$\rho = \frac{\left(R^2 + \frac{dR^2}{d\theta} \right)^{1,5}}{R^2 + 2 \frac{dR}{d\theta} R - \frac{d^2R}{d\theta^2}}. \quad (14)$$

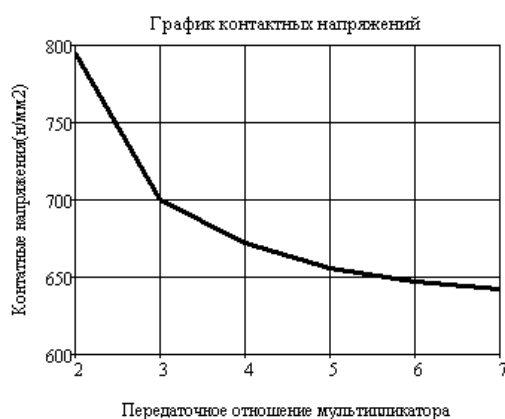


Рис. 3

Из графика следует, что в случае увеличения передаточного отношения U_{6-4}

Контактные напряжения на профиле кулачка определялись по формуле Герца.

Расчет выполнялся для ткацкого станка СТБ-216. Момент инерции батана $J_6 = 0,39 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$, максимальный угол поворота батана $\psi_m = 24$ град, номинальная частота вращения главного вала $n_1 = 300$ об/мин. Размеры коромысла разгрузителя принимаем из конструктивных соображений таким образом, чтобы габариты механизма разгрузителя не превышали размеров батанного механизма: $l_{CB} = 60$ мм, $l_{CD} = 140$ мм, предварительное растяжение пружины $x_0 = 10$ мм, радиус ролика $r_p = 30$ мм, ширина ролика $b = 30$ мм. Минимальный радиус-вектор центрального профиля разгрузителя $R_0 = 90$ мм и расстояние между осями вращения кулачка и коромысла $l_{AC} = 125$ мм определялись из условия обеспечения допустимых углов давления $\alpha \leq 35$ град. Расчеты показали, что при передаточном отношении мультипликатора $U_{6-4} = \omega_6/\omega_4 = 1 \dots 3$ размеры кулачкового механизма разгрузителя, определенные из условия обеспечения допустимых углов давления, превышают соответствующие размеры батанного механизма. График максимальной величины контактных напряжений в зависимости от передаточного отношения зубчатой передачи U_{6-4} показан на рис.3.

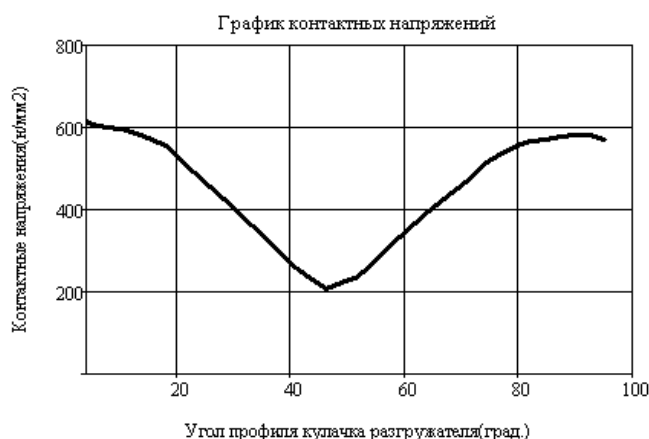


Рис. 4

максимальная величина контактных напряжений уменьшается и при передаточ-

ном отношении $U_{6.4} > 3$ это снижение становится менее интенсивным. В дальнейших расчетах передаточное отношение зубчатой передачи $U_{6.4} = 3$. При вышеуказанных исходных данных коэффициент жесткости пружины составляет $c = 68 \cdot 10^3$ Н/м. График контактных напряжений на профиле кулачка разгрузателя показан на рис. 4.

Как следует из расчетов, максимальные значения контактных напряжений на кулачках батанного механизма (при отсутствии разгрузателя) и на кулачке разгрузателя, имеют примерно одинаковые значения: $\sigma_{\max} = 620 \dots 650$ Н/мм². Если установлен кулачковый разгрузатель, момент сил инерции батана при установившемся режиме работы станка уравновешен корректирующим моментом, возникающим от сил упругости пружины, и контактная сила между роликом и кулачком, а следовательно, и контактные напряжения, равны нулю. Нагрузка, возникающая при работе батанного механизма, будет восприниматься уравновешивающим механизмом, наименее износостойким звеном которого является кулачок разгрузателя. Однако следует отметить, что кулачок разгрузателя является однодисковым в отличие от двухдискового кулачка батанного механизма, металлоемкость однодискового кулачка примерно в два раза меньше и замена его будет происходить с меньшими затратами. При этом наличие разгрузателя позволяет уменьшить неравномерность вращения главного вала ткацкого станка [3]. Пружина уравновешивающего механизма рассчитывается для определенной скорости главного вала станка. При планировании изменении скоростного режима ткацкого станка возможно предусмотреть замену пружины, иначе силы инерции батана будут уравновешены частично.

Выполнен расчет винтовой цилиндрической пружины растяжения, изготовленной из стали круглого сечения. Расчет вы-

полнялся в соответствии с действующими требованиями [4]. Как результат расчета, подобрана пружина 1 класса 3 разряда, изготовленная из стали марки Ст60С2А с диаметром проволоки $d = 11$ мм, наружным диаметром $D_1 = 75$ мм и с длиной при максимальной деформации $\ell_3 = 154$ мм. Полученная конструкция пружины проходит по критериям устойчивости, коэффициенту запаса статической прочности и коэффициенту запаса усталостной прочности.

ВЫВОДЫ

1. Разработана методика проектирования кулачкового разгрузателя пружинного типа, позволяющего уравновесить силы инерции батана, значительно уменьшить реакции в паре ролик – кулачок.
2. Установлено, что при наличии разгрузателя основная нагрузка, возникающая при работе батанного механизма, будет восприниматься звеньями разгрузателя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лушников С.В., Белый М.А., Степнов Н.В. Патент на полезную модель РФ № 99486. Батанный механизм с кулачковым разгрузателем. Опубл. 20.11.2010. Бюл. №32.
2. Левитский Н.И. Колебания в механизмах. – М.: Машиностроение. 1988.
3. Лушников С.В., Кузнецова В.С., Степнов Н. В. Исследование возможности уравновешивания сил инерции батана ткацких станков СТБ// Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, №6. С.101...104.
4. Биргер И.А., Шорр Б.Ф., Иосилевич Г.Б. Расчет на прочность деталей машин: Справочник. – М.: Машиностроение, 1993.

Рекомендована кафедрой теории механизмов, приборов и машин. Поступила 22.11.12.

**УПРОЩЕННАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ
ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ КОЛЕБАНИЙ
ФРИКЦИОННЫХ НАМОТОЧНЫХ МЕХАНИЗМОВ РЫЧАЖНОГО ТИПА
И ЕЕ АНАЛИЗ МЕТОДАМИ КАЧЕСТВЕННОЙ
ТЕОРИИ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ**

**THE SIMPLIFIED MATHEMATICAL MODEL
FOR RESEARCH OF NONLINEAR VIBRATIONS
OF FRICTION WINDING LEVERAGE MECHANISMS
AND ITS ANALYSIS BY THE METHODS OF THE QUALITATIVE THEORY
OF DIFFERENTIAL EQUATIONS**

Г.И. ЧИСТОБОРОДОВ, Д.С. МАЛЕЕВ, С.Г. СТЕПАНОВ
G.I. CHISTOBORODOV, D.S. MALEEV, S.G. STEPANOV

(Ивановская государственная текстильная академия,
Ивановский государственный архитектурно-строительный университет)
(Ivanovo State Textile Academy;
Ivanovo State University of Civil Engineering and Architecture)
E-mail: ttp@igta.ru

В работе установлено, что взаимодействие вынужденных колебаний и автоколебаний качественно и количественно изменяет характер колебаний фрикционных намоточных механизмов.

It is established that interaction of forced vibrations and avtovibrations changes the character of the vibrations of friction winding mechanisms qualitatively and quantitatively.

Ключевые слова: фрикционные намоточные механизмы, нелинейные колебания, математическая модель.

Keywords: friction winding mechanisms, nonlinear vibrations, forced vibrations, avtovibrations, a mathematical model.

В [1] получена математическая модель (22) для исследования нелинейных колебаний фрикционных намоточных механизмов рычажного типа. Ввиду сложности полученной математической модели ее точное аналитическое решение в общем виде получить практически невозможно, а получение приближенного аналитического решения крайне затруднительно.

Рассмотрим частный случай, вытекающий из полученной математической модели [1 (22)], в результате введения следующих упрощающих допущений:

1) отбросим в правых частях уравнений члены, содержащие в качестве множителей $\ddot{\phi}$, так как в области рабочих и критических скоростей $\ddot{\phi} \ll \dot{\phi}$;

2) пренебрежем нелинейной составляющей упругой силы контактного взаимодействия между телом намотки и фрикционным цилиндром [1 (6)], то есть примем $\gamma = 0$;

3) считаем, что демпфирование в системе отсутствует;

4) пренебрежем в четвертом и в пятом уравнениях системы гироскопическими членами, так как для большинства бобинодержателей полярный момент инерции C намного меньше экваториального момента инерции A ($C/A = 0,02 - 0,03$) и влияние C на динамику намоточного механизма незначительно;

5) будем рассматривать колебание системы относительно положения статического равновесия, что позволяет исключить из уравнений силы веса рычага, рото-

ра и статическую составляющую упругой силы контактного взаимодействия между телом катушки и фрикционным цилиндром;

б) в последнем уравнении системы пренебрежем взаимным влиянием колебательного и вращательного движений, а также величиной радиальной деформации тела катушки $W_{\ell=0,5b_1}$ по сравнению с текущими значениями радиуса тела катушки $R_1(\phi)$;

$$\begin{aligned} J\ddot{\psi} + (c_{\Pi}L_1^2 + m_1L^2)\psi + m_1L\eta - m_2L\alpha_1 &= 0, \\ M\ddot{\zeta} + m_1\zeta - m_2\beta_1 &= Me\dot{\phi}^2 \sin \phi + fF_1T(U), \\ M\ddot{\eta} + (m_1 + cb_1)\eta + (cd - m_2)\alpha_1 + m_1L\psi &= Me\dot{\phi}^2 \cos \phi + cb_1\lambda_1 \cos(\phi + v_1), \\ A\ddot{\beta}_1 + m_3\beta_1 - m_2\zeta &= -(C - A)\delta\dot{\phi}^2 \cos(\phi - \varepsilon) + fK_1T(U), \\ A\ddot{\alpha}_1 + (cp + m_3)\alpha_1 + (cd - m_2)\eta - m_2L\psi &= (C - A)\delta\dot{\phi}^2 \sin(\phi - \varepsilon) + cd\lambda_1 \cos(\phi + v_1), \\ C\ddot{\phi} + M_C &= fF_1T(U)R_1(\phi), \end{aligned} \quad (1)$$

где $T(U) = \text{sgn}U - \alpha_1^*U + \alpha_3^*U^3$; $U = V_{\phi} - \dot{\phi}R_1(\phi) - \dot{\zeta} - d_0\dot{\beta}_1$;
 $V_{\phi} = R_2\omega_{\phi}$; $F_1 = cb_1[\rho_0 + \lambda_1 \cos(\phi + v_1) + \eta + d_0\alpha_1]$;
 $K_1 = cb_1\{d_0[\rho_0 + \lambda_1 \cos(\phi + v_1) + \eta] + p_0\alpha_1\}$;
 $d_0 = 0,5b_1 - \ell_0$; $\rho_0 = R_1 + R_2 - a_1$; $d = b_1d_0$;
 $p = b_1p_0$; $p_0 = \frac{b_1^2}{3} - b_1\ell_0 + \ell_0^2$.

Анализ системы уравнений (1) показывает, что она может быть разделена на две системы уравнений. Одна система включает первое, третье и пятое, а другая – второе, четвертое и шестое уравнения системы (1). В первую систему входят линейные дифференциальные уравнения, описывающие вынужденные колебания рычага, линейные и угловые колебания ротора в направлении оси $O_2\eta$ (горизонтальная плоскость). Вторая система, состоящая из нелинейных дифференциальных уравнений, описывает колебания ротора в направлении оси $O_2\zeta$ (вертикальная плоскость), а также колебания угловой скорости

7) рассмотрим частный случай, когда $\Psi_0 = \pi/2$, $L\sin\Psi_0 = Y_0$, $X_0 > 0$, где X_0, Y_0 – координаты оси фрикционного цилиндра;

8) считаем, что наряду с трением качения во всей зоне контакта между телом катушки и фрикционным цилиндром возможна реализация силы трения скольжения.

С учетом принятых допущений математическая модель [1 (22)] принимает вид:

сти вращения тела катушки $\dot{\phi}$. Вторая система зависит от первой, так как от координат η и α_1 зависят величины силы F_1 и момента K_1 контактного взаимодействия между телом катушки и фрикционным цилиндром, от которых, в свою очередь, зависят нелинейные сила трения и момент трения, входящие в правые части уравнений второй системы.

Будем считать, что скорость $\dot{\phi}$ в течение периода колебаний изменяется незначительно. В этом случае угловая скорость вращения ротора может быть представлена в виде: $\dot{\phi} = \omega + \mu\Delta\dot{\phi}$, где $\mu\Delta\dot{\phi}$ – малые вибрационные члены; μ – малый положительный параметр; ω – средняя скорость. Считая, что в системе генерируется близкое к равномерному вращению движение со средней скоростью ω , и пренебрегая в первой системе уравнений малыми вибрационными членами, получим:

$$\begin{aligned} J\ddot{\psi} + (c_{\Pi}L_1^2 + m_1L^2)\psi + m_1L\eta - m_2L\alpha_1 &= 0, \\ M\ddot{\zeta} + m_1\zeta - m_2\beta_1 &= Me\omega^2 \cos \omega t + cb_1\lambda_1 \cos(\omega t + v_1), \\ M\ddot{\eta} + (m_1 + cb_1)\eta + (cd - m_2)\alpha_1 + m_1L\psi &= Me\omega^2 \cos \omega t + cb_1\lambda_1 \cos(\omega t + v_1), \\ A\ddot{\beta}_1 + m_3\beta_1 - m_2\zeta &= -(C - A)\delta\omega^2 \sin(\phi - \varepsilon) + cd\lambda_1 \cos(\omega t + v_1), \\ A\ddot{\alpha}_1 + (cp + m_3)\alpha_1 + (cd - m_2)\eta - m_2L\psi &= (C - A)\delta\omega^2 \sin(\phi - \varepsilon) + cd\lambda_1 \cos(\omega t + v_1). \end{aligned} \quad (2)$$

Решение системы (2) не вызывает затруднений. В соответствии с видом возбу-

ждения ее решение для каждой из обобщенных координат имеет вид:

$$\Psi = A_1 \cos \omega t + B_1 \sin \omega t, \eta = A_2 \cos \omega t + B_2 \sin \omega t, \alpha_1 = A_3 \cos \omega t + B_3 \sin \omega t. \quad (3)$$

Подставляя эти решения в уравнение (2) и приравнявая нулю суммы членов, содержащих множители $\sin \omega t$ и $\cos \omega t$, получаем две зависимые системы линейных алгебраических уравнений, которые в итоге следует объединить в одну общую систему. Из решения этой общей системы алгебраических уравнений, которое может быть получено, например, при помощи правила Крамера, легко определяются ам-

плитуды $A_1(\omega)$, $A_2(\omega)$, $A_3(\omega)$, $B_1(\omega)$, $B_2(\omega)$, $B_3(\omega)$.

Рассмотрим теперь вторую систему уравнений. Предполагая, что нелинейные силовые факторы малы, в систему формально введем малый положительный параметр μ , который впоследствии будет принят равным единице, и преобразуем систему к виду:

$$\begin{aligned} \ddot{\zeta} + n_1^2 \zeta + D_1 \beta_1 &= e \dot{\phi}^2 \sin \phi + \mu M^{-1} f F_1 T(U), \\ \ddot{\beta}_1 + n_2^2 \beta_1 + E_1 \zeta &= D_2 \dot{\phi}^2 \sin \phi + E_2 \dot{\phi}^2 \cos \phi + \mu A^{-1} f K_1 T(U), \\ \ddot{\phi} &= \mu C^{-1} [-M_c + f F_1 T(U) R_1(\phi)], \end{aligned} \quad (4)$$

где $n_1^2 = \frac{m_1}{M}$; $n_2^2 = \frac{m_3}{A}$; $D_1 = -\frac{m_2}{M}$; $E_1 = -\frac{m_2}{A}$;

$D_2 = \frac{(A-C)\delta \sin \varepsilon}{A} \approx \delta \sin \varepsilon$; $E_2 = \frac{(A-C)\delta \cos \varepsilon}{A} \approx \delta \cos \varepsilon$;

$M_c = H(\dot{\phi}) + [f_k - \lambda_1 \cos(\phi - \nu_1)] F_1$; $H(\phi)$ – составляющая момента сил сопротивления вращению тела катушки, равная сумме

моментов сил трения в подшипниках качения и сил аэродинамического сопротивления при вращении тела катушки [1].

Рассмотрим случай, когда нормальные частоты линейной системы далеки от частоты внешней силы.

При $\mu = 0$ решение первых двух уравнений системы (4) имеет вид:

$$\begin{aligned} \zeta &= a \sin(k_1 t + \theta_1) + b \sin(k_2 t + \theta_2) + d_1 \sin \phi + e_1 \cos \phi, \\ \beta_1 &= \rho_1 a \sin(k_1 t + \theta_1) + \rho_2 b \sin(k_2 t + \theta_2) + d_2 \sin \phi + e_2 \cos \phi, \end{aligned} \quad (5)$$

где a , b , θ_1 , θ_2 – постоянные интегрирования; k_1, k_2 – нормальные частоты линейной однородной системы, являющиеся корнями уравнения

$$k^4 - (n_1^2 + n_2^2)k^2 + n_1^2 n_2^2 - D_1 E_1 = 0, \quad (6)$$

из которого следует $k_2^2 > n_1^2$, $k_2^2 > n_2^2$, $k_1^2 < n_1^2$, $k_1^2 < n_2^2$; ρ_1 , ρ_2 – коэффициенты распределения, определяемые выражениями:

$$\begin{aligned} \rho_1 &= -\frac{E_1}{n_2^2 - k_1^2} = -\frac{n_1^2 - k_1^2}{D_1} > 0, \\ \rho_2 &= -\frac{E_1}{n_2^2 - k_2^2} = -\frac{n_1^2 - k_2^2}{D_1} < 0 \end{aligned}$$

Для амплитуд вынужденных колебаний имеем:

$$\begin{aligned} d_1 &= \frac{\dot{\phi}^2 [e(n_2^2 - \dot{\phi}^2) - D_1 D_2]}{\Delta}, \\ d_2 &= \frac{\dot{\phi}^2 [D_2(n_1^2 - \dot{\phi}^2) - E_1 e]}{\Delta}, \\ e_1 &= -\frac{D_1 E_2 \dot{\phi}^2}{\Delta}, \quad e_2 = \frac{\dot{\phi}^2 (n_1^2 - \dot{\phi}^2) E_2}{\Delta}, \\ \Delta &= \dot{\phi}^4 - (n_1^2 + n_2^2) \dot{\phi}^2 + n_1^2 n_2^2 - D_1 E_1. \end{aligned}$$

Предположим, что корни уравнения (6) k_1 и k_2 не равны друг другу ($k_2 > k_1$) и ни один из них не равен нулю.

Решение первых двух уравнений системы (4) при $\mu \neq 0$ будем искать в форме (5), считая, что a , b , θ_1 , θ_2 – медленно меняю-

щиеся функции времени. Для третьего уравнения системы (4) принимаем $\dot{\phi} = \varpi$.

Используя принятые решения как формулы замены переменных, получим:

$$\begin{aligned} \frac{da}{dt} &= -\frac{\mu}{k_1 \rho_1 (k_2^2 - k_1^2)} (E_1 f^* + D_1 \rho_1 q^*) \cos \psi_1, \\ \frac{db}{dt} &= \frac{\mu}{k_2 \rho_2 (k_2^2 - k_1^2)} (E_1 f^* + D_1 \rho_2 q^*) \cos \psi_2, \\ a \frac{d\theta_1}{dt} &= \frac{\mu}{k_1 \rho_1 (k_2^2 - k_1^2)} (E_1 f^* + D_1 \rho_1 q^*) \sin \psi_1, \\ b \frac{d\theta_2}{dt} &= -\frac{\mu}{k_2 \rho_2 (k_2^2 - k_1^2)} (E_1 f^* + D_1 \rho_2 q^*) \sin \psi_2, \\ \frac{d\varpi}{dt} &= \mu C^{-1} [-M_C(\varpi, \phi) + p^*], \end{aligned} \quad (7)$$

где $f^* = M^{-1} f F_1 T(U)$, $q^* = A^{-1} f K_1 T(U)$, $p^* = f F_1 T(U) R_1$, $\Psi_1 = k_1 t + \theta_1$, $\Psi_2 = k_2 t + \theta_2$, $U = V_\phi - \varpi [R_1 + \lambda_1 \cos(\phi + \nu_1)] - a k_1 \cos \Psi_1 - b k_2 \cos \Psi_2 - d_1 \varpi \cos \phi + e_1 \varpi \sin \phi - d_0 (\rho_1 a k_1 \cos \Psi_1 + \rho_2 b k_2 \cos \Psi_2 + d_2 \varpi \cos \phi - e_2 \varpi \sin \phi)$.

Приближенные решения системы (7) будем искать в виде:

$$\begin{aligned} a &= u + \mu u_1, \quad b = v + \mu v_1, \quad \theta_1 = \Omega_1 + \mu \phi_1, \\ \theta_2 &= \Omega_2 + \mu \phi_2, \quad \varpi = \omega + \mu \phi_3, \end{aligned}$$

где $\mu u_1, \mu v_1, \mu \phi_1, \mu \phi_2, \mu \phi_3$ – малые вибрационные члены; $u, v, \Omega_1, \Omega_2, \omega$ – медленно изменяющиеся значения искоемых переменных, которые составляют главную часть решения и определяются из системы, получающейся после усреднения правых частей уравнений (7) по трем периодам $2\pi/k_1, 2\pi/k_2, 2\pi/\omega$:

$$\begin{aligned} \frac{du}{dt} &= -\frac{\mu}{k_1 \rho_1 (k_2^2 - k_1^2)} (E_1 F_1^* + D_1 \rho_1 G_1^*), \\ \frac{dv}{dt} &= \frac{\mu}{k_2 \rho_2 (k_2^2 - k_1^2)} (E_1 F_2^* + D_1 \rho_2 G_2^*), \\ \frac{d\Omega_1}{dt} &= \frac{\mu}{k_1 \rho_1 u (k_2^2 - k_1^2)} (E_1 F_3^* + D_1 \rho_1 G_3^*), \\ \frac{d\Omega_2}{dt} &= -\frac{\mu}{k_2 \rho_2 v (k_2^2 - k_1^2)} (E_1 F_4^* + D_1 \rho_2 G_4^*), \\ \frac{d\omega}{dt} &= \mu C^{-1} (F_5^* + G_5^*), \end{aligned} \quad (8)$$

$$\text{где} \quad F_1^* = \frac{1}{8\pi^3} \int_0^{2\pi} \int_0^{2\pi} \int_0^{2\pi} f^* \cos \psi_1 d\psi_1 d\psi_2 d\phi,$$

$$F_2^* = \frac{1}{8\pi^3} \int_0^{2\pi} \int_0^{2\pi} \int_0^{2\pi} f^* \cos \psi_2 d\psi_1 d\psi_2 d\phi,$$

$$F_3^* = \frac{1}{8\pi^3} \int_0^{2\pi} \int_0^{2\pi} \int_0^{2\pi} f^* \sin \psi_1 d\psi_1 d\psi_2 d\phi,$$

$$F_4^* = \frac{1}{8\pi^3} \int_0^{2\pi} \int_0^{2\pi} \int_0^{2\pi} f^* \sin \psi_2 d\psi_1 d\psi_2 d\phi,$$

$$F_5^* = -\frac{1}{8\pi^3} \int_0^{2\pi} \int_0^{2\pi} \int_0^{2\pi} M_C(\omega, \phi) d\psi_1 d\psi_2 d\phi,$$

$$G_1^* = \frac{1}{8\pi^3} \int_0^{2\pi} \int_0^{2\pi} \int_0^{2\pi} q^* \cos \psi_1 d\psi_1 d\psi_2 d\phi,$$

$$G_2^* = \frac{1}{8\pi^3} \int_0^{2\pi} \int_0^{2\pi} \int_0^{2\pi} q^* \cos \psi_2 d\psi_1 d\psi_2 d\phi,$$

$$G_3^* = \frac{1}{8\pi^3} \int_0^{2\pi} \int_0^{2\pi} \int_0^{2\pi} q^* \sin \psi_1 d\psi_1 d\psi_2 d\phi,$$

$$G_4^* = \frac{1}{8\pi^3} \int_0^{2\pi} \int_0^{2\pi} \int_0^{2\pi} q^* \sin \psi_2 d\psi_1 d\psi_2 d\phi,$$

$$G_5^* = \frac{1}{8\pi^3} \int_0^{2\pi} \int_0^{2\pi} \int_0^{2\pi} p^*(\omega, \phi) d\psi_1 d\psi_2 d\phi,$$

$$f^* = M^{-1} f \Phi(\omega) T(U),$$

$$q^* = A^{-1} f [W_1(\omega) \cos \phi + V_1(\omega) \sin \phi + c_s d_0] T(U),$$

$$M_C(\omega) = H(\omega) + (f_K - \ell_1 \sin \phi - \ell_2 \cos \phi) \Phi(\omega),$$

$$\ell_1 = \lambda_1 \cos \nu_1, \quad \ell_2 = \lambda_1 \sin \nu_1, \quad p^*(\omega) = f R_1 \Phi(\omega) T(U),$$

$$\begin{aligned}
c_* &= cb_1\rho_0, \quad \Phi(\omega) = Q_1(\omega)\cos\phi + S_1(\omega)\sin\phi + c_*, \\
U &= V_\phi - \omega R_1 - K_1(\omega)\cos\phi + L_1(\omega)\sin\phi - \\
&- ak_1(1+d_0\rho_1)\cos\psi_1 - bk_2(1+d_0\rho_2)\cos\psi_2, \\
K_1(\omega) &= \omega[\lambda_1\cos v_1 + d_1(\omega) + d_0d_2(\omega)], \\
L_1(\omega) &= \omega[\lambda_1\sin v_1 + e_1(\omega) + d_0e_2(\omega)], \\
Q_1(\omega) &= cb_1[\lambda_1\cos v_1 + A_2(\omega) + d_0A_3(\omega)], \\
S_1(\omega) &= cb_1[-\lambda_1\sin v_1 + B_2(\omega) + d_0B_3(\omega)], \\
W_1(\omega) &= cb_1[\lambda_1d_0\cos v_1 + A_2(\omega)d_0 + A_3(\omega)p_0], \\
V_1(\omega) &= cb_1[-\lambda_1d_0\sin v_1 + B_2(\omega)d_0 + B_3(\omega)p_0].
\end{aligned}$$

Подставляя вычисленные значения интегралов в уравнения (8), после преобразований получим:

$$\begin{aligned}
\frac{du}{dt} &= A_0u[a_0(\omega) - u - 2v], \\
\frac{dv}{dt} &= B_0v[b_0(\omega) - v - 2u], \\
\frac{d\omega}{dt} &= c_0(\omega) + \kappa_0(\omega)(u + v).
\end{aligned} \quad (9)$$

$$\begin{aligned}
a_0(\omega) &= \frac{4\alpha_1^*}{3\alpha_3^*} - 4\{(V_\phi - \omega R_1)^2 - \frac{V_\phi - \omega R_1}{c_*\chi_1}[K_1(\omega)(Q_1(\omega) + \rho_1 W_1(\omega)) - L_1(\omega)(S_1(\omega) + \rho_1 V_1(\omega))] + 0,5(L_1^2(\omega) + K_1^2(\omega))\}, \\
b_0(\omega) &= \frac{4\alpha_1^*}{3\alpha_3^*} - 4\{(V_\phi - \omega R_1)^2 - \frac{V_\phi - \omega R_1}{c_*\chi_2}[K_1(\omega)(Q_1(\omega) + \rho_2 W_1(\omega)) - L_1(\omega)(S_1(\omega) + \rho_2 V_1(\omega))] + 0,5(L_1^2(\omega) + K_1^2(\omega))\}, \\
\kappa_0(\omega) &= 0,75fR_1\alpha_3^*C^{-1}[2c_*(V_\phi - \omega R_1) + S_1(\omega)L_1(\omega) - Q_1(\omega)K_1(\omega)], \\
c_0(\omega) &= C^{-1}\{-H(\omega) - f_k c_* + 0,5[\ell_1 S_1(\omega) + \ell_2 Q_1(\omega)] + fR_1[c_* - 0,5\alpha_1^*(2c_*(V_\phi - \omega R_1) - Q_1(\omega)K_1(\omega) + \\
&+ S_1(\omega)L_1(\omega)) + 0,5\alpha_3^*[2c_*(V_\phi - \omega R_1)^3 + 3(V_\phi - \omega R_1)^2(S_1(\omega)L_1(\omega) - Q_1(\omega)K_1(\omega)) + \\
&+ 3c_*(V_\phi - \omega R_1)(L_1^2(\omega) + K_1^2(\omega)) - 1,5K_1(\omega)Q_1(\omega)(L_1^2(\omega) + 0,5K_1^2(\omega)) + \\
&+ 1,5S_1(\omega)L_1(\omega)(0,5L_1^2(\omega) + K_1^2(\omega))]\}.
\end{aligned}$$

В систему (9) не вошли третьи и четвертое уравнения системы (8), так как в результате вычислений имеем:

$$\begin{aligned}
\frac{d\Omega_1}{dt} &= 0 \Rightarrow \Omega_1 = \theta_1 = \text{const}, \\
\frac{d\Omega_2}{dt} &= 0 \Rightarrow \Omega_2 = \theta_2 = \text{const}.
\end{aligned}$$

Остановимся на анализе системы (9) методами качественной теории дифференциальных уравнений [2], [3]. Для нахождения стационарных решений этой системы необходимо приравнять нулю ее правые

Выражение переменных u и v через исходные переменные a и b имеет вид:

$$u = a^2 k_1^2 \chi_1^2 > 0, \quad v = b^2 k_2^2 \chi_2^2 > 0,$$

$$\chi_1 = 1 + d_0\rho_1, \quad \chi_2 = 1 + d_0\rho_2.$$

Остальные величины, входящие в правые части системы (9), имеют значения:

$$A_0 = \frac{3m_2 f c_* \alpha_3^* \chi_1^2}{4AM\rho_1(k_2^2 - k_1^2)} > 0,$$

$$B_0 = -\frac{3m_2 f c_* \alpha_3^* \chi_2^2}{4AM\rho_2(k_2^2 - k_1^2)} > 0,$$

части и из полученных таким образом уравнений определить искомые величины.

Считая, что в системе генерируется близкое к равномерному вращению движение со средней скоростью $\omega = \text{const}$, из третьего уравнения системы следует:

$$c_0(\omega) + \kappa_0(\omega)(u + v) = 0. \quad (10)$$

Данное уравнение накладывает дополнительное ограничение на параметры u и v , а следовательно, и на амплитуды a , b , но не оказывает влияния на характер состояний равновесия системы (9). Уравнение (10) отражает баланс моментов относи-

тельно оси вращения тела намотки: момент от сил трения в пятне контакта тело намотки – фрикционный цилиндр уравновешивается моментом сопротивления вращению тела намотки.

Значения u и v , соответствующие особым точкам (состояниям равновесия) этой системы, будем искать из уравнений, которые получаются после приравнивания нулю правых частей первых двух уравнений (9):

$$P(u, v) = A_0 u [a_0(\omega) - u - 2v] = 0,$$

$$Q(u, v) = B_0 v [b_0(\omega) - v - 2u] = 0.$$

Так как $u = a^2 k_1^2 \chi_1^2 > 0$ и $v = b^2 k_2^2 \chi_2^2 > 0$, то будем рассматривать только первый квадрат плоскости uv .

Особыми точками будут:

точка P_1 : $u_1=0, v_1=0$; из выражений (5) следует, что при $d_1=e_1=d_2=e_2=0$ эта точка соответствует состоянию равновесия исходной системы; при $d_1 \neq 0, e_1 \neq 0, d_2 \neq 0, e_2 \neq 0$ – движению с частотой ω внешней силы;

точка P_2 : $u_2=0, v_2=b_0(\omega)$; при $d_1=e_1=d_2=e_2=0$ точка P_2 соответствует периодическому движению с частотой k_2 ; при $d_1 \neq 0, e_1 \neq 0, d_2 \neq 0, e_2 \neq 0$ – бигармоническому движению с частотами k_2 и ω ;

$$p = - \left[\frac{\partial P(u_0, v_0)}{\partial u} + \frac{\partial Q(u_0, v_0)}{\partial v} \right], \quad q = \frac{\partial P(u_0, v_0)}{\partial u} \frac{\partial Q(u_0, v_0)}{\partial v} - \frac{\partial P(u_0, v_0)}{\partial v} \frac{\partial Q(u_0, v_0)}{\partial u},$$

где u_0, v_0 – координаты состояний равновесия.

Для исследуемой системы (9) имеем:

$$p = 2(u + v) (A_0 + B_0) - [A_0 a_0(\omega) + B_0 b_0(\omega)],$$

$$q = A_0 B_0 [a_0(\omega) - 2(u + v)][b_0(\omega) - 2(u + v)] - 4A_0 B_0 uv.$$

Для состояния равновесия $P_1(u_1=0, v_1=0)$:

$$p = - [A_0 a_0(\omega) + B_0 b_0(\omega)],$$

$$q = A_0 B_0 a_0(\omega) b_0(\omega).$$

Для состояния равновесия $P_2(u_2=0, v_2=b_0(\omega))$:

$$p = B_0 b_0(\omega) + A_0 [2b_0(\omega) - a_0(\omega)],$$

точка P_3 : $u_3=a_0(\omega), v_3=0$; при $d_1=e_1=d_2=e_2=0$ точка P_3 соответствует периодическому движению с частотой k_1 ; при $d_1 \neq 0, e_1 \neq 0, d_2 \neq 0, e_2 \neq 0$ – бигармоническому движению с частотами k_1 и ω ;

$$\text{точка } P_4: \quad u_4 = \frac{1}{3} [2b_0(\omega) - a_0(\omega)],$$

$v_4 = \frac{1}{3} [2a_0(\omega) - b_0(\omega)]$; при $d_1=e_1=d_2=e_2=0$ точка P_4 соответствует бигармоническому движению с частотами k_1 и k_2 ; при $d_1 \neq 0, e_1 \neq 0, d_2 \neq 0, e_2 \neq 0$ – тригармоническому движению системы с частотами k_1, k_2, ω .

Следует отметить, для всех четырех особых точек (состояний равновесия) случай $d_1=e_1=d_2=e_2=0$ теоретически соответствует случаю отсутствия в системе вынужденных колебаний из-за идеальной статической и динамической уравновешенности ротора ($e = \delta = 0$) и полного совмещения оси вращения тела намотки с его геометрической осью ($\lambda_1=0$), и, как следствие всего этого:

$$A_1(\omega) = A_2(\omega) = A_3(\omega) = B_1(\omega) = B_2(\omega) = B_3(\omega) = 0.$$

Характер состояний равновесия определяем по знакам величин:

$$q = A_0 B_0 b_0(\omega) [2b_0(\omega) - a_0(\omega)].$$

Для состояния равновесия $P_3 (u_3= a_0(\omega), v_3=0)$:

$$p = A_0 a_0(\omega) + B_0 [2a_0(\omega) - b_0(\omega)],$$

$$q = A_0 B_0 a_0(\omega) [2a_0(\omega) - b_0(\omega)].$$

Для состояния равновесия P_4 ($u_4 = \frac{1}{3} [2b_0(\omega) - a_0(\omega)], v_4 = \frac{1}{3} [2a_0(\omega) - b_0(\omega)]$):

$$p = A_0 u_4 + B_0 v_4, \quad q = -3A_0 B_0 u_4 v_4.$$

Для состояния равновесия P_4 имеем $q < 0$, так как $A_0 > 0, B_0 > 0, u_4 > 0, v_4 > 0$. Следовательно, состояние равновесия вне осей P_4

является седлом. Существование и характер состояний равновесия системы (9) (табл. 1) определяется величинами $a_0(\omega)$ и $b_0(\omega)$, которые зависят от параметров, характеризующих трение скольжения между телом намотки и фрикционным цилиндром, раз-

ности между их окружными скоростями, амплитуд линейных и угловых колебаний ротора в вертикальной и горизонтальной плоскостях, эксцентрисичности тела намотки, угловой скоростью ротора ω .

Т а б л и ц а 1

| № п/п | Случай | Состояние равновесия | | | |
|-------|--|----------------------|-----------------|-----------------|-------|
| | | P_1 | P_2 | P_3 | P_4 |
| 1 | $a_0(\omega) < 0, b_0(\omega) < 0$ | Устойчивый узел | Нет | Нет | Нет |
| 2 | $a_0(\omega) > 0, b_0(\omega) < 0$ | Седло | Нет | Устойчивый узел | Нет |
| 3 | $a_0(\omega) < 0, b_0(\omega) > 0$ | Седло | Устойчивый узел | Нет | Нет |
| 4 | $a_0(\omega) > 0, b_0(\omega) > 0, a_0(\omega) > 2b_0(\omega)$ | Неустойчивый узел | Седло | Устойчивый узел | Нет |
| 5 | $a_0(\omega) > 0, b_0(\omega) > 0, a_0(\omega) < 2b_0(\omega), a_0(\omega) \geq b_0(\omega)$ | Неустойчивый узел | Устойчивый узел | Устойчивый узел | Седло |
| 6 | $a_0(\omega) > 0, b_0(\omega) > 0, 2a_0(\omega) > b_0(\omega), b_0(\omega) \geq a_0(\omega)$ | Неустойчивый узел | Устойчивый узел | Устойчивый узел | Седло |
| 7 | $a_0(\omega) > 0, b_0(\omega) > 0, b_0(\omega) > 2a_0(\omega)$ | Неустойчивый узел | Устойчивый узел | Седло | Нет |

Так как $u=0, v=0$ – интегральные кривые и кроме седла вне осей других особых точек нет, то система (9) предельных циклов не имеет. Аналогичный результат – отсутствие предельных циклов для систем, близких к

двум первым уравнениям системы (9), был получен в работе [3], но при этом был использован критерий Бендиксона - Дюлака отсутствия предельных циклов.

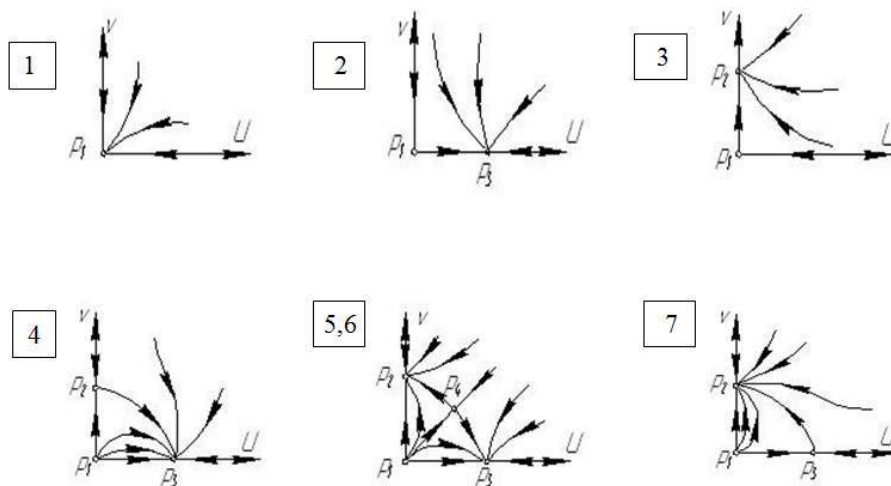


Рис. 1

На рис. 1 показаны картины фазовой плоскости для случаев, представленных в табл. 1.

Покажем, что в системе возможны незатухающие колебательные режимы с частотами k_1 или k_2 даже в случае идеальной статической и динамической равнове-

шенности ротора ($\epsilon = \delta = 0$) и полного совмещения оси вращения тела намотки с его геометрической осью ($\lambda_1=0$), и, как следствие всего этого:

$$d_1 = e_1 = d_2 = e_2 = A_1(\omega) = A_2(\omega) = A_3(\omega) = B_1(\omega) = B_2(\omega) = B_3(\omega) = 0.$$

Нетрудно убедиться, что в этом случае:

$$a_0(\omega) = b_0(\omega) = \frac{4\alpha_1^*}{3\alpha_3^*} - 4(V_\phi - \omega R_1)^2. \quad (11)$$

В первом случае (см. табл. 1) система при $a_0(\omega) < 0$, $b_0(\omega) < 0$ будет находиться в состоянии равновесия (отсутствует какое либо движение), в пятом $a_0(\omega) > 0$, $b_0(\omega) > 0$, $a_0(\omega) < 2b_0(\omega)$, $a_0(\omega) \geq b_0(\omega)$ и шестом $a_0(\omega) > 0$, $b_0(\omega) > 0$, $2a_0(\omega) > b_0(\omega)$, $b_0(\omega) \geq a_0(\omega)$ случаях реализуются состояния равновесия P_2 или P_3 , соответствующие возникновению в системе периодических колебаний с частотами k_1 или k_2 .

Таким образом, условие возникновения в системе периодических колебаний с частотами k_1 или k_2 имеет вид:

$$\frac{4\alpha_1^*}{3\alpha_3^*} > 4(V_\phi - \omega R_1)^2. \quad (12)$$

В условие (12) и выражения для параметров u и v , а следовательно, и амплитуд a , b , входят постоянные α_1^* , α_3^* , характеризующие трение в пятне контакта между телом катушки и фрикционным цилиндром, а также разность между их окружными скоростями $V_\phi - \omega R_1$. Данное обстоятельство позволяет сделать вывод о том, что периодические колебания с частотами k_1 или k_2 являются автоколебаниями.

Однако случаи идеальной статической и динамической уравновешенности ротора ($\epsilon = \delta = 0$) и полного совмещения оси вращения тела катушки с его геометрической осью ($\lambda_1 = 0$) не достижимы с практической точки зрения, и в системе устанавливаются смешанные колебания с частотой k_1 или k_2 и вынужденные колебания с частотой ω .

ВЫВОДЫ

1. Фрикционные намоточные механизмы в отличие от роторных систем других видов относятся к механическим системам, в которых могут реализовываться смешанные колебания согласно классификации [4] класса ВА – взаимодействие вынужденных колебаний, обусловленных наличием статической, динамической неуравновешенностей ротора и кинематического возбуждения, вызванного смещением оси вращения тела катушки относительно его геометрической оси, и автоколебаний, возникающих из-за наличия автоколебательного механизма, связанного с фрикционным взаимодействием тела катушки и фрикционного цилиндра.

2. Взаимодействие вынужденных колебаний и автоколебаний качественно и количественно изменяет характер колебаний фрикционных намоточных механизмов.

3. Для подтверждения наличия автоколебаний во фрикционных намоточных механизмах необходимо провести комплекс экспериментальных исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Степанов С.Г., Малеев Д.С., Чистобородов Г.И. Математическая модель для исследования нелинейных колебаний фрикционных намоточных механизмов рычажного типа // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, №5. С.140...146.
2. Бутенин Н.Н., Неймарк Ю.И., Фуфаев Н.А. Введение в теорию нелинейных колебаний. – М.: Наука, 1987.
3. Баутин Н.В., Леонтович Е.Л. Методы и приемы качественного анализа исследования динамических систем на плоскости. – М.: Наука, 1976.
4. Алифов А.А., Фролов К.В. Взаимодействие нелинейных колебательных систем с источниками энергии. – М.: Наука, 1985.

Рекомендована кафедрой инженерной графики ИГТА. Поступила 03.10.12.

УДК 677.023: 62-83

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ДЕФОРМАЦИИ
ОСНОВЫ И НИТИ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДА
МЕХАНИЗМА СНОВАЛЬНОГО ВАЛА**

**MATHEMATIC DESIGNING OF THE PROCESS OF WARP DEFORMATION
AND A THREAD IN THE SYSTEM OF AN ELECTRIC DRIVE
OF A WARPING SHAFT MECHANISM**

В.Ф. ГЛАЗУНОВ, К.С. ШИШКОВ
V.F. GLAZUNOV, K.S. SHISHKOV

(Ивановский государственный энергетический университет)
(Ivanovo State Power University)
E-mail: ttyp@igta.ru

Представлена разработка математической модели системы асинхронного электропривода механизма сновального вала, построенной с учетом его влияния на процесс деформации основы и ее отдельной нити.

The article presents development of the mathematical model of the system of an asynchronous electric drive for a warping shaft mechanism designed in view of its influence on the process of warp deformation and its separate thread.

Ключевые слова: электропривод, сновальный вал, скорость, натяжение, деформация.

Keywords: an electric drive, a warping shaft, speed, tension, deformation.

В процессе наматывания нитей основы на сновальный вал момент сопротивления вращению его асинхронного двигателя (АД) при условии пренебрежения потерями в двигателе и редукторе создается натяжением основы и может быть представлен как произведение радиуса намотки на количество нитей и некоторое среднее натяжение одной нити. В процессе пуска или при отработке возмущений в системе электропривода сновальный и мерильный вал совершают движение, влияющее на натяжение всех нитей, которое обуславливает переходный процесс натяжения каждой

отдельной нити, определяемый индивидуальными условиями ее транспортирования через нитенатяжитель и действующими на нее силами трения.

Таким образом натяжение основы, отнесенное к количеству нитей, является некоторым средним для всех нитей натяжением, а изменение натяжения одной нити может рассматриваться как отклонение от этого среднего значения, обусловленное условиями ее транспортирования.

Упростим задачу моделирования процесса деформации, пренебрегая действием уплотняющего вала, продольными и попе-

речными колебаниями нити, сопровождаемыми резонансными явлениями, а также массой нити и влиянием распределенного аэродинамического трения ее о воздух. Будем считать также известной зависимость силы трения нити в нитенатяжителе (НН) и рассматривать процессы в области положительных натяжений. Для исследования процессов деформации нити воспользуемся функциональной схемой (рис. 1 – технологическая схема зон деформации нити между нитенатяжителем, мерильным и сновальным валами), включающей формируемую паковку 2, нитенатяжитель 3, мерильный вал 4 и нить 1.

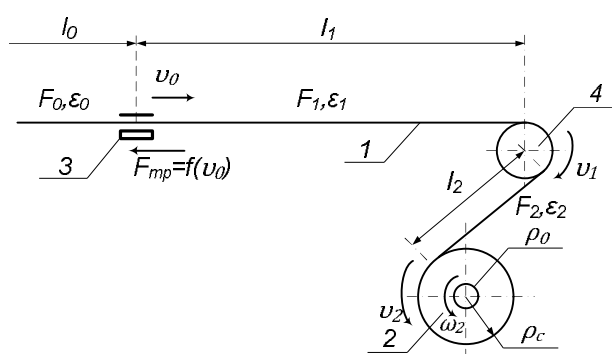


Рис. 1

Здесь v_1, v_2, v_0 – линейные скорости мерильного и сновального валов и скорость движения нити на выходе НН, м/с; $F_2, F_1, F_0, \epsilon_2, \epsilon_1, \epsilon_0$ – натяжения и относительные удлинения нити в зонах деформации, Н; $F_{тр} = f(v_0)$ – сила трения нити в НН, Н; ρ_0, ρ_c – начальный и текущий радиусы намотки, м; ℓ, ℓ_2 – длины нити в зонах деформации, м.

Учитывая принятые выше допущения, запишем линеаризованное уравнение материального баланса нити в зоне деформации [1]:

$$T_{c1} \frac{dF_1}{dt} = E_0 k_v (v_1 - v_0) + (F_0 - F_1), \quad (1)$$

где E_0 – модуль упругости нити, Н/м; v_{cp} – средняя скорость движения нити, м/с; $k_v = 1/v_{cp}$; $T_{c1} = \ell_1/v_{cp}$ – постоянная вре-

мени нити в зоне деформации между НН и мерильным валом, с.

Используя преобразование Лапласа, получим передаточную функцию, связывающую изображения натяжения нити и рассогласования линейных скоростей ее движения в зоне деформации:

$$H_1(s) = \frac{F_1(s)}{v_1(s) - v_0(s)} = \frac{E_0 k_v}{T_{c1} s + 1}. \quad (2)$$

Примем уравнения математической модели НН, приведенные в [2] в виде:

$$\left. \begin{aligned} H_{нн}(s) &= \frac{F_1(s) - F_{тр}(s)}{F_0(s)} = \frac{k}{s^2 + 2bs + \omega^2}, \\ F_{тр}(s) &= \alpha_0^2 v_0(s), \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

где α_0 – постоянный коэффициент, определяемый настройкой НН; $H_{нн}(s)$ – передаточная функция НН; $F_{тр}(s)$ – составляющая приращения натяжения нити на выходе НН за счет силы трения, представленной в функции линейной скорости снования, Н; k, b, ω – коэффициенты передачи, демпфирования и собственная частота колебаний НН.

Из (3) линейная скорость движения нити на выходе НН:

$$v_0(s) = \frac{F_1(s) - F_0(s)}{\alpha_0^2} \frac{k}{s^2 + 2bs + \omega^2}. \quad (4)$$

Передаточная функция, связывающая изображения рассогласования линейных скоростей движения нити и ее натяжения в зоне деформации между мерильным и сновальными валами:

$$H_2(s) = \frac{F_2(s)}{v_2(s) - v_1(s)} = \frac{k_v E_0}{T_{c2} s + 1}, \quad (5)$$

где $T_{c2} = \ell_2/v_{cp}$ – постоянная времени нити в зоне между мерильным и сновальными валами, с.

Структурная схема, построенная на основе передаточных функций (2), (4), (5), описывающих процесс деформации нити в зонах ее транспортирования, приведена на рис. 2.

Процессы деформации основы как упругого звена могут быть представлены передаточными функциями, аналогичными (2), (5). На рис. 3 представлена структурная схема зоны деформации основы [3], [4] в системе управления автоматизированным электроприводом (СУАП) с учетом инерционности мерильного вала и возможного ее скольжения по его поверхности в переходных процессах.

Здесь $M_F(s) = F'_2(s) \frac{\rho_c}{i_p}$ – момент сопротивления, создаваемый натяжением основы, Н·м; $M_c(s)$ – сумма моментов сопротивления механизмов сновального и уплотняющего валов, приведенных к валу асинхронного двигателя (АД) сновального вала, Н·м; ω_2 – угловая скорость вращения АД сновального вала, рад/с; $k_{дв}$ – коэффициент обратной связи по линейной скорости; i_p – передаточное число редуктора; E – модуль упругости основы, Н;

$J_m, \omega_1, F_{см}$ – момент инерции мерильного вала, кг·м², его угловая скорость вращения, рад/с и статический момент сопротивления, Н·м; F'_1, F'_2 – натяжения основы на участках зон деформации между НН, мерильным и сновальным валами, Н; $f_{п}, f_{ск}$ – коэффициенты трения покоя и скольжения между основой и поверхностью мерильного вала.

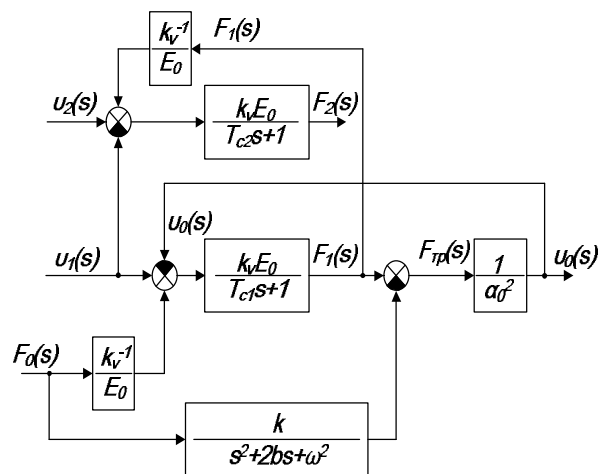


Рис. 2

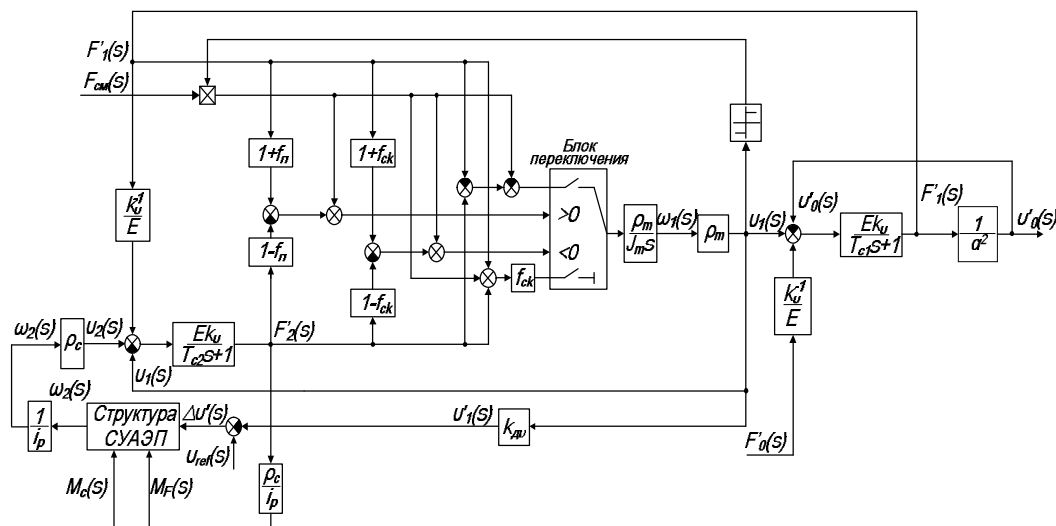


Рис. 3

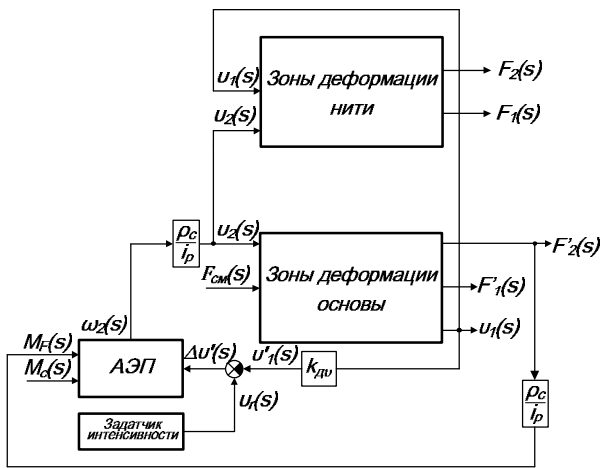


Рис. 4

В процессе работы система электропривода механизма сновального вала обеспечивает заданную скорость движения основы v_2 , которая определяет переходный процесс каждой нити, имеющей свои параметры и условия транспортирования. В этой связи структурные схемы процессов деформации нити (рис. 2) и основы (рис. 3) могут быть объединены в одну структурную схему системы электропривода механизма сновального вала (рис. 4),

на входе которой дополнительно установлен задатчик интенсивности. Анализ выполним с учетом параметров сновальной машины СП-140 [2], [3], [5]: $J_m = 0,02 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$; $\rho_m = 0,053 \text{ м}$; $\rho_0 = 0,12 \text{ м}$; $\rho_c^{\max} = 0,3 \text{ м}$; $m = 400$; $E = 485 \text{ Н}$; $E_0 = 1,2 \text{ Н}$; $\ell_1 = 3 \text{ м}$; $\ell_2 = 0,56 \text{ м}$; $v_r = 10 \text{ м/с}$; $i_p = 1,2$; $f_{II} = 0,25$; $f_{ck} = 0,05$; $F_{cm} = 10 \text{ Н}$; $F_0 = 5 \text{ сН}$; $F'_0 = 20 \text{ Н}$; $\alpha = 2$; $\alpha_0 = 0,1$ и АД типа 4A132S4У3 механизма сновального вала, характеристика которого представлена в [6]. Здесь математическая модель СУАЭП построена на основе уравнений Парка-Горева в системе координат d, q , ориентированной по вектору потокосцепления ротора [6]. Регуляторы компонент активного и реактивного тока статора, ЭДС, угловой ω_2 и линейной v_2 скоростей сновального вала рассчитаны применительно к сновальной машине СП-140 с использованием принципов подчиненного регулирования [4], [6].

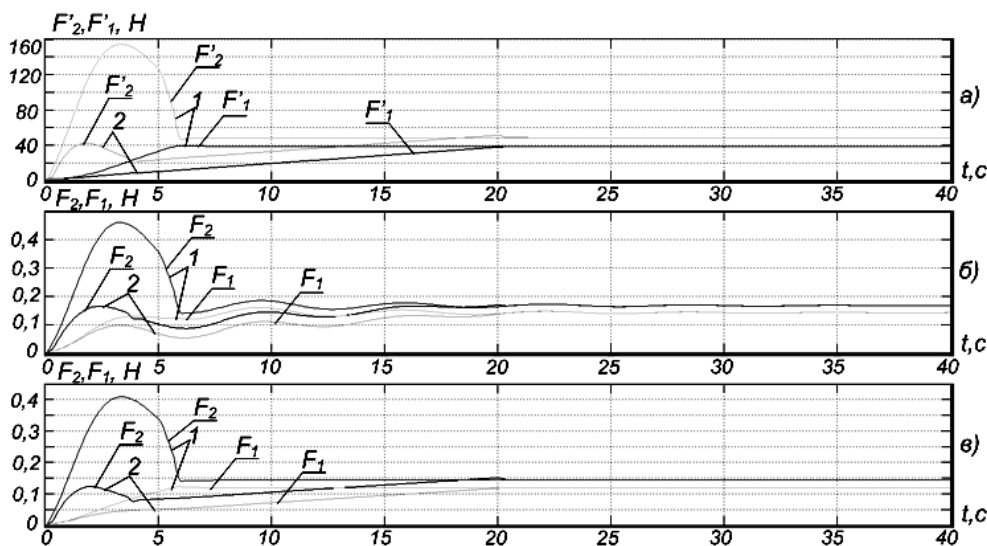


Рис. 5

На рис. 5 в качестве иллюстрации результатов моделирования представлены переходные процессы натяжений основы F'_1 , F'_2 (рис. 5-а) и нити F_1 , F_2 при различной настройке НН ($k = 1$, $b = 0,1$, $w = 1$ –

рис. 5-б, $k = 0,5$; $b = 0,5$, $w = 1$ – рис. 5-в) и параметрах сновального вала $\rho_0 = 0,12 \text{ м}$, $J_0 = 0,67 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$. Постоянные времени задатчика интенсивности приняты $T_i = 1 \text{ с}$ и $T_{ii} = 20 \text{ с}$. Интенсивный пуск ($T_{ii} = 1 \text{ с}$)

ВЫВОДЫ

приводит к росту динамических составляющих натяжений основы F'_2 и нити F_2 (рис. 5-а, б, в, кривые 1) в зоне мерильного вала. При этом увеличение длительности пуска ($T_1 = 20$ с) сопровождается снижением броска натяжений F'_2 и F_2 (рис. 5-б, в, кривые 2). В зоне деформации между НН и мерильным валом переходный процесс натяжения основы F'_1 всегда является апериодическим, что объясняется упругим скольжением нитей относительно мерильного вала, которое вносит запаздывание в сигнал обратной связи по его линейной скорости и увеличивает длительность разгона мерильного вала. Переходные процессы натяжений нити F_1, F_2 (рис. 5-б, в) зависят от ее физико-механических свойств, линейных скоростей мерильного и сновального валов, настройки НН. При этом в ходе настройки НН в зависимости от соотношения между коэффициентом демпфирования b и частотой собственных колебаний ω процесс изменения натяжения нити может быть колебательным (рис. 5-б) или апериодическим (рис. 5-в).

Показана взаимная связь процессов деформации основы и ее отдельной нити в системе электропривода механизма сновального вала, построенного на базе системы векторного управления асинхронным двигателем.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Васильев Н.А.* Вопросы теории прядения. – М.: Гизлегпром, 1932.
2. *Новоселов К.М.* Разработка и исследование методов компьютерного моделирования систем автоматического управления натяжением нити основы на сновальных машинах: Дис. ...канд. техн. наук. – М., 2010.
3. *Кулида Н.А.* Влияние мерильного валика партионной сновальной машины на натяжение нитей // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2000, № 3.
4. *Глазунов В.Ф., Виноградов А.Б., Шишков К.С.* Асинхронный электропривод механизма формирования сновальных валов // Вестник ИГЭУ. – 2011, № 1. С. 83...87.
5. *Крагельский И.В., Виноградова И.Э.* Коэффициенты трения. Справочное пособие. – М.: Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы, 1962.
6. *Виноградов А.Б.* Векторное управление электроприводами переменного тока. – Иваново: ИГЭУ, 2008.

Рекомендована кафедрой электропривода и автоматизации промышленных установок. Поступила 03.12.12.

УДК 677.017.622:532.546.3

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ
КОЭФФИЦИЕНТА ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМОСТИ
ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**EXPERIMENTAL DEFINITION OF THE COEFFICIENT
OF TEXTILE MATERIALS PENETRABILITY**

Н.М. ШАРПАР, Л.И. ЖМАКИН
N.M. SHARPAR, L.I. ZHMAKIN

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина)
(Moscow State Textile University "A.N. Kosygin")
E-mail: office@msta.ac.ru

Статья посвящена задачам исследования фильтрации воздуха в текстильных материалах. Рассчитанные значения согласуются с известными литературными данными.

The article is devoted to the research of air filtration in textile materials. Calculated values coordinate with the known literature data.

Ключевые слова: коэффициент фильтрации, теплозащитные свойства, поры, текстильный материал, теоретическая модель.

Keywords: a filtration coefficient, thermoproof properties, pores, a textile material, a theoretical model.

В настоящее время выпускается большой ассортимент нетканых материалов с широким спектром свойств для различных областей применения, в том числе и для защиты от внешних воздействий окружающей среды как тела человека, так и различных аппаратов и жилища. Современные технологии изготовления нетканых текстильных материалов дают возможность создавать новые материалы с заранее определенными свойствами. Материалы, используемые при изготовлении одежды, должны иметь высокие теплоизо-

ляционные качества, которые зависят не только от состава, технологии изготовления и структуры материалов, входящих в состав покрытия, но и от оптических и топологических свойств их поверхностей. Влияние воздухопроницаемости на свойства нетканых материалов представляет собой одну из актуальных задач проектирования новых материалов. Установление аналитических зависимостей, связывающих показатели этих свойств с определяющими их факторами, является акту-

альной задачей проектирования новых теплоизоляционных материалов.

Исследование процессов фильтрации воздуха через текстильные материалы важно для решения двух прикладных задач.

Первая из задач позволяет охарактеризовать эксплуатационные свойства текстильных материалов как составной части одежды. В зависимости от назначения текстильного материала к нему предъявляют различные требования в отношении фильтрации воздуха. Летние легкие текстильные материалы должны обладать большой проницаемостью для воздуха, а текстильные материалы для верхней зимней одежды – значительно меньше.

К текстильным материалам различного назначения предъявляются различные требования к воздухопроницаемости. Фильтрация воздуха в текстильных материалах зависит от наличия пор, которых у тонких, малоплотных и неаппретированных полотен больше, а у толстых, плотных, аппретированных полотен – меньше. Проникновение воздуха через полотно текстильного материала зависит от скорости движения человека или от скорости ветра.

Для обеспечения нормального тепло- и влагообмена в условиях повышенной температуры воздуха материалы должны обладать высокой воздухопроницаемостью, обеспечивающей вентиляцию под одежным пространством.

Для спецодежды, эксплуатируемой в условиях пониженных температур и при сильном ветре, нужно подбирать текстильные полотна, имеющие малую проницаемость воздуха (ветрозащиту).

Вторая задача связана с моделированием процесса сушки волокнистых текстильных материалов. В процессе сушки тела можно подразделить на две группы: 1) тонкие, 2) тела произвольной толщины.

В процессе сушки тонких тел число:

$$Bi = \frac{\alpha \delta}{\lambda},$$

где α – коэффициент теплоотдачи, δ – толщина образца, а λ – теплопроводность,

гораздо меньше единицы. Сушка происходит в мягком режиме и поля температур и влагосодержания однородны по толщине, что на поверхности, что внутри.

Методика расчета процесса сушки тонких материалов хорошо разработана.

В телах произвольной толщины парообразование может происходить не только на поверхности, но и внутри тела, в его порах. При этом давление внутри пор повышается. Повышение давления в порах приводит к возникновению перепада давления по глубине пористого тела, а следовательно, движения влажного воздуха внутри пор.

Экспериментальное определение коэффициента фильтрации текстильных материалов в направлении, перпендикулярном к ее поверхности, – сложная процедура. Она реализовалась во многих работах на различных приборах, сопоставление характеристик которых приведено в [1]. В данной работе создана установка для определения поперечной составляющей воздухопроницаемости. Схема этой экспериментальной установки показана на рис. 1.

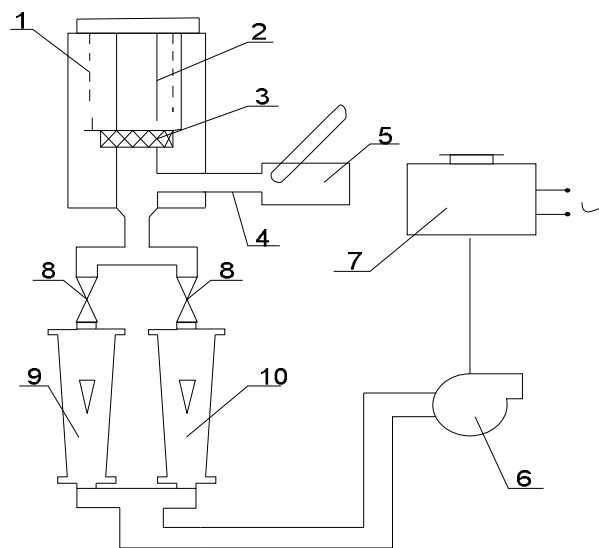


Рис. 1

Основным элементом установки является рабочий участок 1, представляющий собой цилиндрический сосуд, в котором расположен исследуемый образец 3. При помощи зажимных колец он держится на специально предусмотренном уступе и крепится прижимной гайкой 2. Для создания разрежения под образцом используется венти-

лятор 6; число оборотов вентилятора и величина разрежения регулируются лабораторным автотрансформатором 7. В нижнем торце рабочего участка 1 имеется отверстие, через которое он при помощи трубки 4 присоединяется к микроманометру 5.

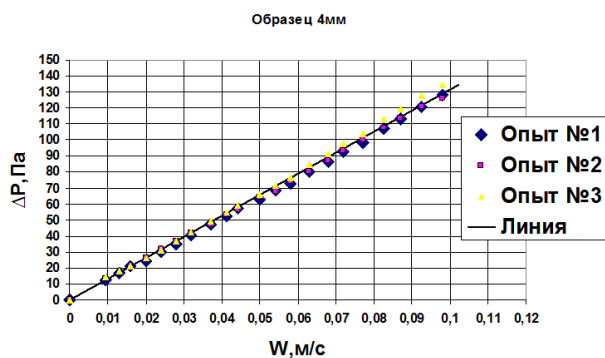


Рис. 2

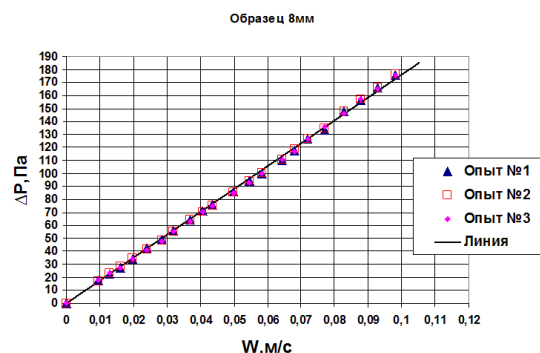


Рис. 3

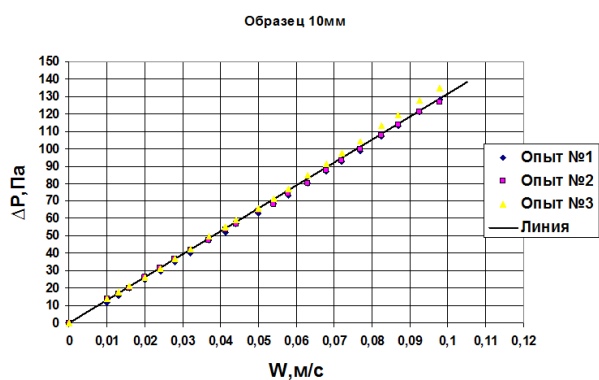


Рис. 4

В качестве примера на рис. 2, 3, 4 представлена зависимость перепада давления на текстильном материале (войлоке) Δp от скорости фильтрации W , определенной как объемный расход воздуха через единицу площади поверхности материала. Такое представление удобно тем, что позволяет более наглядно выявить границы линейного и нелинейного участков зависимости $\Delta p=f(W)$.

Для описания фильтрации воздуха в теплозащитной одежде [2] существенна именно линейная область этой зависимости. Верхние покровные слои имеют достаточно большую величину поверхностного заполнения, а для плотных тканей, как известно (см. напр., [3], и подтверждается нашими исследованиями), протяженность по величине Δp линейной области возрастает.

Экспериментальная установка работает в режиме просасывания воздуха через образец. В опытах производительность вентилятора регулируется по показаниям микроманометра 5.

На внутренних, менее плотных слоях, как показывают оценки для передней критической точки [4], срабатываются меньшие перепады давления. В линейной области фильтрация может быть описана законом Дарси. С учетом ортотропных характеристик текстильного материала этот закон можно представить в форме:

$$W_n = \frac{\dot{V}_n}{f}, \quad (1)$$

где \dot{V}_n – максимальный или минимальный объемный расход воздуха на всех испытаниях точечной пробы (показания ротаметра), л/мин; f – испытываемая площадь пробы образца, m^2 ; W – скорость фильтрации воздуха проходящего через исследуемый образец, м/с.

Поля давлений над и под тканью при прососе практически однородны, что позволяет представить уравнение (1) и легко найти поперечный коэффициент проницаемости по опытным данным:

$$K = \frac{W \mu \delta}{\Delta P}, \quad (2)$$

где W – скорость фильтрации воздуха, проходящего через исследуемый образец,

м/с; μ – динамическая вязкость воздуха;
 δ – толщина образца, м.

В качестве примера приведем значения поперечной составляющей коэффициента проницаемости для тонкошерстного войлока толщиной 4 мм, полугрубошерстного 8 мм и более плотного грубошерстного войлока толщиной 10 мм, равные соответственно $4,001 \cdot 10^{-11} \text{ м}^2$; $3,906 \cdot 10^{-11} \text{ м}^2$ и $4,839 \cdot 10^{-11} \text{ м}^2$.

ВЫВОДЫ

В работе описана экспериментальная установка для определения поперечного коэффициента проницаемости, причем она может быть использована и для изучения воздухопроницаемости в условиях ветра. Разработана методика определения продольной составляющей коэффициента проницаемости и найдены его экспериментальные значения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гуцина К.Г. Эксплуатационные свойства тканей и современные методы их оценки. – М.: Ростехиздат, 1960.
2. Бер Я., Заславски Д., Ирмей С. Физико-математические основы фильтрации воды. – М.: «МИР», 1971.
3. Сайденов Г.Б. Методы расчета воздухопроницаемости тканей в зависимости от их строения: Дис. ... канд. техн. наук. – М.: МТИ, 1966.
4. Корнюхин И.П., Бухарин В.И. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1980, № 4.
5. Миронов С.А. Исследование воздухопроницаемости и теплообмена в слое волокон в зависимости от ориентации для прогнозирования теплотехнических характеристик текстильных материалов: Дис. ... канд. техн. наук. – М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2004.
6. Корнюхин И.П., Корнюхина Т.А. Методы рассеяния света в исследованиях волокнистых структур. – М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2006.

Рекомендована кафедрой промышленной теплоэнергетики. Поступила 27.11.12.

УДК [677.021:533.6]:519.760

ТЕПЛОВАЯ И ГИДРОДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАСТВОРА В ПОЛЕ ДЕЙСТВИЯ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ СИЛ

THERMAL AND HYDRODYNAMIC MODELS OF THE PROCESS OF CONCENTRATION OF TECHNOLOGICAL SOLUTION IN THE FIELD OF CENTRIFUGAL FORCES INFLUENCE

Е.Н. КАЛИНИН, Е.Е. КОРОЧКИНА, И.П. ГОРНАКОВ
E.N. KALININ, E.E. KOROSHKINA, I.P. GORNAKOV

(Ивановская государственная текстильная академия)
(Ivanovo State Textile Academy)
E-mail: enkalini@gmail.com

Разработаны тепловая и гидродинамическая модели процесса концентрирования жидкого технологического раствора в поле действия центробежных сил. Греющая поверхность представлена в форме конуса с возможностью динамической трансформации. Найден алгоритм, позволяющий определить численные значения полей скоростей и давлений в ортогональной системе координат на основе решения уравнения Навье-Стокса.

Thermal and hydrodynamic models of the process of concentration of liquid technological solution in the field of centrifugal forces influence have been developed. A warming up surface is presented in the form of a cone with the possibility of dynamic transformation. The algorithm allowing to define numerical values of speed and pressure fields in orthogonal coordinate system on the basis of solving Navier-Stokes equation has been determined.

Ключевые слова: выпарной аппарат, греющая поверхность, тепловой расчет, алгоритм, гидравлическая модель, уравнение Навье-Стокса, конечно-разностный метод переменных направлений.

Keywords: an evaporator, a warming up surface, thermal calculation, an algorithm, a hydraulic model, the Navier-Stokes equation, finite difference method of alternate directions.

Основной задачей синтеза тепловой и гидравлической моделей процесса концентрирования отработанного раствора является прогнозирование основных технологических параметров эксплуатации выпарного аппарата центробежного типа [1] на этапах его проектирования, основными из которых являются площадь греющей поверхности и его производительность при заданных входных характеристиках. Задача осложняется необходимостью варьирования частотой вращения при переменных значениях углов раскрытия конусности динамически трансформируемой греющей поверхности выпарного аппарата [2].

Тепловой расчет выполняется на основе закона сохранения энергии.

Уравнение материального баланса [3] для всего количества раствора определяется как:

$$G_H = G_K + W,$$

а по растворенному веществу:

$$G_H x_H = G_K x_K,$$

где G_H – массовый расход начального (исходного) раствора, кг/с; G_K – массовый расход конечного (упаренного) раствора, кг/с; W – массовый расход выпариваемой воды, кг/с; x_K – массовая доля растворенного вещества в исходном растворе; x_H – массовая доля растворенного вещества в упаренном растворе.

Уравнение теплового баланса выпарного аппарата имеет вид:

$$Q + G_H C_H t_H = G_K C_K t_K W_{i_{вт}} Q_{пот},$$

где Q – расход теплоты на выпаривание, Вт; C_H , C_K – удельная теплоемкость начального (исходного) и конечного (упаренного) раствора, Дж/(кг·К); t_H , t_K – температура начального раствора на входе в аппарат и конечного раствора на выходе его из аппарата, °С; $i_{вт}$ – удельная энтальпия вторичного пара на выходе из аппарата, Дж/кг; $Q_{пот}$ – расход теплоты на компенсацию потерь в окружающую среду, Вт.

Из уравнения теплового баланса расход теплоты на выпаривание, поступающей с греющим паром, составит:

$$Q = G_H C_H (t_H - t_K) + W (i_{вт} - G_B t_K) + Q_{пот}.$$

При этом расход теплоты, затрачиваемой на нагревание раствора до температуры кипения, составит:

$$Q_{нагр} = G_H C_H (t_K - t_H),$$

а расход теплоты на испарение жидкой фазы в растворе:

$$Q_{исп} = W (i_{вт} - G_B t_K),$$

$$Q = Q_{нагр} + Q_{исп} + Q_{пот},$$

где C_B – удельная теплоемкость жидкости при t_K , Дж/(кг·К).

По условию раствор поступает при температуре кипения, следовательно:

$$Q_{\text{нагр}} = 0.$$

Определяем температуру вторичного пара в барометрическом конденсаторе как температуру насыщения при давлении в барометрическом конденсаторе и в сепараторе выпарного аппарата. Температурную депрессию по Тищенко [3]:

$$\Delta t_{\text{депр}} = 16,2 \frac{T^2}{\sigma} t_{\text{атм}},$$

где $\Delta t_{\text{депр}}$ – температурная депрессия, °С; $t_{\text{атм}}$ – температурная депрессия при атмосферном давлении, °С; T – абсолютная температура воды при данном давлении, °С; σ – теплота испарения для воды при данном давлении, Дж/кг.

Расчет коэффициента теплоотдачи от стенки к кипящему раствору начинается с определения величины минимально допустимой линейной плотности орошения Γ по формуле:

$$\frac{\Gamma_{\text{min}}}{\rho v} = \left(\frac{\sigma}{\rho g^{1/3} v^{4/3}} \right)^{0.625}.$$

Рабочая величина Γ должна находиться в пределах 1,5–3 Γ_{min} . При $\Gamma > 3\Gamma_{\text{min}}$ волновые эффекты при течении пленки по греющей поверхности начинают отрицательно влиять на стабильность работы аппарата [3]. После выбора рабочей плотности орошения Γ становится возможным определить толщину пленки концентрируемого раствора δ :

$$\delta = \sqrt[3]{\frac{3\Gamma\mu}{g\rho^2}}.$$

Для определения коэффициента α_2 теплоотдачи со стороны продукта необходимо знать, какой режим в аппарате: пузырьковое кипение или испарение с поверхности пленки жидкости без образования пузырьков. Расчет осложняется различными уг-

ловыми скоростями вращения греющей камеры и различными углами ее раскрытия. Режим пузырькового кипения начинается, когда удельная тепловая нагрузка q достигает или превышает величину q_T [3], которая вычисляется следующим образом:

$$q_m = \left[(0,75A_1) + (0,56A_1^2 + 130A_2)^{0,5} \right]^2,$$

$$\text{где } A_1 = \alpha_2 \sqrt{\frac{\sigma T_{\text{нас}}}{\rho_n r \lambda}}; \quad A_2 = \frac{\alpha_2 \rho_n r}{c_p \text{Re}^{0,4}}, \quad \text{при}$$

$$60 < \text{Re} < 500; \quad A_2 = \frac{2,6\alpha_2 \rho_n r}{c_p \text{Re}^{0,55}} \quad \text{при}$$

$\text{Re} > 500$; $T_{\text{нас}}$ – абсолютная температура насыщенных вторичных паров при данном давлении; ρ_n – плотность; $\text{Re} = \omega \delta / \nu$, где ω – угловая скорость вращения греющей поверхности.

При этом коэффициент теплоотдачи α_2 вычисляется при $\text{Re} > 500$ из выражения [3]:

$$\frac{\alpha_2}{\lambda} \sqrt[3]{\frac{v^2}{g}} = 0,023 \sqrt[4]{4 \text{Re}} \sqrt{\text{Pr}},$$

а при $60 < \text{Re} < 500$ из формулы:

$$\frac{\alpha_2}{\lambda} = \frac{\text{Re}^{0,2} \text{Pr}}{5 \text{Pr} + 2,9 \text{Re}^{0,2} \sqrt[3]{\text{Pr}}}.$$

Для определения коэффициента теплопередачи к раствору в качестве первого приближения принимаем температуру наружной поверхности внешнего слоя загрязнений t_1' на греющей поверхности. Температура поверхности загрязнений со стороны раствора определится как t''_2 :

$$t''_2 = t_1' - q \sum \sigma_{\text{см}},$$

а коэффициент теплопередачи:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \sigma_{\text{ст}} + \frac{1}{\alpha_2}},$$

где K – коэффициент теплопередачи, Вт/(м²·К); α_1 – коэффициент теплоотдачи

от пара к стенке, Вт/(м²·К); α_2 – коэффициент теплоотдачи от стенки к раствору, Вт/(м²·К); $\sum \sigma_{ст}$ – сумма тепловых сопротивлений.

Площадь греющей поверхности определяется по формуле:

$$F = \frac{Q_{г.п}}{K \Delta t_{пол}},$$

где $Q_{г.п}$ – теплота, отданная греющим паром раствору, Вт; $\Delta t_{пол}$ – полезная

$$\frac{\partial U_x}{\partial t} + U_x \frac{\partial U_x}{\partial x} + U_y \frac{\partial U_x}{\partial y} = \nu \left(\frac{\partial^2 U_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U_x}{\partial y^2} \right) - \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x} + F_x.$$

В методе переменных направлений шаг по времени делится на 2 этапа продолжительностью $\tau/2$. На первом этапе строится разностная схема: неявная – в направлении координатной оси Oх и явная – в направлении оси Oу. На втором этапе строится

разность температур; К – коэффициент теплоотдачи, Вт/м²·°С.

В начальной стадии синтеза гидродинамической модели исследуемого процесса необходимо определить численные значения поля скоростей U и поля давлений P в ортогональной системе координат на основе решения уравнения Навье-Стокса в различные моменты времени процесса. Для этого мы используем метод переменных направлений [4], так как эта задача является многомерной:

разностная схема: явная – в направлении Oх и неявная – в направлении Oу.

Конечно-разностная аппроксимация уравнения Навье-Стокса в направлении оси Oх по неявной разностной схеме и по явной в направлении оси Oу записывается в следующем виде:

$$\frac{U_x^{k+\frac{1}{2}} - U_x^k}{\tau/2} = -U_x^k \left(\frac{\partial U_x}{\partial x} \right)^{k+\frac{1}{2}} - U_y^k \left(\frac{\partial U_x}{\partial y} \right)^k + \nu \left(\frac{\partial^2 U_x}{\partial x^2} \right)^{k+\frac{1}{2}} + \nu \left(\frac{\partial^2 U_x}{\partial y^2} \right)^k - \frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial P}{\partial x} \right)^{k+\frac{1}{2}} + F_x^{k+\frac{1}{2}}.$$

Конечно-разностная аппроксимация уравнения Навье-Стокса в направлении оси Oх по явной разностной схеме и по

неявной в направлении оси Oу записывается в следующем виде:

$$\frac{U_x^{k+1} - U_x^{k+\frac{1}{2}}}{\tau/2} = -U_x^{k+\frac{1}{2}} \left(\frac{\partial U_x}{\partial x} \right)^{k+\frac{1}{2}} - U_y^{k+\frac{1}{2}} \left(\frac{\partial U_x}{\partial y} \right)^{k+\frac{1}{2}} + \nu \left(\frac{\partial^2 U_x}{\partial x^2} \right)^{k+\frac{1}{2}} + \nu \left(\frac{\partial^2 U_x}{\partial y^2} \right)^{k+\frac{1}{2}} - \frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial P}{\partial x} \right)^{k+\frac{1}{2}} + F_x^{k+\frac{1}{2}}.$$

Реализуемый конечно-разностный алгоритм содержит 3 неизвестных: $U_{xi+1,j}^{k+k}$, $U_{xi,j}^{k+k}$, $U_{xi-1,j}^{k+k}$ – значения скорости потока в предыдущем, текущем и последующем узле конечно-разностной сетки в будущий момент времени. Для решения последнее уравнение приведем к виду, которое решается методом прогонки:

$$a_i U_{xi-1,j}^{k+1} + b_i U_{xi,j}^{k+1} + c_i U_{xi+1,j}^{k+1} = f_i,$$

где a_i , b_i , c_i – коэффициенты прогонки.

На первом этапе метода переменных направлений коэффициенты прогонки определяются следующим образом:

$$\begin{aligned}
 a_i &= -\frac{\tau}{2} \frac{U_{xi,j}^k + |U_{xi,j}^k|}{2h} - \frac{\nu\tau}{2h^2}; \\
 b_i &= 1 + \frac{\tau}{2} \frac{U_{xi,j}^k + |U_{xi,j}^k|}{2h} - \frac{\tau}{2} \frac{U_{xi,j}^k - |U_{xi,j}^k|}{2h} + \frac{\nu\tau}{h^2} = 1 + \frac{\tau}{2} \frac{|U_{xi,j}^k|}{h} + \frac{\nu\tau}{h^2}; \\
 c_i &= \frac{\tau}{2} \frac{U_{xi,j}^k - |U_{xi,j}^k|}{2h} - \frac{\nu\tau}{2h^2}; \\
 f_i &= U_{xi,j}^k + \frac{\tau}{2} \left(-\frac{U_{yi,j}^k + |U_{yi,j}^k|}{2} \frac{U_{xi,j}^k - U_{xi,j-1}^k}{h} - \frac{U_{yi,j}^k - |U_{yi,j}^k|}{2} \frac{U_{xi,j+1}^k - U_{xi,j}^k}{h} + \right. \\
 &\quad \left. + \nu \frac{U_{xi,j+1}^k - 2U_{xi,j}^k + U_{xi,j-1}^k}{h^2} - \frac{1}{\rho} \frac{P_{i+1,j+1}^{k+1} + P_{i+1,j-1}^{k+1} - P_{i-1,j+1}^{k+1} - P_{i-1,j-1}^{k+1}}{4h} + F_{xi,j}^{k+1} \right).
 \end{aligned}$$

Представим $U_{xi-1,j}^{k+1}$ в виде

$$U_{xi-1,j}^{k+1} = L_i U_{xi,j}^{k+1} + M_i.$$

Аналогично можно записать:

$$U_{xi,j}^{k+1} = L_{i+1} U_{xi+1,j}^{k+1} + M_{i+1}.$$

Рекуррентные формулы для L_i и M_i имеют выражения:

$$L_{i+1} = -\frac{c_i}{a_i L_i + b_i}; \quad M_{i+1} = \frac{f_i - a_i M_i}{a_i L_i + b_i}.$$

Значения L_i и M_i определяются из граничных условий первого или второго рода. Для граничного условия первого рода задано значение скорости на границе. Для граничного условия второго рода задана производная скорости по нормали к границе. При использовании метода прогонки вначале выполняется прогонка слева-направо и находятся прогоночные коэффициенты L_i и M_i , а затем – справа-налево и вычисляются значения поля скоростей.

Таким образом, синтез тепловой и гидравлической моделей исследуемого процесса является основой создания компьютерного инструмента, реализующего прогнозирование и оптимизацию комплекса параметров принципиально нового устройства для концентрирования в поле действия центробежных сил отработанных жидких технологических сред [5].

ВЫВОДЫ

Синтезированы тепловая и гидравлическая модели процесса концентрирования отработанного жидкого раствора обеспечивающие прогнозирование основных технологических эксплуатационных параметров выпарного аппарата центробежного типа на этапах его оптимального проектирования, а также позволяющие вести количественный и качественный анализ динамических свойств системы при решении исследовательских и конструкторских задач.

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент РФ №2185868, МПК В01D 1/22. Оpubл. 27.07.2002 Бюл.№ 21.
2. Ганичев И.В., Калинин Е.Н. Идентификация динамической модели вихревого движения пленочного потока жидкости // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2004, №2.
3. Таубман Е.И. Расчет и моделирование выпарных установок. – М.: Химия, 1970.
4. Балаев Э.Ф., Нуждин Н.В., Пекунов В.В. и др. Численные методы и параллельные вычисления для задач механики жидкости, газа и плазмы: Учебное пособие. — Иваново: Изд-во ИГЭУ, 2003.
5. Берегов М.А., Кузнецов В.В. Исследование методов компьютерного моделирования гидродинамики жидкостных потоков в промывной ванне // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, №1 С.141...144.

Рекомендована кафедрой системного анализа.
Поступила 10.11.12.

**ГИДРОДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ АППАРАТА ВИБРОКИПАЮЩЕГО СЛОЯ
ДЛЯ СУШКИ ВОЛОКНООБРАЗУЮЩИХ ПОЛИМЕРОВ
С НАНОРАЗМЕРНЫМИ ПОРАМИ**

**THE HYDRODYNAMIC MODEL OF THE APPARATUS OF VIBRATED BED
FOR DRYING FIBER-FORMING POLYMERS
WITH NANOSCALE PORES**

Б.С. САЖИН, М.Б. САЖИНА, М.А. АПАРУШКИНА, З.Н. ОСМАНОВ, Э.Р. КУШПАНОВ, В.В. ПЕСКОВОЙ
B.S. SAZHIN, M.B. SAZHINA, M.A. APARUSHKINA, Z.N. OSMANOV, E.R. KUSHPANOV, V.V. PESKOVOY

(Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского
Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина)
(Moscow State University of Technology and Management named after K.G. Razumovsky;
Moscow State Textile University "A.N. Kosygin")
E-mail: paxt@ya.ru

Получены соотношения для расчета поперечного и продольного перемешивания частиц в виброкипящем слое. Выявлены параметры, при которых виброкипящий слой близок к режиму идеального вытеснения, что позволяет использовать его для равномерной сушки тонкопористых волокнообразующих полимеров с продолжительностью сушки до 20 мин.

Relations for calculating transverse and longitudinal particles mixing in vibrated bed have been obtained. The parameters under which a vibrated layer is close to the regime of ideal displacement have been identified, it can be used for uniform drying fine porous fiber-forming polymers with duration of drying up to 20 min.

Ключевые слова: взвешенный слой, волокнообразующие полимеры, сушка, гидродинамическая модель, наноразмерные поры, скорость транспортирования, перемешивание, параметры вибрации, виброкипящий слой, меченые частицы, аппарат идеального вытеснения, коэффициенты диффузии, конвективная диффузия, ячейка идеального смешения.

Keywords: a weighted layer, fiber-forming polymers, drying, a hydrodynamic model, nanoscale pores, transportation speed, mixing, vibration parameters, a vibrated bed, marked particles, the device for ideal displacement, a diffusion coefficient, convective diffusion, an ideal mixed particle.

Наибольшую сложность при сушке волокнообразующих полимеров представляют задачи, когда требуется удалить влагу из наноразмерных пор (2...8 нм) и осуществить равномерную глубокую сушку.

Эффективными в таких случаях оказываются сушилки с виброкипящим слоем (ВКС), если по гидродинамической модели они близки к аппаратам идеального вытеснения [1...3]. Основными параметрами гидродинамической модели являются ре-

альная скорость транспортирования обрабатываемого материала и показатель перемешивания материала в аппарате ВКС.

Средняя скорость транспортирования определяется простым соотношением:

$$V_{\text{тр}} = \frac{L}{\tau}, \quad (1)$$

где L – длина вибротка сушилки; τ – необходимое время обработки материала.

Для определения числа условных ячеек $n_{я}$, определяющих тип гидродинамической модели, необходимо рассмотреть условия перемешивания материала в аппарате ВКС.

Реальная скорость транспортирования материала зависит от параметров вибрации и от скорости продуваемого сквозь слой воздуха. Специальные исследования показали, что наилучшие результаты достигаются при обобщенном показателе вибрации $K_p=4,1$.

$$K_p = \frac{Aw^2}{g}, \quad (2)$$

где A – амплитуда вибрационных колебаний; w – частота вибрационных колебаний; g – ускорение силы тяжести, m^2/c .

Эмпирическая формула для определения скорости транспортирования материала [1] имеет вид:

$$V_{тр} = K_{тр} Aw^{1,25} \cos\beta, \quad (3)$$

где $\cos\beta$ – угол наклона направленности вибрационных колебаний; $A=1...3$ мм; $w=0,4...0,8$ 1/с.

Степень взвешивания одиночной частицы является функцией критериев Re и Ar [4]:

$$W = f\left(\frac{\psi Re^2}{Ar}\right). \quad (4)$$

Степень взвешивания в слое или число псевдооживления W – это отношение скорости газа V к критической скорости псевдооживления $V_{кр}$ [2]:

$$W = \frac{V_r}{V_{кр}}. \quad (5)$$

Скорость воздуха через число псевдооживления может быть рассчитана по формуле [3]:

$$V = V_{тр}^* [1 + C \ln(1 + W)]. \quad (6)$$

Установлено [2], что коэффициент поперечного перемешивания (коэффициент псевдодиффузии) D_y зависит от вертикальной составляющей скорости вибрации $A_w \sin\beta$, а средняя скорость вибротранспортирования является функцией горизонтальной составляющей скорости вибрации $A_w \cos\beta$.

Процесс перемешивания имеет первостепенное значение, так как определяет равномерность обработки материала в аппарате. В первом приближении процесс перемешивания дисперсных материалов в виброкипящем слое (ВКС) может быть условно описан уравнением, имеющим вид уравнения диффузии двухкомпонентной смеси:

$$\frac{\partial C}{\partial \tau} = D_y \frac{\partial^2 C}{\partial y^2}. \quad (7)$$

Решим это уравнение применительно к процессу перемешивания частиц в виброкипящем слое с использованием соответствующих начальных и граничных условий. Допустим, что в начальный момент времени концентрация меченых частиц на поверхности равна нулю, а концентрация у решетки C_0 постоянна в процессе перемешивания. Граничные условия будут иметь вид:

$$\begin{aligned} y=0; C=C_0; \tau \neq 0, \\ y=0; y=h; \frac{dC}{dy}=0, \\ y=h; C=0; \tau=0. \end{aligned} \quad (8)$$

Общее решение уравнения (7) аналогично решению уравнения теплопроводности:

$$C = (A \cos \lambda y + B \sin \lambda y) \exp(-\lambda^2 D_y \tau). \quad (9)$$

Так как $\frac{dC}{dy} = 0$, при $y=0$ и $y=h$:

$$\frac{dC}{d\tau} = (-A \sin \lambda y + B \cos \lambda y) \exp(-\lambda^2 D_y \tau), \quad (10)$$

при $y = 0, B = 0$; при $y = h$:

$$A \cos \lambda y = 0. \quad (11)$$

Чтобы условие (11) выполнялось, λ должно быть равным одному из чисел:

$$\lambda_1 = \frac{\pi}{2h}; \lambda_2 = \frac{3\pi}{2h}; \lambda_3 = \frac{5\pi}{2h}; \dots \lambda_n = \frac{(2n-1)\pi}{2h}. \quad (12)$$

Подставив полученные значения в общее решение при $\tau = 0$, получим:

$$C_{0(13)} = A_1 \cos \frac{\pi y}{2h} + A_2 \cos \frac{3\pi y}{2h} + \dots + A_n \cos \frac{(2n-1)\pi y}{2h} = \sum_{n=1}^{\infty} A_n \cos \frac{(2n-1)\pi y}{2h}. \quad (13)$$

Коэффициенты A_1 и A_2 определяются по формулам разложения тригонометрических рядов:

$$A_1 = \frac{2C_0}{h} \int_0^h \cos \frac{\pi}{2h} y = \frac{4C_0}{\pi}, \quad (14)$$

$$A_n = \frac{2C_0}{h} \int_0^h \cos \frac{(2n-1)\pi}{2h} y = \frac{4C_0}{(2n-1)\pi}. \quad (15)$$

Окончательно получаем выражение вида:

$$C_{y,\tau} = C_0 - \frac{4C_0}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{2n-1} \exp(-\lambda^2 D_y \tau) \cos \lambda_n y. \quad (16)$$

Для решения уравнения (13) требуется знание численных значений коэффициентов диффузии (фактически это псевдодиффузия, так как вместо молекул реально диффундируют частицы дисперсного материала в ВКС). Используя кинетическую теорию газов, последнее уравнение можно записать через соотношение:

$$D_y = \frac{1}{3} \ell \bar{V},$$

где \bar{V} – средняя скорость частиц; ℓ – средняя длина свободного пробега. Однако определение средних скоростей частиц связано с большими трудностями, поэтому коэффициенты «диффузии» определялись

экспериментально по концентрации меченного вещества в слое. Коэффициент поперечной диффузии может быть определен по формуле:

$$C_{y,\tau} = \frac{C_0}{2\sqrt{\pi D_y \tau}} \exp\left(-\frac{y^2}{4D_y \tau}\right). \quad (17)$$

Логарифмируя, получим:

$$\ln \frac{C(y,\tau)}{C_0} = \ln \frac{1}{2\sqrt{\pi D_y \tau}} - \frac{y^2}{4D_y \tau}. \quad (18)$$

Полученное уравнение является уравнением прямой линии в координатах $\ln C\left(\frac{y,\tau}{C_0}\right) - y^2$, у которой угловой коэффициент равен $\frac{1}{4} D_y \tau$.

Наиболее важной характеристикой аппаратов с направленным виброкипящим слоем являются показатели перемешивания частиц в продольном направлении. Процесс перемешивания частиц по длине аппарата с ВКС можно описать уравнением типа уравнения конвективной диффузии:

$$\frac{dC}{d\tau} = D_L \frac{\partial^2 C}{\partial L^2} - v_{тр} \frac{\partial C}{\partial L}, \quad (19)$$

где $V_{тр}$ – скорость транспортирования; D_L – коэффициент продольной псевдодиффузии; L – направление диффузии (по длине вибротка L аппарата ВКС).

Обработка данных экспериментов позволила получить зависимость

$$D_L = f\left(\frac{Aw^2}{g} \sin \beta\right),$$

которая для одного из типичных волокнообразующих полимеров – полипропилена – имеет вид [3], [4]:

$$D_L = 0,82 \left(\frac{Aw^2}{g} \sin \beta\right)^{0,6}, \quad (20)$$

где $Aw^2 = 10 \dots 80 \text{ м}^2/\text{с}$; $w = 100 \dots 300 \text{ 1/с}$ при высоте неподвижного слоя $h_0 = 20 \dots 40$

мм и отношении длины вибролотка к его ширине $\frac{L}{B}=10$. Число ячеек идеального смешения $n_{я}$ для ВКС изменялось в пределах $n_{я}=40...80$, поэтому такой режим ВКС может быть отнесен к режиму идеального вытеснения по твердой фазе, что гарантирует равномерность обработки дисперсных частиц.

Подача воздуха под вибрирующую решетку существенно сказывается на характере перемешивания частиц в ВКС, причем зависимость D_L от скорости воздуха имеет две области. В области малых скоростей газа ($V < V_{крит}$) поток газа не оказывает существенного влияния на процесс перемешивания, а в области скоростей газа больших $V_{крит}$ коэффициенты продольной диффузии изменяются пропорционально первой степени критерия Re . Получена эмпирическая зависимость для коэффициента продольного перемешивания [3], [4], имеющая вид:

$$D_L = k_1 \left(\frac{Aw^2}{g} \sin\beta \right)^{0.6} + k_2 \frac{Re}{Re_{кр}} + (k_3 - k_2) \frac{Re}{Re - Re_{кр}}. \quad (21)$$

Для полипропилена входящие в формулу (18) коэффициенты имеют следующие численные значения: $k_1 = 0,82$; $k_2 = 70$; $k_3 = 90$. При $\frac{Re}{Re_{кр}} \leq 1,0$, $k_2 = k_3$.

Максимальные значения коэффициента D_L в опытах были $13,5 \text{ см}^2/\text{с}$, а минимальные числа ячеек идеального смешения $n_{я}=19$; при этом критерий Пекле (Pe') изменялся в пределах от 40 до 80.

Получено уравнение связи $n_{я}$ и D_L :

$$n_{я} = \frac{1}{2D_L} \frac{G_m}{h_0 \rho_{нас}} \frac{L}{B}, \quad (22)$$

где G_m – вес слоя материала, $\rho_{нас}$ – его насыпная плотность.

1. Получены уравнения для расчета скорости транспортирования материала в виброкипящем слое.

2. На базе интерпретации перемешивания частиц как диффузии молекул получены соотношения для расчета поперечного и продольного перемешивания частиц в виброкипящем слое.

3. Получены уравнения для расчета числа псевдосекций (ячеек идеального смешения $n_{я}$) для волокнообразующих полимеров на примере полипропилена, а также уравнение связи между числом ячеек и коэффициентом псевдодиффузии.

4. Выявлены параметры, при которых ВКС близок к режиму идеального вытеснения, что позволило его эффективно использовать для равномерной сушки тонкопористых волокнообразующих полимеров с наноразмерными порами, необходимая продолжительность обработки которых составляет до 20 мин.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сажин Б.С., Сажина В.Б. Научные основы термовлажностной обработки дисперсных и рулонных материалов. – М.: Химия, 2012.
2. Расчеты аппаратов кипящего слоя. Справочник под ред. И.П. Мухленова, Б.С. Сажина и В.Ф. Фролова. – Л.: Химия, 1986.
3. Сажин В.Б., Сажина М.Б. Выбор и расчет аппаратов со взвешенным слоем. – М.: РосЗИТЛП, 2001.
4. Сажин Б.С., Сажина М.Б. и др. Уточнение гидродинамической модели виброкипящего слоя и условий перемешивания. – М.: МКХТ, 2012, №5. С.87...92.

Рекомендована кафедрой процессов, аппаратов химической технологии и безопасности жизнедеятельности. Поступила 06.06.12.

УДК 677.004.519

**ОПЕРАТИВНЫЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СЫРЬЯ
НА ВАТНОЙ ФАБРИКЕ**

**OPERATIONAL CONTROL FOR QUALITY OF RAW MATERIALS
AT A COTTON FABRIC**

А.Н.НОВИКОВ, А.В.ФИРСОВ, Ю.М.ФОКИН
A.N. NOVIKOV, A.V. FIRSOV, Yu.M. FOKIN

(Московский государственный текстильный университет имени А.Н. Косыгина, ООО "Тексфо")
(Moscow State Textile University "A.N. Kosygin"; "Texfo" Ltd.)
E-mail: a_n_novikov@mail.ru; firsov_a_v@mail.ru; texfo@mail.ru

В работе описан метод оперативного контроля качества сырья на ватной фабрике в процессе производства с помощью технического зрения. Проверка работоспособности предлагаемого аппаратно-программного комплекса была проведена непосредственно в производственных цехах и показала положительные результаты.

The method of operational control of raw materials quality at a cotton fabric in the process of production with the help of technical terms has been described in the paper. The test for efficiency of the offered hardware-software complex has been carried out directly in shops and presented positive results.

Ключевые слова: качество сырья, производство, аппаратно-программный комплекс, экспресс-анализ, изображение, регенерированное волокно, алгоритм обработки.

Keywords: raw materials quality, manufacturing, hardware-software complex, express-analysis, an image, a regenerated fiber, processing algorithm.

В условиях мирового экономического кризиса одной из важнейших задач на текстильных предприятиях становится задача качества выпускаемой продукции. Только качественная продукция и по приемлемым ценам найдет своего покупателя. Решение этой проблемы неразрывно связано с вопросом контроля качества исходного сырья. Лабораторные испытания – от отбора образцов до получения результата – могут

потребовать достаточно много времени. Поэтому параллельно с лабораторными исследованиями интересно было бы проводить экспресс-контроль качества сырья непосредственно в цехе – в процессе производства, не останавливая технологическую цепочку. В случае обнаружения отклонений параметров сырья от заданных данную партию можно уже подробно исследовать в лаборатории.

Ранее уже говорилось об опыте применения специально разработанного аппаратно-программного комплекса (АПК) при экспресс-анализе нетканых полотен [1]. Обработка изображений полотна, полученных с помощью Web-камеры "на просвет" в цехе, позволяла своевременно обнаруживать участки, сильно отличающиеся по плотности от номинала. Кафедра информационных технологий и компьютерного дизайна МГТУ им.А.Н.Косыгина совместно с текстильным предприятием "Тексфо", специализирующимся на выпуске ватных изделий (матрасы, одеяла, подушки и др.), провели работу по переносу положительного опыта использования указанного АПК для оценки качества сырья при производстве матрасов.

Качество матрасов и, конечно, их цена полностью зависят от качества сырья – наполнителя. Наполнитель может состоять из чистой ваты белого цвета. Это – самая дорогая продукция. Для снижения себестоимости, в том числе и по желанию покупателя, в вату может добавляться регенерированное волокно (РВ) – вторичное сырье, получаемое разволокнением отходов текстильного производства. Оно, обычно, бывает темных тонов. Таким образом получается, что чем темнее сырье, тем дешевле изделия. Оценить процент вложения темного регенерированного волокна в смесь может только опытный технолог. Кроме того, оценить равномерность сырья на протяжении всей партии –

задача еще более сложная. Последствия этого могут быть не совсем приятны для фабрики. Например, в результате ошибки оператора, загружающего сырье в смесовую машину, партия продукции может получиться неравномерной по качеству. В каких-то матрасах будет преобладать вата, в каких-то – более темное сырье.

Одно из решений подобной проблемы – последовательный анализ изображений сырья, полученных после выхода из смесовой машины. Теперь необходимо по изображению оценить степень "белизны" сырья и сравнить с номиналом (или со средним значением). Испытания проводились непосредственно в цехе. Производилась обычная съемка (не "на просвет") с помощью цифрового фотоаппарата. При соблюдении одних и тех же условий съемки были получены фотоизображения белого сырья (чистая вата), сырья с содержанием РВ 15%, с содержанием РВ 30% и 100-процентного РВ. Съемка проводилась со вспышкой и без нее – два варианта, чтобы определить, какой предпочтительнее. Изображения обрабатывались по специальному алгоритму. В результате чего получены некие числовые коэффициенты для каждой фотографии. Использовался самый простой алгоритм. Суть вычислений – производилось попиксельное сложение изображения. Среднее значение цвета изображения и было принято за коэффициент, обратно пропорциональный степени белизны сырья.

Таблица 1

| Процент вложения РВ в смесь | 0 | 15 | 30 | 100 |
|---|-----|-----|-----|-----|
| Изображение получено со вспышкой полноцветное | 391 | 386 | 381 | 313 |
| Изображение получено без вспышки полноцветное | 354 | 338 | 257 | 250 |
| Изображение получено со вспышкой монохромное | 390 | 385 | 380 | 311 |

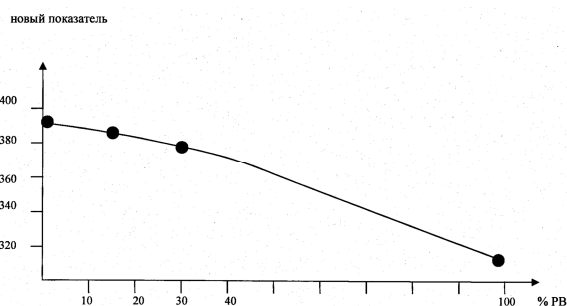


Рис. 1

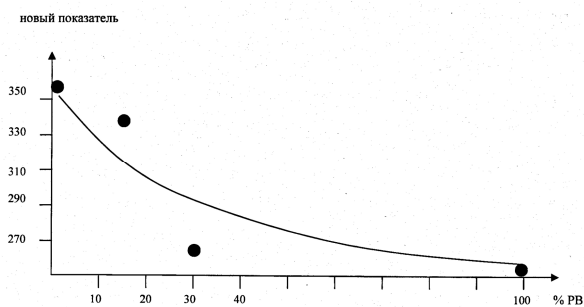


Рис. 2

Результаты расчетов приведены в табл. 1 и на рис. 1, 2 (рис. 1 – изображения получены со вспышкой; рис. 2 – изображения получены без вспышки.). Из полученных данных видно, что имеется достаточно явная закономерность, причем аналогичная той, что была получена и описана в работе [1]. Имеется связь между нашим показателем – процентом вложения РВ темных оттенков в смеску. Для выявления оптимального вида фотоизображения, позволяющего тратить минимум времени при условии



Рис. 3



Рис. 4



Рис. 5

На каждом предприятии возможны свои условия контроля качества изделий. Но основные рекомендации при использовании нашего комплекса можно сформулировать таким образом:

– в процессе производства информация об отклонении по цвету сырья будет накапливаться в памяти компьютера. В любой момент эти данные могут быть востребованы оператором. Нужная информация может выдаваться как о конкретном изделии, так и на протяжении всей перерабатываемой партии сырья;

– при отклонении сырья по цвету за критическое значение, которое задается заранее, на монитор выдается предупредительное сообщение, которое может сопровождаться звуковым сигналом или загоранием сигнальной лампы;

– если компьютер подключить к заводской компьютерной сети, то с любого компьютера, подключенного к той же сети, можно наблюдать все получаемые изображения в режиме реального времени. Это позволит, не выходя из кабинета, пол-

сохранения удовлетворительных результатов вычислений, были исследованы полноцветные и монохромные фотографии (рис. 1, 2). Изображения, полученные со вспышкой, были преобразованы в обычные черно-белые изображения. Из табл. 1 видно, что результаты расчетов практически полностью совпадают.

На рис. 3...5 представлены исследуемые фотографии: рис. 3 – чистая вата; рис. 4 – 30% РВ; рис. 5 – 100% РВ.

ностью контролировать качество производимого полотна.

ВЫВОДЫ

1. Разработан аппаратно-программный комплекс для оперативного контроля качества сырья на ватной фабрике на базе технического зрения.

2. Предложены алгоритмы обработки изображений сырья, полученных с помощью технического зрения. Эксперименты по эксплуатации АПК в условиях реального предприятия показали положительные результаты при выявлении некачественных партий сырья.

ЛИТЕРАТУРА

1. Боначев А.Н., Махов С.А., Борзунов Г.И., Новиков А.Н., Фирсов А.В. Вопросы контроля качества нетканых полотен в процессе производства // Швейная промышленность. – 2007, №6. С.42...44.

Рекомендована кафедрой информационных технологий и компьютерного дизайна МГТУ им. А.Н. Косыгина. Поступила 15.11.12.

ФОРМИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ПЛАНА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ТКАЦКОГО ПРОИЗВОДСТВА

FORMING OF THE OPTIMUM PLAN OF TECHNOLOGICAL CONTROL OF WEAVING MANUFACTURING

*Е.А. СКРЯБИНА, Н.А. ГРУЗИНЦЕВА, О.А. ШАЛОМИН, Б.Н. ГУСЕВ, В.В. ЛЮБИМЦЕВ
E.A. SKRYABINA, N.A. GRUZINTSEVA, O.A. SHALOMIN, B.N. GUSEV, V.V. LYUBIMTSEV*

(Ивановская государственная текстильная академия)
(Ivanovo State Textile Academy)
E-mail: ttp@igta.ru

В статье предложен алгоритм оптимизации полного плана технологического контроля ткацкого производства и методика определения технологической результативности отдельного процесса.

The algorithm of optimization of the complete plan of technological control of weaving manufacturing and the methods of definition of technological efficiency of each separate process have been offered to consideration in the paper.

Ключевые слова: ткацкое производство, полный и оптимальный планы контроля, технологическая результативность, критерии оптимизации.

Keywords: weaving manufacturing, complete and optimum control planning, technological efficiency, optimization criteria.

Для обеспечения выпуска продукции высокого качества определяющую роль играет рациональная организация технического (для машиностроительного предприятия) или технологического (для текстильного предприятия) контроля. Анализ современного состояния технологического контроля в производствах текстильной промышленности показал, что существующие планы контроля морально устарели и не направлены на обеспечение выпуска высококачественной продукции [1]. Поэтому целью исследования являлось обоснование выбора критерия для формирования оптимального плана технологического контроля, направленного на выпуск высококачественной продукции, последовательность формирования которого показана на рис. 1.

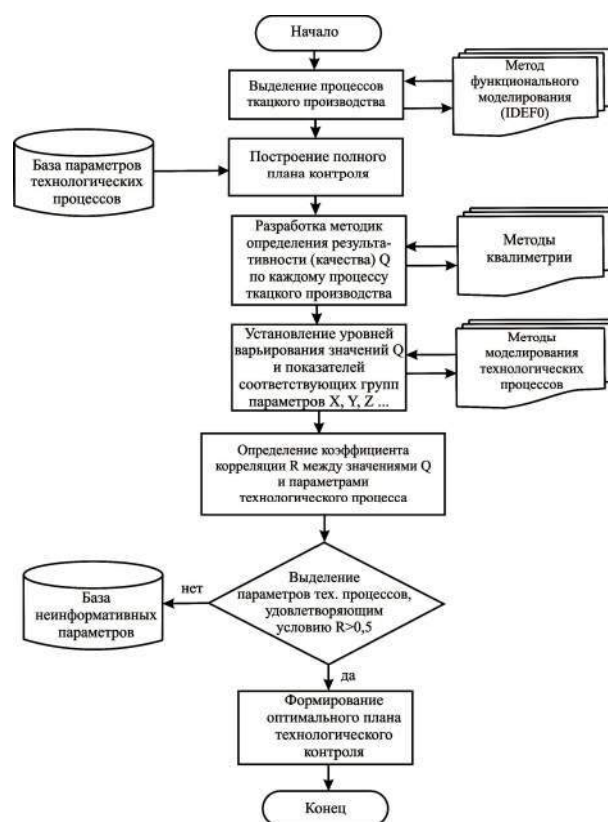


Рис. 1

В качестве объекта исследования выбрано ткацкое производство, выпускающее мебельно-декоративные ткани, предприятия ОАО "Ткацко-отделочная фабрика "Авангард" (г. Юрьев-Польский Владимирской области).

Формирование полного плана контроля осуществлялось на основе синтеза ткацкого производства с применением методологии IDEF0 [2] (были выделены основные, дополнительные и вспомогательные процессы: сырьевые; энергетические и информационные потоки) и дальнейшего выделения контролируемых параметров всех основных процессов ткацкого производства, которые включают отдельные объекты:

техническое средство (ТС); сырьевой (СП), энергетический (ЭП), информационный (ИП) потоки, окружающую среду (ОС). Кроме этого выделена группа параметров, характеризующих динамические режимы (ДР) технологических процессов. Предусмотрено также выделение и формализация задач технологического контроля в направлениях различных операций измерения, контроля и диагностики [3], [4].

Для наглядности представления и дальнейшей информационной обработки полный план контроля ткацкого производства представлен в виде соответствующей матрицы (табл. 1).

Таблица 1

| Наименование технологического процесса | Кодирование параметров отдельной группы объектов | | | | | |
|--|--|-----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | (СП) _{вх} | (СП) _{вых} | ТС | ЭП | ИП | ДР |
| Перематывание пряжи (П) | X _{П(СП)вх} | X _{П(СП)вых} | X _{П(ТС)} | X _{П(ЭП)} | X _{П(ИП)} | X _{П(ДР)} |
| Крашение пряжи (К) | X _{К(СП)вх} | X _{К(СП)вых} | X _{К(ТС)} | X _{К(ЭП)} | X _{К(ИП)} | X _{К(ДР)} |
| Снование пряжи (С) | X _{С(СП)вх} | X _{С(СП)вых} | X _{С(ТС)} | X _{С(ЭП)} | X _{С(ИП)} | X _{С(ДР)} |
| Ткачество (Т) | X _{Т(СП)вх} | X _{Т(СП)вых} | X _{Т(ТС)} | X _{Т(ЭП)} | X _{Т(ИП)} | X _{Т(ДР)} |

Примечание. X_{П(СП)вх} = [(X_{вх})₁, ..., (X_{вх})_i, ..., (X_{вх})_n], X_{П(СП)вых} = [(X_{вых})₁, ..., (X_{вых})_i, ..., (X_{вых})_n], Y = (Y₁, ..., Y_j, ..., Y_m) и т.д.

Каждая ячейка матрицы полного плана контроля включает максимально возможный список параметров по данной группе, при активировании которых разворачивается полная информация по их нормативным значениям, методам и средствам измерения.

На следующем этапе с использованием методов квалиметрии разрабатывали методики измерений технологической результативности Q по каждому процессу. Определение технологической результативности (качества) исследуемого процесса сводится к последовательному выполнению операций, основанных на методах квалиметрии [4]: выбору, ранжированию (определению коэффициентов весомости), измерению фактических значений, нормированию и свертыванию единичных показателей результативности в комплексный показатель (КПР) согласно выражению:

$$Q = \text{КПР} = \sum_{i=1}^n ((X_{\text{вых}})_i / \|(X_{\text{вых}})_i\|)^{\text{signb}} \alpha_i, \quad (1)$$

где Q – комплексный показатель технологической результативности (КПР); (X_{вых})_i

– фактическое значение i-го единичного показателя результативности (ЕПР); $\|(X_{\text{вых}})_i\|$ – нормативное (базовое) значение i-го ЕПР;

$$\text{signb} = \begin{cases} +1, & \text{если } (X_{\text{вых}})_i \leq \|(X_{\text{вых}})_i\|, \\ -1, & \text{если } (X_{\text{вых}})_i > \|(X_{\text{вых}})_i\|, \\ 0, & \text{если } (X_{\text{вых}})_i = \|(X_{\text{вых}})_i\|, \end{cases}$$

α_i – коэффициент весомости i-го ЕПР.

В дальнейшем проводили моделирование и исследования по определению характера взаимосвязи (влияния) между отдельными параметрами (x_{вх})_i, y_j, u_k и т.д. и технологической результативностью Q соответствующего процесса. Для этого в соответствии с методологией [5] установили уровни варьирования параметров (x_{вх})_i, y_j, u_k и определяли соответствующие значения Q.

В дальнейшем по полученным данным вычисляли тесноту статистической связи с применением коэффициента корреляции, то есть R_{Q,(x_{вх})_i}, R_{Q,y_j}, R_{Q,u_k} и т.д.

Критерием отбора параметров отдельного технологического процесса для фор-

мирования оптимального плана контроля служило неравенство вида

$$\left. \begin{array}{l} R_{Q,(x_{\text{вк}})_i}, \\ R_{Q,y_j}, \\ R_{Q,u_k}. \end{array} \right\} > 0,5. \quad (2)$$

Параметры, неудовлетворяющие данному условию, помещались в базу неин-

формативных параметров. В итоге строилась матрица оптимального плана контроля по параметрам, которые существенно влияют на качество, то есть технологическую результативность процесса.

Рассмотрим более подробно методику определения КПП для процесса снования пряжи. В качестве ЕПР выбраны следующие показатели.

Т а б л и ц а 2

| Показатель результативности технологического процесса и единица измерения | Значение единичного показателя результативности | | Коэффициент весомости α |
|---|---|---------------------------|--------------------------------|
| | фактическое (x_i) | нормативное ($ x_i $) | |
| Плотность навивки пряжи на сновальный валик (x_1), г/см ³ | 0,3 | 0,4 | 0,25 |
| Высота неровностей на поверхности паковки (x_2), мкм | 4,5 | 5,0 | 0,25 |
| Показатель цилиндричности паковки (x_3), мм | 8,5 | 10,0 | 0,25 |
| Показатель закрещенности (x_4), зак./м | 3,5 | 4,0 | 0,25 |

Используя выражение (3) и данные

табл. 2, получаем:

$$Q = \text{КПП} = \frac{0,3}{0,4} \cdot 0,25 + \frac{4,5}{5,0} \cdot 0,25 + \frac{8,5}{10,0} \cdot 0,25 + \frac{3,5}{4,0} \cdot 0,25 = 0,84$$

при $(\text{КПП})_{\text{max}} = 1$.

ВЫВОДЫ

1. Разработан алгоритм оптимизации полного плана технологического контроля процессов ткацкого производства по критерию достижения высокого качества продукции.

2. Предложена методика определения комплексного показателя результативности для процесса снования пряжи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лившиц Л.А., Биренбау Е.И. Технический контроль в ткацком производстве. – М.: Легкая индустрия, 1971.
2. Р 50.1.028–2001. Рекомендации по стандартизации. Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Методология функционального моделирования.

3. Грузинцева Н.А., Скрябина Е.А., Чистякова Н.Э., Гусев Б.Н. Выделение целевых функций для технического контроля ткацкого производства // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, №2. С.11...14.

4. Скрябина Е.А., Шаломин О.А., Гусев Б.Н. Выделение разновидностей и критериев мониторинга процессов ткацкого производства // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, №2. С.12...16.

5. Севостьянов А.Г., Севостьянов П.А. Моделирование технологических процессов в текстильной промышленности. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984.

6. Чистякова Н.Э. Определение технологической результативности процесса прядильного производства // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2006, №4. С. 31...35.

Рекомендована кафедрой материаловедения, товароведения, стандартизации и метрологии. Поступила 03.12.12.

УДК 677.017.4:531

**ТЕОРИЯ И РАСЧЕТ СИЛОВЫХ ФАКТОРОВ,
ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ РАВНОВЕСНУЮ СТРУКТУРУ КРУЧЕНОЙ НИТИ**

**THE THEORY AND CALCULATION OF POWER FACTORS
DETERMINING AN EQUILIBRIUM STRUCTURE OF A TWISTED YARN**

*В.П. ЩЕРБАКОВ, И.Б. ЦЫГАНОВ, Т.И. ПОЛЯКОВА, Н.С. СКУЛАНОВА, Е.Р. ПОПОВА
V.P. SHCHERBAKOV, I.B. TSYGANOV, T.I. POLYAKOVA, N.S. SKULANOVA, E.P. POPOVA*

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина)
(Moscow State Textile University "A.N. Kosygin")
E-mail: office@msta.ac.ru

Проанализированы механика скрученных между собой нитей, геометрия и прочность пряжи в два сложения. Приведены результаты эксперимента и расчета жесткости нити при кручении и жесткости нити при изгибе. Дан расчет, иллюстрирующий практическое применение теории.

The mechanics of twisted yarns, geometry and strength of yarn in two additions have been analyzed. The results of the experiment and calculation of twisted yarn rigidity and bent yarn rigidity have been presented. The calculation illustrating the practical application of the theory has been presented.

Ключевые слова: нить, равновесие, кручение, нелинейный изгиб, жесткость, силы, моменты, контактная нагрузка.

Keywords: a yarn, balance, twisting, a nonlinear bend, rigidity, power, moments, contact loading.

Будем скрученную в два сложения нить называть крученой нитью, а ее компоненты – одиночные нити – просто нитью. Конечно, первичные нити (это может быть комплексная нить или пряжа) при формировании тоже приобретают кручение, но здесь они рассматриваются как упругие нити с жесткостью при изгибе EI и жесткостью при кручении GI_p . Здесь обозначены: E – модуль упругости, G – модуль сдвига, I – осевой момент инерции сече-

ния, I_p – полярный момент инерции сечения. При этом как жесткость при изгибе, так и жесткость при кручении в большой мере зависят от степени скрученности нити, характеризующейся круткой K . В процессе скручивания нити необходимо натягивать. Поэтому на концах каждой из нитей в направлении оси крученой нити приложена сила T_1 .

Сечение каждой из двух нитей представляет собой круг радиусом R , а осевая

линия нити – винтовую линию с углом подъема β и радиусом, равным радиусу поперечного сечения крученой нити, то есть тоже R . Кривизна винтовой линии является постоянной, $\kappa_3 = \frac{\sin^2 \beta}{R}$, кручение

$\kappa_1 = \frac{\sin \beta \cos \beta}{R}$. Здесь под кручением следует

понимать первую компоненту вектора Дарбу, характеризующего меру отклонения кривой от плоской формы. Напомним, что вектором Дарбу называется вектор, который определяет вращение естественных осей при движении точки по кривой.

Между нитями вдоль винтовой линии возникает контактная равномерно распределенная нагрузка интенсивностью q . У винтовой линии главная нормаль ν пересекает ось нити под прямым углом и совпадает с ее радиусом. Возьмем на поверхности одной нити точку касания A (рис. 1 – скрученная в два сложения нить) [1].

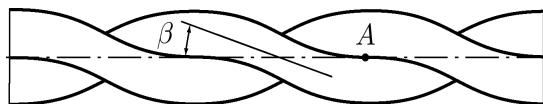


Рис. 1

Вследствие свойств винтовой линии нормаль ν в точке A является одновременно нормалью к поверхности второй изогнутой по винтовой линии нити. Последовательность точек касания A образует ось крученой нити. Технология формирования крученой нити должна обеспечить получение равновесной структуры. Если правильно подобрать геометрические и силовые параметры скручивания с учетом свойств нитей, то ось крученой нити будет представлять собой прямую. Линия контакта, образуемая точками касания A ось крученой нити, является прямой линией (рис. 1).

Рассечем крученую нить плоскостью, перпендикулярной ее оси [2]. В сечении будут располагаться два соприкасающихся эллипса, представляющие собой сечения нитей, расположенных под углом β к оси крученой нити (рис. 2 – к равновесию крученой нити).

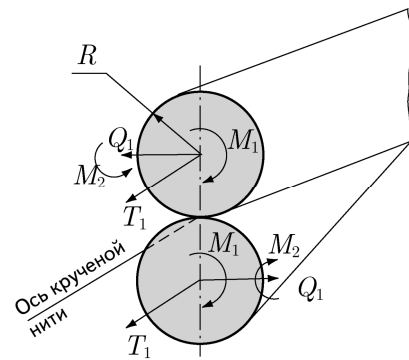


Рис. 2

Система самоуравновешенных внутренних сил, действующих в сечении крученой нити, сводится к моментам M_1 и M_2 , силам T_1 и Q_1 . Для упругой нити существуют соотношения, основанные на пропорциональности компонентов кривизны и кручения компонентам главного момента внутренних усилий: крутящий момент $M_k = GI_p \kappa_1$, изгибающий момент $M_{ii} = EI \kappa_3$, где κ_1 – кручение осевой линии нити, возникающее при скручивании элемента нити моментом M_k ; κ_3 – кривизна пространственной осевой линии при изгибе нити моментом M_{ii} . Значения изгибающих и крутящих моментов определяются жесткостными характеристиками, зависящими, как уже отмечалось, от величины крутки K . Общее для двух нитей сечение не перпендикулярно осевым винтовым линиям каждой из них. Поэтому рассматриваемые в сечении крученой нити моменты M_1 и M_2 не могут быть ни крутящими, ни изгибающими, так же как силы T_1 и Q_1 не являются соответственно ни растягивающей, ни перерезывающей.

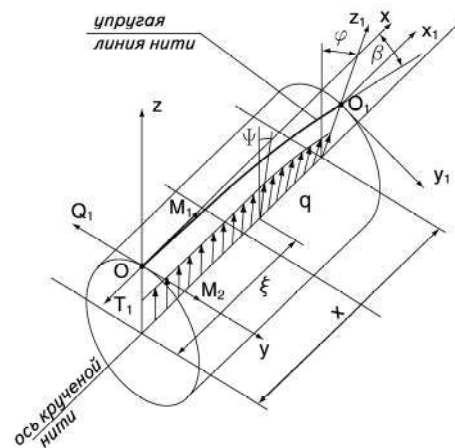


Рис. 3

Ось крученой нити является прямой линией контакта нитей. Построим на этой оси вспомогательный цилиндр радиусом R (рис. 3 – к равновесию крученой нити). На поверхности этого цилиндра будут расположены винтовые осевые упругие линии нитей. Рассмотрим верхнюю винтовую линию. Поместим в точке пересечения этой линии с плоскостью сечения крученой нити начало координат $Oxyz$. Ось Ox направим вдоль оси крученой нити, Oy – горизонтально вправо, Oz – вертикально вверх. В точке O приложены моменты M_1 и M_2 , а также силы T_1 и Q_1 . Вдоль оси построенного вспомогательного цилиндра в радиальном направлении действует распределенная нагрузка интенсивностью q . От

точки O на расстоянии x на упругой линии выберем произвольную точку O_1 . В этой точке поместим подвижную систему координат $O_1x_1y_1z_1$. Ось O_1x_1 направлена параллельно оси O_1x , ось O_1z_1 повернута относительно координатной оси Ox на угол φ . Для обеспечения равновесности крученой нити необходимо, чтобы в произвольно взятой на упругой линии точке O_1 моменты M_1 и M_2 , силы T_1 и Q_1 были бы такими же, что и в точке O . Причем все это должно быть независимо от x и φ .

Найдем проекции сил на подвижные координатные оси $O_1x_1y_1z_1$. Составляющая сил по оси O_1x_1 равна T_1 , так как остальные силы Q_1 и q перпендикулярны этой оси. Тогда проекции сил на оси x_1, y_1, z_1 :

$$X_{1O_1} = T_1; \quad Y_{1O_1} = -Q_1 \cos \varphi - \int_0^x q \sin(\varphi - \psi) d\xi; \quad Z_{1O_1} = -Q_1 \sin \varphi + \int_0^x q \cos(\varphi - \psi) d\xi. \quad (1)$$

Чтобы получить связь между текущими величинами ψ и ξ , найдем длину дуги, соответствующей ξ : $\ell_\xi = R\psi$ или $\ell_\xi = \xi \operatorname{tg} \beta$. Отсюда $R\psi = \xi \operatorname{tg} \beta$ и

$$\xi = R\psi \operatorname{ctg} \beta, \quad d\xi = R \operatorname{ctg} \beta d\psi. \quad (2)$$

Проинтегрируем $\int_0^x q \sin(\varphi - \psi) d\xi$, предварительно перейдя от переменной ξ к ψ .

Имеем:

$$X_{1O_1} = T_1; \quad Y_{1O_1} = -Q_1 \cos \varphi - qR \operatorname{ctg} \beta (1 - \cos \varphi); \quad Z_{1O_1} = -Q_1 \sin \varphi + qR \operatorname{ctg} \beta \sin \varphi. \quad (3)$$

Как было отмечено, для обеспечения равновесности крученой нити необходимо, чтобы в произвольно взятой на упругой линии точке O_1 силы T_1 и Q_1 независимо от x и φ были бы такими же, что и в точке O . Поэтому потребуем, чтобы $Y_{1O_1} = -Q_1$ и

$$qR \operatorname{ctg} \beta \int_0^\varphi \sin(\varphi - \psi) d\psi,$$

или

$$qR \operatorname{ctg} \beta \int_0^\varphi \sin \theta d\theta = qR \operatorname{ctg} \beta (1 - \cos \varphi).$$

Аналогично находится и второй интеграл системы (1):

$Z_{1O_1} = 0$. Из этих условий имеем:

$$Q_1 = qR \operatorname{ctg} \beta. \quad (4)$$

Составим суммы моментов относительно осей x_1, y_1, z_1 , (рис. 3):

$$\begin{aligned} M_{O_1x_1} &= M_1 - Q_1 R (1 - \cos \varphi) + \int_0^x qR \sin(\varphi - \psi) d\xi, \\ M_{O_1y_1} &= M_2 \cos \varphi + Q_1 x \sin \varphi - T_1 R (1 - \cos \varphi) - \int_0^x q(x - \xi) \cos(\varphi - \psi) d\xi, \\ M_{O_1z_1} &= M_2 \sin \varphi - Q_1 x \cos \varphi + T_1 R \sin \varphi - \int_0^x q(x - \xi) \sin(\varphi - \psi) d\xi. \end{aligned} \quad (5)$$

Проинтегрировав выражения (5) с уче-

том формулы (2) и $x=R\varphi\text{ctg}\beta$, получим:

$$\begin{aligned} M_{O_1x_1} &= M_1 - Q_1 R (1 - \cos\varphi) + qR^2 \text{ctg}\beta (1 - \cos\varphi), \\ M_{O_1y_1} &= M_2 \cos\varphi + Q_1 x \sin\varphi - T_1 R (1 - \cos\varphi) - qR^2 \text{ctg}^2\beta (\cos\varphi + \varphi \sin\varphi - 1), \\ M_{O_1z_1} &= M_2 \sin\varphi - Q_1 x \cos\varphi + T_1 R \sin\varphi - qR^2 \text{ctg}^2\beta (\sin\varphi - \varphi \cos\varphi). \end{aligned} \quad (6)$$

Как и для сил, необходимо, чтобы $M_{O_1x_1} = M_1$, $M_{O_1y_1} = M_2$, $M_{O_1z_1} = 0$. Тогда наряду с условием (4) появляется дополнительное условие равновесности крученой нити:

$$M_2 = qR^2 \text{ctg}^2\beta - T_1 R. \quad (7)$$

Что касается момента M_1 , то он легко находится из условия равновесия:

$$M_1 = Q_1 R. \quad (8)$$

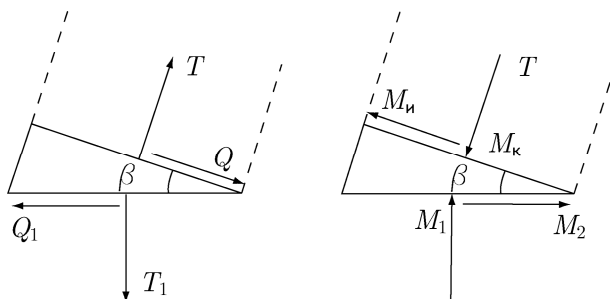


Рис. 4

Из условий равновесия сил:

$$T = Q_1 \sin\beta + T_1 \cos\beta; \quad Q = Q_1 \cos\beta - T_1 \sin\beta. \quad (9)$$

Из условий равновесия моментов:

$$M_n = M_2 \cos\beta - M_1 \sin\beta; \quad M_k = M_1 \cos\beta + M_2 \sin\beta. \quad (10)$$

Принимая во внимание соотношения (4), (7), (8) и рис. 5 (к условию равновесия сил и моментов), напишем выражения для сил и моментов, действующих в сечении нити:

$$\begin{aligned} T &= q_0 R + T_1 \cos\beta, \quad Q = q_0 R \text{ctg}\beta - T_1 \sin\beta; \\ M_n &= q_0 R^2 (\text{ctg}^2\beta - 1) - T_1 R \cos\beta, \\ M_k &= 2q_0 R^2 \text{ctg}\beta - T_1 R \sin\beta. \end{aligned} \quad (11)$$

Найдем теперь возникающие в сечениях, перпендикулярных оси каждой из нитей, изгибающий момент M_n , крутящий момент M_k , растягивающую T и перерезывающую Q силы. Для этого рассмотрим равновесие сил и моментов, действующих на элемент нити, выделенный сечениями, нормальными к оси крученой нити и к оси отдельной нити (рис. 4 – равновесие сил и моментов).

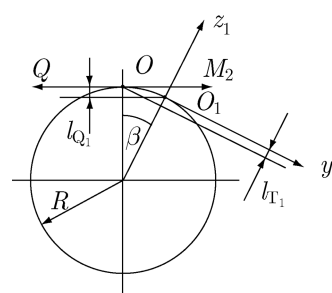


Рис. 5

В эти выражения введена приведенная к осевой линии нити контактная нагрузка

$$q_0 = q \cos\beta. \quad (12)$$

Выше уже были написаны соотношения пропорциональности компонентов кривизны и кручения компонентам главного момента внутренних усилий: крутящий момент $M_k = GI_p \kappa_1$, изгибающий момент $M_n = EI \kappa_3$. Используя известные кручение $\kappa_1 = \frac{\sin\beta \cos\beta}{R}$ и кривизну $\kappa_3 = \frac{\sin^2\beta}{R}$ винтовой линии, перепишем моменты в виде:

$$M_{и} = EI \frac{\sin^2 \beta}{R}, \quad M_{к} = GI_p \frac{\sin \beta \cos \beta}{R}. \quad (13)$$

Подставим в выражения (13) значения изгибающего и крутящего моментов из двух последних равенств (11):

$$q_0 R^2 (\operatorname{ctg}^2 \beta - 1) - T_1 R \cos \beta = EI \frac{\sin^2 \beta}{R}; \quad 2q_0 R^2 \operatorname{ctg}^2 \beta - T_1 R \sin \beta = GI_p \frac{\sin \beta \cos \beta}{R}. \quad (14)$$

Из второго соотношения найдем контактную нагрузку:

$$q_0 = \frac{T_1}{2R} \frac{\sin^2 \beta}{\cos \beta} + GI_p \frac{\sin^2 \beta}{2R^3}. \quad (15)$$

Исключим из первого равенства (14) q_0 и определим усилие T_1 , которое обеспечивает равновесность крученой нити при заданном угле β . Обозначив $e = \frac{EI}{GI_p}$, получим:

$$T_1 = \frac{GI_p [1 - 2\sin^2 \beta (1 + e)] \cos \beta}{R^2}. \quad (16)$$

Отдельные нити в составе крученой могут иметь разную жесткость. Поэтому, чтобы получить прямолинейную форму оси крученой нити, в зону скручивания двух нитей надо подавать нити с различным натяжением, пропорциональным их жесткости при изгибе и кручении.

Рассмотрим теперь как частный случай взаимодействие нитей после скручивания. В нашем распоряжении имеется текстильный продукт, предназначенный для переработки в трикотажном, ткацком и других производствах. Внешние силы, включая осевую силу T_1 , и моменты отсутствуют. Равновесная структура с прямолинейной осью крученой нити возможна только при условии равных жесткостей скручиваемых нитей, то есть нити должны быть одинаковыми. Тогда из формул (14) имеем

$$q_0 R^2 (\operatorname{ctg}^2 \beta - 1) = EI \frac{\sin^2 \beta}{R}, \quad (17)$$

$$2q_0 R^2 \operatorname{ctg}^2 \beta = GI_p \frac{\sin \beta \cos \beta}{R}.$$

Исключим из этих выражений q_0 и получим $\operatorname{ctg}^2 \beta - 1 = \frac{2EI}{GI_p}$. С учетом ранее введенного обозначения отношения жесткостей можно записать:

$$\operatorname{tg} \beta = \sqrt{\frac{1}{1 + 2e}}. \quad (18)$$

Из формулы (15) при $T_1 = 0$ следует:

$$q_0 = GI_p \frac{\sin^2 \beta}{2R^3}. \quad (19)$$

С учетом соотношения (18) и формулы $\sin^2 \beta = \frac{\operatorname{tg}^2 \beta}{1 + \operatorname{tg}^2 \beta}$ получим выражения для основных силовых факторов, определяющих равновесную структуру крученой нити:

$$q_0 = GI_p \frac{1}{4R^3 (1 + e)};$$

$$T = GI_p \frac{1}{4R^2 (1 + e)};$$

$$Q = GI_p \frac{\sqrt{1 + 2e}}{4R^2 (1 + e)}; \quad (20)$$

$$M_{и} = EI \frac{1}{2R (1 + e)};$$

$$M_{к} = GI_p \frac{\sqrt{1 + 2e}}{2R (1 + e)}.$$

Для числовой оценки сил и моментов нужны данные жесткостных характеристик $EI = H$ и $GI_p = B$. Теорию и методику определения величин H и B предполагается изложить в последующих статьях. Сейчас же ограничимся значениями, полученными из эксперимента, проведенного с

чистошерстяной пряжей линейной плотности 32 текс. Жесткость пряжи при кручении равна $V_y = 0,042 \text{ сН} \cdot \text{мм}^2$, жесткость при изгибе той же пряжи $H = 0,748 \text{ сН} \cdot \text{мм}^2$. Вычислим теперь основные силовые факторы, определяющие равновесную структуру скрученной в два сложения чистошерстяной пряжи 31×2 текс. Внешние силы, включая осевую силу (натяжение), и моменты отсутствуют, отношение жесткостей $e = \frac{H}{V} = 17,81$. В этих условиях получим:

приведенная к осевой линии нити контактная нагрузка

$$q_0 = V \frac{1}{4R^3(1+e)} = 0,446 \frac{\text{сН}}{\text{мм}},$$

натяжение каждой из нитей в составе скрученной

$$T = V \frac{1}{4R^2(1+e)} = 0,048 \text{ сН},$$

перерезывающая сила

$$Q = V \frac{\sqrt{1+2e}}{4R^2(1+e)} = 0,291 \text{ сН},$$

изгибающий момент

$$M_u = H \frac{1}{2R(1+e)} = 0,184 \text{ сН} \cdot \text{мм},$$

крутящий момент

$$M_k = V \frac{\sqrt{1+2e}}{2R(1+e)} = 0,063 \text{ сН} \cdot \text{мм}.$$

Еще раз подчеркнем, что скрученная нить находится в свободном состоянии, внешних сил и моментов нет, но все же из-за упругости деформированных при кручении нитей в отдельных скрученных между собой нитях возникают и силы и моменты. В полной мере это относится к одиночным нитям и пряже, где роль нитей будут играть отдельные волокна. И только благодаря упругой природе нитей, ткани, трикотажа текстильные материалы существуют как одно- и двумерные гибкие твердые тела.

ЛИТЕРАТУРА

1. Щербаков В.П., Скуланова Н.С. Основы теории деформирования и прочности текстильных материалов: Монография. – М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2008.
2. Феодосьев В. И. Избранные задачи и вопросы по сопротивлению материалов. – М.: Наука, 1996.

Рекомендована кафедрой механической технологии волокнистых материалов. Поступила .26.11.12

ПОСТРОЕНИЕ ДИАГРАММЫ ДЕФОРМИРОВАНИЯ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ СЖАТИИ

PLOTTING THE DIAGRAM OF FIBROUS MATERIALS DEFORMATION IN PRESSING

В.С. БЕЛГОРОДСКИЙ, Г.И. ЧИСТОБОРОДОВ, М.В. КИСЕЛЕВ, А.М. КИСЕЛЕВ
V.S. BELGORODSKY, G.I. CHISTOBORODOV, M.V. KISELEV, A.M. KISELEV

(Московский государственный университет дизайна и технологии,
Ивановская государственная текстильная академия,
Костромской государственный технологический университет)
(Moscow State Textile University "A.N. Kosygin";
Ivanovo State Textile Academy;
Kostroma State Technological University)
E-mail: ttp@igta.ru

Предложена математическая модель, которая достаточно качественно описывает процесс сжатия волокон (в данном случае для льняного чесаного волокна) при удовлетворительных количественных характеристиках.

The mathematical model that qualitatively describes the process of fibers pressing (for a flax carding fiber in this case) with satisfactory quantitative characteristics has been offered.

Ключевые слова: деформирование волокнистых материалов, льняное чесаное волокно, сжатие, динамическая конечно-элементная модель.

Keywords: fibrous materials deformation, flax carding fiber, pressing, a dynamic finite-element model.

Деформационные свойства текстильных материалов характеризуются такими величинами, как: модуль упругости первого и второго рода, предельной величиной деформации при разрушении, значением предела прочности, при соответствующих видах нагружения, коэффициентом Пуассона и многими другими показателями. Однако диаграмма деформирования материала, при соответствующих видах нагружения, является его важнейшей характеристикой с точки зрения механического воздействия на него внешних сил, возникающих в процессе технологической обработки или в ходе эксплуатации. Знание диаграммы деформирования материала, вплоть до его разрушения, позволяет определить практически все отдельные механические характеристики материала. Для сплошных материалов задача построения диаграммы деформирования решается экспериментальными или известными тео-

ретическими методами механики сплошных сред. Для волокнистых текстильных материалов задача существенно усложняется вследствие вероятностного распределения одиночных волокон по объему материала и большого разброса физико-механических свойств [1].

В данной работе задача прогнозирования деформационных характеристик волокнистых материалов при сжатии решена для льняного чесаного волокна, поскольку теоретическая модель материала построена на уровне элементарного волокна. Для построения геометрической модели льняного чесаного волокна применялся метод конечных элементов в объемной постановке. При построении геометрической модели льняного чесаного волокна за одиночное волокно выбрано элементарное льняное волокно с формой поперечного сечения в виде пятигранника. Элементарные волокна объединялись в льняные комплек-

сы с вероятностными характеристиками элементарных волокон. Совокупность льняных комплексов образует структуру льняного волокна в массе. При построении геометрической модели льняного чесаного

волокна учитывался факт параллелизации элементарных волокон 90% и более. Один из вариантов геометрической вероятностной 3D модели льняного чесаного волокна приведен на рис.1.

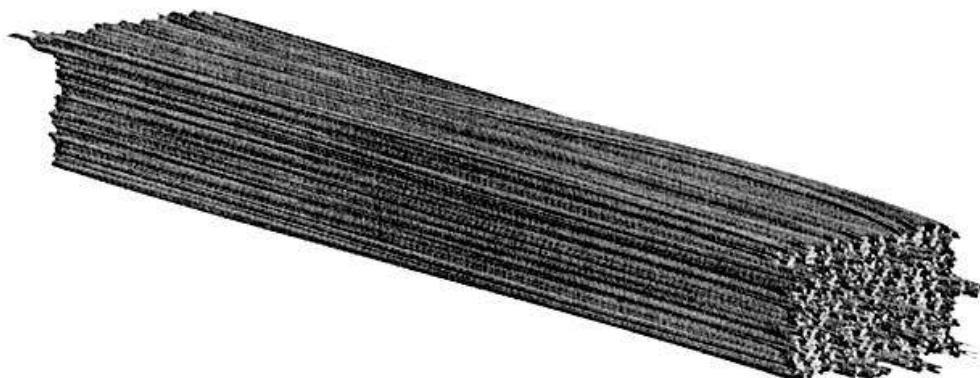


Рис. 1

Для упрощения решения задачи конечным пользователем была использована технология batch-файла. Для создания batch-файла с описанием задачи была разработана программа на языке VB.NET, в графическом интерфейсе которой пользователь задает исходные данные для решения задачи.

В качестве исходных данных выступали следующие параметры: длина элементарного волокна, его диаметр и физико-механические характеристики (модуль упругости, плотность и коэффициент Пуассона), размеры приспособления, в котором нагружается образец, и физико-механические свойства материала его стенок, плотность волокнистой массы по трем осям координат, коэффициент трения. Укрупненная блок-схема динамической конечно-элементной модели сжатия льняного чесаного волокна приведена на рис. 2.

В разработанной динамической конечно-элементной модели поведение материала при нагружении принято идеально упругим, так как реальные законы поведения элементарных волокон многих материалов при деформации сжатия на сегодняшний день неизвестны, однако присутствуют данные о величине модуля упругости. В принципе возможно задание любой нелинейной модели поведения материалов.

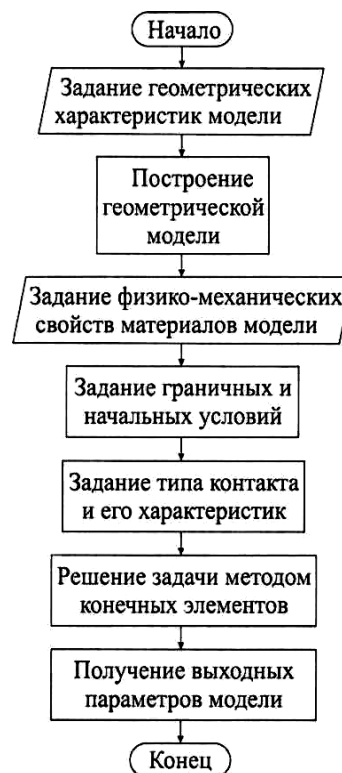


Рис. 2

Модель сжатия волокнистой массы построена на основе динамической модели деформированного твердого тела. При решении задачи учтены нелинейности, характерные для данной задачи – геометрическая нелинейность и контактное взаимодействие волокон друг с другом. В качестве граничных условий задавались интенсивность распределенной нагрузки сжатия волокнистой

массы q (рис. 3 – деформация волокнистой льняной массы при сжатии на одном из вариантов расчета) и скорость изменения данной силы, соответствующая скорости перемещения зажимов испытательной машины в натурном эксперименте.

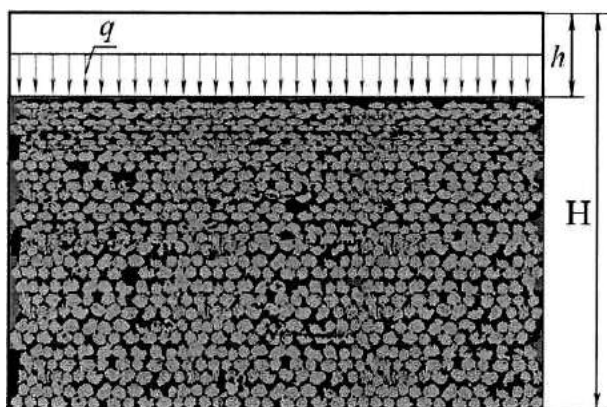
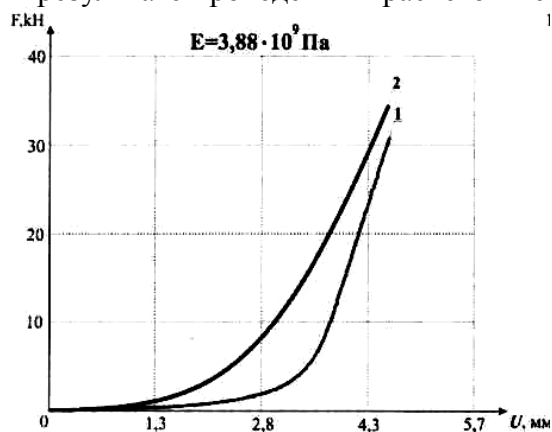


Рис. 3

Задание в качестве граничных условий скорости действия силы или ускорения позволяет учесть, при необходимости, влияние скорости деформации на напряженно-деформированное состояние волокнистой массы или релаксации материала после снятия нагрузки.

В процессе расчета при заданной фиксированной нагрузке определялась величина сжатия материала, характеризуемая величиной h .

В результате проведенных расчетов ме-



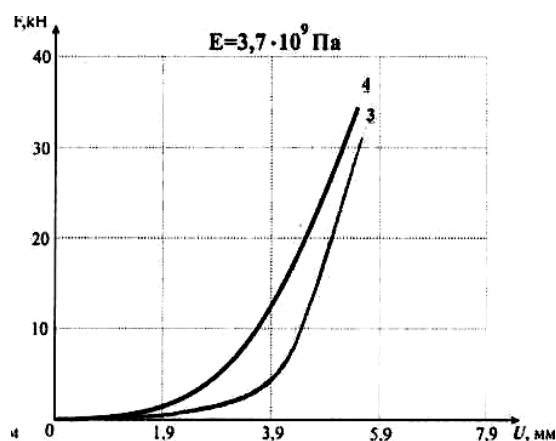
1
 Диаграммы сжатия трепаного льна (100 текс):
 1 - экспериментальная, 2 - теоретическая

тодом вычислительного эксперимента были построены диаграммы сжатия трепаного и чесаного льняного волокна, представленные на рис. 4, где показано сравнение экспериментальных и теоретических диаграмм сжатия.

Из характера диаграмм сжатия видно, что они носят существенно нелинейный характер. Очевидно, что это связано с малым сопротивлением процессу деформации на начальных этапах деформирования, когда идет уплотнение волокнистой массы за счет воздушных зазоров между волокнами.

При этом значение модуля упругости трепаного льна несколько выше, чем чесаного. Этот факт объясняется наличием большего количества сорных примесей, инкрустов и других клеящих веществ, находящихся в экспериментальном образце из трепаного льна, чем в чесаном льняном образце. Моделирование сорных примесей в льняном волокне в данном исследовании не выполнялось, поскольку данная задача представляет собой самостоятельную задачу научного исследования.

Оценка адекватности разработанной модели сжатия волокнистых материалов проводилась путем сравнения теоретических результатов расчетов с экспериментальными данными, выполненными самостоятельно. На рис. 4 приведено сравнение усредненных экспериментальных данных.



4
 Диаграммы сжатия чесаного льна (62,5 текс):
 3 - экспериментальная, 4 - теоретическая

Рис. 4

Анализ результатов, приведенных на

рис. 4, показывает, что предложенная ма-

тематическая модель достаточно качественно описывает процесс сжатия волокон при удовлетворительных количественных характеристиках. По мере возрастания деформации теоретическая и экспериментальная диаграммы имеют тенденцию к сближению. Данный факт легко объясняется тем, что образец льняных волокон при больших степенях деформации превращается в монолитный материал и описание его свойств существенно проще, чем структурно неоднородного материала. Учитывая разброс физико-механических свойств натуральных волокон, достигающих величины около 1 порядка и более [2], полученные результаты прогнозирования дефор-

мационных свойств волокнистых материалов можно признать удовлетворительными.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Киселев А.М.* Теоретическое и экспериментальное построение диаграмм деформирования при сжатии льняного волокна // Вестник КГТУ. – Кострома: КЕТУ, 2010, №1 (23). С. 50.
2. *Перепелкин К.Е.* Структура и свойства волокон. – М.: Химия, 1985.

Рекомендована кафедрой технологии текстильных изделий ИГТА. Поступила 04.12.12.

УДК 677.11:620.192.67

**РАЗРАБОТКА НОВЫХ СПОСОБОВ ПОЛУЧЕНИЯ
НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ
СО СПЕЦИАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ***

**DEVELOPMENT OF THE NEW WAYS
OF PRODUCING NONWOVEN MATERIALS
WITH SPECIAL PROPERTIES**

Э.А. КОЛОМЕЙЦЕВА, П.А. МОРЫГАНОВ, Л.А. БРАТЧЕНЯ, Н.П. ЕСЕНКОВА
E.A. KOLOMEYTSEVA, P.A. MORYGANOV, L.A. BRATCHENYA, N.P. ESENKOVA

(Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН, г. Иваново,
ОАО "Научно-исследовательский институт нетканых материалов")
(Institute of Solution Chemistry named after G.A. Krestov RAS;
"Research Institute of Nonwoven" Public Corporation)
E-mail: poul.m@mail.ru, nri@inbox.ru

Изучалась возможность изготовления нетканых материалов различной поверхностной плотности, в том числе до 2 кг/м², на основе льноволокна, огнебиозащищенного методом глубокой пропитки. Оценивались такие функциональные свойства полученных материалов, как огнебиозащищенность, теплопроводность, воздухопроницаемость, устойчивость к многократному сжатию, токсичность и т.д.

The possibility of producing nonwoven materials of different surface density, including the density up to 2 kg/m², on the basis of flax fiber fire- and bioprotected by deep impregnation was studied. Such functional properties of the obtained materials as fire- and bioprotection, heat conductivity, air permeability, stability to repeated compression, toxicity etc. were estimated.

Ключевые слова: льняное волокно, огнебиозащита, нетканый материал, теплоизоляция, пропитка.

Keywords: flax fiber, fire- and bioprotection, nonwoven material, thermal protection, deep impregnation.

Цель данной работы заключалась в оценке возможности изготовления нетканых материалов на основе огнебиозащи-

щенного льноволокна и определении их свойств.

Кислородный индекс нетканых материалов и волокон определяли по ГОСТ

* Исследования выполнены при финансовой поддержке Минпромторга РФ (гос. контракт №11411.0816900.19.045 от 12.04.2011, шифр "Лен").

12.1.044.89; коэффициент дымообразования и группу токсичности по ГОСТ 12.1.044–91; степень повреждения образца по массе по ГОСТ 30244–97; коэффициент биоустойчивости материалов по ГОСТ 9.049–91; теплопроводность материала определяли согласно ГОСТ 7076–99.

Обработку льноволокна проводили путем его пропитки в растворе препарата Те-

загран-Био [1] при жидкостном модуле - 6 и температуре 40...45°C в течение 10...15 мин. При этом выход препарата на волокно составлял 11% масс. по сухому веществу. Результаты определения показателей качества огнебиозащищенного льноволокна, обработанного препаратом Тезагран-Био, представлены в табл.1.

Т а б л и ц а 1

| Способ обработки льноволокна | Кислородный индекс, % | Степень повреждения образца по массе при горении, % | Коэффициент дымообразования, м ² /кг | Степень обрастания плесневыми грибами, балл | Коэффициент биоустойчивости, % |
|------------------------------------|-----------------------|---|---|---|--------------------------------|
| Пропитка при жидкостном модуле М=6 | 36,0 | 8,5 | 115,43 | 0-1 | 93 |
| Норматив | Не менее 28 | Не более 20% для группы горючести Г1 | Не более 500 (умеренная дымообразующая способность) | Не более 3 | Не менее 85 |

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод о том, что модифицированное льняное волокно, полученное путем пропитки препаратом Тезагран-Био, обладает показателями огнебиозащиты, превышающими нормативные требования. Образцы льноволокна приобретают группу горючести Г1 ("Вещества трудногорючие"), устойчивы к действию плесневых грибов и бактериальных культур (коэффициент биоустойчивости 93%), а также относятся к материалам экологически безопасным.

На следующем этапе работы из данного волокна были изготовлены опытные образцы нетканых материалов по следующей технологической схеме:

- приготовление волокнистой смеси;
- чесание и формирование прочеса;
- скрепление прочеса иглопрокалыванием;
- дублирование одинарных слоев способом иглопрокалывания;
- дублирование одинарных слоев и барьерного элемента (фольги алюминиевой) способом иглопрокалывания.

Выработка образцов нетканых материалов всех вариантов осуществлялась при

одинаковых технологических параметрах: исходном весе волокнистой смеси 500 г, плотности прокалывания 180 см, глубине прокалывания 7 мм.

С учетом определяющих проектирование нетканых структур факторов и на основании разработанных критериев к материалам технического назначения с огнебиозащитными свойствами были спроектированы и изготовлены 2 варианта структур нетканых материалов:

1 вариант – структура, состоящая из трех слоев двухкомпонентной смеси льняных огнебиозащищенных и химических волокон.

2 вариант – 4-слойная структура, состоящая из трех слоев двухкомпонентной смеси льняных огнебиозащищенных и химических волокон и барьерного элемента – фольги алюминиевой. Барьерный элемент вводили с целью снижения скорости распространения пламени.

По спроектированным структурам изготовлены 9 образцов нетканых материалов. Составы и свойства нетканых полотен различной структуры на основе огнебиозащищенного льноволокна приведены в табл. 2.

Таблица 2

| № | Состав волокнистой смеси | % содержание | Поверхностная плотность, г/м ² | Кислородный индекс (КИ), % | Коэффициент биозащитности, % | Степень повреждения образца по массе при горении, % |
|---|--|--------------|---|----------------------------|------------------------------|---|
| 1 | Льняное волокно исходное | 100 | 375 | 17,5 | 9 | - |
| 2 | Льняное волокно исходное Полиэфирное волокно | 70 30 | 525 | 19,1 | 12,3 | - |
| 3 | Льняное волокно исходное Полипропиленовое волокно | 70 30 | 530 | 17,9 | 13,4 | - |
| 4 | Льняное волокно огнебио- защищенное | 100 | 300 | 38,8 | 94 | 12,4 |
| 5 | Льняное волокно огнебио- защищенное Полиэфирное волокно | 70 30 | 500 | 31,6 | 95 | 15,8 |
| 6 | Льняное волокно огнебио- защищенное Полипропиленовое волокно | 70 30 | 500 | 29,0 | 95 | 17,3 |
| 7 | Льняное волокно огнебио- защищенное Бамбуковое волокно | 70 30 | 430 | 38,4 | 7 | 11,9 |
| 8 | Льняное волокно огнебио- защищенное Волокно арселон-С | 70 30 | 440 | 43,6 | 96 | 10,5 |
| 9 | Льняное волокно огнебио- защищенное Волокно арселон-С Фольга алюминиевая пище- вая | 70 30 | 500 | 42,5 | 96 | 11,2 |
| | Норматив | | | Не менее 28 | Не менее 85 | Не более 20 |

В процессе изготовления образца № 1 (льняное волокно исходное – 100%) и №4 (льняное волокно огнебиозащищенное – 100%) наблюдались технологические трудности при формировании волокнистого холста и скреплении его способом иглопрокалывания из-за отсутствия извитости исходного льняного волокна, значительного снижения сил сцепления и трения между волокнами и повышенного скольжения огнебиозащищенного волокна. Изготовление образцов по остальным вариантам смесовых композиций технологических трудностей не вызывало. Анализ физико-механических показателей опытных образцов нетканых материалов на основе модифицированных огнебиозащищенных волокон показал, что в целом все образцы соответствуют техническим требованиям. Однако значение поверхностной плотности 400 г/м и более может быть достигнуто только за счет введения синтетических волокон в волокнистую смесь, что приводит к снижению потери неизвитого льняного

волокна при его переработке на чесальном оборудовании.

Для оценки влияния состава волокон на свойства опытных образцов нетканых материалов были выбраны варианты с 30%-ным вложением волокон в смеси с модифицированным льняным волокном (табл. 2, обр. 2...3; 5...8). Сравнение проводили с образцом из 100%-ного льняного и модифицированного льняного волокна (обр. 1 и 4).

На рис. 1 показано влияние природы волокон в смесовых композициях на воздухопроницаемость опытных образцов нетканых материалов. Образец из модифицированного льна (№4) имеет самый высокий показатель воздухопроницаемости; введение в смесовую композицию полиэфирного и полипропиленового волокон (№5 и 6) снижает этот показатель почти в 2,5 раза; арселона – почти в 2 раза. Наименьшее снижение воздухопроницаемости – в 1,5 раза имеет место при использовании бамбукового волокна.

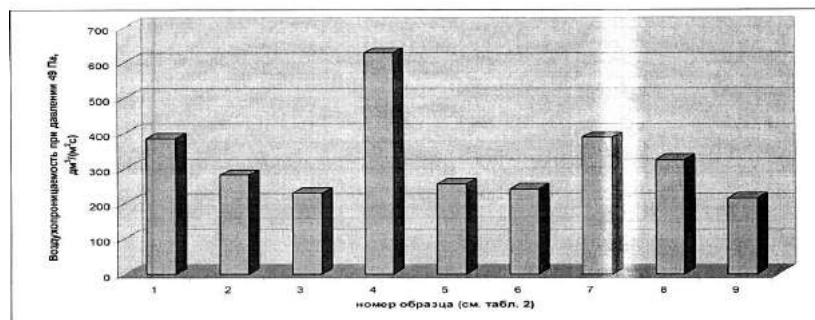


Рис. 1

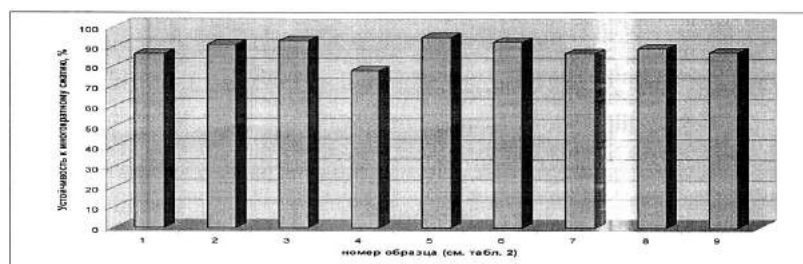


Рис. 2

Влияние состава волокнистой смеси на устойчивость к многократному сжатию опытных образцов нетканых полотен показано на рис. 2. Отмечено, что введение волокон-проводников способствует повышению устойчивости материала к многократному сжатию, причем наилучшие результаты наблюдаются при использовании полиэфирного и полипропиленового волокон (№5 и 6).

Введение барьерного элемента в структуру материала увеличивает объемную плотность, но снижает воздухопроницаемость (рис. 1 и 2, образец №9).

На опытно-промышленной базе фирмы ERCO Truetzschler (Германия) был изготовлен опытный образец огнебиозащитного теплоизоляционного объемного утеплителя, полученного на основе механически очищенного модифицированного льноволокна с огнебиозащитными свойствами [2].

Нетканое полотно вырабатывалось из смеси волокон (80% огнебиозащитное льноволокно и 20% полиэфирное бикомпонентное) методом термоскрепления. Основные качественные показатели объемного утеплителя на основе огнебиозащитного льноволокна представлены в табл. 3.

Таблица 3

| Наименование параметра | Измеренное значение | Норматив |
|--|---------------------|----------------|
| Размеры утеплителя, см | ширина | 100 |
| | длина | 100 |
| | толщина | 20 |
| Объемная плотность, кг/м ³ | 40 | - |
| Кислородный индекс, % | 35,7 | не менее 28 |
| Степень повреждения образца по массе при горении, % | 16,4 | не более 20 |
| Коэффициент дымообразования (Dm), м ² /кг | 106,46 | не более 500 |
| Группа воспламеняемости (критическая поверхностная плотность теплового потока), кВт/м ² | 21 | 20...35 |
| Группа токсичности (Hcl ₅₀), г/м ³ | 46,2 | 40...120 |
| Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К) при 20 °С | 0,034 | не более 0,035 |
| Коэффициент биоустойчивости, % | 94,7 | не менее 85 |

Анализируя приведенные данные, можно сделать вывод о том, что полученный в производственных условиях объемный огнебиозащищенный утеплитель приобретает полифункциональные свойства, соответствующие и даже превышающие существующие нормативные требования.

ВЫВОДЫ

1. Изготовлены образцы нетканых полотен различной структуры, в том числе с барьерным элементом, на основе огнебиозащищенного льноволокна, полученного методом глубокой пропитки. В результате использования предварительно модифицированного волокна нетканые материалы приобретают высокие показатели огнебиозащиты: кислородный индекс 35...37% – (при нормативе – не менее 28%), коэффи-

циент устойчивости к биоразрушению 94...97% (при нормативе – не менее 85%).

2. На основе огнебиозащищенного льноволокна изготовлен объемный утеплитель толщиной 200 мм с высокими показателями огнебиозащиты (кислородный индекс 35,7%, коэффициент биоустойчивости 94,7) и низкой теплопроводностью – 0,034 Вт/(м·К).

ЛИТЕРАТУРА

1. Морыганов А.П., Коломейцева Э.А., Кокищев С.А. // Текстильная химия. – 2004, №1. С.23...33.

2. Коломейцева Э.А., Морыганов А.П., Данилов А.Р., Гатаулин А.М. // Патент РФ №2347860, БИ 2009, №6.

Рекомендована научно-техническим советом ИХР РАН. Поступила 27.03.12.

УДК 677.057

ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОХОЖДЕНИЯ НЕРОВНОСТИ ЧЕРЕЗ ЖАЛО ПРИЖИМНОГО ВАЛА ОТЖИМА ТИПА "ОТ"

THE DYNAMIC MODEL OF PASSING IRREGULARITIES THROUGH THE NIP OF A CLAMPING WRINGING SHAFT OF "WT" TYPE

М.Э. ГРЕКОВ, Ю.Г. ФОМИН, А.Н. МАРИНИН, И.В. ПЕТРОВА
M.E. GREKOV, YU.G. FOMIN, A.N. MARININ, I.V. PETROVA

(Ивановская государственная текстильная академия)
(Ivanovo State Textile Academy)
E-mail: ptooo@igta.ru

В статье приводится анализ динамики прохождения неровности в отжиме типа "ОТ".

The article presents the analysis of dynamics of passing irregularities in wringing of "WT" type.

Ключевые слова: валковый отжим, динамическая модель, неровность, динамические нагрузки, снижение динамических нагрузок.

Keywords: roll wringing, a dynamic model, irregularities, dynamic loads, decreasing of dynamic loads.

При разработке модели использовался опыт, накопленный в целлюлозно-бумажной промышленности, касающийся отжима бумажного полотна [1], а также теоретические и экспериментальные данные гидромеханики [2], имеющиеся сведения об исследовании валковых отжимов [3...8].

Рассматривая динамическую модель отжима "ОТ", можно сделать вывод, что прохождение неровности через жало прижимного вала сопровождается меньшими динамическими нагрузками, чем при прохождении ткани по принятой в настоящее время схеме заправки – в жало приводного (опорного) вала [9].

Более подробный анализ такой схемы заправки может быть выполнен с помощью динамической модели прохождения шва через жало приводного вала (рис. 1).

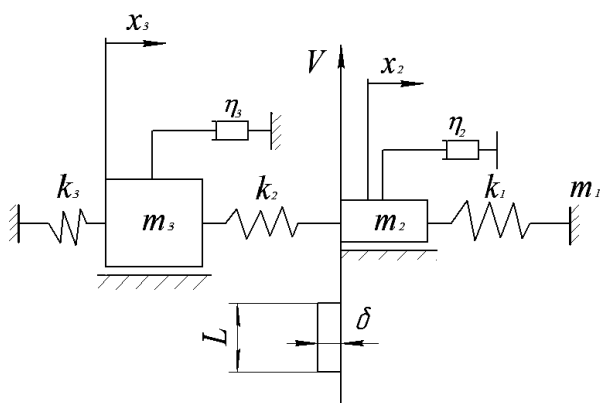


Рис. 1

Запишем уравнения движения для рассматриваемого случая в следующем виде.

Период прохождения неровности $0 \leq t \leq T_{\text{ш}}$

$$\left. \begin{aligned} -m_2 \ddot{x}_2 - \eta_2 \dot{x}_2 - k_1 x_2 + k_2 [\delta_{\text{ш}}(t) + x_2 - x_3] &= 0, \\ -m_3 \ddot{x}_3 - \eta_3 \dot{x}_3 - k_2 [\delta_{\text{ш}}(t) + x_3 - x_2] - k_3 x_3 &= 0, \end{aligned} \right\} (1)$$

где m_i – масса i вала; x_i – перемещение вала; k_i – жесткость; η_i – коэффициент, характеризующий демпфирование в системе; $\delta_{\text{ш}}$ – толщина неровности.

Раскрыв скобки и приведя подобные члены, получим:

$$\left. \begin{aligned} \ddot{x}_2 + \frac{\eta_2}{m_2} \dot{x}_2 + \frac{k_1 + k_2}{m_2} x_2 - \frac{k_2}{m_2} x_3 &= \frac{k_2}{m_2} \delta(t), \\ \ddot{x}_3 + \frac{\eta_3}{m_3} \dot{x}_3 + \frac{k_2 + k_3}{m_3} x_3 - \frac{k_2}{m_3} x_2 &= -\frac{k_2}{m_3} \delta(t). \end{aligned} \right\} (2)$$

Введем обозначения:

$$F_1(t) = \frac{k_2}{m} \delta(t); \quad F_2(t) = -\frac{k_2}{m_3} \delta(t).$$

Получим уравнения движения рассматриваемой системы в виде:

$$\left. \begin{aligned} \ddot{x}_2 + n_2 \dot{x}_2 + P_{12} x_2 + P_{13} x_3 &= F_1(t), \\ \ddot{x}_3 + n_3 \dot{x}_3 + P_{22} x_2 + P_{23} x_3 &= F_2(t). \end{aligned} \right\} (3)$$

Интегрируя численным методом (задача решается аналитически путем подстановки форм x_2 и x_3 и разложения $F_1(t)$ и $F_2(t)$ в ряды Фурье), находим перемещение валов в функции времени [10].

Динамические нагрузки в жалах валов найдем из выражений:

$$G_1 = k_2 x_2; \quad G_2 = k_2 [\delta(t) + x_3 - x_2]. \quad (4)$$

Период свободных колебаний:

при $t > T_{\text{ш}}$ движение систем описывается системой уравнений

$$\left. \begin{aligned} \ddot{x}_2 + n_2 \dot{x}_2 + P_{11} x_2 + P_{12} x_3 &= F_{1\text{ш}}(t), \\ \ddot{x}_3 + n_3 \dot{x}_3 + P_{21} x_2 + P_{22} x_3 &= 0. \end{aligned} \right\} (5)$$

Решаем эту систему численным интегрированием при начальных условиях, полученных в результате интегрирования системы (4), и значениями $t = T_{\text{ш}}$.

ВЫВОДЫ

1. Качественный анализ динамической модели прохождения неровности через жало прижимного вала показывает, что снижение жесткости позволяет уменьшить динамические нагрузки в системе.

2. В существующей конструкции отжима целесообразно проводку ткани осуществлять через жало прижимного вала. При этом динамические нагрузки на остов снижаются на 2 кН и на опорные строительные конструкции с 40 до 14 кН.

ЛИТЕРАТУРА

1. Новиков Н.Е. Прессование бумажного полотна. – М.: Изд-во Лесная промышленность, 1972.
2. Коллинз Р. Течение жидкостей через пористые материалы. – М.: Изд-во. Мир, 1964.
3. Фомин Ю.Г. Исследование процесса прижима валов каландра // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1978, №5. С. 141...144.
4. Кузнецов Г.К. Напряженное состояние на поверхностях контакта валов с различными свойствами покрытий // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1972, №3. С.128...131.
5. Кузнецов Г.К. К вопросу о расчете давления в валковой паре // Изв. вузов. Технология тек-

стильной промышленности. – 1967, №5. С.143...147.

6. Кузнецов Г.К. Применение метода фотоупругости для исследования напряжений в валах с нежестким покрытием // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1968, №3. С.139...142.

7. Левин А.А. Аналитическое определение напряжений и деформаций резинового покрытия нажимных валиков в кн. Вопросы исследования и проектирования машин прядильного производства // Научн.-исслед. Тр. НИЭКИПмаш. – Пенза, вып. 5. 1973. С. 200...204.

8. Brösel K. Einflubfaktoren and den Abquetscheffekt // Deutsche Textiltechnik 16(1966) Heft 5.

9. Греков М.Э., Фомин Ю.Г., Комиссаров И.И., Демидов А.В., Петрова И.В. Динамическая модель прохождения неровности в отжиме типа "ОТ" // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, №3. С.96...99.

10. Дуббель Г. Справочник по математике для инженеров, студентов и преподавателей математики / Г. Дуббель; пер. с нем. Н.П. Тарасова. – 7-е изд. – М.: ОНТИ-НКТП СССР. Гл. ред. общетехн. Лит. и номотрафии, 1936.

Рекомендована кафедрой проектирования текстильного отделочного оборудования. Поступила 29.03.12.

УДК 687.01:339.139

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ТЕКСТИЛЬНЫХ ШТОР

DEVELOPMENT OF THE METHODS OF ESTIMATION OF TEXTILE CURTAINS COMPETITIVENESS

О.В. ИВАНОВА, Н.А. СМЕРНОВА, О.Н. ХРОМУШИНА
O.V. IVANOVA, N.A. SMIRNOVA, O.N. HROMUSHKINA

(Костромской государственной технологической университет)
(Kostroma State Technological University)
E-mail:tmchp@kstu.edu.ru

Рассмотрены особенности оценки конкурентоспособности штор. Предложена экспресс-методика оценки их конкурентоспособности в условиях салона-магазина. Установлены основные потребительские свойства материалов и базовых образцов для сравнения. Разработаны рекомендации по использованию методов оценки конкурентоспособности штор в рамках действующих торговых предприятий.

The features of estimations of curtains competitiveness have been considered. Express methods of estimation of curtains competitiveness in the conditions of a salon-shop has been offered. The basic consumer properties of materials and basic samples for comparison have been established. Recommendations on the use of the methods of curtains competitiveness estimation within functioning trade enterprises have been developed.

Ключевые слова: шторы, свойства, конкурентоспособность, качество, показатели.

Keywords: curtains, properties, competitiveness, quality, indicators.

Разработана методика оценки конкурентоспособности готовых комплектов штор в условиях салона-магазина, которая предусматривает определение исходных данных комплекта: вид изделия, его назначение, составные элементы комплекта; определение потребительской ценности (цены) комплекта; выбор основных потребительских свойств для комплекта в целом и каждого элемента в отдельности; оценка потребительских свойств изделия (уровня качества): определение весомости показателей качества и значений показателей качества в баллах; определение значимости цены и качества для разных потребитель-

ских сегментов; определение уровня конкурентоспособности комплекта.

С целью апробации методики в рамках действующего салона-магазина разработаны два комплекта штор для гостиной (первый выполнен из натуральных материалов, второй – из синтетических) и осуществлено конфекционирование материалов в трех ценовых сегментах (низком, среднем и высоком).

На основе экспертного метода и метода функциональных карт выбраны основные потребительские свойства материалов для исследуемых комплектов (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

| Ценовой сегмент | Краткое описание | Средняя цена, руб. |
|--|--|--------------------|
| Комплект штор для гостиной из натуральных тканей | | |
| Низкий(1) | Шторы: льняные гардинное полотно: хлопчатобумажное | 9680 |
| Средний(2) | Шторы: льняные гардинное полотно: хлопчатобумажное | 14300 |
| Высокий(3) | Шторы: льняные гардинное полотно - льняное | 23300 |
| Комплект штор для гостиной из синтетических тканей | | |
| Низкий(1) | Шторы, жесткий ламбрекен: портьерная ткань с рисунком; мягкий ламбрекен, гардинное полотно: вуаль | 6500 |
| Средний(2) | Шторы: портьерная ткань; жесткий ламбрекен: портьерная ткань; мягкий ламбрекен: микровуаль; гардинное полотно: органза. | 11100 |
| Высокий(3) | Шторы, жесткий ламбрекен: портьерная ткань с рисунком; мягкий ламбрекен, гардинное полотно: однотонная органза. | 20300 |

Дальнейший расчет осуществлялся по двум направлениям, первое – оценка весомости свойств по комплекту в целом, второе – по элементам комплекта. Для опре-

деления значений показателей использована 100-балльная система.

Для оперативности проведения экспертизы потребительских свойств разработа-

ны справочные сведения по действующему ассортименту материалов салона-магазина и предложена градация сопоставимости показателей в натуральном и балльном

выражении для комплектов штор в целом и по элементам. Ее фрагмент по некоторым показателям представлен в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

| Показатели потребительских свойств | Градация степени | Значения показателя качества | Баллы |
|---|------------------|------------------------------|--------|
| Драпируемость Да, % | Высокая | 70...90 | 70-100 |
| | Средняя | 50...70 | 40-70 |
| | Низкая | >40 | 0-40 |
| Жесткость на изгиб EI, мкНсм ² | Высокая | >8000 | 0-40 |
| | Средняя | 4000...8000 | 40-70 |
| | Низкая | < 4000 | 70-100 |
| Новизна модели | Высокая | - | 70-100 |
| | Средняя | - | 40-70 |
| | Низкая | - | 0-40 |

Расчеты потребительских показателей качества обобщены с учетом волокнистого состава и ценовой сегментации

комплектов. Пример представления данных по комплекту из натуральных материалов представлен в табл. 3.

Т а б л и ц а 3

| Предметы текстильного декора интерьера | Основные показатели качества | Весомость m_i | Значение показателя качества | | | Баллы | | |
|--|--|-----------------|------------------------------|---------|---------|---------|----|----|
| | | | Сегмент | | | Сегмент | | |
| | | | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| Портьеры | Драпируемость | 0,10 | 47 | 62 | 65 | 50 | 60 | 65 |
| | Устойчивость окраски | 0,12 | 2 | 3 | 4 | 40 | 50 | 60 |
| | Светопроницаемость | 0,04 | средняя | средняя | высокая | 55 | 55 | 40 |
| | Художественно-колористическое оформление | 0,15 | средняя | средняя | средняя | 55 | 55 | 55 |
| | Несминаемость, | 0,16 | 1,02 | 1,02 | 1,05 | 40 | 40 | 55 |
| | Поверхностная плотность | 0,08 | средняя | средняя | средняя | 55 | 55 | 55 |
| Гардинное полотно | Драпируемость | 0,096 | 50 | 56 | 69 | 50 | 60 | 70 |
| | Несминаемость | 0,17 | 1,02 | 1,02 | 1,05 | 40 | 40 | 55 |
| | Светопроницаемость | 0,15 | средняя | средняя | высокая | 55 | 55 | 85 |
| | Художественно-колористическое оформление | 0,04 | средняя | средняя | высокая | 55 | 55 | 90 |
| | Загрязняемость | 0,096 | средняя | средняя | средняя | 55 | 55 | 55 |
| | Устойчивость окраски | 0,12 | 2 | 3 | 4 | 40 | 50 | 60 |
| Комплект в целом | Поверхностная плотность | 0,07 | средняя | средняя | средняя | 55 | 55 | 55 |
| | Совершенство композиции | 0,17 | средняя | высокая | высокая | 55 | 75 | 90 |
| | Новизна модели | 0,17 | средняя | средняя | высокая | 55 | 55 | 80 |
| | Художественно-колористическое оформление | 0,14 | средняя | средняя | средняя | 55 | 55 | 55 |
| | Драпируемость | 0,14 | 75 | 80 | 82 | 75 | 80 | 85 |
| | Загрязняемость | 0,096 | высокая | средняя | средняя | 40 | 45 | 45 |

Формулы для расчета комплексного показателя уровня качества [1] и коэффициентов конкурентоспособности комплектов из натуральных тканей, а также значимость потребительских показателей для разных потребительских сегментов представлены в табл. 4.

Для целей грамотного формирования ассортиментной политики и адекватного представления конкурентоспособных образцов в торговом зале салона-магазина предложено три подхода к расчету интегрального коэффициента конкурентоспособности комплектов штор: первый – за базовый образец принимается самый доро-

гостоящий комплект как среди натуральных, так и синтетических тканей, в этом случае при расчете коэффициента конкурентоспособности по экономическим показателям (K_3) значение рыночной цены базового образца следует ставить в числитель (табл.4). Второй подход предлагает выбор базового образца как лучшего по сочетанию цена-качество. Третий подход основан на сравнении натуральных и синтетических комплектов внутри соответствующих ценовых сегментов. Каждый из подходов имеет практическое применение для решения конкретных, поставленных рынком задач.

Т а б л и ц а 4

| Определяемый показатель | Формула | Входящие величины | Значение коэффициентов весомости |
|--|--|---|--|
| Комплексный показатель уровня качества Y_i | $y_i = \sum m_i x_i$ | x_i – оценка i -го единичного показателя; m_i – коэффициент весомости i -го показателя | С учетом ценовой сегментации: Низкий: $t_y=0,3; t_3=0,7$ Средний: $t_y=0,5; t_3=0,5$ Высокий: $t_y=0,8; t_3=0,2$ |
| Конкурентоспособность K | $K = K_y t_y + K_3 t_3$ | t_y, t_3 – коэффициенты весомости уровня качества и цены | |
| Коэффициент конкурентоспособности по уровню качества K_y | $K_y = \frac{Y}{Y_6}$ | $Y(Y_6)$ – уровень качества оцениваемого и базового образца; | |
| Коэффициент конкурентоспособности по экономическим показателям K_3 | $K_3 = \frac{C}{C_6}, K_3 = \frac{C_6}{C}$ | $C(C_6)$ – рыночная цена оцениваемого и базового образца | |

Результаты расчетов выявили высокую конкурентоспособность комплектов низкодогодного сегмента, причем показатель конкурентоспособности комплектов из натуральных тканей в среднем в 1,2 раза выше, чем из синтетических. Это подтверждает целесообразность производства готовых комплектов штор для низкодогодных слоев населения, так как с ростом достатка возникает потребность в индивидуальном подходе к текстильному оформлению окон.

ВЫВОДЫ

Разработана методика оценки конкурентоспособности штор в условиях сало-

на-магазина, а также даны рекомендации по выбору базового образца при расчете конкурентоспособности и выявлены рациональные направления оценки конкурентоспособности для действующего салона-магазина штор.

ЛИТЕРАТУРА

1. Еремеева Н.В., Калачев С.Л. Конкурентоспособность товаров и услуг. – М.: "КолосС", 2006.

Рекомендована кафедрой технологии и материаловедения швейного производства. Поступила 23.10.12.

ТЕХНОЛОГИЯ ШЕЛКОТКАЦКОГО ПРОИЗВОДСТВА В ГОСУДАРСТВЕ САМАНИДОВ

THE TECHNOLOGY OF SILK-WEAVING PRODUCTION IN THE STATE OF SAMANIDES

А.Б. ИШМАТОВ, М.Ф. ИБРОХИМОВ, Д.К. РАДЖАБОВА
A.B. ISHMATOV, M.F. IBROHIMOV, D.K. RADZHABOVA

(Костромской государственной технологической университет,
Технологический университет Таджикистана)
(Kostroma State Technological University;
Tajikistan Technological University)

E-mail: info@kstu.edu.ru; ishmat_0405@mail.ru; murodali_f@list.ru

В статье приводится характеристика шелковых, полушелковых материй и златотканей, которые производились на территории могучей средневековой державы таджиков. Работа выполнена на основе сведений письменных источников, прежде всего географических и исторических сочинений того периода, а также результатов исследований археологических находок.

The characteristics of silk, semi-silk materials and gold thread fabrics, which were produced on the territory of the mighty medieval power of Tajiks have been presented in the paper. The work has been done on the basis of written sources data, most of all on the basis of geographical and historical writings of that period, and on the basis of the results of research of archeological finds as well.

Ключевые слова: Средневековье, Центральная Азия, государство Саманидов, шелководство, ткачество, шелковые изделия, златоткань.

Keywords: Middle Ages, Central Asia, the state of Samanides, silkworm breeding, weaving, silk garments, gold thread fabric.

В государстве Саманидов ткани из шелка были представлены в очень богатом ассортименте. Понятно, что часть из них здесь не производилась. Их ввозили из других стран благодаря оживленной внешней торговле через северное и южное ответвления крупной караванной дороги, соединявшей Китай с Ираком. Согласно материалам письменных источников на обширной территории державы Саманидов производились разнообразные материи из шелка и златоткани, такие как *ваиши*, *дабики*, *дибо*, *мулхам*, *мумарджал*, *парча*, *симгун*. Выпускали их из чистого шелка или сочетанием шелковых нитей с пряжей другой природы (обычно хлопчатобумажной и льняной), а также с заработкой золо-

тых или серебряных нитей. Причем в полушелковых тканях основа непременно формировалась из шелка. Отдельные шелковые изделия имели тканый или вышитый орнамент. Еще в раннее Средневековье при изготовлении знаменитой шелковой ткани *занданачи* в Бухаре применяли приемы ткацкого орнаментирования. А при Саманидах в подобной технике получали надпись *тироз* на отдельных образцах известной материи *мулхам* в Мерве. Вне всякого сомнения, с богатым узором производились златоткани *дабики*, *дибо*, *парча*, *симгун*.

Основываясь на материалах письменных источников, попытаемся составить более или менее подробное описание изделий, ко-

торые были продуктом деятельности местных ткачей в государстве Саманидов.

Вашиши (*атласи вашиши*). Разновидность узорчатой шелковой ткани, которую выделяли в тюркском городе Ваш – такой вывод напрашивается при знакомстве с описаниями *вашиши* в средневековых словарях. Фирдавси уподоблял тонину *вашиши* острию меча, лирик А. Аббоси восхищался искусством *вашишбоф* – ткача *вашиши*. По его словам, уподоблять плетельщика циновки ткачу *вашиши*, это то же самое, если сажать рядом барабанщика и игрока на лютне. Ф. Гургони через красоту *вашиши* пытался передать привлекательность как лица возлюбленной, так и внутреннего убранства дворцовой террасы. Поэт свидетельствует также, что *вашиши* находила применение в одежде женщин, близких к престолу. Так, у очаровательной героини известной легенды "Вис и Ромин" было с десяток одежд из этой ткани. Рассматриваемая здесь ткань иногда называлась *атласи вашиши*. Фирдавси зафиксировал один из оттенков материи – лазурный. Нужно здесь, для сведения, заметить также, что другое значение термина "вашши" – "красный, красноватый" [1].

Дабики. Поэт Низами считал, что одним из существенных признаков расцвета государств является распространенность в них тканей *дабики* и *дибо*. Это, безусловно, указывает на превосходные качества *дабики*, которая, впрочем, сама являлась разновидностью *дибо* – возможно, самой дорогой средневековой материи. "Шелковая ткань повышенной нежности, разновидность *дибо*, названная в честь египетского города Дабик", – такую характеристику материи можно встретить в средневековых словарях [2].

Если на первых порах *дабики* завозили в Центральную Азию из-за пределов региона, в том числе из Дабика и Багдада, то позже такую материю стали производить и местные мастера. В частности, широкое распространение в Хорезме *дабики* местного изготовления в период монгольского завоевания отмечено В.В. Бартольдом. О белом цвете материи и ее применении для шитья мужских рубашек писал Носир

Хисрав. Помимо рубашек, *дабики*, затканная шелком и золотом, в IX-XV вв. использовалась на дорогие плащи, шаровары и другие атрибуты одежды [3].

Рассматриваемая ткань находила также применение в качестве женской обрядовой одежды. Однако непривлекательные невесты такую одежду носить недостойны, считал в XV в. Саади. Одежды и платки из такой материи были в почете у халифов, сообщает Ас-Сами. По его словам, лица, приглашенные на торжественный прием во двор халифов при церемониях назначения на пост наместника, восшествия на престол или званого обеда, были обязаны одеваться в тунику из *дабики*. Халат *дурраа* из этой ткани в обязательном порядке составлял элемент костюма в пиршествах, которые посещали халифы. Кроме того, они одаривали предметами одежды из *дабики* своих подданных, занимавших важные посты в различных областях власти исламского мира. Так, халиф ат-Таилллах из династии Аббасидов (конец X в.) в знак особого расположения пожаловал визирю буидского правителя Багдада Изз ад-Даула халат и шаровары из ткани *дабики* наряду с рубашкой из златотканой материи. Высокое качество ткани засвидетельствовано историком Байхаки. Он писал, что эмир Мас'уд в числе посольских даров получал и плащи: "...один из них черный, прочие багдадские *дабики*, очень редкостные, царские" [4].

Дибо. Как пишет Фирдавси, ткать *дибо* начали издавна, еще при Джамшеде – четвертом по счету правителе Древнего Ирана. "Джамшед подчинил дьяволов, заставил их научить людей искусству ткать золотыми нитями", – писал позже Хайям. По его словам, до этого *дибо* (или *дебо*) ткалась дьяволами, поэтому в былые времена ее называли *девбофт* (буквально: "вытканная дьяволом"). В то же время, если принять во внимание качества первой златоткани *дибо*, не ее ли имел в виду автор "Истории Систана", поведавший нам историю о передаче власти от Адама его сыну Шису. По словам историка, в "...два покрывала, цветом и блеском как солнце...", доставленных из рая по велению всевышнего, одели затем нового властелина мира [5].

Известно, что у такой материи было очень много сортов (разновидностей), причем некоторые со временем стали носить самостоятельные названия: *букаламун*, *дабики*, *иксун*, *истабрак*, *лод*, *шабандар-руз* (*парваз*, *шабафруз*), *парниён*, *сундус*. Выделывались они как с затканными золотыми нитями, так и без них, из чистого шелка. Об изделиях второго вида, к примеру, писал Носир Хисрав: "... Захотелось *дибо*, нужно ткать только шелк". Поэтому можно понять составителя средневекового словаря "Гиёс-ул-лугот", согласно которому, *дибо* представляла собой "тонкую шелковую ткань", "сорт узорчатой шелковой ткани". На территории Центральной Азии *дибо* была в употреблении еще до времен арабских завоеваний, о чем свидетельствует упоминание его названия в одном из документов, обнаруженных в замке Муг (VII—VIII вв.). В нем зафиксирована цена материи: в обмен на один ее отрез можно было приобрести хорошего коня [6]. Это дает основание утверждать, что *дибо* была одной из самых дорогих тканей, распространенных в эпоху раннего Средневековья.

Заслуживает внимания сообщение Табари о применении ткани в одежде главы антиарабского движения в регионе: "На нем были штаны из *дибо*, украшенного кругами, и плащ из *парынд*, обшитый каймой из *дибо*". В эту пору *дибо* входила в число предметов торгового обмена между главами воюющих сторон. На этот счет есть свидетельство указанного историка, чья заметка в некотором роде проливает свет и на стоимость ткани. Историк пишет что, завоевав в 712 г. Самарканд, Кутейба заключил с царем Согда Гуреком договор, утвердив его в качестве государя "над Самаркандом, и над его землями, и пределами, и над Кешем, и Нахшебом, и над городами, и крепостями". Взамен Гурек должен был выплачивать за каждого жителя по 200 дирхамов, за каждый мискаль золота, находящегося в крае – 20 дирхамов, а за каждый крупный отрез *дибо* – 100 дирхамов" [7].

В Центральной Азии была распространена *дибо*, изготовленная в Византии, Китае, в персидском городе Шустар, а также

на Кавказе, о чем свидетельствуют встречающиеся в письменных источниках словосочетания "дебои руми (чини, шустари, армани)". Что касается персидского города, известно, что изготовление златотканной *дибо* (парчи) наряду с разведением риса в XIII в. составляло главное занятие населения Шустара. По всей вероятности, в Индии такую материю не ткали, о чем устами одного предприимчивого купца, занимавшегося торговлей в разных странах, свидетельствует Саади. Купец этот в одном из рассказов "Гулистан"-а, рассказывая о своих планах, говорил, что намерен доставить *дибо* из Византии в Индию (а *бурд* из Йемена – в Персию). В то же время в период восстания Абу Муслима (середина VIII в.) такую материю вырабатывали и в Хорасане. Как пишет А. Тартуси, в Герате в ту пору был квартал ткачей *дибо* (*Куйи дебобофон*). Вероятно, здесь располагался достаточно крупный центр изготовления этой утонченной ткани. Во всяком случае, 700 ткацких станков, на которых работали наемные ткачи, принадлежали лишь одному из жителей квартала, купцу Яхья Дебобофу. Свои изделия в сопровождении войск халифата он вывозил в другие края [8].

Пожалуй, вряд ли можно найти такое множество упоминаний о какой-либо другой древней ткани в источниках письменности, сколько о рассматриваемой материи. Эти источники дают возможность получить достаточно полное представление об основных характеристиках *дибо* – его стоимости, качестве и др. Убедительным свидетельством ценности *дибо* и его разновидности *дабики* является уже приведенное нами мнение поэта Низами, согласно которому распространенность такого текстиля в государстве служит показателем его процветания (см. описание *дабики*). А со слов Ф. Гургони становится ясно, что в XI в. цари завоевывали сердца очаровательных красавиц, используя такое добро, как динары и *дибо*. Ткачество *дибо* считалось весьма сложной и тонкой работой, которую могли выполнить лишь наиболее квалифицированные ткачи. Вот что писал по этому поводу Носир Хисрав, счи-

тавший их лучшими в своей профессии: "... Чистильщик хлопка (от семян) никогда не соткет *дибо*". Изяществом материи восторгались многие классики персидско-таджикской поэзии, которые уподобляли ее красоте прелестных созданий. Тот же Носир Хисрав отметил обманчивость привлекательности ткани, когда наставлял молодежь пойти по пути освоения знаний: "... *дибо* является украшением тела, а знания – украшением души". Красочность ткани, ее богатую орнаментацию отмечали многие мастера словесности средневековья. Низам-ул-Мулк писал про *дибо* зеленого цвета, другие расцветки материи засвидетельствовал Низами: красный и желтый, синий и голубой. Другим свидетельством утонченности *дибо* является тот факт, что нередко из нее (как, впрочем, из *хазз* и некоторых других изысканных тканей), изготавливали покрывало Кисву для Священной Каабы [9].

ЛИТЕРАТУРА

1. *Иброхимов М.Ф.* Традиционное ткачество таджиков: История и технология. – Душанбе, 2006. С. 138.

2. Там же. С. 139.

3. *Бартольд В.В.* Соч. Т. 1: Туркестан в эпоху монгольского нашествия. – М., 1963. С. 206; Махкамова С.М. К истории ткачества в Средней Азии // Художественная культура Средней Азии в IX-XIII вв. – Ташкент, 1983. С. 75; *Носир Хисроу.* Избранное. – Сталинабад, 1954. С. 63; Рашид ибн аз-Зубайр. Китаб аз-Заха ир ва-т-тухаф. – П. 338 (www.vostlit.info).

4. *Хилал-ас-Сабн.* Установления и обычаи двора халифов (Русум дар ал-Хилафа). – Л. 93, 96, 98 (<http://drevlit.ru/texts/s/sabi.php>). Байхаки Абу-л-Фазл. История Мас'уда (1030-1041гг.). – М., 1969. С. 115, 846.

5. *О. Хайям.* Науруз-наме (Библиотека "Сайт - XIII век").

6. *Якубов Ю.* Паргар в VII – VIII вв. н.э.: (Верхний Зеравшан в эпоху Средневековья). – Душанбе, 1979. С. 85.

7. *Беленицкий А.М., Бентович И.Б., Лившиц В.А.* Камчатные ткани с горы Муг // Советская этнография. – М., 1963, №4. С. 112.

8. *Аджа'иб ад-дунья.* – П. 426 (www.vostlit.info/Texts/rusl1/Cudesa.htm).

9. *Иброхимов М.Ф.* Традиционное ткачество таджиков: История и технология. – Душанбе, 2006. С. 140...143.

Рекомендована кафедрой ИГ, Т и ПМ КГТУ.
Поступила 04.12.12.

УДК 378.14

ДУАЛЬНЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ПРОГРАММЫ В ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ ДЛЯ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ США

DUAL EDUCATIONAL PROGRAMS IN TEACHING SPECIALISTS FOR TEXTILE INDUSTRY IN USA

Е.К. ГИТМАН, М.Б.ГИТМАН

E.K. GITMAN, M.B. GITMAN

(Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет,
Пермский национальный исследовательский политехнический университет)

(Perm State Humanitarian Pedagogical University;

Perm National Research Polytechnic University)

E-mail: mygitman@gmail.com

В статье рассматриваются вопросы использования дуальных образовательных программ в подготовке специалистов для текстильной промышленности, предлагаемых вузами США. Обсуждаются причины появления комбинированных программ. Раскрываются подходы к разработке дуаль-

ных образовательных программ на основе системной интеграции содержания обучения. Представлены примеры дуальных образовательных программ для подготовки бакалавров и магистров. Рассматриваются особенности реализации дуальных образовательных программ для подготовки специалистов текстильной промышленности.

The article deals with the questions on using dual educational programs in teaching specialists for textile industry offered by higher schools in the USA. The reasons for introducing combined programs are discussed. The approaches to dual degree programs development based on the system integration of education content are researched. Examples of dual degree programs for bachelors and masters are presented. Specifics of dual education programs realization for preparing specialists in textile industry are considered.

Ключевые слова: высшее образование США, подготовка специалистов для текстильной промышленности, дуальные образовательные программы.

Keywords: higher education in the USA, preparing specialists for textile industry, dual educational programs.

В зарубежных вузах, особенно в вузах США, весьма популярны так называемые дуальные (*dual degree program*) программы. По существу речь идет о двойном образовании в условиях интеграции содержания обучения тем или иным специальностям на одном или разных уровнях с присуждением искомым степеней. Внедрение подобных программ потребовало от вузов глубокого анализа содержания соответствующих учебных планов с целью их интеграции и тесного взаимодействия в процессе обучения студента.

Как правило, обучение по дуальным программам в отличие от обучения по одной отдельно взятой обычной программе сопровождается дополнительными затратами времени, труда и денег. Однако студенты идут на это, для чего есть серьезные причины. Современный уровень развития общества предполагает как модернизацию содержания образования, так и совершенствование путей его получения. В частности, это объясняется тем, что работодатель требует, чтобы образование специалистов было как узкопрофессиональным, так и более многогранным и многосторонним. Студент, в свою очередь, также хотел бы получить не только узкопрофессиональные компетенции, но и как можно более широкое образование в рамках или за рам-

ками выбранной им специальности. Это приводит к тому, что студенты начинают искать возможности для получения второго образования по другой специальности. Тут необходимо обратить внимание на то, что получение двойного образования для каждого конкретного человека имеет также и серьезный материальный интерес, выраженный в намного более широкой возможности трудоустройства, в оправданном ожидании более высокой стартовой зарплаты и более быстрого карьерного роста. Таким образом, развитие практики использования дуальных образовательных программ в высшей школе есть объективный процесс, предпосылками которого являются внешний запрос со стороны работодателей и внутренний запрос, обусловленный индивидуальными образовательными потребностями конкретного человека.

Для будущих специалистов текстильной промышленности, так же как и для многих других специалистов, университеты США предлагают определенный набор дуальных образовательных программ. Для того, чтобы получить представление о том, что представляют из себя подобные дуальные программы, обратимся к примерам.

В качестве первого примера рассмотрим дуальную программу, которую предлагает *North Carolina State University* [1].

Эта программа представляет комбинацию следующих двух программ: программы подготовки бакалавров по направлению "Textile Engineering" и программы подготовки бакалавров по направлению "Chemical Engineering". Общий список учебных дисциплин, составляющих соответствующую дуальную программу, с прибли-

тельной разбивкой по семестрам выглядит примерно так, как представлено в табл. 1. Мы позволили себе оставить списки на английском языке, так как не можем взять на себя ответственность за корректный перевод терминов в областях, где мы не являемся специалистами.

Таблица 1

| Первый семестр | Второй семестр |
|---|--|
| Chemistry, A Molecular Science - 3 General Chemistry Laboratory - 1 Introduction to Engineering & Problem Solving - 1 Introduction to Computing Environments - 1 Academic Writing and Research - 4 Calculus I - 4 Fitness – 1 | Chemistry - A Quantitative Science - 3 Quantitative Chemistry Laboratory - 1 Calculus II - 4 Physics for Engineers and Scientists I - 4 Computer-Based Modeling for Engineers - 3 Healthy Living Elective - 1 |
| Третий семестр | Четвертый семестр |
| Organic Chemistry I - 3 Organic Chemistry I Laboratory - 1 Chemical Process Principles - 4 Calculus III - 4 Physics for Engineers and Scientists II - 4 | Textile Engineering Science - 4 Engineering Statics - 3 Applied Differential Equations I - 3 Organic Chemistry II - 3 Organic Chemistry II Laboratory - 1 Introduction to Chemical Engineering Analysis - 3 |
| Пятый семестр | Шестой семестр |
| Quantitative Analysis - 4 Engineering Textile Structures I: Linear Assemblies - 3 Foundations of Graphics - 3 Transport Processes I - 3 Chemical Process Thermodynamics - 3 Professional Development Seminar - 1 | Textile Manufacturing Processes and Systems II - 4 Probability and Statistics for Engineers - 3 Transport Processes II - 3 Thermodynamics of Chemical and Phase Equilibria - 3 Analog and Digital Circuits - 4 |
| Седьмой семестр | Восьмой семестр |
| Design and Analysis of Chemical Reactors - 3 Chemical Engineering Design I - 3 Textile Engineering Design I - 4 Economics – 3 GEP - 3 | Textile Engineering Design II - 4 Textile Engineering Quality Improvement - 3 Textile Engineering Quality Improvement Laboratory - 1 GEP - 3 GEP - 3 GEP - 3 |
| Девятый семестр | |
| Chemical Engineering Lab I - 4 Process Systems Analysis and Control - 3 Technology of Dyeing and Finishing - 3 GEP - 3 GEP – 3 | |

Итого: минимальный объем представленной дуальной программы 147 кредитов. GEP (General Education Program) – это общеобразовательные курсы из разделов гуманитарных и социальных наук. Число через тире после названия учебной дисциплины обозначает ее объем в кредитах.

Необходимо пояснить, что дисциплина объемом в один кредит в системе образования США представляет собой такую дисциплину, на изучение которой отводит-

ся один академический час аудиторной работы в неделю в течение семестра. Таким образом, общий объем программы подготовки бакалавра занимает примерно 120 кредитов и рассчитан в среднем на четыре года или восемь семестров. Как мы можем увидеть, в данном случае подготовка бакалавра по дуальной программе несколько увеличена в объеме (147 кредитов вместо 120) и занимает на один семестр больше времени.

В качестве другого примера рассмотрим дуальную программу, предложенную в *University of Massachusetts Dartmouth* [2]. Эта программа представляет собой комбинацию следующих магистерских программ: "*Master's of Science Degree in Textile Technology*" и "*Master's of Science Degree in Textile Chemistry*".

Обе программы нацелены на подготовку специалистов с учетом направлений будущего развития текстильной промышленности и включают такие перспективные разделы, как нанотехнологии, биомедицинские материалы, роботизация текстильного производства, получение текстильной продукции с принципиально новыми качествами и т.п. Студенты, осваивающие такую дуальную программу, углубленно изучают теорию и технологию производства волокнистых материалов, вопросы превращения материалов и изменения их свойств, а также перспективные приложения применения химии к окраске и изменению функциональных свойств текстильных структур. Данная дуальная программа, по мнению ее разработчиков, представляет достойный синтез фундаментальной науки и прикладных вопросов, относящихся к текстильному производству.

Представленная дуальная программа предлагается для усвоения в течение двух лет. Первый год в основном предназначен для изучения следующих учебных дисциплин:

- Research Techniques (1 кредит)
- Polymer Chemistry (эта и все следующие дисциплины имеют объем в 3 кредита)
 - Biological and Biomedical Materials
 - Materials Processing (продвинутый курс)
 - Design and Analysis of Experiments
 - Fiber Reinforced Polymeric Materials
 - Materials Selection and Design

В течение второго года обучения студенты, участвуя в магистерском семинаре, выполняя исследовательскую работу и готовя магистерскую диссертацию, совершенствуются в следующих областях:

- Biomaterials (Filtration, Medical applications);

- Composites (Ultra-thick composite, Composite for fuel cells);
- Inkjet printing (Technical textiles, biosensors, structural colors; Fabrics, waterborne UV curable pretreatment);
- Nanotechnology;
- Nanocomposites, flame retardancy, quantum tunneling, Nanostructured antenna;
- Others (Electrospinning, Auxetic textiles, Blue-light curing polymer systems).

Оба предложенных примера представляют собой интеграцию образовательных программ на одинаковом уровне – уровне подготовки бакалавра в первом случае и уровне подготовки магистра – во втором, то есть это примеры формирования дуальных программ "по горизонтали" [3], [4]. Интересен в этом смысле опыт формирования дуальных программ "по вертикали", что представляет собой комбинацию таких программ, когда по одной специальности предполагается получение степени одного уровня (например, степени бакалавра), а по другой специальности студенты получают специальность другого уровня (например, степень магистра).

Спектр разновидностей существующих дуальных программ, определяемых номенклатурой объединяемых специальностей, может быть чрезвычайно широким. Это связано с потребностями общества, с желаниями студентов освоить ту или иную специальность, с возможностями университетов по объединению содержательных компонент. Одной из самых популярных магистерских специальностей, присоединяемой с бакалаврской программе подготовки специалистов для текстильной промышленности, является программа *MBA (Master of Business Administration)*. Это можно объяснить тем, что данная специальность достаточно универсальна, она дает возможность глубоко изучить общие принципы управления, финансирования, маркетинга и т.п., что важно для любой сферы деятельности специалиста текстильной промышленности.

Рассмотрим подходы к разработке дуальной разноуровневой программы подготовки специалистов для текстильной про-

мышленности, предложенной *Philadelphia University* [5].

Эта дуальная программа предназначена для получения студентами степени бакалавра по специальности "*Textile Engineering Technology*" и степени магистра по специальности "*Master of Business Administration*". Содержание части дуальной программы, обеспечивающей подготовку в области "*Business Administration*", разработано с целью подготовки выпускников к возможности занять управленческие позиции и выглядит примерно следующим образом:

1. Financial and Managerial Accounting.
2. Statistical Analysis for Business Decisions.
3. Principles of Marketing.
4. Operations Management.
5. Foundations of Economic Analysis.
6. Management Communications and Negotiations.
7. Accounting for Management Decisions.
8. Global Managing in the 21st Century.
9. Management of Information Through Technology.
10. Financial Policy and Planning.
11. Quantitative Methods in Decisions.
12. Strategic Marketing Management.
13. Strategic Planning in a Global Environment.
14. MBA Elective.

Очевидно, что любая дуальная программа представляет собой комбинацию двух программ, каждая из которых соответствует какой-либо одной конкретной специальности и степени. Назовем их исходными программами. При составлении дуальной программы некоторые курсы мо-

гут быть взаимно замещены в случае, если одна дисциплина удовлетворяет требованиям двух разных исходных программ. Максимальная возможность замещения дисциплин обеспечивается вариативностью элективных разделов, что позволяет составить достаточно гибкую программу, в которой то или иное количество курсов будет одновременно удовлетворять требованиям обеих исходных программ. Следует отметить, что в каждом университете есть утвержденный внутри- и межуниверситетский список эквивалентных курсов, которые могут быть взаимозаменяемыми, что представляет собой хороший пример межуниверситетской кооперации. Таким образом, в основе разработки дуальных программ лежат принципы системной интеграции содержания обучения.

ЛИТЕРАТУРА

1. North Carolina State University / <http://oucc.ncsu.edu/semester-display/TEX-14CHEBS-14CHETE-2127>.
2. University of Massachusetts Dartmouth / <http://www1.umassd.edu/graduate/factsheets/textile.pdf>.
3. Гитман М.Б., Столбов В.Ю., Гитман Е.К. Дуальные образовательные программы: зарубежный опыт и российские перспективы // Высшее образование в России. – 2006, №10. С. 16...22.
4. Гитман М.Б., Гитман Е.К., Матушкин Н.Н. Диверсификация системы профессионального образования на основе использования дуальных программ // Высшее образование в России. – 2009, №3. С. 13...19.
5. Philadelphia University / <http://www.hotcoursesabroad.com/study/course/us-usa/joint-b-s-textile-engineer-ring-technology-mba-master-of-business-administra-tion/81652/program.html>.

Рекомендована кафедрой педагогики ПГПУ.
Поступила 30.10.12.

**ОБЩАЯ ТЕОРИЯ ДИНАМИКИ ВОЛОКНИСТЫХ КОМПЛЕКСОВ
В ПРОЦЕССЕ ИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
С РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ РАЗРЫХЛИТЕЛЯ**

**THE GENERAL THEORY OF DYNAMICS OF FIBROUS COMPLEXES
IN THE PROCESS OF THEIR INTERACTION
WITH WORKING ELEMENTS OF AN OPENER**

И.Г. ХОСРОВЯН, Т.Я. КРАСИК, Г.А. ХОСРОВЯН
I.G. HOSROVYAN, T.YA. KRASIK, G.A. HOSROVYAN

(Ивановская государственная текстильная академия)
(Ivanovo State Textile Academy)
E-mail: onir@igta.ru

Рассматриваются силы, действующие в процессе разрыхления на волокнистые комплексы после ударного воздействия на них штифтов, расположенных на барабане разрыхлителя. Проведено математическое моделирование движения волокнистого комплекса по штифту. На основании законов механики и аэродинамики выведена аналитическая зависимость для оптимизации геометрических параметров разрыхлителя и его технологического режима.

The power, effecting on fibrous complexes in the opening process after shocking by the pins located on the opener drum, is considered. Mathematical designing of fibrous complexes movement along a pin has been carried out. On the basis of mechanics and aerodynamics laws the analytic dependence for optimization of geometrical parameters of an opener and its technological regime has been derived.

Ключевые слова: разрыхление, волокнистые комплексы, динамика, оптимизация.

Keywords: opening, fibrous complexes, dynamics, optimization.

Предназначенный для эффективной очистки и обеспыливания волокнистого материала разрыхлитель-очиститель УНИКлин Б11 фирмы RIETER, установленный в разрыхлительно-очистительном агрегате, является его ключевой машиной. Волокнистый материал подается в машину из вертикального трубопровода и попадает под воздействие очистительного барабана, оснащенного специальными штифтами, прикрепленными к телу барабана. Взаимодействуя с колосниками, волокно очищается от сорных примесей. Пыль и мелкие частицы сорных примесей удаляются через перфорацию. После семикратного прохождения через колосниковую решетку очищенное волокно воздушным потоком направляется на следующую машину [1], [2].

В работе рассматриваются силы, действующие в процессе разрыхления на волокнистые комплексы, и результат совместного действия этих сил, заключающийся в приобретении этим комплексом ускорения. При анализе процесса разрыхления установлено, что наибольшую опасность с точки зрения зажгучивания волокнистых комплексов среди траекторий их движения представляет собой такая, которая располагается в верхней части камеры, так как на этом участке сила притяжения направлена к поверхности барабана.

Рассматривается движение волокнистого комплекса после ударного воздействия на него штифта. В этом случае имеет место неупругий удар штифта о волокнистый комплекс, который в течение малого про-

межутка времени ударного воздействия находится на поверхности штифта. Далее в силу различных начальных условий волокнистый комплекс может либо соскользнуть с поверхности штифта, либо вращаться вместе со штифтом, оставаясь на его поверхности. В последнем случае возможны два варианта:

- а) волокнистый комплекс неподвижен относительно штифта;
- б) волокнистый комплекс движется по поверхности штифта.

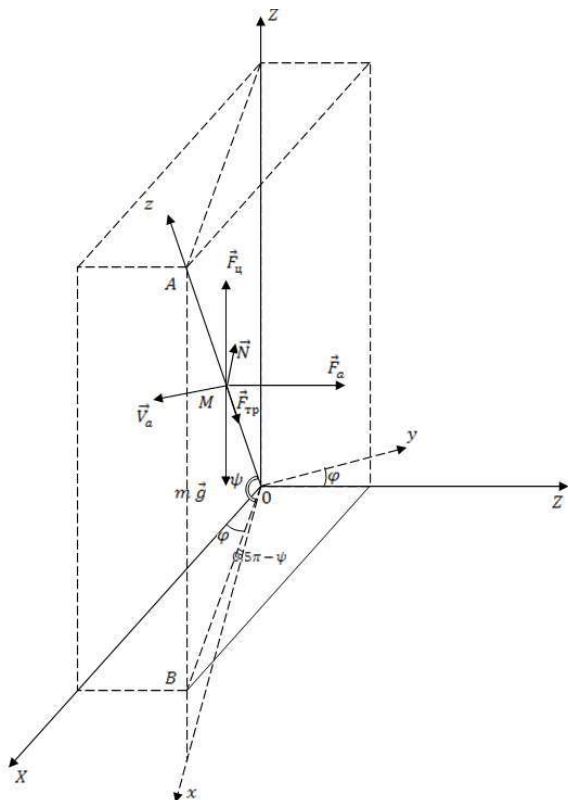


Рис. 1

На рис. 1 представлена схема относительного расположения двух прямоугольных систем координат OXYZ и Oxyz. Начало этих систем координат – точка O располагается на поверхности барабана в самой его верхней точке. Отрезок прямой OA моделирует штифт, а основание штифта OA совпадает с точкой O. Плоскость Oxz пересекает плоскость OXY по прямой OB. Угол ХОВ равен ϕ , а угол расположения оси Oz над плоскость OXY составляет ψ .

Полагаем, что после ударного взаимодействия со штифтом центр масс волокнистого комплекса находится на штифте в

точке M. На волокнистый комплекс массы m действуют следующие силы:

- центробежная сила \vec{F}_c ;
- сила притяжения $m\vec{g}$;
- сила трения $\vec{F}_{тр}$;
- сила реакции опоры \vec{N} ;
- аэродинамическая сила \vec{F}_a .

Обозначим радиус барабана через R_B , а частоту его вращения – через n_B . Модули векторов сил, действующих на волокнистый комплекс, определяются по следующим формулам [3]:

$$F_c = m\omega^2 R_B;$$

$$F_a = mg \left| \vec{V}_a - \vec{V}_{ком} \right| (\vec{V}_a - \vec{V}_{ком}) / V_{вит}^2;$$

$$F_{тр} = kN,$$

где $\vec{V}_a, \vec{V}_{ком}$ – векторы скоростей воздуха и волокнистого комплекса в системе координат OXY соответственно; $V_{вит}$ – скорость витания волокнистого комплекса; k – коэффициент трения; ω – угловая скорость барабана.

Обозначим через $\vec{e}_x, \vec{e}_y, \vec{e}_z$ единичные орты системы координат OXYZ, а через $\vec{e}_1, \vec{e}_2, \vec{e}_3$ – аналогичные орты системы координат Oxyz. Имеем

$$\vec{e}_x = \vec{e}_1 \cos \phi \sin \psi - \vec{e}_2 \sin \phi + \vec{e}_3 \cos \phi \cos \psi;$$

$$\vec{e}_y = \vec{e}_1 \sin \phi \sin \psi + \vec{e}_2 \cos \phi + \vec{e}_3 \sin \phi \cos \psi;$$

$$\vec{e}_z = -\vec{e}_1 \cos \psi + \vec{e}_3 \sin \psi.$$

Полагаем, что вектор скорости воздуха параллелен плоскости OXY:

$$\vec{V}_a = V_{a,x} \vec{e}_x + V_{a,y} \vec{e}_y.$$

При расчете аэродинамической силы считаем, что вектор скорости волокнистого комплекса $\vec{V}_{ком}$ параллелен оси OY, то есть

$$\vec{V}_{ком} = V_{ком} \vec{e}_y.$$

Компоненты вектора скорости воздуха относительно волокнистого комплекса $\vec{V}_{отн} = \vec{V}_a - \vec{V}_{ком}$ в системе координат OXYZ имеют следующий вид:

$$V_{отн,X} = V_{a,X};$$

$$\vec{V}_{отн} = V_{a,X}(\vec{e}_1 \cos \phi \sin \psi - \vec{e}_2 \sin \phi + \vec{e}_3 \cos \phi \sin \psi) + (V_{a,Y} - V_{ком})(\vec{e}_1 \sin \phi \cos \psi + \vec{e}_2 \cos \phi + \vec{e}_3 \sin \phi \cos \psi).$$

Обозначим $K_{вит} = gV_{отн} / V_{вит}^2$. Тогда

$$\vec{F}_a = mK_{вит} \left\{ \left[V_{a,X} \cos \phi \sin \psi + (V_{a,X} - V_{ком}) \sin \phi \cos \psi \right] \vec{e}_1 + \left[-V_{a,X} \sin \phi + (V_{a,Y} - V_{ком}) \cos \phi \right] \vec{e}_2 + \left[V_{a,X} \cos \phi \cos \psi + (V_{a,Y} - V_{ком}) \sin \phi \cos \psi \right] \right\}.$$

Вектор центробежной силы определяется по соотношению:

$$\vec{F}_ц = m\omega^2 R_B \vec{e}_z = m\omega^2 R_B (-\vec{e}_1 \cos \psi + \vec{e}_3 \sin \psi).$$

Находим векторы силы притяжения и силы трения:

$$m\vec{g} = -mg\vec{e}_z = mg(\vec{e}_1 \cos \psi - \vec{e}_3 \sin \psi);$$

$$\vec{F}_{тр} = |\vec{F}_{тр}| \vec{e}_3.$$

Так как сила реакции опоры перпендикулярна силе трения, то вектор \vec{N} раскладывается на векторные составляющие, перпендикулярные оси Oxy следующим образом:

$$\vec{N} = N_1 \vec{e}_1 + N_2 \vec{e}_2,$$

где N_1, N_2 – модули составляющих вектора \vec{N} .

$$m\ddot{x} = mK_{вит} \left[V_{a,X} \cos \phi \sin \psi + (V_{a,Y} - V_{ком}) \sin \phi \cos \psi \right] + mg \cos \psi - m\omega^2 R_B \cos \psi + N_1, \quad (2)$$

$$m\ddot{y} = mK_{вит} \left[-V_{a,X} \cos \phi + (V_{a,Y} - V_{ком}) \cos \phi \right] + N_2, \quad (3)$$

$$m\ddot{z} = mK_{вит} \left[V_{a,X} \cos \phi \sin \psi + (V_{a,Y} - V_{ком}) \sin \phi \cos \psi \right] + m\omega^2 R_B \sin \psi - F_{тр} - mg \sin \psi. \quad (4)$$

Поскольку рассматривается движение комплекса по штифту, то координаты положения, скорости и ускорения по осям Oх и Oу равны нулю:

$$x = y = \dot{x} = \dot{y} = \ddot{x} = \ddot{y} = 0.$$

$$V_{отн,Y} = V_{a,Y} - V_{ком}.$$

В системе координат Oxyz вектор $\vec{V}_{отн}$ может быть записан следующим образом:

Суммируя действие всех сил, действующих на волокнистый комплекс, получаем следующее векторное уравнение его движения по штифту в системе координат Oxyz:

$$m\vec{a} = \vec{F}_a + m\vec{g} + \vec{F}_ц + \vec{F}_{тр} + \vec{N}, \quad (1)$$

где \vec{a} – ускорение волокнистого комплекса в системе Oxyz.

Представим уравнение движения волокнистого комплекса в проекциях на оси системы координат Oxyz. В скалярном виде ускорения волокнистого комплекса по осям имеют вид:

Следовательно, компоненты вектора реакции опоры вычисляются из (2) и (3) по формулам:

$$N_1 = \left\{ -K_{\text{ВИТ}} \left[V_{a,X} \cos \phi \sin \psi + (V_{a,Y} - V_{\text{КОМ}}) \sin \phi \cos \psi \right] - g \cos \psi + \omega^2 R_B \cos \psi \right\} m,$$

$$N_2 = \left\{ -K_{\text{ВИТ}} \left[-V_{a,X} + (V_{a,Y} - V_{\text{КОМ}}) \cos \phi \right] \right\} m.$$

Таким образом, уравнение движения волоконнистого комплекса имеет следующий вид:

$$\ddot{z} = K_{\text{ВИТ}} \left[V_{a,X} \cos \phi \cos \psi + (V_{a,Y} - V_{\text{КОМ}}) \sin \phi \cos \psi \right] + \omega^2 R_B \sin \psi - kN / m - g \sin \psi, \quad (5)$$

где $N = \sqrt{N_1^2 + N_2^2}$.

Отметим, что $a = \ddot{z}$. Условие исключения зависания зажгучивания волоконнистого

комплекса на штифте, определяется из соотношении $a > 0$, то есть неравенство

$$K_{\text{ВИТ}} \left[V_{a,X} \cos \phi \sin \psi + (V_{a,Y} - V_{\text{КОМ}}) \sin \phi \cos \psi \right] + \omega^2 R_B \sin \psi - kN / m - g \sin \psi > 0 \quad (6)$$

выступает как условие нахождения оптимальных параметров геометрических характеристик очистителя и его технологического режима.

ских параметров разрыхлителя и его технологического режима.

ЛИТЕРАТУРА

ВЫВОДЫ

1. Проведено математическое моделирование движения волоконнистого комплекса по штифту, расположенному на барабане разрыхлителя, в процессе разрыхления.

2. На основании законов механики и аэродинамики выведена аналитическая зависимость для оптимизации геометриче-

1. Концепция развития техники и технологии фирмы "РИТЕР". – М., 2000.

2. Оборудование текстильной и легкой промышленности // Информационно-справочный сборник. – М., 2005. Вып. 2.

3. Хосровян Г.А., Красик Я.М. Теория практики очистки и подготовки полуфабриката к прядению. – Иваново: ИГТА, 1998.

Рекомендована кафедрой технологии машиностроительного производства. Поступила 04.12.12.

СОДЕРЖАНИЕ

Экономика и организация производства

| | |
|---|----|
| <i>Жаров А.И., Изместьева Е.А., Кизеев А.В.</i> Развитие форм финансирования текстильных предприятий с использованием фондов прямых инвестиций: региональный аспект | 5 |
| <i>Гаврилова И.М.</i> Качество текстильных материалов как составляющая эффективности текстильного производства | 11 |
| <i>Леонов С.А.</i> Технология принятия решений о выполнении заказа потребителя на швейных предприятиях | 16 |
| <i>Кочеткова Т.С., Горина С.В.</i> Методика построения прогнозной модели управленческого процесса | 21 |

Текстильное материаловедение

| | |
|--|----|
| <i>Соколовская Т.С., Шибарова Е.А., Волощук Т.Е.</i> Исследование теплопроводности нетканых материалов из химических волокон | 24 |
| <i>Никитина О.В., Курденкова А.В., Шустов Ю.С.</i> Исследование разрывной нагрузки при растяжении параарамидных нитей | 27 |
| <i>Бесшапошникова В.И., Пулина К.И., Александрова Т.В., Загоруйко М.В.</i> Разработка методики определения теплофизических свойств текстильных материалов и пакетов одежды | 29 |
| <i>Королёв П.В., Веселов В.В., Королева С.В., Стрелкова С.Е.</i> Исследование теплозащитных свойств инновационных материалов | 32 |
| <i>Раджабов И.С.</i> Теоретическое определение изменения линейных размеров тканей в зависимости от направления | 36 |

Первичная обработка. Сырье

| | |
|---|----|
| <i>Безбабченко А.В., Шевалдин Д.М., Чекренева Т.П., Новиков Э.В., Корабельников А.Р.</i> Исследование технологии переработки льняной ленты в модифицированное волокно | 40 |
| <i>Орлов А.В., Бойко С.В., Пашин Е.Л., Енин М.С.</i> Оценка степени сгруживания прядей в слое льняного сырца при трепании | 44 |
| <i>Коваленко Н.И., Разин С.Н., Буров М.С.</i> Имитационное моделирование слоя стеблей льна при его обработке в трепальной машине | 49 |
| <i>Ефремов А.С., Дроздов В.Г., Мозохин А.Е., Голубев В.Н.</i> Обоснование возможности использования ИК-спектрии для автоматического контроля параметров льнотресты в потоке | 53 |

Прядение

| | |
|---|----|
| <i>Сцепуржинская З.Р., Разумеев К.Э.</i> Расчет заглупления флока в адгезиве при электрофлокировании ... | 56 |
| <i>Охлопков Д.С., Столяров Ан.А., Павлов Ю.В.</i> Исследование крутильно-мотального механизма с вращающимся прядильным кольцом | 60 |
| <i>Ларин И.Ю.</i> Условия распрвления загнутых концов волокон в процессе вытягивания | 63 |
| <i>Максимова К.А., Борисов Р.М., Роньжин В.И.</i> Исследование влияния автоматически регулируемого привода чесальной машины на качество прочеса | 66 |

Ткачество

| | |
|---|----|
| <i>Толубеева Г.И.</i> Методика построения профилей нитей основы и утка однослойной ремизной ткани .. | 69 |
| <i>Брут-Бруляко А.Б., Ерохова М.Н.</i> Натяжение основных нитей на рапирных ткацких станках | 74 |
| <i>Махвер В.Л., Столярова Г.С.</i> Целевая функция оптимизации процесса ленточного снования | 78 |
| <i>Сергеев В.Т., Николаев С.Д., Сумарукова Р.И.</i> Технология изготовления многослойной бикомпонентной ткани | 81 |

Отделка

| | |
|--|----|
| <i>Шибашова С.Ю., Шибашов А.В., Завадский А.Е.</i> Изучение влияния низкочастотных ультразвуковых полей на степень повреждения природных и синтетических полимеров | 86 |
| <i>Некрасова В.Н., Белокурова О.А.</i> Практическое применение низкоконцентрированных загусток при печати активными красителями | 90 |
| <i>Коновалова М.В., Корнева Т.В.</i> Разработка состава чернил для цифровой печати по тканям из смеси хлопка и синтетических волокон | 94 |
| <i>Ишиматов А.Б., Рудовский П.Н., Яминова З.А.</i> Применение серицина для шлихтования основ | 98 |

Технология нетканых материалов

| | |
|---|-----|
| <i>Урусова С.С., Ходакова И.Н., Горчакова В.М.</i> Разработка технологии наполненных бентонитом гидроизоляционных нетканых материалов | 102 |
|---|-----|

Трикотажное производство

| | |
|---|-----|
| <i>Байжанова С.Б., Садыкова Б.А., Батиркулова А.А.</i> Разработка структур и способов получения двухслойного трикотажа на плоскофанговой машине КН-323D | 106 |
|---|-----|

Швейное производство и дизайн

| | |
|---|-----|
| <i>Кочанова Н.М., Кузьмичев В.Е., Адольф Д.</i> Разработка математического аппарата для конструктивного моделирования чертежей в соответствии с желаемой формой втачных рукавов | 110 |
| <i>Коновалова О.А., Бесчастнов Н.П.</i> Русские фольклорные традиции в дизайне текстильных интерьерных принадлежностей | 114 |

Текстильные машины и агрегаты

| | |
|--|-----|
| <i>Макаров В.А., Сурков Б.А., Хозина Е.Н.</i> Влияние угла зева и перетяжки его ветвей на величину и направление суммарного вектора натяжения ткани | 119 |
| <i>Королев А.Н., Терентьев В.И.</i> Разработка эксплуатационных требований к механизмам образования зева | 124 |
| <i>Парахина М.В., Самсонов В.С.</i> Исследование сопротивления движению ткани в промывной роликовой машине с увеличенной длиной заправки | 126 |
| <i>Лушников С.В., Кузнецова В.С., Степнов Н.В.</i> К расчету кулачкового механизма разгрузателя привода батана ткацких станков СТБ | 131 |
| <i>Чистобородов Г.И., Малеев Д.С., Степанов С.Г.</i> Упрощенная математическая модель для исследования нелинейных колебаний фрикционных намоточных механизмов рычажного типа и ее анализ методами качественной теории дифференциальных уравнений | 134 |

Автоматизация технологических процессов

| | |
|---|-----|
| <i>Глазунов В.Ф., Шишков К.С.</i> Математическое моделирование процессов деформации основы и нити в системе электропривода механизма сновального вала | 143 |
|---|-----|

Экологическая и производственная безопасность. Промтеплоэнергетика

| | |
|--|-----|
| <i>Шарнар Н.М., Жмакин Л.И.</i> Экспериментальное определение коэффициента воздухопроницаемости текстильных материалов | 148 |
| <i>Калинин Е.Н., Корочкина Е.Е., Горнаков И.П.</i> Тепловая и гидродинамическая модели процесса концентрирования технологического раствора в поле действия центробежных сил | 151 |
| <i>Сажин Б.С., Сажина М.Б., Апарушкина М.А., Османов З.Н., Кушпанов Э.Р., Песковой В.В.</i> Гидродинамическая модель аппарата виброкипящего слоя для сушки волокнообразующих полимеров с наноразмерными порами | 156 |

Информационные технологии

| | |
|--|-----|
| <i>Новиков А.Н., Фирсов А.В., Фокин Ю.М.</i> Оперативный контроль качества сырья на ватной фабрике | 160 |
| <i>Скрябина Е.А., Грузинцева Н.А., Шаломин О.А., Гусев Б.Н., Любимцев В.В.</i> Формирование оптимального плана технологического контроля ткацкого производства | 163 |

Механика нити и полотен

| | |
|---|-----|
| <i>Щербаков В.П., Цыганов И.Б., Полякова Т.И., Скуланова Н.С., Попова Е.Р.</i> Теория и расчет силовых факторов, определяющих равновесную структуру крученой нити | 166 |
| <i>Белгородский В.С., Чистобородов Г.И., Киселев М.В., Киселев А.М.</i> Построение диаграммы деформирования волокнистых материалов при сжатии | 172 |

Обмен опытом, критика и библиография, краткие сообщения

| | |
|---|-----|
| <i>Коломейцева Э.А., Морыганов П.А., Братченя Л.А., Есенкова Н.П.</i> Разработка новых способов получения нетканых материалов со специальными свойствами | 176 |
| <i>Греков М.Э., Фомин Ю.Г., Маринин А.Н., Петрова И.В.</i> Динамическая модель прохождения неровности через жало прижимного вала отжима типа "ОТ" | 180 |
| <i>Иванова О.В., Смирнова Н.А., Хромушина О.Н.</i> Разработка методики оценки конкурентоспособности текстильных штор | 182 |
| <i>Ишматов А.Б., Иброхимов М.Ф., Раджабова Д.К.</i> Технология шелкоткацкого производства в государстве Саманидов | 186 |
| <i>Гитман Е.К., Гитман М.Б.</i> Дуальные образовательные программы в подготовке специалистов для текстильной промышленности США | 189 |
| <i>Хосровян И.Г., Красик Т.Я., Хосровян Г.А.</i> Общая теория динамики волокнистых комплексов в процессе их взаимодействия с рабочими органами разрыхлителя | 194 |

CONTENTS

Economics and Production Planning

| | |
|--|----|
| <i>Sharov A.I., Izmetstjeva E.A., Kizeev A.V.</i> Development of the Norms of Financing Textile Enterprises Using Direct Investment Funds: a Regional Aspect | 5 |
| <i>Gavrilova I.M.</i> Quality of Textile Materials as a Constituent of Efficiency of Textile Production | 11 |
| <i>Leonov S.A.</i> The Technology of Making Decisions on the Consumer Order Implementation at Garment Enterprises | 16 |
| <i>Kochetkova T.S., Gorinova S.V.</i> The Methods of Construction of the Predictive Model of Management Process | 21 |

Textile Materials

| | |
|---|----|
| <i>Sokolovskaya T.S., Shibarova E.A., Voloshchik T.E.</i> Research of Heat Conduction of Nonwoven Materials from Chemical Fibers | 24 |
| <i>Nikitina O.V., Kurdenkova A.V., Shustov Yu.S.</i> Research of Breaking Load while Stretching Aramide Fibers | 27 |
| <i>Besshaposhnikova V.I., Pulina K.I., Aleksandrova T.V., Zagoruyko M.V.</i> Development and Identification of Thermophysical Properties of Textile Materials and Packages of Clothes | 29 |
| <i>Korolev P.V., Veselov V.V., Koroleva S.V., Strelkova S.E.</i> Research of Thermal Properties of Innovative Materials | 32 |
| <i>Radzhabov I.S.</i> Theoretical Determination of Change Fabric Linear Size Depending on Directions | 36 |

Preliminary Treatment. Raw Materials

| | |
|--|----|
| <i>Bezbabchenko A.V., Shevaldin D.M., Chekreneva T.P., Novikov E.V., Korabelnikov A.R.</i> Research of the Technology of Processing a Linen Tape into a Modified Fiber | 40 |
| <i>Orlov A.V., Boyko S.V., Pashin E.L., Enin M.S.</i> Estimation of the Degree of Strands Bunching in a Raw Flax Layer in Scutching Process | 44 |
| <i>Kovalenko N.I., Razin S.N., Burov M.S.</i> Imitation Designing of Flax Stalks in the Process of Processing in a Scutching Machine | 49 |
| <i>Efremov A.S., Drozdov V.G., Mozohin A.E., Golubev V.N.</i> Substantiation of Possibility of Use of Infrared Spectrometry for Automatic Control of Flax Straw Parameters in a Stream | 53 |

Spinning

| | |
|---|----|
| <i>Stsepurzhinskaya Z.R., Razumeev K.E.</i> Calculation of Flock Biber Embedding in an Adhesive in the Process of Electric Flocking | 56 |
|---|----|

| | |
|--|----|
| <i>Ohlopkov D.S., Stolyarov An.A., Pavlov Yu.V.</i> Research of a Twisting and Reeling Mechanism with Rotating Spinning Rings | 60 |
| <i>Larin I.Yu.</i> Conditions of Straightening of Fibers Hooked Ends in the Drafting Process | 63 |
| <i>Maksimova K.A., Borisov R.M., Ronzhin V.I.</i> Research of Influence of an Automatically Regulated Drive of a Hackle on Web Quality | 66 |

Weaving

| | |
|---|----|
| <i>Tolubeeva G.I.</i> The Methods of Constructing Warp and Weft Profiles in a Single Layer Heald Fabric | 69 |
| <i>Brut-Brulyako A.B., Erokhova M.N.</i> Tension of Wrap Threads on a Rapier Weaving Machine | 74 |
| <i>Mahover V.L., Stolyarova G.S.</i> Objective Function of Warping Process Optimization | 78 |
| <i>Sergeev V.T., Nikolayev S.D., Sumarukova R.I.</i> The Production Technology of Multilayered Bicomponent Fabric | 81 |

Finishing

| | |
|---|----|
| <i>Shibashova S.Yu., Shibashov A.V., Zavadsky A.E.</i> Research of Low-Frequency Ultrasonic Fields Influence on the Damage Rate of Natural and Synthetic Polymers | 86 |
| <i>Nekrasova V.N., Belokurova O.A.</i> Practical Application of Low-Concentrated Theckeners in Printing by Active Dyes | 90 |
| <i>Konovalova M.V., Korneva T.V.</i> Development the Ink Stucture for Digital Printing on Fabrics from the Mixture of Cotton and Synthetic Fibersf | 94 |
| <i>Ishmatov A.B., Rudovsky P.N., Yaminova Z.A.</i> Application of Sericin for Warps Sizing | 98 |

Technology of Non-Wovens

| | |
|---|-----|
| <i>Urusova S.S., Hodakova I.N., Gorchakova V.M.</i> Development of the Technology of Filling Waterproof Nonwoven Materials by Bentonite | 102 |
|---|-----|

Knitting

| | |
|--|-----|
| <i>Bayzhanova S.B., Sadykova B.A., Batirkulova A.A.</i> Development of Structures and Methods of Production Doublelayer Knitted Fabric on Flat Polka Rib Machine KH-323D | 106 |
|--|-----|

Sewing and Design

| | |
|---|-----|
| <i>Kochanova N.M., Kuzmichev V.E., Adolf D.</i> Development of the Mathematical Tool for Pattern Block Shaping in Accordance with Real Sleeve-In Shapes | 110 |
| <i>Konovalova O.A., Beschastnov N.P.</i> Russian Folk Traditions in Designing Interior Textile Products | 114 |

Textile Machines and Aggregates

| | |
|--|-----|
| <i>Makarov V.A., Surkov B.A., Hozina E.N.</i> Influence of a Throat Angle and Its Branches Constriction on the Size and Direction of the Sum Vector of Fabric Tension | 119 |
| <i>Korolev A.N., Terentyev V.I.</i> Development of Operational Requirements for Shedding Mechanisms | 124 |
| <i>Parakhina M.V., Samsonov V.S.</i> Research of the Resistent to Fabric Movement in the Washing Roller Machine with Increased Length of Charging | 126 |
| <i>Lushnikov S.V., Kuznetsova V.S., Stepnov N.V.</i> On the Calculation of a Cam Unloader Mechanism of Slay Drives of STB Loom | 131 |
| <i>Chistoborodov G.I., Maleev D.S., Stepanov S.G.</i> The Simplified Mathematical Model for Research of Nonlinear Vibrations of Friction Winding Leverage Mechanisms and Its Analysis by the Methods of the Qualitative Theory of Differential Equations | 134 |

Automation of Technological Processes

| | |
|--|-----|
| <i>Glazunov V.F., Shishkov K.S.</i> Mathematic Designing of the Process of Warp Deformation and a Thread in the System of an Electric Drive of a Warping Shaft Mechanism | 143 |
|--|-----|

Ecological and Industrial Safety. Heat Engineering

| | |
|--|-----|
| <i>Sharpar N.M., Zhmakin L.I.</i> Experimental Definition of the Coefficient of Textile Materials Penetrability | 148 |
|--|-----|

| | |
|--|-----|
| <i>Kalinin E.N. , Korochkina E.E., Gornakov I.P.</i> Thermal and Hydrodynamic Models of the Process of Concentration of Technological Solution in the Field of Centrifugal Forces Influence | 151 |
| <i>Sazhin B.S., Sazhina M.B., Aparushkina M.A., Osmanov Z.N., Kushpanov E.R., Peskovoy V.V.</i> The Hydrodynamic Model of The Apparatus of Vibrated Bed for Drying Fiber-Forming Polymers with Nanoscale Pores ... | 156 |

Information Technologies

| | |
|---|-----|
| <i>Novikov A.N., Firsov A.V., Fokin Yu.M.</i> Operational Control for Quality of Raw Materials at a Cotton Fabric | 160 |
| <i>Skryabina E.A., Gruzintseva N.A., Shalomin O.A., Gusev B.N., Lyubimtsev V.V.</i> Forming of the Optimum Plan of Technological Control of Weaving Manufacturing | 163 |

Mechanics of Threads and Fabrics

| | |
|--|-----|
| <i>Shcherbakov V.P., Tsyganov I.B., Polyakova T.I., Skulanova N.S., Popova E.P.</i> The Theory and Calculation of Power Factors Determining an Equilibrium Structure of a Twisted Uarn | 166 |
| <i>Belgorodsky V.S., Chistoborodov G.I., Kiselev M.V., Kiselev A.M.</i> Plotting the Diagram of Fibrous Materials Deformation in Pressing | 172 |

Experience Exchange, Criticism and Bibliography. Short Items

| | |
|--|-----|
| <i>Kolomeytseva E.A., Moryganov P.A., Bratchenya L.A., Esenkova N.P.</i> Development of the Mew Ways of Producing Nonwoven Materials with Special Properties | 176 |
| <i>Grekov M.E., Fomin Yu.G., Marinin A.N., Petrova I.V.</i> The Dynamic Model of Passing Irregularities Through the Nip of a Clamping Wringing Shaft of "WT" Type | 180 |
| <i>Ivanova O.V., Smirnova N.A., Hromushkina O.N.</i> Development of the Methods of Estimation of Textile Curtains Competitiveness | 182 |
| <i>Ishmatov A.B., Ibrohimov M.F., Radzhabova D.K.</i> The Technology of Silk-Weaving Production in the State of Samanides | 186 |
| <i>Gitman E.K., Gitman M.B.</i> Dual Educational Programs in Teaching Specialists for Textile Industry in USA | 189 |
| <i>Hosrovyan I.G., Krasik T.Ya., Hosrovyan G.A.</i> The General Theory of Dynamics of Fibrous Complexes in the Process of their Interaction with Working Elements of an Opener | 194 |

**Список статей, опубликованных
в номерах 1, 2, 3, 4, 5 и 6 журнала за 2012 год**

Экономика и организация производства

| | |
|---|----|
| <i>Леонов С.А.</i> Использование нестандартных показателей оценки коммерческой активности и подход к принятию решений в сбытовой деятельности предприятия | №1 |
| <i>Радовский И.А.</i> Формирование базовых принципов нового концептуального подхода к управлению рисками предприятия | №1 |
| <i>Кузнецова В.Л.</i> Проектирование компетентностно-ориентированной модели бизнес-процесса управления закупками на текстильном предприятии | №2 |
| <i>Грузинцева Н.А., Скрябина Е.А., Чистякова Н.Э., Гусев Б.Н.</i> Выделение целевых функций для технического контроля процессов ткацкого производства | №2 |
| <i>Маврашин А.А., Кирюхин С.М.</i> Оценка конкурентоспособности ткани по соотношению "качество-цена" | №3 |
| <i>Сокова Г.Г., Исаева М.В., Киприна Л.Ю.</i> Анализ бизнес-процессов текстильных предприятий на примере ООО "Зворыкинская Мануфактура" (г. Кострома): систематизация информационных потоков .. | №4 |
| <i>Дудяшова В.П., Кипень Н.А.</i> Физический и человеческий капитал: возможности использования на текстильных предприятиях | №4 |
| <i>Гитман Е.К., Гитман М.Б.</i> Интенсификация подготовки рабочих кадров для текстильной промышленности | №4 |
| <i>Леонов С.А.</i> Анализ методов управления сбытовой деятельностью швейного предприятия | №4 |
| <i>Грузинцева Н.А., Гусев Б.Н.</i> Количественная оценка конкурентоспособного ассортимента текстильного предприятия | №5 |
| <i>Гитман Е.К., Гитман М.Б., Столбов В.Ю.</i> Модель планирования ресурсов, синхронизированного с производителем и потребителем продукции | №5 |
| <i>Жаров А.И., Измestьева Е.А., Кизеев А.В.</i> Развитие форм финансирования текстильных предприятий с использованием фондов прямых инвестиций: региональный аспект | №6 |
| <i>Гаврилова И.М.</i> Качество текстильных материалов как составляющая эффективности текстильного производства | №6 |
| <i>Леонов С.А.</i> Технология принятия решений о выполнении заказа потребителя на швейных предприятиях | №6 |
| <i>Кочеткова Т.С., Горинова С.В.</i> Методика построения прогнозной модели управленческого процесса | №6 |

Текстильное материаловедение

| | |
|---|----|
| <i>Малякo Е.Н., Курденкова А.В., Шустов Ю.С.</i> Изменение механических свойств мебельных тканей в процессе их истирания | №1 |
| <i>Колесников Н.В.</i> Исследование влаговыводящих свойств функциональных трикотажных полотен бельевого назначения | №1 |
| <i>Смирнов М.Е., Кирюхин С.М.</i> Оценка качества шерстяных одеял | №1 |
| <i>Федорова Е.Е., Сафонов П.Е., Фетисова О.Н., Юхин С.С.</i> Исследование многоциклового характера к истиранию арамидных нитей | №1 |
| <i>Ноздрина Н.А., Мошкова А.В., Слугин А.И.</i> Исследование действия высоких температур на разрывную нагрузку термостойких арамидных волокон | №2 |
| <i>Никитина О.В., Курденкова А.В., Шустов Ю.С.</i> Оценка изменения механических свойств параарамидных нитей после действия светопогоды | №2 |
| <i>Власова Е.Н.</i> Количественная оценка конкурентоспособности текстильных изделий | №2 |
| <i>Чагина Л.Л., Смирнова Н.А., Титов С.Н.</i> Использование нового критерия для оценки сминаемости текстильных полотен | №2 |

| | |
|---|----|
| <i>Серяков И.Н., Дубовицкий В.А., Поляков К.А., Поляков А.Е., Бордовская Т.П., Максимова Е.М.</i> Исследование механических свойств нетканых полотен | №3 |
| <i>Галашина В.Н., Дымникова Н.С., Морыганов П.А., Братченя Л.А., Есенкова Н.П.</i> Перспективы применения биологически активных волокон льна | №3 |
| <i>Давыдов А.Ф., Никифорова А.А.</i> Разработка методики определения коэффициента ослабления тканей для защиты от электромагнитных излучений | №3 |
| <i>Шаломин О.А., Матрохин А.Ю., Шубин А.С.</i> Проектирование номинальных значений показателей качества текстильных изделий с использованием нейросетевого анализа | №3 |
| <i>Гончаренко Ю.А., Павлов С.В.</i> Исследование метода компьютерного распознавания волокистого состава двухкомпонентной пряжи | №3 |
| <i>Замышляева В.В., Смирнова Н.А.</i> Влияние влаги на клеевые соединения одежды из льна | №4 |
| <i>Дроздов В.Г., Мозохин А.Е., Колесникова И.А.</i> Сравнительный анализ химического и спектрального составов льняной тресты разной степени вылежки | №4 |
| <i>Бухвиц А.В., Раджабов И.С.</i> Влияние жесткости и поперечной усадки полульняных растяжимых тканей на фактуру ее поверхности | №4 |
| <i>Волгин А.Б.</i> Определение цветового контраста цифрового изображения нити | №4 |
| <i>Трещалин Ю.М.</i> Анализ внутренних напряжений в волокнах, возникающих в процессе полимеризации связующего при изготовлении композиционных материалов на основе нетканых полотен | №4 |
| <i>Шаломин О.А., Матрохин А.Ю., Рыбакова Д.А., Гусев Б.Н.</i> Разработка структурной схемы проектирования качества текстильных изделий | №4 |
| <i>Воронова Л.В., Смирнова Н.А., Флегонтов А.Н.</i> Анализ методов для определения трения и цепкости текстильных полотен | №4 |
| <i>Лусиньян И.В.</i> Объективность методов определения клейкости хлопкового волокна | №4 |
| <i>Кирюхин С.М., Скрыпник Т.В.</i> Исследование характеристик гигроскопичности полотенежных тканей | №5 |
| <i>Власова Е.Н.</i> Комплексная оценка потребительских свойств мебельных тканей | №5 |
| <i>Бесишапошникова В.И., Пулина К.И., Куликова Т.В., Загоруйко М.В.</i> Разработка установки для определения огнезащитных свойств текстильных материалов | №5 |
| <i>Шустов Ю.С., Курденкова А.В., Люкшинова И.В., Бызова Е.В.</i> Прогнозирование нагрузки при прорезании термоскрепленных нетканых материалов после искусственной инсоляции | №5 |
| <i>Шаломин О.А., Матрохин А.Ю.</i> Проектирование допустимых границ определяющих показателей качества продуктов прядильного производства | №5 |
| <i>Кащеев О.В., Разумеев К.Э., Николаев С.Д.</i> Чистощерстяные камвольные пряжи и ткани | №5 |
| <i>Соколовская Т.С., Шибарова Е.А., Волощук Т.Е.</i> Исследование теплопроводности нетканых материалов из химических волокон | №6 |
| <i>Никитина О.В., Курденкова А.В., Шустов Ю.С.</i> Исследование разрывной нагрузки при растяжении параарамидных нитей | №6 |
| <i>Бесишапошникова В.И., Пулина К.И., Александрова Т.В., Загоруйко М.В.</i> Разработка методики определения теплофизических свойств текстильных материалов и пакетов одежды | №6 |
| <i>Королёв П.В., Веселов В.В., Королева С.В., Стрелкова С.Е.</i> Исследование теплозащитных свойств инновационных материалов | №6 |
| <i>Раджабов И.С.</i> Теоретическое определение изменения линейных размеров тканей в зависимости от направления | №6 |

Первичная обработка. Сырье

| | |
|--|----|
| <i>Пашин Е.Л., Киселев Н.В., Васильев Ю.В.</i> Совершенствование процесса термовлажностной подготовки льняной тресты | №1 |
| <i>Ишиматов А.Б.</i> Совершенствование процесса съема коконного сдира | №1 |
| <i>Куликов А.В.</i> Разработка метода косвенной оценки длины непараллелизованного льняного волокна | №2 |
| <i>Пашин Е.Л., Жукова С.В.</i> Определение взаимосвязи свойств конопли с особенностями строения ее стеблей | №2 |
| <i>Ишиматов А.Б., Салимджанов С.</i> Обоснование рационального режима замачивания коконов тутового шелкопряда | №2 |
| <i>Пашин Е.Л., Жукова С.В.</i> Оценка технологической эффективности линии для получения однотипной пеньки | №3 |
| <i>Ишиматов А.Б.</i> Влияние количества остаточного серицина на качество шелка-сырца | №3 |

| | |
|--|----|
| <i>Енин М.С., Пашин Е.Л.</i> Обоснование условий промина льняной тресты с учетом толщины слоя по его ширине | №4 |
| <i>Коваленко Н.И., Разин С.Н., Буров М.С., Коржнев В.С.</i> Компьютерное моделирование транспортирующих ремней зажимного механизма трепальной машины | №4 |
| <i>Новиков Э.В., Безбабченко А.В., Чекренева Т.П., Романов В.А.</i> Исследование геометрических показателей слоя льнотресты на транспортере сушильной машины | №5 |
| <i>Виноградова А.Е., Румянцева И.А., Пашин Е.Л.</i> Прогнозирование доли недоработанного волокна при переработке льняной тресты | №5 |
| <i>Коваленко Н.И., Разин С.Н., Буров М.С.</i> Математическое моделирование зажима слоя в транспортирующих ремнях трепальной машины | №5 |
| <i>Безбабченко А.В., Шевалдин Д.М., Чекренева Т.П., Новиков Э.В., Корабельников А.Р.</i> Исследование технологии переработки льняной ленты в модифицированное волокно | №6 |
| <i>Орлов А.В., Бойко С.В., Пашин Е.Л., Енин М.С.</i> Оценка степени сгуживания прядей в слое льняного сырца при трепании | №6 |
| <i>Коваленко Н.И., Разин С.Н., Буров М.С.</i> Имитационное моделирование слоя стеблей льна при его обработке в трепальной машине | №6 |
| <i>Ефремов А.С., Дроздов В.Г., Мозохин А.Е., Голубев В.Н.</i> Обоснование возможности использования ИК-спектроскопии для автоматического контроля параметров льнотресты в потоке | №6 |

Прядение

| | |
|--|----|
| <i>Голубева Е.Н., Зарубин В.М., Васенев Н.Ф.</i> К вопросу о совершенствовании процесса чесания на малогабаритных чесальных машинах | №1 |
| <i>Горькова А.Г., Никифорова Е.Н., Капралов В.В.</i> Влияние возвратной загрузки волокон на эффективность чесальной машины | №1 |
| <i>Родионов В.А., Дориомедов М.С.</i> Технология получения термостойких комбинированных швейных ниток | №1 |
| <i>Столяров А.А., Крайнов Е.М.</i> Влияние устройства для выпуска мычки на структуру и прочность пряжи | №1 |
| <i>Павлюченко Е.В., Мовшиович П.М., Разумеев К.Э.</i> Экспериментальные исследования для получения самокрученной ровницы | №2 |
| <i>Столяров А.А., Павлов Ю.В.</i> Об улучшении структуры пряжи кольцевого способа прядения | №2 |
| <i>Столяров А.А.</i> О прочности пряжи кольцевого способа прядения | №3 |
| <i>Павлюченко Е.В., Мовшиович П.М., Разумеев К.Э.</i> Особенности разъединения СК-ровницы в прядении .. | №3 |
| <i>Ларин И.Ю.</i> Анализ движения волокон в поле сил трения вытяжного прибора | №3 |
| <i>Сергеев К.В., Жуков В.И.</i> Снижение неровноты по линейной плотности и упрочнение льняной пряжи с помощью применения ультразвуковых колебаний в процессе мокрого прядения льна | №4 |
| <i>Смирнова Е. Е., Титова У.Ю.</i> К вопросу о формировании пряжи из бескруточной ровницы | №4 |
| <i>Муравьева Г.Ю., Титова У.Ю.</i> О влиянии плотности наматывания льняной ровницы на качество получаемой пряжи | №4 |
| <i>Елисеева Н.А., Телицын А.А., Делекторская И.А.</i> Экспериментальная проверка третьей гипотезы прочности самокрученной пряжи | №4 |
| <i>Швидкий С.П.</i> Исследование динамики процесса разволокнения отрезков ткани между двумя пальчатыми поверхностями | №4 |
| <i>Столяров А.А., Чистобородов Г.И., Столяров Ал.Ан.</i> Графоаналитический метод определения расстояния между линиями зажимов волокна в вытяжном приборе | №4 |
| <i>Щепуржинская З.Р., Разумеев К.Э.</i> Разработка метода проектирования флокированной нити по плотности ворса | №5 |
| <i>Дягилев А.С., Коган А.Г., Мурычев П.В.</i> Исследование неровноты смесовой льнополиэфирной пряжи пневмомеханического способа прядения | №5 |
| <i>Ларин И.Ю.</i> Распрямление загнутых концов волокон в процессе вытягивания | №5 |
| <i>Фролов В.Д., Швидкий С.П.</i> Расчет длины съема волокнистого материала для повышения эффективности процесса регенерации текстильных отходов | №5 |
| <i>Щепуржинская З.Р., Разумеев К.Э.</i> Расчет заглубления флора в адгезиве при электрофлокировании | №6 |
| <i>Охлопков Д.С., Столяров Ан.А., Павлов Ю.В.</i> Исследование крутильно-мотального механизма с вращающимся прядильным кольцом | №6 |

| | |
|---|----|
| <i>Ларин И.Ю.</i> Условия распрямления загнутых концов волокон в процессе вытягивания | №6 |
| <i>Максимова К.А., Борисов Р.М., Роньжин В.И.</i> Исследование влияния автоматически регулируемого привода чесальной машины на качество прочеса | №6 |

Ткачество

| | |
|--|----|
| <i>Гречухин А.П., Селиверстов В.Ю.</i> Способ построения границ профиля нити в ткани с переменной плотностью расположения нитей | №1 |
| <i>Николаев С.Д., Назарова М.В., Романов В.Ю.</i> Оценка напряженности работы мотального оборудования при перематывании пряжи различного волокнистого состава | №1 |
| <i>Толубеева Г.И., Якубова И.Г., Пяртли С.Г.</i> Методика расчета уработок нитей полотна по заправочным данным ткани и высоте волны изгиба основы | №1 |
| <i>Малецкая С.В., Женгурова Е.А.</i> Алгоритм автоматизированного построения рисунка вафельного переплетения ткани..... | №1 |
| <i>Смирнова Т.В., Маховер В.Л.</i> Оценка величины сокращения процесса партионного снования при подготовке основ с применением сновально-шлихтовального агрегата ИГТА | №1 |
| <i>Николаев С.Д., Назарова М.В., Романов В.Ю.</i> Оценка напряженности процесса снования хлопчатобумажной пряжи | №2 |
| <i>Сафонов П.Е., Федорова Е.Е., Фетисова О.Н., Юхин С.С.</i> Анализ напряженно-деформированного состояния нитей основы на ткацких станках различной конструкции при выработке арамидных тканей | №2 |
| <i>Толубеева Г.И.</i> Пример расчета уработок нитей основы и утка и построение их профилей в ткани полотняного переплетения | №2 |
| <i>Болотный А.П., Брут-Бруляко А.Б., Ерохова М.Н.</i> Зависимость натяжения основы от параметров наладки основного регулятора | №2 |
| <i>Маховер В.Л., Смирнова Т.В.</i> Анализ условий сопряженности паковок на сновально-шлихтовальном агрегате ИГТА | №2 |
| <i>Ишиматов А.Б., Рудовский П.Н.</i> Влияние неровноты по линейной плотности на неравномерность натяжения нитей при сновании | №2 |
| <i>Сафонов П.Е., Федорова Е.Е., Фетисова О.Н., Юхин С.С.</i> Расчет повреждаемости арамидных нитей на ткацких станках различной конструкции | №3 |
| <i>Толубеева Г.И.</i> Методика расчета уработок нитей во фронтальной плоскости однослойной ткани по ее заправочным данным и высоте волны изгиба основы | №3 |
| <i>Малецкая С.В., Женгурова Е.А.</i> Автоматизированный метод построения комбинированного вафельного переплетения | №3 |
| <i>Смирнова Т.В., Маховер В.Л.</i> Расчет производительности сновально-шлихтовального агрегата ИГТА .. | №3 |
| <i>Николаев С.Д., Малецкий В.В.</i> Использование ЭВМ при создании новых способов построения комбинированных переплетений | №3 |
| <i>Брут-Бруляко А.Б., Ерохова М.Н.</i> Исследование влияния величины заступа на натяжение основных нитей | №4 |
| <i>Зайцев Д.В., Гречухин А.П.</i> Компьютерное трехмерное моделирование строения ткани полотняного переплетения на различных этапах формирования | №4 |
| <i>Богатырева М.С., Старинец И.В.</i> Исследование релаксационных процессов в нитях основы на ткацком станке DORNIER HTV 6/SD 190 | №4 |
| <i>Банакоева Н.В., Ерохова М.Н., Крутикова В.Р.</i> Оценка показателя напряженности процесса снования | №4 |
| <i>Рудовский П.Н., Ишиматов А.Б.</i> Изменение натяжения нити в период пуска при сматывании с вращающейся катушки | №4 |
| <i>Безденежных А.Г., Соркин А.П.</i> Повышение производительности бесчелночных ткацких станков за счет использования для питания утком паковок сомкнутой крестовой намотки | №4 |
| <i>Степанов О.С., Братолобова Е.В., Широков А.А.</i> Исследование влияния различных факторов на прочность напорных пожарных рукавов при гидравлическом воздействии | №4 |
| <i>Назарова М.В., Романов В.Ю.</i> Оценка напряженности процесса шлихтования хлопчатобумажной пряжи | №5 |
| <i>Толубеева Г.И.</i> Методика расчета уработок нитей в горизонтальной плоскости однослойной ткани по ее заправочным данным и высоте волны изгиба основы | №5 |

| | |
|--|----|
| <i>Маховер В.Л., Смирнова Т.В.</i> Определение оптимальной ставки бобин на сновально-шлихтовальном агрегате ИГТА | №5 |
| <i>Сафонов П.Е., Федорова Е.Е., Юхин С.С.</i> Расчет повреждаемости арамидных нитей в процессе снования | №5 |
| <i>Брут-Бруляко А.Б., Ерохова М.Н.</i> Влияние скорости ткацкого станка СТБ на натяжение основных нитей | №5 |
| <i>Толубеева Г.И.</i> Методика построения профилей нитей основы и утка однослойной ремизной ткани .. | №6 |
| <i>Брут-Бруляко А.Б., Ерохова М.Н.</i> Натяжение основных нитей на рапирных ткацких станках | №6 |
| <i>Маховер В.Л., Столярова Г.С.</i> Целевая функция оптимизации процесса ленточного снования | №6 |
| <i>Сергеев В.Т., Николаев С.Д., Сумарукова Р.И.</i> Технология изготовления многослойной бикомпонентной ткани | №6 |

Отделка

| | |
|--|----|
| <i>Пузикова Н.П., Курочкина Т.А., Щукина Е.Л., Горчакова В.М., Калачева А.В.</i> Исследование свойств сополимерных латексов различной природы с целью использования их в пигментной печати . | №1 |
| <i>Стокозенко В.Г., Морыганов А.П.</i> Исследование возможности совмещения процесса химической модификации льноволокна и крашения его сернистыми красителями | №1 |
| <i>Баланова Т.Е., Сафонов В.В.</i> Влияние строения ПАВ на удаление загрязнений с текстильных материалов в неводной среде | №1 |
| <i>Тараканова Л.И., Сафонов В.В.</i> Метилфлороглюцин – азокомпонент в процессе образования нерастворимых азокрасителей на поверхности тканей из природных волокон | №2 |
| <i>Шибашов А.В., Шибашова С.Ю.</i> Исследование влияния низкочастотного ультразвукового поля на пероксидные растворы | №2 |
| <i>Смирнова С.В.</i> Влияние ТВВ на результаты крашения шерсти активными красителями | №2 |
| <i>Пузикова Н.П., Стрик О.А.</i> Исследование свойств синтетических загустителей на основе акрилатов с целью использования их при печати активными красителями | №2 |
| <i>Чекмарева М.А., Пыркова М.В.</i> Разработка технологии низкотемпературного крашения шерстяной ткани активными красителями | №3 |
| <i>Баланова Т.Е., Сафонов В.В.</i> Влияние природы волокна на удаление загрязнений с текстильных материалов в неводной среде | №3 |
| <i>Горидько Н.А., Киселев А.М.</i> Совершенствование процесса художественной росписи тканей в технике холодного батика | №4 |
| <i>Одинцова О.И., Кротова М.Н.</i> Проблемы и перспективы применения синтетических полиэлектролитов в химико-текстильном производстве | №5 |
| <i>Смирнова С.В.</i> Кинетика крашения шерстяного волокна активными красителями | №5 |
| <i>Дмитриева М.Б., Сафонов В.В.</i> Сравнительная оценка фунгицидного действия некоторых препаратов на текстильные материалы при их реставрации | №5 |
| <i>Епишкина В.А., Киселев А.М.</i> Применение газожидкостных сред для мерсеризации хлопчатобумажных тканей | №5 |
| <i>Шибашова С.Ю., Шибашов А.В., Завадский А.Е.</i> Изучение влияния низкочастотных ультразвуковых полей на степень повреждения природных и синтетических полимеров | №6 |
| <i>Некрасова В.Н., Белокурова О.А.</i> Практическое применение низкоконцентрированных загусток при печати активными красителями | №6 |
| <i>Коновалова М.В., Корнева Т.В.</i> Разработка состава чернил для цифровой печати по тканям из смеси хлопка и синтетических волокон | №6 |
| <i>Ишматов А.Б., Рудовский П.Н., Яминова З.А.</i> Применение серицина для шлихтования основ | №6 |

Технология нетканых материалов

| | |
|--|----|
| <i>Шабалов Д.Д.</i> Исследование свойств полотна при производстве иглопробивного нетканого материала | №1 |
| <i>Фролова И.В., Арутюнян Е.Ю., Фролов В.Д.</i> Бесхолстовый питатель текстильных машин | №2 |
| <i>Фролова И.В., Арутюнян Е.Ю., Фролов В.Д.</i> Одномерный поток пневматического течения в движущихся контрольных объемах с последующим отделением | №3 |

| | |
|---|----|
| <i>Токарева Е.Г., Сергеенков А.П.</i> Определение фактической плотности прокалывания иглопробивного полотна | №5 |
| <i>Урусова С.С., Ходакова И.Н., Горчакова В.М.</i> Разработка технологии наполненных бентонитом гидроизоляционных нетканых материалов | №6 |

Трикотажное производство

| | |
|--|----|
| <i>Колесникова Е.Н., Ланшаков Д.Е.</i> Проектирование технологии вязания плечевых цельновязаных изделий с втачным типом рукава | №1 |
| <i>Махмудова Г.И., Джанпаизова В.М., Дайрабай Д.Д., Абилтаева М.Ж.</i> Разработка структур и способов получения формоустойчивого кулирного уточного трикотажа | №1 |
| <i>Желтиков М.В., Колесникова Е.Н.</i> Расчет параметров мультиклассового переплетения на плоско-вязальных машинах | №2 |
| <i>Джанпаизова В.М., Махмудова Г.И., Рахманкулова Ж.А.</i> Новая схема трикотажной машины для получения трикотажа с увеличенной длиной плюшевых протяжек | №2 |
| <i>Березкин А.Г., Кудрявин Л.А.</i> Метод автоматизированного проектирования и машинной визуализации структуры трикотажа кулирных комбинированных переплетений | №3 |
| <i>Землякова И.В., Каминская Л.А.</i> Неразрушающий метод определения длины нити в петле трикотажного полотна | №4 |
| <i>Толстикова-Крутикова Л.А.</i> Прогнозирование средней длины нити в петле трикотажа с разной долей заполнения жаккардовыми петлями | №4 |
| <i>Вигелина О.А., Ровинская Л.П.</i> Исследование растяжимости бортика носка | №5 |
| <i>Гаджиев Д.А.</i> О некоторых особенностях строения производных ластичных переплетений | №5 |
| <i>Байжанова С.Б., Садыкова Б.А., Батиркулова А.А.</i> Разработка структур и способов получения двухслойного трикотажа на плоскофанговой машине КН-323D | №6 |

Швейное производство и дизайн

| | |
|--|----|
| <i>Щербакова А.В., Морозова Е.В.</i> Влияние технологии на особенности художественного оформления текстиля 60-х годов XX века | №1 |
| <i>Васин Ф.В., Стор И.Н.</i> Исследование рекламного образа в графическом дизайне упаковки текстильного изделия | №1 |
| <i>Кузнецова А.В., Кузьмичев В.Е.</i> Совершенствование проектирования манекенов фигур типового телосложения | №1 |
| <i>Щербакова А.В., Морозова Е.В.</i> Печатный текстиль 60-х годов XX века | №2 |
| <i>Заботкин Д.Д., Бородин И.А., Королева С.В., Веселов В.В.</i> Разработка и исследование технологии безниточного предохранения срезов от осыпания | №2 |
| <i>Бузов Б.А., Смирнова Н.А.</i> Современный ассортимент термоклеевых материалов для одежды и разработка их классификации | №2 |
| <i>Кочанова Н.М., Кузьмичев В.Е., Адольф Д.</i> Обоснование схемы параметризации чертежей модельных конструкций втачных рукавов | №3 |
| <i>Иванова О.В., Ярдакова П.В.</i> Особенности применения оптического искусства ОП-АРТ в текстильном оформлении интерьера | №4 |
| <i>Чагина Л.Л., Виноградова Г.Л., Воронова Е.М.</i> Разработка методики конструирования льняных трикотажных изделий и ее реализация в системе T-FLEX CAD | №4 |
| <i>Борисова Е.Н., Койтова Ж.Ю., Кучерова И.А.</i> Оценка усадки овчинного полуфабриката на основе исследования разноусадочности слоев | №4 |
| <i>Костюкова Ю.А., Четвертной А.А.</i> Анализ современных методов печати на швейных изделиях ... | №4 |
| <i>Максимова Е.В., Кузьмичев В.Е.</i> Разработка методики идентификации гендерных признаков в костюме | №4 |
| <i>Стор И.Н., Архипова Н.А.</i> Эволюция визуального языка журнальных иллюстраций Дома моды "DIOR" во второй половине XX – начале XXI вв | №5 |
| <i>Кузичева И.А., Морозова Е.В.</i> Печатный текстильный рисунок 70-х годов 20 века в России | №5 |
| <i>Максимова Е.В., Кузьмичев В.Е.</i> Анализ гендерных признаков в одежде зарубежных дизайнеров (сезон Весна-Лето 2011) | №5 |

| | |
|---|----|
| <i>Замышляева В.В., Сурженко Е.Я., Смирнова Н.А.</i> Оценка формоустойчивости клеевых соединений одежды из льна | №5 |
| <i>Кочанова Н.М., Кузьмичев В.Е., Адольф Д.</i> Разработка математического аппарата для конструктивного моделирования чертежей в соответствии с желаемой формой втачных рукавов | №6 |
| <i>Коновалова О.А., Бесчастнов Н.П.</i> Русские фольклорные традиции в дизайне текстильных интерьерных принадлежностей | №6 |

Текстильные машины и агрегаты

| | |
|---|----|
| <i>Парахина М.В., Самсонов В.С.</i> Измерение натяжения ткани в отделочном оборудовании | №1 |
| <i>Гуляев Е.С., Прокопенко А.К.</i> Возможные решения проблемы износа деталей механических систем и исполнительных органов оборудования текстильного производства | №1 |
| <i>Ахунбабаев О.А.</i> Исследование основных элементов конструктивно-заправочной линии шелкоткацких станков | №2 |
| <i>Буреев С.К., Ситникова И.Н.</i> Определение силы натяжения петли в механизме язычковой иглы при прессовании | №2 |
| <i>Макаров В.А., Хозина Е.Н., Гаврилов А.Н.</i> Классификация зевобразовательных механизмов по структурным звеньям | №2 |
| <i>Егоров С.А., Шибнев А.А., Чернышова Т.А.</i> Исследование износостойкости дисперсно-упрочненных композиционных материалов | №2 |
| <i>Королев П.А., Лохманов В.Н.</i> Исследование и модернизация ремизоподъемного механизма круглоткацких станков | №3 |
| <i>Ларюшкин П.А., Палочкин С.В.</i> Рабочая зона манипулятора параллельной структуры с тремя степенями свободы | №3 |
| <i>Греков М.Э., Фомин Ю.Г., Комиссаров И.И., Демидов А.В., Петрова И.В.</i> Динамическая модель прохождения неровности в отжиме типа "ОТ" | №3 |
| <i>Королев А.Н., Терентьев В.И.</i> Исследование натяжения основы на высокоскоростном ткацком станке | №3 |
| <i>Макаров В.А., Хозина Е.Н., Гаврилов А.Н.</i> Использование четырехзвенников в качестве элементов рычажно-стержневой трансмиссии зевобразующих механизмов ткацких машин | №3 |
| <i>Букина С.В.</i> Методика расчета величины и распределения нагрузки по иглам кольцевой шпартуки | №4 |
| <i>Корабельников А.Р., Лебедев Д.А., Шутова А.Г.</i> Выделение сорных примесей с поверхности слоя волокнистого материала | №4 |
| <i>Романов В.В., Титов С.Н., Смирнов С.Ю.</i> Управление частотой вращения главного вала ткацкого станка на базе программного обеспечения "электронный кулачок" | №4 |
| <i>Подъячев А.В., Куревенкова Н.С.</i> Исследование частот свободных колебаний валов отжимной секции шлихтовальной машины | №4 |
| <i>Кривошеина Е.В., Букалов Г.К., Сусоева И.В.</i> Анализ фрикционного взаимодействия уточной нити с деталями тормоза уточной нити станка СТБ | №4 |
| <i>Трещалин М.Ю., Дышенко В.С., Ключев М.Б., Трещалин Ю. М.</i> Изделия из композиционных материалов на основе нетканых полотен | №4 |
| <i>Башишин П.А.</i> Определение основных конструктивных параметров бобинодержателя с осевым приводом | №5 |
| <i>Макаров В.А., Романов П.Г., Хозина Е.Н.</i> Влияние угла зева и опушкодержателя на положение опушки ткани | №5 |
| <i>Жданов А.С., Саган И.А., Козлов В.А.</i> Исследование профиля зуба подвижной звездочки в цепных механизмах | №5 |
| <i>Степанов С.Г., Малеев Д.С., Чистобородов Г.И.</i> Математическая модель для исследования нелинейных колебаний фрикционных намоточных механизмов рычажного типа | №5 |
| <i>Макаров В.А., Сурков Б.А., Хозина Е.Н.</i> Влияние угла зева и перетяжки его ветвей на величину и направление суммарного вектора натяжения ткани | №6 |
| <i>Королев А.Н., Терентьев В.И.</i> Разработка эксплуатационных требований к механизмам образования зева | №6 |
| <i>Парахина М.В., Самсонов В.С.</i> Исследование сопротивления движению ткани в промывной роликовой машине с увеличенной длиной заправки | №6 |

| | |
|--|----|
| <i>Лушников С.В., Кузнецова В.С., Степнов Н.В.</i> К расчету кулачкового механизма разгрузителя привода батана ткацких станков СТБ | №6 |
| <i>Чистобородов Г.И., Малеев Д.С., Степанов С.Г.</i> Упрощенная математическая модель для исследования нелинейных колебаний фрикционных намоточных механизмов рычажного типа и ее анализ методами качественной теории дифференциальных уравнений | №6 |

Автоматизация технологических процессов

| | |
|---|----|
| <i>Глазунов В.Ф., Шишков К.С.</i> Влияние вариации параметров намотки на электропривод механизма сновального вала | №1 |
| <i>Глазунов В.Ф., Шишков К.С.</i> Минимизация потерь мощности в асинхронном электроприводе механизма намотки сновальных валов | №2 |
| <i>Глазунов В.Ф., Филичев В.Т., Вилков П.В.</i> Управление вытяжкой ткани в зоне деформации валковых машин | №3 |
| <i>Демидов Н.А.</i> Микропроцессорная система контроля кинематических параметров партионного снования | №4 |
| <i>Глазунов В.Ф., Шишков К.С.</i> Математическое моделирование процессов деформации основы и нити в системе электропривода механизма сновального вала | №6 |

Экологическая и производственная безопасность. Промтеплоэнергетика

| | |
|--|----|
| <i>Булеков А.П., Кошелева М.К., Кереметин П.П., Чабаева Ю.А., Кручинина Н.Е.</i> Математическое описание и расчет процесса очистки сточных вод | №1 |
| <i>Соловьев С.Е., Корочкина Е.Е., Константинов Е.С.</i> Электронный лабораторный комплекс для определения качества жидкостной обработки волокнистых систем | №1 |
| <i>Горшенин П.А.</i> Теплопередача во вращающихся барботажных скрубберах | №1 |
| <i>Горшенин П.А.</i> Теплопередача в теплообменнике со струйным потоком теплоносителя | №2 |
| <i>Сусоева И.В., Букалов Г.К., Репин В.М.</i> Метод оценки риска травмирования с учетом ущерба на текстильном предприятии | №2 |
| <i>Кошелева М.К., Щёголев А.А., Шацких С.Н., Апалькова М.С.</i> Интенсификация процессов промывки с наложением ультразвуковых полей | №3 |
| <i>Калинин Е.Н., Еришов С.В.</i> Компьютерная модель переходных состояний процесса массообмена в зоне контакта валковой пары | №3 |
| <i>Сухотерин Л.Я., Калмыков А.А., Панин И.Н., Панин А.И., Кащеев О.В.</i> Разработка новой технологии очистки вод с применением трубчатых текстильных фильтров | №3 |
| <i>Башков А.П., Баškова Г.В., Байжанова С.Б.</i> Прогнозирование вибро- и звукопоглощающей способности текстильных полотен | №3 |
| <i>Киселёв Н.В., Каравайков В.М.</i> Распределение теплоносителя в системе воздушного отопления и вентиляции промышленного предприятия | №3 |
| <i>Иванов А.Н., Пестовская Е.А., Занозин С.В.</i> Исследование сорбции паров воды и токсичных газов волокнистыми целлюлозными хемосорбентами | №4 |
| <i>Геращенко А.А., Каравайков В.М.</i> Моделирование энергетических затрат в текстильной промышленности | №4 |
| <i>Кочетов Л.М., Сажин Б.С., Тюрин М.П.</i> Гидродинамическая модель осаждения взвесей в низконапорном гидроциклоне | №5 |
| <i>Берегов М.А., Кузнецов В.Б., Калинин Е.Н.</i> Оценка влияния геометрических характеристик и пространственных факторов ребристых роликов на показатели турбулентности промывной жидкости | №5 |
| <i>Шарпар Н.М., Жмакин Л.И.</i> Экспериментальное определение коэффициента воздухопроницаемости текстильных материалов | №6 |
| <i>Калинин Е.Н., Корочкина Е.Е., Горнаков И.П.</i> Тепловая и гидродинамическая модели процесса концентрирования технологического раствора в поле действия центробежных сил | №6 |
| <i>Сажин Б.С., Сажина М.Б., Апарушкина М.А., Османов З.Н., Кушпанов Э.Р., Песковой В.В.</i> Гидродинамическая модель аппарата виброкипящего слоя для сушки волокнообразующих полимеров с наноразмерными порами | №6 |

Информационные технологии

| | |
|---|----|
| <i>Горячая И.С., Севостьянов П.А.</i> Численные методы анализа распределения волокон в поперечных сечениях пряжи | №1 |
| <i>Стенюгина О.В., Коробов Н.А., Гусев Б.Н., Алешина Д.А.</i> Определение геометрических характеристик петлеобразования трикотажного полотна по компьютерному изображению | №1 |
| <i>Ершов С.В., Калинин Е.Н.</i> Компьютерный анализ ячеечной модели процесса механического обезвоживания волокнистого материала в валковой паре | №1 |
| <i>Берегов М.А., Кузнецов В.Б.</i> Исследование методом компьютерного моделирования гидродинамики жидкостных потоков в промывной ванне | №1 |
| <i>Борзунов Г.И., Моисеев К.А., Новиков А.Н.</i> Использование графа соседства цветов для распознавания линейных элементов в текстильных узорах | №2 |
| <i>Калинин Е.Н., Салов В.В., Константинов Е.С., Баженов С.М., Тарасов Н.В.</i> Синтез двухмерной модели упруговязкой системы механической усадки ткани | №3 |
| <i>Грузинцева Н.А., Лысова М.А., Гусев Б.Н.</i> Формирование штрихкода о качестве текстильных и швейных изделий | №3 |
| <i>Салов В.В., Константинов Е.С., Баженов С.М., Калинин Е.Н.</i> Имитационное моделирование релаксационных характеристик ткани в процессе механической усадки | №4 |
| <i>Ясинский И.Ф.</i> О сжатии информации при помощи нейросетевой воронки | №5 |
| <i>Волгин А.Б.</i> Распознавание цифрового изображения самокрученной нити с целью определения крутки | №5 |
| <i>Новиков А.Н., Фирсов А.В., Фокин Ю.М.</i> Оперативный контроль качества сырья на ватной фабрике | №6 |
| <i>Скрябина Е.А., Грузинцева Н.А., Шаломин О.А., Гусев Б.Н., Любимцев В.В.</i> Формирование оптимального плана технологического контроля ткацкого производства | №6 |

Механика нити и полотен

| | |
|--|----|
| <i>Рудовский П.Н., Букалов Г.К.</i> Расчет потерь энергии на изменение формы ткани, находящейся в контакте двух тел | №1 |
| <i>Щербаков В.П., Кащеев О.В.</i> Проектирование шерстяной пряжи малых линейных плотностей для ткани SUPER 100 | №1 |
| <i>Щербаков В.П., Кащеев О.В.</i> Уточненный вариант проектирования шерстяной пряжи малых линейных плотностей для ткани SUPER 100 | №2 |
| <i>Рудовский П.Н., Ишиматов А.Б.</i> Изменение натяжения вязкоупругой нити при сматывании с вращающейся катушки в переходном режиме | №5 |
| <i>Щербаков В.П., Цыганов И.Б., Полякова Т.И., Скуланова Н.С., Попова Е.Р.</i> Теория и расчет силовых факторов, определяющих равновесную структуру крученной нити | №6 |
| <i>Белгородский В.С., Чистобородов Г.И., Киселев М.В., Киселев А.М.</i> Построение диаграммы деформирования волокнистых материалов при сжатии | №6 |

Обмен опытом, критика и библиография, краткие сообщения

| | |
|---|----|
| Юбилей ученого и педагога (К 60-летию со дня рождения С.Д. Николаева) | №1 |
| <i>Кулида Н.А., Демидов Н.А.</i> Повышение точности косвенных измерений кинематических параметров намотки пряжи на партионной сновальной машине | №1 |
| <i>Максимов Н.И.</i> Особенности разработки компетентностно-ориентированных основных образовательных программ вуза | №1 |
| Памяти выдающегося ученого (К 85-летию со дня рождения Б.Н. Мельникова) | №1 |
| Профессор Михаил Иванович Сухарев (К 90-летию со дня рождения) | №1 |
| <i>Есавочкина Е.В., Павлов К.Ю., Бархоткин Ю.К.</i> Исследование возможности изменения крутки точной нити в момент ее прокладывания в зев на пневморәпирных станках | №2 |
| <i>Буйлов П.В., Коробов Н.А.</i> Совершенствование емкостного метода измерения линейной плотности текстильных материалов | №2 |
| <i>Калдыбаев Т.Д., Тозатаев Т.У., Калдыбаева Г.Ю., Утебаев А.А.</i> Разработка технологии сушки хлопка с режимами работы | №2 |
| Виталию Михайловичу Зарубину – 75 лет | №2 |

| | |
|---|----|
| Юрию Степановичу Шустову – 60 лет | №2 |
| <i>Есавочкина Е.В., Павлов Ю.В., Павлов К.Ю., Бархоткин Ю.К.</i> Определение величины крутящего момента пряжи и нитей | №3 |
| <i>Кобраков К.И., Алафинов А.И., Станкевич Г.С., Ручкина А.Г., Волянский О.В., Ковальчукова О.В.</i> Новый полупродукт для перспективных азокрасителей на основе 2,4,6-тригидрокситолуола | №3 |
| <i>Чистобородов Г.И., Капралов В.В., Никифорова Е.Н.</i> Исследование влияния формы крючка иглы на эффект перетяжки кулируемой нити | №3 |
| <i>Николаев С.Д., Панин А.И., Цимбалюк А.Е., Пайметов А.Н., Кащеев О.В.</i> О структуре осадка и тонкости очистки воздуха трубчатыми текстильными фильтрами | №3 |
| <i>Редков С.К.</i> Фабричное законодательство Российской империи на рубеже XIX-XX веков и его влияние на становление самосознания и правовой культуры текстильщиков | №3 |
| <i>Комиссаров И.И., Давыдова Е.С., Корнилова Н.Л.</i> Расчет воздействия бюстгалтера на грудную железу | №4 |
| <i>Строганов Б.Б.</i> Совершенствование терминологии показателей плотности текстильных материалов | №5 |
| <i>Тувин А.А., Анфимов Е.Н., Малафеев Р.М.</i> Определение технологической результативности процесса металлочащения | №5 |
| <i>Коломейцева Э.А., Морыганов П.А., Братченя Л.А., Есенкова Н.П.</i> Разработка новых способов получения нетканых материалов со специальными свойствами | №6 |
| <i>Греков М.Э., Фомин Ю.Г., Маринин А.Н., Петрова И.В.</i> Динамическая модель прохождения неровности через жало прижимного вала отжима типа "ОГ" | №6 |
| <i>Иванова О.В., Смирнова Н.А., Хромушина О.Н.</i> Разработка методики оценки конкурентоспособности текстильных штор | №6 |
| <i>Ишиматов А.Б., Иброхимов М.Ф., Раджабова Д.К.</i> Технология шелкоткацкого производства в государстве Саманидов | №6 |
| <i>Гитман Е.К., Гитман М.Б.</i> Дуальные образовательные программы в подготовке специалистов для текстильной промышленности США | №6 |
| <i>Хосровян И.Г., Красик Т.Я., Хосровян Г.А.</i> Общая теория динамики волокнистых комплексов в процессе их взаимодействия с рабочими органами разрыхлителя | №6 |