

Министерство образования  
Российской Федерации

**ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ**

**ТЕХНОЛОГИЯ  
ТЕКСТИЛЬНОЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ОСНОВАН В ДЕКАБРЕ 1957 ГОДА, ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД

**№ 3 (267)  
2002**

Издание Ивановской государственной текстильной академии

1  
с. 6  
февраль 2002

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор *В.В. ЗРЮКИН*.

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

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

Ответственный секретарь *С.Л. ХАЛЕЗОВ*.

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

*Тел.: (0932) 35-78-87. Факс: (0932) 415088.*

*E-mail: root@igta.asinet.ivanovo.su*

*http://education.ivanovo.ru/IGTA*

---

Издание зарегистрировано в Министерстве печати РФ. Регистрационный №796. Сдано в набор 01.11.2002. Подписано в печать 01.12.2002. Формат 60x84 1/8. Бум. кн.-журн. Печать офсетная. 14,88 усл.-печ. л.; 15,13 усл. кр.-отт.; 22,32 уч.-изд. л. Заказ 2057.

Тираж 450 экз.

---

Ивановская областная типография Министерства Российской Федерации  
по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций.

153008, г. Иваново, ул. Типографская, 6.

E-mail: 091-018@adminet.ivanovo.ru

УДК 657.382.3

**ВАРИАНТЫ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПОЛИТИКИ  
В ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

*Ф. Ф. БЕЗДУДНЫЙ, Т. И. ФРАДИНА, М. Н. ТИТОВА*

(Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна)

Увеличение объемов выпуска конкурентоспособной продукции и повышение эффективности инвестиций – основные задачи, стоящие перед отраслью. Износ оборудования на предприятиях превышает 80%, что является одной из главных причин отсутствия прогрессивных сдвигов в текстильной промышленности.

Источники финансирования представляют серьезную проблему для многих достаточно обоснованных и рентабельных инвестиционных проектов. В связи с этим остается актуальной разработка современных аналитических подходов, связанных с обоснованием оптимальной структуры источников финансирования долгосрочных инвестиций. Существенное место при решении этой проблемы занимает вопрос выбора критерия оценки источников финансирования.

В 1994 г. лизинг в России официально был признан как вид предпринимательской деятельности. Более гибкий, чем кредит, этот инструмент инвестиционной политики быстро привлек к себе внимание бан-

ков, финансовых компаний, а также предприятий [1...4].

При отсутствии собственного капитала предприятия мы рассмотрели два варианта финансирования инвестиционного проекта технического перевооружения производства ОАО "Гардинно-кружевная компания" (г. Санкт-Петербург): банковский кредит и лизинг.

ОАО "Гардинно-кружевная компания" – один из крупнейших производителей гардинно-кружевных изделий в стране. В настоящее время перед предприятием стоит проблема обеспечения конкурентоспособности выпускаемой продукции на внутреннем рынке и выхода на внешний рынок, что невозможно сделать без замены оборудования. Необходимые капитальные вложения включают затраты на приобретение технологического оборудования для выпуска высококачественного гардинного полотна и составляют 1 233 789 долларов США.

В табл.1 приведены затраты на приобретение технологического оборудования.

Т а б л и ц а 1

Технологическое оборудование	Затраты на приобретение в долларах США
Жаккардовые рашель-машины для выпуска гардинного полотна RIPC 4F-NE, 130, класс 18 – 3 штуки	1 171 803
MANLO-Richtigerat ORTHOMAT RFMC 106 P	61 986
Итого	1 233 789

Проведем сравнительный анализ затрат предприятия на приобретение оборудования за счет банковского кредита и лизинга. Стоимость оборудования 1 233 789 USD. Срок полезного использования 9 лет; процентная ставка за пользование валютными кредитными ресурсами

15% годовых; комиссионное вознаграждение лизингодателя 10% от среднегодовой остаточной стоимости имущества, НДС 20%.

Расчеты по лизингу проведены в соответствии с условиями, предлагаемыми лизинговой компанией Сбербанка России

ЗАО "Руст", рекомендованной для взаимодействия с предприятиями текстильной и легкой промышленности по результатам тендера, проведенного Комитетом по легкой промышленности и потребительскому

рынку Ассоциации экономического взаимодействия субъектов Северо-Запада среди инвестиционных лизинговых компаний.

Общая сумма лизинговых платежей включает

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

где ЛП – общая сумма лизинговых платежей; АО – величина амортизационных отчислений, причитающихся лизингодателю в текущем году; ПК – плата за используемые кредитные ресурсы лизингодателем на приобретение объекта лизинга; КВ – комиссионное вознаграждение лизингодателю за предоставленное имущество по договору лизинга (маржа); СТ – сумма, уплачиваемая страховой компании за страхование объекта лизинга; ДУ – плата лизингодателю за дополнительные услуги, предусмотренные договором (консультации, обучение персонала, таможенные процедуры, доставка оборудования и пр.), НДС – сумма налога на добавленную стоимость, начисляемая на платежи.

В качестве обеспечения возвратности заемных средств рассматриваются залог

или гарантия первоклассного иностранного банка. Причем в обеспечение обязательств лизингополучателя принимается сам объект лизинга и дополнительный залог имущества.

Расходы по страхованию имущества, дополнительные услуги лизингодателя так же, как и дополнительные затраты по получению кредита, в расчет не включаем, так как они индивидуальны и требуют отдельного анализа.

Будем считать, что лизинговые платежи уплачиваются равными долями в течение всего срока договора. Для расчета амортизационных отчислений применим коэффициент ускорения 3.

Расчет лизинговых платежей и платежей по банковскому кредиту представлен в табл.2.

Таблица 2

Год	Общая сумма лизинговых платежей					Расчет платежей при банковском кредитовании			
	АО	ПК	КВ	итого	НДС	всего с НДС	сумма основного долга	проценты за пользование кредитом	всего
1-й	411 263	154 224	121 315	686 802	137 360	824 162	493 516	185 065	678 581
2-й	411 263	92 534	61 689	565 486	113 097	678 583	493 516	111 041	604 557
3-й	411 263	30 845	20 563	462 671	92 534	555 205	493 516	37 014	530 530
	1 233 789	277 603	203 567	1 714 959	342 991	2 057 950	1 480 548	331 203	1 813 668

Сумма лизинговых платежей 2 057 950 USD в том числе НДС 342 991 USD. При банковском кредитовании с учетом НДС, который необходимо уплатить продавцу оборудования или таможенным органам, платежи составят 1 813 668 USD.

Некоторые финансовые аналитики, оценивая достоинства и недостатки лизинга, высказывают мнение, что при лизинге НДС платится, а при кредите не платится. Учреждению банка, естественно, НДС не платится, но он уплачивается поставщику

оборудования. Анализируя платежи по НДС, можно сделать вывод, что варианты равнозначны для лица, которое приобретает оборудование, за исключением случаев, при которых монтаж оборудования осуществляется в течение длительного времени. Тогда как при кредите в течение нескольких налоговых периодов предприятие не может иметь права на налоговый вычет, пока оборудование не будет смонтировано и принято в эксплуатацию. И таким образом денежные средства на это время будут выведены из обращения.

Для лизинговых компаний то обстоятельство, что они являются плательщиками НДС, очень невыгодно и служит сдерживающим фактором для их развития. Лизингополучатель оплачивает лизинговые платежи, включающие возмещение банковского кредита и процентов на него с НДС, а лизинговая компания возвращает банку кредит и проценты без НДС и соответственно не имеет права на налоговое возмещение сумм НДС в этой части, что приводит к удорожанию лизинга.

Как видно из расчетов, без учета налога на прибыль при банковском кредите сумма платежей меньше, чем при лизинге: 244 282 USD. Уберем влияние НДС, так как этот налог будет возмещен после оплаты и

ввода в эксплуатацию оборудования и рассмотрим, как повлияет на общую сумму платежей налог на прибыль.

При банковском кредите в сравнении с лизингом увеличивается налогооблагаемая база по налогу на прибыль за счет того, что при лизинге мы имеем возможность применить коэффициент ускорения не более трех (в нашем случае – 3). Ежегодные амортизационные отчисления, включаемые в себестоимость, при лизинге составили 411 263 USD, при кредите 137 088 USD.

Рассчитаем увеличение налогооблагаемой базы и платежи по налогу на прибыль и общую сумму платежей при кредите (табл.3).

Таблица 3

Год	Амортизационные отчисления		Увеличение налогооблагаемой базы	Налог на прибыль (24%)	Возврат основного долга	Банковский процент	Всего
	при кредите	при лизинге					
1-й	137 088	411 263	274 175	65 802	493 516	185 065	744 383
2-й	137 088	411 263	274 175	65 802	493 516	111 041	670 359
3-й	137 008	411 263	274 175	65 802	493 516	37 014	596 332
	411 263	1 233 789	822 525	197 406	1 480 548	331 203	2 011 074

Из расчетов следует, что с учетом налогообложения разница в суммах платежей при кредите и лизинге существенно сокращается и составляет 46 876 USD.

Выполненный анализ стоимости альтернативных источников финансирования можно считать лишь предварительным. При реализации проектов возникают и другие расходы, которые носят индивидуальный характер.

Неизбежны расходы, связанные со страхованием. При лизинге необходимо застраховать имущество, полученное от лизингодателя; при кредите – предмет залога.

Цена, по которой имущество передается в залог, существенно превышает объем испрашиваемой ссуды. Залогодатель обязан застраховать за свой счет предмет залога на его полную стоимость. Таким образом, расходы по страхованию при кредите будут выше, чем при лизинге.

Что касается налога на имущество, то в соответствии с действующими норматив-

ными документами лизинговое имущество может находиться на балансе лизингодателя или лизингополучателя и соответственно плательщиком налога на имущество будет являться лизингодатель или лизингополучатель. Если плательщиком налога на имущество является лизингодатель, то лизингополучатель естественно должен возместить ему суммы налога в составе лизинговых платежей. Так что денежные затраты лизингополучателя увеличатся на сумму НДС с этой части платежа (20%). Но здесь возникает еще вопрос налоговой ответственности. Если налогоплательщиком налога на имущество является лизингополучатель, то он несет ответственность за неуплату со всеми административными и финансовыми санкциями.

При приобретении оборудования за счет банковского кредита предприятие учитывает оборудование на своем балансе и соответственно является плательщиком налога на имущество. При ускоренной амортизации, которая возможна при ли-

зинге, среднегодовая стоимость имущества будет меньше и соответственно меньше налога на имущество, чем при банковском кредите.

Из вышеизложенного можно сделать вывод, что хотя первоначально кажется, что лизинг существенно дороже банковского кредита, то с учетом налоговых платежей, которые возникают у предприятия при этих операциях, суммы денежных средств практически выравниваются.

С учетом того, что ЗАО "Руст" предоставляет различный набор услуг по техническому обслуживанию оборудования, индивидуальные условия лизинговой сделки, возможность вносить платежи после получения и установки оборудования, можно утверждать, что лизинг является перспективным и эффективным средством привлечения заемных средств для долгосрочного инвестирования, особенно после отмены с 1 января 2002 г. льгот по налогу на прибыль для предприятий, осуществляющих инвестиции.

## ВЫВОДЫ

1. Рынок финансовых услуг позволяет выбирать форму привлечения заемных средств. Предприятия текстильной промышленности России имеют низкий кредитный рейтинг и низкий рейтинг инве-

стиционной привлекательности, что ограничивает доступ предприятий к кредитным ресурсам.

2. Вследствие низкой ликвидности имущества существуют трудности с использованием залоговых операций. В рассматриваемом примере в качестве обеспечения обязательств лизингополучателя принимается сам объект лизинга, что снижает залоговое бремя.

3. При отсутствии долговременных кредитов и компенсации со стороны государства разницы между процентной ставкой коммерческого банка и ставкой рефинансирования ЦБ лизинг становится единственной эффективной формой приобретения современного оборудования.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Довгялло М.В., Горман Д.К., Ткаченко А.Ю. Лизинг как метод финансирования коммерческой недвижимости. – М., 1999.

2. Перевалов Ю.В., Усов А.В. Методические вопросы оценки стоимости источников инвестиций. – Екатеринбург, 1999.

3. Смоляк С.А. Особенности использования лизинга в инвестиционных проектах. – М., 1997.

4. Беркович М.И. Макроэкономическая дестабилизация и отраслевой кризис. – Кострома, 1997.

Рекомендована кафедрой бухгалтерского учета и аудита. Поступила 26.03.02.

УДК 677

## АКЦИОНЕРНЫЕ ПРЕДПРИЯТИЯ В ТЕКСТИЛЕ: ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ И НЕРЕАЛИЗОВАННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ

Е.Е.ИРОДОВА

(Ивановский государственный университет)

В данной статье автором поставлена цель, с одной стороны, – углубить теоретическое представление об акционерных обществах с учетом специфики российской промышленности (в частности, текстильного производства), с другой стороны – вскрыть особенности акционерной формы, обусловленные характерной дихотомично-

стью ее структуры. Задача состоит в том, чтобы показать: применительно к текстильной промышленности ожидания, связанные с использованием акционерной формы организации производства, не оправдались, ибо не была принята во внимание двойственность ее структуры. Заметим, что двойственность корпоративной

организации в системе реальный капитал – фиктивный капитал может иметь своим следствием как крупные преимущества, так и серьезные угрозы в зависимости от того, в каких условиях она реализуется. В результате возникает необходимость выявить (применительно к текстильной отрасли) несостоявшиеся ожидания корпоративных эффектов и факторы, этому способствующие, а также внести соответствующие деловые предложения, касающиеся улучшения дел в данной отрасли.

По мнению автора следует особо подчеркнуть тот факт, что специфику корпорации, как наиболее эффективной организационной формы делового предприятия, отражает известная двойственность ее положения в системе реальный капитал – фиктивный капитал. Она означает, что основу хозяйственной деятельности акционерного предприятия составляет промышленный или производительный капитал, но наряду с ним существует и его "двойник" – фиктивный капитал, представленный в ценных бумагах. В этой связи специфическим принципом его организации и основой экономических преимуществ можно считать принцип дихотомичности. Однако в условиях российской промышленности (в частности, текстильного профиля) его потенциал не был реализован в должной мере. Общеизвестно, что ожидаемый эффект не состоялся по целому ряду позиций.

1. Не оправдались надежды на превращение наемных работников в совладельцев (сохозяев) производства. Напротив, в силу активизации высшими менеджерами процессов перераспределения капитала в свою пользу большинство работников оказались отстранены от дележа "акционерного пирога".

Серьезные аналитические обследования механизмов и результатов движения капитала на уровне корпораций (Р.Капелюшников, А.Радыгина, С.Аукуционека, Т.Долгопятовой) показывают, что доля акционерной собственности, принадлежащей работникам, непре-

рывно сокращается: в частности, с 1995 по 2000 гг. она снизилась с 43,6 до 27,2%, а доля менеджеров возросла с 11,2 до 18,2%<sup>1</sup>.

Не являются в этом смысле исключением и текстильные предприятия. Обследование ОАО "НИМ", ОАО "ЗИМА", ОАО "ТЕФА"/МДМ показало, что на данном этапе подавляющая часть акционерного капитала также перераспределена, причем доминирующими и контролирующими собственниками выступают "давальцы" (таким образом, не только рядовые работники лишаются своих прав как совладельцы компании, но и руководство утрачивает свой контроль над предприятием).

2. Крайне слабо реализуется (а зачастую вообще не реализуется) эмиссионный потенциал акционерных компаний, на который делалась крупная ставка в части расширения их финансовых возможностей.

Сдерживающими факторами здесь можно считать низкую капитализацию большинства отечественных предприятий, препятствующую инвестиционным вливаниям в расчете на рост производства и рыночной стоимости активов. Вместе с тем ограниченные возможности потенциальных инвесторов (в частности, банковских институтов, инвестиционных и пенсионных фондов) крайне ограничены и не могут составить реальной базы для крупных финансовых вложений.

Для текстильных предприятий области этот вопрос стоит особенно остро, поскольку на данном этапе "давальцы", являющиеся контролирующими собственниками, всячески препятствуют дополнительным эмиссиям, автоматически снижающим их долю в акционерном капитале. А специализированные банки, кредитующие текстильные предприятия, в большинстве случаев оказываются не в состоянии приобрести крупные пакеты акций, поскольку из-за невозврата долгов по ссудам испытывают дефицит финансовых ресурсов. В частности, финансовые проблемы банка "Текстиль" обусловлены именно этой причиной.

<sup>1</sup> Капелюшников Р. Крупнейшие и доминирующие собственники в российской промышленности // Вопросы экономики. – 2000, № 1. С.102...103.

3. Большое число отечественных предприятий оказалось не в состоянии реализовать свой коммерческий потенциал, заключающийся в эффективном взаимодействии с рынком (ресурсным, товарным). Так, подавляющая часть текстильных предприятий области не имеет прямых связей с рынком сырья и готовой продукции. Посредниками в реализации ресурсно-продуктовой стратегии выступают "давальцы". Произошло своеобразное разделение труда между предприятиями и "давальческими" структурами, в рамках которых первые выполняют чисто производственные функции, включая работу с кадрами и ассортиментную политику, а вторые берут на себя всю коммерцию (поставки сырья и сбыт готовой продукции).

4. Не оправдались ожидания на обеспечение баланса интересов всех без исключения участников акционерного бизнеса через механизмы долевого участия (в капитале, в управлении, в прибыли). Главной причиной рассогласования интересов явилось интенсивное перераспределение акционерного капитала и контроля в пользу руководства компаний и последовавшее за этим "окапывание" менеджеров на своих постах.

Общая неустойчивость структуры акционерного капитала, вызванная непрерывными попытками ее передела в пользу наиболее влиятельной части бизнес-элиты, провоцирует доминирование краткосрочных (узкокорыстных) интересов и низкой меры ответственности руководства.

5. Не реализуются разнообразные преимущества акционерной формы предприятий, связанные с системой участия (эффекты масштаба производства и масштаба операций, эффекты структуры, эффекты экономии транзакционных издержек, эффекты контроля и пр.).

Большинство текстильных предприятий области функционируют в автономном режиме, игнорируя имущественные связи и отношения. Исключение составляют немногочисленные попытки создания интегрированных корпоративных структур в виде холдинговых компаний ("Шуйские ситцы", "Яковлевский").

6. Не реализован управленческий потенциал акционерных предприятий в части уровня подготовки и квалификации исполнительской дирекции. Так, исследования Института народно-хозяйственного прогнозирования, проведенные в Ивановской области в 2000г., показали невысокое качество менеджмента текстильных предприятий. Также не оправдались и надежды на перелом в психологии администрации, связанный с работой в принципиально иных экономических условиях, когда прежде всего необходимо учитывать требования рынка.

7. Не оправдались ожидания относительно улучшения профессионально-квалификационной структуры рабочего персонала, роста заинтересованности и ответственности.

8. Большинство промышленных предприятий (текстильных в особенности) утратили интерес к прогнозной деятельности и соответствующие навыки планирования на перспективу. Как правило, предприятия живут сегодняшним днем, а планирование носит преимущественно текущий характер. Применительно к текстильным предприятиям данный аспект имеет свою специфику, заключающуюся в том, что они практикуют "давальческое планирование", адекватное той ситуации, в которой находятся (контроль "давальцев"). "Давальческое планирование" реализуется в модели затраты – выпуск (выпуск планируется в зависимости от наличия "давальческого" сырья).

Специфика российских условий легализовала и законсервировала целый ряд негативов, осложняющих деятельность отечественных предприятий (в частности, текстильного профиля).

1. Возникновение дефицита собственных оборотных средств, вызванного ужесточением налогового пресса на корпорации и ростом энерготарифов, означало перераспределение финансовых ресурсов в пользу торгово-закупочных (посреднических) фирм – в современном понимании "давальцев". Они сознательно препятствуют развитию предприятий, монополизируют сбыт продукции и оставляя за собой ре-



шающее право на распределение созданного продукта и дохода. Вместе с тем предприятия имеют дело с большим числом "давальцев", которые достаточно часто меняются и осуществляют поставки в сравнительно незначительных объемах. Все эти обстоятельства препятствуют стабильной работе текстильных предприятий. У разных предприятий различная степень зависимости от поставок сырья по "давальческой" схеме. Так, в 2000г. на "НИМе" почти 89% тканей вырабатывалось из чужого сырья, на ХБК "Самтекс" – 82%, на "ЗИМе" – 75%.

2. Примитивизация ассортимента в существенной степени ослабляет положение текстильных компаний, поскольку сложившийся низкий уровень цен не дает нормально осуществлять воспроизводственные процессы на предприятиях.

3. Острая ценовая конкуренция между текстильными предприятиями области, выпускающими одноименный ассортимент и сходную по качественным характеристикам продукцию, в условиях недогрузки производственных мощностей в существенной степени ослабляет их позиции.

4. Старение трудовых коллективов, наблюдающееся на подавляющем большинстве текстильных предприятий области (средний возраст работающих в основном производстве составляет 47 лет), объясняется крайне вялым (в силу низкого уровня оплаты труда) притоком молодых кадров.

5. Высокая степень изношенности производственного парка, особенно технологического оборудования и оснастки, представляет серьезную угрозу для текстильных компаний (оборудование утратило 70...80% своей первоначальной стоимости).

6. Нехватка специалистов в области маркетинга и рекламы значительно затрудняет взаимодействие текстильных предприятий с рынком.

7. Конкуренция импорта непрерывно усиливает свое разрушительное воздействие на текстильный бизнес России.

В связи с вышесказанным представляется целесообразным внести ряд следующих предложений. Во-первых, в рамках текстильной отрасли следует более активно формировать холдинговые структуры. Они позволят снизить уровень ценовой конкуренции, эффективно распределить ресурсы, оптимизировать производственную программу, снизить рыночные (в частности, инвестиционные) риски, обеспечить экономию транзакционных издержек, повысить возможности финансового (в том числе налогового) маневрирования. Во-вторых, целесообразно создать специальную структуру (например, государственную компанию), которая не будет преследовать цель максимизации прибыли. Ее основной задачей должна стать централизованная закупка сырья для текстильных предприятий области и централизованная продажа готовой продукции. В-третьих, необходимо активизировать процессы диверсификации в текстиле в рамках общей идеи удлинения технологического цикла (в частности, расширение возможностей швейного производства на отделочных предприятиях). В-четвертых, необходимо форсировать подготовку специалистов на базе вузов (в частности, специалистов по международному маркетингу).

Рекомендована кафедрой политической экономики. Поступила 01.08.02.

УДК 539.434:677.494

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВОССТАНОВИТЕЛЬНОГО  
ДЕФОРМАЦИОННОГО ПРОЦЕССА  
И ОБРАТНОЙ РЕЛАКСАЦИИ  
ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

*А. М. СТАЛЕВИЧ, А. Г. МАКАРОВ*

(Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна)

Внедрение полимерных материалов в различные отрасли техники обуславливает углубленный подход к изучению их свойств в условиях неразрушающего механического воздействия. Построение физически обоснованных математических моделей, описывающих физико-механические свойства различных полимерных материалов и, в частности, синтетических нитей, в условиях неразрушающего нагружения, основано на применении различного рода нормированных функций, выбор которых является феноменологическим, а достоинства и недостатки той или иной математической модели выявляются в экспериментах [1].

Наиболее часто употребляемые нормированные функции – это интеграл вероятностей, функция Кольрауша, гиперболический тангенс, нормированный арктангенс [2...4]. В качестве аргумента для всех перечисленных функций в силовом варианте в настоящей статье используется логарифм приведенного времени:

$$W_{\sigma t} = \frac{1}{b_{no}} \lg \frac{t}{\tau_{\sigma}} = \frac{1}{b_{no}} \left( \lg \frac{t}{t^*} + \lg \frac{t^*}{\tau_{\sigma}} \right), \quad (1)$$

где  $t$  – время;  $\tau_{\sigma}$  – время запаздывания;  $t^*$  – некоторое выбранное значение базового времени;  $b_{no}$  – некоторый структурно-чувствительный коэффициент, характеризующий распределение частиц по временам запаздывания.

В качестве одного из вариантов функции  $\varphi_{\sigma t}$  используется интеграл вероятности, что соответствует нормальному распределению числа запаздывающих частиц по логарифмическо-временной шкале. Некоторыми отличиями от интеграла вероятностей, в частности, более медленной сходимость к своим асимптотическим значениям, обладает нормированный арктангенс логарифма [4...6]:

$$\varphi_{\sigma t} = \frac{1}{2} + \frac{1}{\pi} \arctg(W_{\sigma t}). \quad (2)$$

Данную особенность целесообразно использовать при прогнозировании длительных процессов (при больших значениях времени) и краткосрочных процессов (при малых значениях времени), применяя при этом аппроксимацию податливости [2...4]:

$$D_{\sigma t} = D_o + (D_{\infty} - D_o)\varphi_{\sigma t}, \quad (3)$$

где  $D_o = E_o^{-1}$  – начальная упругая податливость;  $D_{\infty} = E_{\infty}^{-1}$  – предельно равновесная податливость;  $E_o$  – модуль упругости;  $E_{\infty}$  – модуль вязкоупругости.

Процесс нелинейно-наследственной ползучести описывается силовым вариантом канонического уравнения состояния, учитывающим активирующий характер процесса нагружения [3], [4]:

$$\varepsilon_t = D_0 \sigma_t + (D_\infty - D_0) \int_{-\infty}^{\lg t} \sigma_{t-s} \varphi'_{os} d \lg s. \quad (4)$$

где  $\varepsilon_t$  – деформация;  $\sigma_t$  – напряжение;

$\varphi'_{os} = \frac{\partial \varphi_{os}}{\partial \lg(t/t^*)}$  – логарифмическое силовое временное ядро ползучести.

Одним из частных примеров сложного процесса нагружения, когда  $\sigma \neq \text{const}$ , является деформационно-восстановительный процесс с чередованием нагружения и разгрузки.

Аналитически простейшие деформационно-восстановительные процессы можно описать следующим образом:

а) процесс с полной разгрузкой (рис.1-А):

$$\sigma_t = \begin{cases} \sigma_1, & 0 < t < t_1, \\ 0, & t_1 < t < t_2, \end{cases} \quad (5)$$

б) процесс с частичной разгрузкой (рис.1-Б):

$$\sigma_t = \begin{cases} \sigma_1, & 0 < t < t_1, \\ \sigma_2, & t_1 < t < t_2. \end{cases} \quad (6)$$

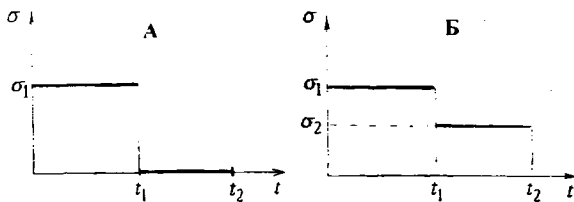


Рис.1.

Приведем расчет деформационно-восстановительного процесса с полной и с половинной разгрузкой на примере синтетической нити лавсан линейной плотностью 114 текс, с разрывным напряжением  $\sigma_p = 830$  МПа, разрывной деформацией  $\varepsilon_p = 11,5\%$  при  $T = 40^\circ\text{C}$ . Основные параметры процесса ползучести определяли по методикам [4...7].

Расчет деформационно-восстановительного процесса для значений напряжения  $\sigma_1 = 182$  МПа,  $\sigma_2 = 91$  МПа, ( $\sigma_1 = 146$  МПа,  $\sigma_2 = 73$  МПа), ( $\sigma_1 = 122$

МПа,  $\sigma_2 = 61$  МПа),  $t_1 = 10$  мин,  $t_2 = 100$  мин проводили с помощью численного интегрирования уравнения (4) согласно методикам [5, 6] и представлен на рис.2 при полной (пунктир) и частичной (сплошная линия) разгрузке (расчетные точки: \* – полная разгрузка, о – частичная разгрузка).

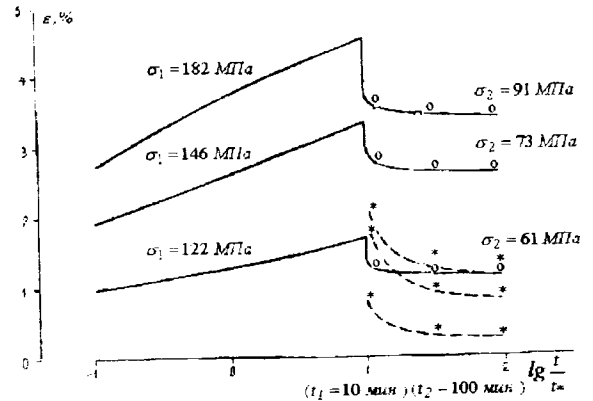


Рис.2.

Как видно из приведенного примера, расчетное прогнозирование деформационно-восстановительного процесса достаточно хорошо согласуется с экспериментом, что обосновывает вывод о целесообразности ее применения при прогнозировании сложных процессов ползучести, когда  $\sigma \neq \text{const}$ .

Аналогично расчету процесса нелинейно-наследственной ползучести по уравнению (4) осуществляли расчет процесса нелинейно-наследственной релаксации по уравнению геометрического варианта, в котором учитывается активирующий характер деформирования материала:

$$\sigma_t = E_0 \varepsilon_t - (E_0 - E_\infty) \int_{-\infty}^{\lg t} \varepsilon_{t-s} \varphi'_{es} d \lg s, \quad (7)$$

где  $\varphi'_{es} = \frac{\partial \varphi_{es}}{\partial \lg(t/t^*)}$  – нормированное логарифмическое деформационно-временное ядро релаксации, которому соответствует релаксирующий модуль  $E_{et}$  по аналогии с (1) и (2) [4...7]:

$$E_{et} = E_0 - (E_0 - E_\infty) \varphi_{et}, \quad (8)$$

$$\varphi_{et} = \frac{1}{2} + \frac{1}{\pi} \arctg(W_{et}), \quad (9)$$

$$W_{et} = \frac{1}{b_{ne}} \lg \frac{t}{\tau_e} = \frac{1}{b_{ne}} \left( \lg \frac{t}{t^*} + \lg \frac{t^*}{\tau_e} \right), \quad (10)$$

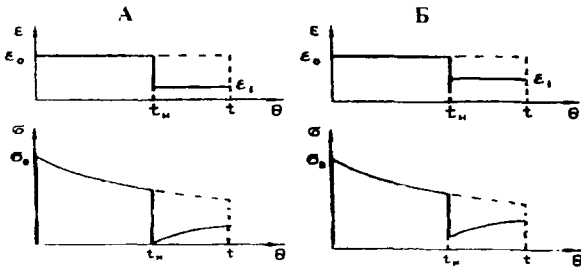


Рис. 3.

В качестве примера расчета сложного процесса релаксации по (7), когда  $\epsilon \neq \text{const}$ , рассматривается процесс обратной релаксации при условиях:

а) релаксация с полной разгрузкой (рис.3-А)

$$\epsilon_t = \begin{cases} \epsilon_0, & t \in (0; t_n] \\ \epsilon_1, & t \in (t_n; t] \end{cases}, \quad \sigma(t_n) = 0, \quad (11)$$

б) релаксация с частичной разгрузкой (рис.3-Б)

$$\epsilon_t = \begin{cases} \epsilon_0, & t \in (0; t_n] \\ \epsilon_1, & t \in (t_n; t] \end{cases}, \quad \sigma(t_n) \neq 0. \quad (12)$$

Пример процесса прямой ( $t < t_n$ ) и обратной ( $t > t_n$ ) релаксации с полной и с половинной разгрузкой для синтетической нити лавсан 114 текс при  $T = 40^\circ \text{C}$  приведен на рис.4, где  $\epsilon_0 = 3\%$ ;  $\epsilon_1 = 0,7\%$  (полная разгрузка);  $\epsilon_0 = 3\%$ ;  $\epsilon_1 = 1,5\%$  (частичная разгрузка);  $t_n = 10$  мин;  $t = 30$  мин;  $t = 100$  мин; эксперимент: - - - - полная разгрузка; — — — — частичная разгрузка; расчетные точки: \* — полная разгрузка; o — частичная разгрузка.

Как видно из описанного примера, расчеты обратной релаксации с применением нормированной функции арктангенс логарифма приведенного времени достаточно хорошо согласуются с экспериментом.

где  $\tau_e$  — время релаксации;  $b_{ne}$  — структурно-чувствительный коэффициент, характеризующий распределение частиц по их временам релаксации.

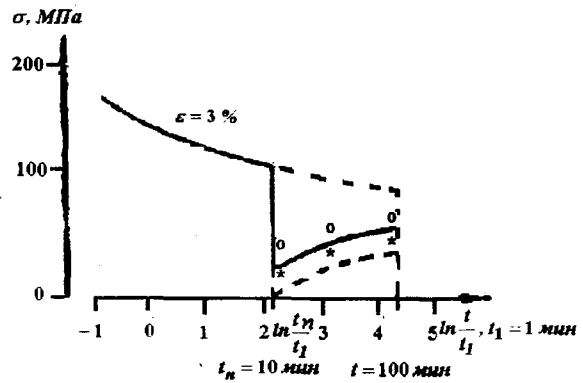


Рис. 4.

Таким образом, рассмотренные примеры иллюстрируют применимость интегральных уравнений нелинейно-наследственной вязкоупругости (4) и (7) к прогнозированию сложных режимов, когда  $\epsilon \neq \text{const}$  и  $\sigma \neq \text{const}$ . Уравнение (4) — это расчет по временам запаздывания, зависящим от напряжения, который в силу этого назван силовым, а уравнение (7) — это расчет по временам релаксации, зависящим от деформации, поэтому он и назван геометрическим. Несмотря на различающиеся подходы к изучению физико-механических свойств полимеров, в основе обоих вариантов (4), (7) лежат в равной степени физически обоснованные математические модели.

Между указанными уравнениями имеется аналитическая взаимосвязь [5] и [6]. Вследствие этого в первом рассмотренном примере можно было убедиться также и в действенности уравнения (7), а во втором примере — в действенности уравнения (4). Контроль взаимосвязей ядер этих уравнений [5], [6] полезен при одновременном использовании рассмотренных силового и геометрического вариантов. Использование в этих обоих вариантах нормированного арктангенса (2) позволяет при расчетном прогнозировании сложных процессов обойтись без учета остаточного компонента деформации, что заметно облегчает расчет по сравнению с использованием дру-

гих нормированных функций [8]. Из этого сравнения также видно, что от выбора ядер уравнений (4) и (7) может зависеть и физическая интерпретация наблюдаемых процессов деформирования.

## ВЫВОДЫ

На примере восстановительно-деформационных процессов и обратной релаксации у синтетической нити из ПЭТ рассмотрено применение силового и геометрического деформационного вариантов определяющего уравнения нелинейно-наследственной вязкоупругости для расчетного прогнозирования сложных процессов. Сопоставление расчетных значений с измеренными позволяет рекомендовать для применения разработанные методики расчетного прогнозирования, где в качестве нормированной функции релаксации или ползучести используется элементарная функция – нормированный арк-

тангенс логарифма приведенного времени.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Алфрей Т. Механические свойства высокополимеров. – М., ИЛ, 1952.
2. Сталевич А.М. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1980, № 3. С.106...107.
3. Сталевич А.М. // Проблемы прочности. – 1981, № 12. С. 95...98.
4. Макаров А.Г., Сталевич А.М. // Вестник СПГУТД. – 1999, № 3. С.34...40.
5. Макаров А.Г., Сталевич А.М. // Вестник СПГУТД. – 2000, № 4. С. 92...99.
6. Макаров А.Г. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2000, № 2. С.12...16.
7. Сталевич А.М., Макаров А.Г. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2000, №3. С. 8...13.
8. Сталевич А.М., Демидов А.В. // Физико-химия полимеров. Синтез, свойства и применение. – Тверь, 2000. Вып. 6. С. 82...91.

Рекомендована кафедрой сопротивления материалов. Поступила 10.01.02.

УДК 677.017

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗРЫВНОЙ НАГРУЗКИ ХЛОПЧАТОБУМАЖНОЙ ПРЯЖИ ПНЕВМОМЕХАНИЧЕСКОГО СПОСОБА ПРЯДЕНИЯ

Ю.С. ШУСТОВ

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

Разрывная нагрузка пряжи пневмомеханического способа прядения является функцией следующих показателей [1]:

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

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

Используя в качестве основных размерностей  $P_{\text{вол}}$ ,  $T_{\text{вол}}$ ,  $\varrho$  и методы теории

подобия и анализа размерностей [2], функцию (1) можно записать в виде

$$P_{\text{пр}} = f(P_{\text{вол}}, T_{\text{пр}} / T_{\text{вол}}, KL). \quad (2)$$

Для нахождения функциональной зависимости (2) брали данные из [3]. Исходным сырьем служили различные виды селекционного хлопка (в работе показано на примере селекционного сорта 108-Ф) различного типа и сорта. Физико-механические показатели хлопкового волокна и результаты расчета разрывных характеристик приведены в табл. 1.

Таблица 1

$P_{\text{вол. сН}}$	$T_{\text{вол. текс}}$	$T_{\text{пр. текс}}$	$\frac{T_{\text{пр}}}{T_{\text{вол}}}$	$L_{\text{шт. мм}}$	$K, \text{ кр/м}$	$KL$	$P \cdot \frac{T_{\text{пр}}}{T_{\text{вол}}} = P' \cdot H$	$P_{\text{пр факт. Н}}$	$\frac{P_{\text{пр}}}{P'} = k_{\text{одн}}$	$\frac{KL}{k_{\text{одн}}}$	$P_{\text{пр расч. Н}}$	Откл., %
5 тип 108-Ф 1 сорт												
4,5	0,18	50,0	277,8	27,9	736	20,53	12,50	5,75	0,460	44,63	6,21	8,0
4,5	0,18	25,0	138,9	27,9	1070	29,85	6,25	2,65	0,424	70,4	2,79	5,3
4,5	0,18	18,4	102,2	27,9	1262	35,21	4,60	1,88	0,409	86,1	1,98	5,3

Анализируя результаты обработки из табл.1, получили аппроксимирующую зависимость

$$P_{\text{пр}} = P_{\text{вол}} \frac{T_{\text{пр}}}{T_{\text{вол}}} \frac{KL}{(2,74KL - 14,92)} \quad (3)$$

С целью оценки достоверности полученной зависимости проведены испытания хлопчатобумажной пряжи пневмомеханического способа прядения (табл.2).

Таблица 2

$P_{\text{вол. сН}}$	$T_{\text{вол. текс}}$	$T_{\text{пр. текс}}$	$\frac{T_{\text{пр}}}{T_{\text{вол}}}$	$L_{\text{шт. мм}}$	$K, \text{ кр/м}$	$KL$	$P \cdot \frac{T_{\text{пр}}}{T_{\text{вол}}} = P' \cdot H$	$P_{\text{пр факт. Н}}$	$\frac{P_{\text{пр}}}{P'} = k_{\text{одн}}$	$\frac{KL}{k_{\text{одн}}}$	$P_{\text{пр расч. Н}}$	Откл., %
3,9	0,167	24,7	147,9	31,4	947	29,73	5,77	2,44	0,406	73,23	2,58	5,7
3,9	0,167	25,5	152,7	31,4	968	30,40	5,95	2,70	0,454	66,96	2,65	1,9
4,05	0,164	29,4	179,3	31,6	944	31,41	7,26	3,25	0,448	70,11	3,22	1,0
4,1	0,167	36,2	216,8	31,7	844	26,75	8,89	3,82	0,430	62,21	3,92	2,6

## ВЫВОДЫ

Предложена методика проектирования разрывной нагрузки хлопчатобумажной пряжи пневмомеханического способа прядения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Борзунов И.Г. и др. Прядение хлопка и химических волокон. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982.

2. Гухман А.А. Введение в теорию подobia. – М.: Высшая школа, 1973.

3. Шарова Т.М. Исследование влияния качества сырья и параметров технологического процесса на прочность и обрывность пряжи при пневмомеханическом способе прядения: Дис. ...канд.техн.наук.– Москва, 1977.

Рекомендована кафедрой текстильного материаловедения. Поступила 25.03.02.

УДК 677.11.017

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВОЛОКОН ЛЬНА-МЕЖЕУМКА

Н.М. ФЕДОСОВА, Е.Л. ПАШИН

(Костромской государственной технологической университет)

Приведенные ранее результаты сравнительного изучения ряда морфологических характеристик стеблей льна-межеумка выявили более низкое качество его волокна в сравнении с волокном, полученным из стеблей льна-долгунца [1]. В развитие этих исследований на протяжении двух лет на-

ми проводилось изучение основных технологических свойств стеблей и волокна упомянутых групп льна. Анализировались следующие показатели волокна: содержание, линейная плотность, коэффициент вариации по линейной плотности, удельная разрывная нагрузка технического и эле-

ментарного волокна, показатель дефектности волокна. Использовали стланцевую тресту льна-долгунца сорта Тверца и льна-межеумка сорта Северный, стебли которых вытерблены в разные биологические фазы спелости.

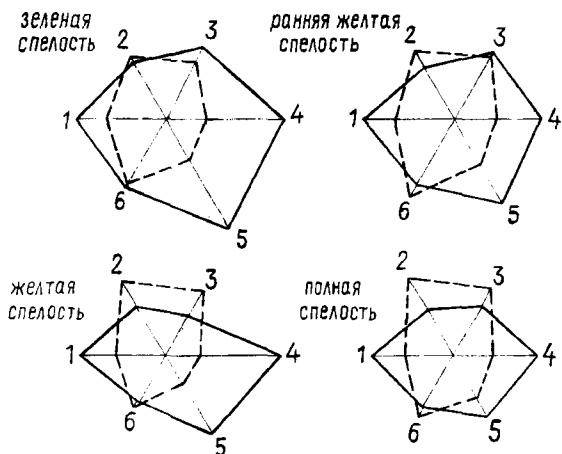


Рис. 1

Результаты сравнительного анализа свойств стеблей и волокна изучаемых групп льна-долгунца и льна-межеумка, подвергнутые нормировке с использованием ППП STATGRAPHICS, представлены на рис.1, где 1 – содержание волокна; 2 – линейная плотность волокна; 3 – вариация линейной плотности; 4 – относительная разрывная нагрузка технического волокна; 5 – относительная разрывная нагрузка элементарного волокна; 6 – дефектность волокна. Из рис.1 следует, что содержание волокна в стеблях льна-межеумка в среднем на 10...14% меньше, чем у льна-долгунца в зависимости от фазы спелости. Максимум этого показателя приходится на зеленую спелость. По мере созревания стеблей содержание волокна уменьшается на 0,5...1,4% у льна-долгунца и на 0,2...4,1% у льна-межеумка (значение процентов абсолютное).

По мере созревания стеблей линейная плотность волокна льна-долгунца улучшается (наблюдается снижение на 0,3...0,5 текс). Для льна-межеумка характерно увеличение этого показателя на 0,2...1,5 текс с наступлением полной спелости рас-

тений. В среднем линейная плотность межеумочного волокна в 1,1...1,7 раз больше значения этого показателя волокна льна-долгунца. Отмечена большая неоднородность свойств волокна по длине стебля по этому признаку у льна-межеумка.

В качестве оценки дефектности волокна предложено взять отношение значений разрывной нагрузки волокна при различном межзажимном расстоянии. После наступления зеленой спелости наблюдается незначительный рост дефектности, максимум которой приходится на раннюю желтую спелость. Далее происходит резкое снижение к моменту наступления желтой спелости и к началу полной спелости дефектность снова увеличивается. Это объясняется особенностями формирования волокнистых пучков в процессе вегетации растений, а именно их постепенной лигнификацией.

Диаграммы на рис.1 свидетельствуют, что волокно из льна-долгунца лучше по технологическим свойствам. Из показателей свойств волокна льна-межеумка вытекает необходимость применения технологии переработки, обеспечивающей получение однотипной волокнистой массы, исключая проявление системных колебаний основных свойств по длине стеблей.

Для выявления доли влияния исследуемых факторов (А – группа льна, Б – фаза его спелости и В – зона по длине стебля) на перечисленные выше показатели свойств полученные данные анализировали с помощью метода дисперсионного анализа, результаты которого представлены в табл.1.

Выявлено, что фактор группа льна сильно влияет на такие показатели, как содержание волокна в стеблях, удельная разрывная нагрузка технического и элементарного волокон, а также линейная плотность. На дефектность волокна значимое влияние оказывают факторы фаза спелости и зона стебля (вершина, середина, комель).

Показатель	Доля влияния различных факторов и их взаимодействия на изучаемые показатели свойств стеблей и волокна, %					
	факторы			взаимодействие факторов		
	А – группа льна	Б – фаза спелости	В – зона стебля	АБ	АВ	БВ
Содержание волокна	60,0*	5,5	4,6**	0,6	1,0	6,9
Удельная разрывная нагрузка технического волокна	42,8*	3,6	0,6	3,1	0,1	0,2
Удельная разрывная нагрузка элементарного волокна	32,3*	7,9	2,1	6,2	0,3	1,0
Линейная плотность волокна	26,9*	1,9	0,3	11,5**	1,1	2,5
Дефектность волокна	6,1	25,0*	16,4*	2,7	8,7	7,7
Коэффициент вариации по линейной плотности волокна	0,2	2,5	4,1	12,7	0,5	2,7

Примечание\* – фактор значим при доверительной вероятности 95%; \*\* – фактор значим при доверительной вероятности 90%.

Одна из задач проводимых исследований состояла в выявлении оптимальных сроков тербления льна-межеумка, при которых обеспечивается наибольшая технологическая ценность стеблей, то есть получение наибольшего количества волокна с лучшим его качеством. При ее решении уровень технологической ценности определяли через комплексный показатель – сумму условных значений содержания волокна в стеблях, а также линейной плотности и дефектности структуры волокна, рассчитанных с использованием функции желательности [2].

Результаты определения комплексного показателя представлены на рис. 2, где 1 –

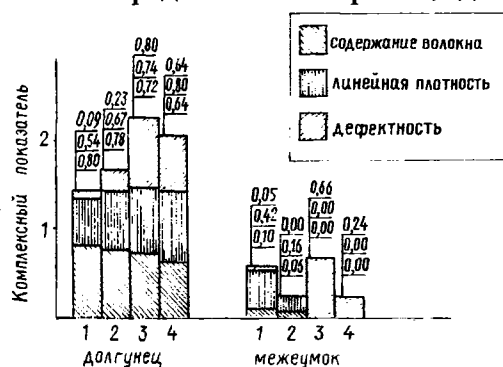


Рис. 2

зеленая спелость; 2 – ранняя желтая спелость; 3 – желтая спелость; 4 – полная спелость. Установлено, что наибольшее значение этого показателя волокно обеих групп льна имеет в фазе желтой спелости.

## ВЫВОДЫ

1. На значение основных показателей свойств исследуемого волокна существенное влияние оказывает фактор группа льна. Наибольшему влиянию этого фактора подвержены содержание волокна, удельная разрывная нагрузка и линейная плотность волокна. Дефектность волокна определяется совместным влиянием факторов фазы спелости и зоны по длине стебля.

2. Проведенные исследования позволяют рекомендовать осуществлять тербление льна-межеумка в фазу желтой спелости и перерабатывать его для получения однотипной обезличенной волокнистой массы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Федосова Н.М., Пашина Л.В. Сравнительное исследование морфологических свойств стеблей льна-межеумка и льна-долгунца / Актуальные проблемы науки в АПК // Мат. межвуз. науч.-практ. конф. – Кострома: Изд. КГСХА, 2000. – В 2-х т. Т. 1: С.59...60.

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

Рекомендована кафедрой технологии производства льняного волокна. Поступила 23.11.01.



## РАЗРАБОТКА ЭКСПРЕСС-МЕТОДА КОМПЬЮТЕРНОГО ИЗМЕРЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЗАПОЛНЕНИЯ И ПОРИСТОСТИ ТКАНИ

М.А. СТАШЕВА, Н.А. КОРОБОВ, Б.Н.ГУСЕВ

(Ивановская государственная текстильная академия)

При количественной оценке строения тканей наиболее существенным считается измерение показателей заполнения и пористости. Традиционным подходом при определении этих показателей является расчетный метод [1], недостаток которого заключается в большой методической погрешности вследствие принятия ряда допущений, например, нити основы и утка представляются в виде цилиндров, диаметры которых постоянны; сквозные поры представляются в виде прямоугольников, равных друг другу по всей поверхности ткани.

С целью создания инструментального экспресс-метода определения показателей заполнения и пористости нами использовалась современная компьютерная техника. Для этого последовательно решались следующие задачи: выбирали объекты ис-

следования (тканые полотна), затем с помощью сканера получали адекватное изображение поверхности ткани на экране компьютера, далее разрабатывали программу, позволяющую восстановить и обработать полученное изображение и рассчитать количественные значения показателей заполнения и пористости. В заключении осуществляли сравнительное исследование двух методов измерений.

В качестве объектов исследования использовали ткани костюмно-плательного ассортимента различного волокнистого состава и металлическую сетку как объект, структура которого наиболее приближена к идеальной (расчетной). Для упрощения решения проблемы все объекты выработаны полотняным переплетением. Характеристики объектов исследования представлены в табл.1.

Таблица 1

Характеристика	Образец тканого полотна				
	1	2	3	4	5
Вид полотна	шелковое	шелковое	шелковое	хлопчато-бумажное	металлическое
Состав, %	пряжа полиэфирно-вискозная (50/50)	нить полиэфирная (100)	нить ацетатная (100)	пряжа хлопчато-бумажная (100)	сплав цветных металлов (100)
Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	110	56	93	85	1100
Абсолютная плотность, нитей/дм:					
по основе	410	395	310	280	280
по утку	310	290	230	170	165
Линейная плотность, текс (диаметр для 5-го образца, мм):					
по основе	15,6	8,1	10,4	17,4	0,22
по утку	15,1	8,4	26,1	21,5	0,24

В целях исследования использовали планшетный сканер марки Scanjet 5300 C с разрешающей способностью 1200 пикселей на дюйм и персональный IBM совместимый компьютер.

Подготовка пробы ткани заключалась в вырезании квадрата размером 5×5 см по

направлениям основных и уточных нитей, затем в сканировании ее в отраженном свете, синхронизации изображения систем нитей основы и утка со столбцами и строками матрицы изображения, подбора оптимальных яркости и контрастности изображения пробы.

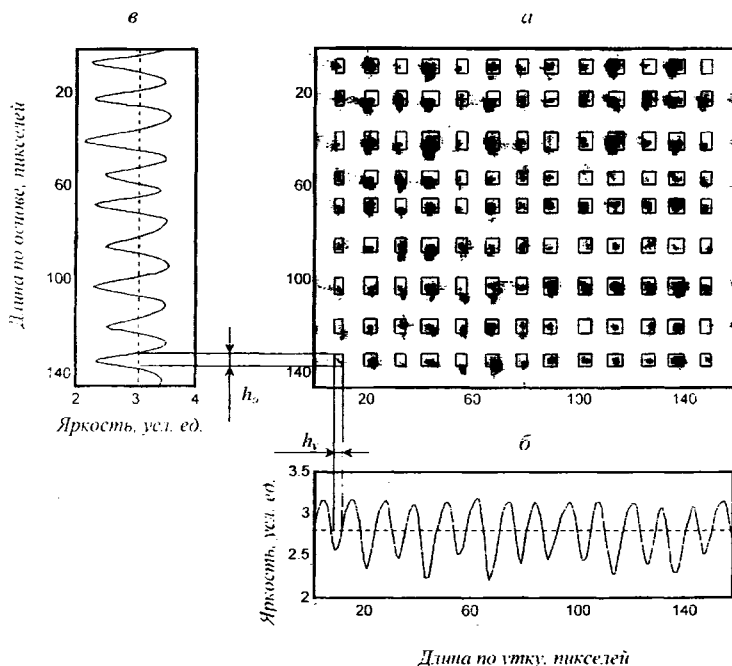


Рис. 1

Операции определения показателей заполнения и пористости по изображению пробы (рис.1-а) состояли в следующем. Первоначально с помощью компьютерной программы осуществлялся просмотр всех строк и столбцов изображения и определялись функции интенсивности отраженного светового потока как по горизонтали (рис.1-б), так и по вертикали (рис.1-в), что соответствует направлениям нитей утка и основы.

Анализ значений амплитуд колебаний яркости показал, что максимум соответствует наличию нити (основы или утка) или их переплетению, а минимум отражает отсутствие нити, то есть сквозную пору (ее геометрический центр). Затем осуществлялось усреднение значений функций и определение месторасположения и размеров пор на изображении пробы путем наложения сетки из прямоугольников, соответствующих порам на ткани (рис.1-а). Высота  $h_0$  и ширина  $h_1$  прямоугольников определялись по значениям функции ин-

тенсивности светового потока, лежащих ниже средних значений. Далее рассчитывалась сумма площадей нанесенных прямоугольников, что соответствует площади  $S_{пор}$  сквозных пор и площади  $S_{пр}$  всей пробы.

В соответствии с [1] показатель поверхностной пористости определяли на основании выражения

$$R_s = S_{пор} / S_{пр}, \quad (1)$$

а показатель поверхностного заполнения по формуле

$$E_s = (S_{пр} - S_{пор}) / S_{пр}. \quad (2)$$

Результаты измерения показателей заполнения и пористости с использованием компьютерного и расчетного методов представлены в табл.2. В последней графе приведены значения отклонений компьютерного метода относительно расчетного, взятые по модулю.

Номер образца	E <sub>s</sub>		R <sub>s</sub>		Отклонение, %
	1	2	1	2	
1	0,792	0,785	0,208	0,215	3,3
2	0,700	0,800	0,300	0,200	33,3
3	0,762	0,801	0,238	0,199	16,4
4	0,640	0,720	0,360	0,280	22,2
5	0,768	0,757	0,232	0,243	1,4

Примечание. 1 – расчетный; 2 – компьютерный методы.

Анализ полученных результатов по всем образцам ткани свидетельствует о значительной постоянной составляющей, которая вызвана принятыми допущениями при использовании расчетного метода и достигает в отдельных случаях 33,3% (образец 2). При визуальном анализе увеличенного изображения пробы хорошо просматриваются ворсинки в порах и утолщения нитей, которые не учитываются расчетным методом и тем самым завышают действительные значения показателей пористости и занижают показатели заполнения. Сравнение же данных по показателям измерения на металлической сетке позволяет говорить о хорошей воспроизводимости двух методов измерений (отклонение 1,4%), так как учитывается неравномерность пор по поверхности пробы.

В качестве положительных свойств компьютерного метода измерения можно отметить также и сохраняемость пробы, быстрое действие, наглядность (возмож-

ность исследования геометрии пробы), прогрессивность, что определяет возможность применения его для расчета структурных характеристик тканых полотен, в том числе и в динамике.

## ВЫВОДЫ

Предложен экспресс-метод определения показателей заполнения и пористости тканей с использованием компьютерных средств измерения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кукин Г.Н. и др. Текстильное материаловедение (текстильные полотна и изделия): Учеб. для вузов / Г.Н.Кукин, А.Н.Соловьев, А.И.Кобляков. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Легпромбытиздат, 1992.

Рекомендована кафедрой материаловедения и товароведения. Поступила 08.06.02.

УДК 617.017.87:502

## ЭКОЛОГО-ЭРГОНОМИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ НОРМИРОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Н.О. ВАСИЛЬЕВА, Е.А. НЕЧУШКИНА, Р.А. СТЕПЕНЬ

(Красноярский государственный торгово-экономический институт)

Номенклатуру свойств изделия с целью оценки уровня качества последнего определяют условия его эксплуатации и назначения. При этом учитываются не все свойства, а только наиболее существенные. Комплексные, групповые и единичные базовые показатели, характеризующие потребительские свойства, сформулирова-

ны в стандартах СПКП на текстильные материалы и одежду и стандартах технических требований [1].

Суть материальных (утилитарных) свойств, удовлетворяемых одеждой или текстильным материалом, заключается в создании условий для поддержания нормальной жизнедеятельности человека и

защиты его организма от нежелательных факторов окружающей среды. Утилитарные свойства обеспечивают связь в системе человек – текстильное изделие – климатическая и внешняя, предметная среда и эта связь является эргономической.

Основные принципы построения системы эргономических свойств текстильных изделий заложены в [2]. Оптимальность этой связи достигается такими параметрами показателей гигиенических свойств, когда влаго-, паро-, воздухо-, пылепроницаемости текстильного изделия обеспечивают выведение из пододежного пространства продуктов жизнедеятельности и отфильтровывают вредные вещества из загрязненной атмосферы.

Одна из проблем заключается в том, что действующие стандарты не соответствуют ожиданиям потребителя, поскольку регламентируемая ими номенклатура показателей эргономических свойств не отвечает реальному состоянию окружающей среды.

Анализ показателей качества, нормируемых стандартами для бытовой и специальной одежды и текстильных материалов с позиций эргономики, помог установить ряд формальных и содержательных недоработок. Хотя гигиенические показатели относятся к группе эргономических, в ГОСТах они рассматриваются отдельно. Например, для льняных тканей гигиенические показатели нормируются, а эргономические – нет. Также для тканей специальной одежды, а для шелковых – наоборот.

ГОСТ 12.4.016 – 83 подразделяет показатели качества специальной защитной одежды на общие (из гигиенических – это воздухопроницаемость) и специализированные. ГОСТ 12.4.073 – 79 показатели качества тканей, предназначенных для специальной одежды, подразделяет на общие обязательные, выделяя в группе гигиенических уже два показателя: воздухопроницаемость и гигроскопичность. По ГОСТу 12.4.058 – 84 номенклатура показателей качества для материалов с полимерным покрытием для специальной одежды в

рамках общих обязательных требований нормируется воздухопроницаемость и паропроницаемость. Для специальной одежды паропроницаемость не учитывается.

Среди классификационных группировок специальной защитной одежды наряду с прочими есть группы такой одежды от токсичных веществ, растворов поверхностно-активных веществ. В классификации показателей качества для тканей таких групп не предусмотрено. Для тканей предусмотрены показатели воздухопроницаемости и гигроскопичности, а для одежды, изготавливаемой из этих тканей, остается лишь воздухопроницаемость.

По ГОСТу 12.4.011 – 89 средства работающих должны отвечать требованиям эргономики, в том числе гигиеническим требованиям. И для одежды, и для текстильных материалов нельзя игнорировать показатели паропроницаемости и воздухопроницаемости, поскольку они регулируют температурный, газовлажностный режим пододежного пространства и его чистоту, а следовательно, формируют эргономические свойства.

В перечне характеристик продукции, подтверждаемых при сертификации бытовой верхней одежды, изделий платьевоблужочных, детского ассортимента, названы воздухопроницаемость и гигроскопичность. Для тканей, исходно применяемых для изготовления детской одежды, такие показатели отсутствуют. Таким образом, требования для тканей и одежды не совпадают.

Не менее важно и то, что современные методики испытаний текстильных материалов не полностью учитывают конкретные условия эксплуатации и ориентированы только на испытания материалов в стандартных условиях (ООВ 60%, t 20°C). В качестве веществ, потенциально опасных для человека, для защиты от которых желательны специальная одежда и предельные нормативы проницаемости, учтены далеко не все техногенные загрязнители, особенно находящиеся в парообразном состоянии или в виде аэрозоли в воздухе рабочей зоны.

Требования и методы оценки текстильных материалов также не соответствуют стандартам ЭКОТЕКС-100, которые регламентируют требования экологической безопасности [3]. В стандартах, действующих на территории России, экологические показатели не нормируются. Стандарты ЭКОТЕКС-100 делят все текстильные материалы на 4 класса: 1 – текстильные материалы для детей; 2 – текстильные материалы, имеющие контакт с кожей; 3 – текстильные материалы, не имеющие контакта с кожей, и 4 – декоративные текстильные материалы. В данном случае центральным звеном экологической цепочки является человек. Свойства безопасности, безвредности материала для человека отождествляются со свойствами экологическими.

Исходя же из трактовки экологичности материала, то есть его безопасности, традиционно принятой в России, в первую очередь, для окружающей и предметной среды, невозможно ожидать, чтобы требования к экологическим свойствам текстильных материалов при возможном и необходимом в перспективе их нормировании совпали с международными.

Экологические свойства текстильных материалов выделены в самостоятельную группу с учетом влияния вредных веществ на человека, накапливаемых в материале из окружающей среды, непосредственно или вследствие их распада. Они стали основой для разработки экологических стандартов в США, странах ЕС и др. Эти стандарты распространяются на содержание таких вредных веществ, как фенолы, органические хлор-, фосфор-содержащие пестициды, красители на основе ароматических аминов, тяжелые металлы (Pb, Cr, Cd,

Ni, Zn), хлорбензолы и т.п. Вторая группа стандартов регламентирует способы количественного анализа названных соединений. Кроме того, стандартизированы препараты, адсорбирующие соответствующие вещества. Необходимо отметить, что современные европейские стандарты предъявляют более высокие требования к свойствам текстильных материалов, проявляющихся при контакте их с человеком.

## ВЫВОДЫ

1. Основным критерием при проектировании потребительских свойств текстильных изделий бытового и специального назначения, разработке методов их оценки должен быть эколого-эргономический, то есть формирование номенклатуры и значений гигиенических и специальных показателей (для защитных) текстильных изделий, адаптированных к конкретным параметрам климатических и техногенных факторов реальных условий их эксплуатации.

2. Целесообразна разработка метода оценки показателей текстильных материалов в динамических условиях параметров сред эксплуатации.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Ефимова О. и др.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2000, №4.
2. *Склянников В.П.* Потребительские свойства текстильных материалов. – М.: Экономика, 1982.
3. *Разуваев А., Новорадовский А.* // Текстильная химия. – 1996, № 1 (8). С.38...43.

Рекомендована кафедрой товароведения непродовольственных товаров. Поступила 18.07.02.

УДК 677.021.17

**ПРОБЛЕМЫ СНИЖЕНИЯ ПОВРЕЖДЕННОСТИ ХЛОПКА  
В ТЕХНОЛОГИИ ПЕРВИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ**

*Т.А. ОЧИЛОВ, Х.А. АЛИМОВА, Р.З. БУРНАШЕВ*

(Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности)

В настоящей статье осуществлена попытка решить проблему снижения поврежденности хлопка путем изучения природы разрушения хлопка-сырца, волокна и семян – в результате последовательных механических воздействий происходит их постепенное разрушение, близкое к усталостному (накопление усталостных трещин и в волокне, и в семенах).

М.А. Хаджиновой впервые разработана статистика подобного анализа оптическими способами, легшая в основу соответствующего стандарта [1]. Г.И. Болдинским указано на наличие подобных разрушений в скрытом виде и предложен метод выявления скрытых трещин с помощью люминесцентных растворов [2]. Известны и электронно-микроскопические снимки одиночных волокон с постепенно разрушающимися кутикулярным и жировосковым слоями – именно они являются очагами разрушения молекул целлюлозы, служат естественными концентраторами напряжений и источниками возникновения микротрещин.

В [3] в соответствии с кинетической теорией разрушения материалов степень разрушения характеризуется относительной величиной  $H$  с пределами вариации  $[0, 1]$  в зависимости от частоты нагружения  $n$  заданной интенсивности, варьирующейся от нуля до предела  $N$ , при достижении которого материал полностью разрушается ( $n = N; H = 1$ ).

Введем (с учетом вариации величины

нагрузки на сырье) дробное значение чисел нагрузки  $\alpha n$ , где  $\alpha$  изменяется в пределах  $[0, 1]$  при изменении нагрузки от 0 до  $P_{max}$ , то есть фактический эквивалент любой нагрузки к максимальной.

Тогда разрушение хлопка (по тем или иным параметрам) происходит по закону

$$dH / dn = f(H, n, \alpha, N), \quad (1)$$

где  $f$  может принять любой вид в зависимости от характеристики сырья, то есть вместе с  $N$  характеризовать материал, его сорт, условия технологической переработки и т.п.

Положим, что

$$f(H, n, \alpha, N) = P / \alpha n H^{1-p} (\alpha n / N)^m \quad (2)$$

и после подстановки этого уравнения в (1) получим (за исключением  $p=0$ )

$$H = (\alpha n / N)^{m/p} \quad (3)$$

– параболическую функцию степени  $m/p$ .

При  $p=0$  вместо (3) имеем экспоненту

$$H = \exp[(\alpha n / N)^m] \quad (4)$$

– частный случай, когда поврежденность волокнистого материала возрастает по экспоненциальному закону.

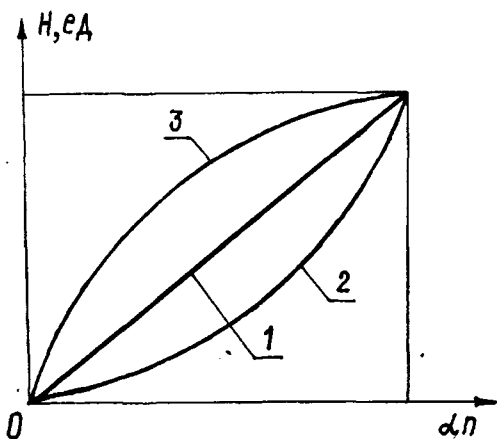


Рис. 1

Все кривые (рис.1) кроме случая (4) представляют семейство парабол степени  $m/p$ , причем возможны 3 типа зависимостей  $H(\alpha, n, N)$ : а) при  $m=p$  функция  $H$  зависит от  $\alpha n/N$  по линейному закону (кривая 1); б) при  $m>p$  имеем параболу степени  $m/p$  (кривая 2); в) при  $m<p$  кривизна кривой обратна предыдущему случаю (кривая 3 – выпуклостью вверх).

Наиболее интересны по физической сущности процесса усталостного разрушения первые два случая.

В первом, линейном,  $H$  изменяется от 0 до 1 пропорционально числу воздействий ( $\alpha n$ ). При этом интенсивность разрушения волокон, выражаемая согласно (1),

$$dH/dn = \alpha/N = \text{const} \quad (5)$$

постоянна и разрушение происходит с постоянной скоростью независимо от очередности приложения нагрузок, то есть материал не запоминает его предыдущей технологической обработки.

Тем не менее такая модель удобна в анализе: согласно ей для оценки качества достаточно иметь набор всех  $i$ -х воздействий независимо от очередности их приложения:

$$H = \sum_{i=1}^k (\alpha n_i) / N \leq 1 \quad (6)$$

при постоянстве свойств материала  $N = \text{const}$  на всех операциях.

Если же на  $i$ -й операции эти свойства характеризуются своим предельным числом воздействий  $N_i$ , то (6) принимает вид

$$H = \sum_{i=1}^k (\alpha n_i) / N_i \leq 1 \quad (7)$$

и по завершению переработки хлопок будет иметь остаточный запас усталостной прочности:

$$Z_y = 1 - H = 1 - \sum_{i=1}^k (\alpha n_i) / N_i > 0 \quad (8)$$

и чем больше  $Z_y$ , тем лучше свойства хлопка, волокна и семян.

В (6...8) очевидна роль свойств материала вообще и в данном технологическом переходе в частности, так же, как и в принятой технологии сбережения свойств волокнистого сырья.

Вторая модель имеет более сложную структуру – согласно (3) скорость разрушения волокна и семян растет в степени  $(m/p - 1)$  в результате накопления усталостных трещин, повреждения поверхностной структуры волокна и семян. Так, при  $m/p=2$

$$dH/dn = 2\alpha^2 / N^2 n > 0 \quad (9)$$

и скорость разрушения материала положительна, а с ростом  $n$  увеличивается.

Этот вариант наиболее близок к нашим наблюдениям, но имеет один существенный недостаток – интегрировать (1) при различных  $(\alpha n)_i$ ,  $N_i$ , а также  $m_i$  и  $p_i$  можно лишь кусочно по интервалам; конечные условия  $(i-1)$ -го интервала становятся начальными для  $i$ -го и так далее, что, впрочем, при достаточном знании перечисленных параметров и использовании ЭВМ не представляет труда.

Третья модель, когда  $m/p < 1$ , дает условие (в общем случае):

$$dH/dn = m/p \alpha / N (N / \alpha n)^{1-m/p}, \quad (10)$$

что означает падение скорости усталостного разрушения материала по мере механических воздействий на него. Такие процессы известны для некоторых сложных систем, но волокно такими свойствами не обладает, разве что локальными и в особых условиях.

В наших опытах при испытании свойств волокна по всей технологической цепочке хлопкозавода по многочисленным характеристикам (массодлине, биологической и механической поврежденностям волокна, его извитости, наличию пороков, в том числе дробленными семенами и кожей с волокном, остаточному удлинению при разрыве и другими) изучена кинетика их изменений, привести которые в полном объеме не позволяют рамки статьи.

Исследовался хлопок при приемке на завод (вариант 0), после хранения (1), сушки (2), очистки (3), джинирования (4) и волоконоочистки (5) после 1-го и 3-х месяцев хранения с плотностью бунтования 150...200, 200...250 и 250...300 кг/м<sup>3</sup>, после сушки при входящей температуре теплоносителя 160 и 200<sup>0</sup>С; использовали хлопок-сырец I и III-го промышленных сортов.

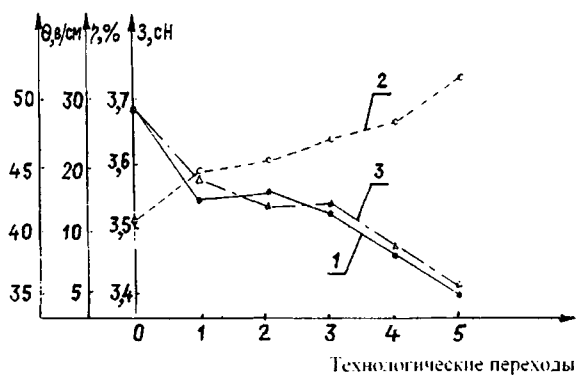


Рис. 2

На рис. 2 представлена кинетическая диаграмма для хлопка-сырца средневолокнистой разновидности V типа, III-го промышленного сорта после 1-го месяца хранения, сушки при  $t=200^{\circ}\text{C}$ , плотности укладки в бунт 250...300 кг/м<sup>3</sup> (кривая 1 соответствует прочности 3 волокна, сН; 2 – механической поврежденности  $\eta$ , %; 3 –

извитости  $\Theta$ , %).

Из кривых следует, что наряду с очисткой хлопка, волоконоочисткой и пыльным джинированием, вносящими наибольший вклад в потерю прочности, извитости, количество механических повреждений увеличивается и хранение хлопка в переуплотненном состоянии в течение одного месяца.

В этом случае прирост механических повреждений составлял 5% против 4...6% в соответствующих технологических переходах, а падение прочности волокна – в среднем 0,13 сН против суммарного падения в трех технологических переходах – 0,11 сН. Аналогичная ситуация и с характеристикой извитости, где на хранение приходится потеря 5% (абсолютно) от начальной извитости 49%, а на всю остальную хлопкоочистку 11%.

Для I-го сорта хлопка указанные изменения при хранении значительно меньше; меньше они и в последующих технологических переходах (с некоторыми особенностями – такой хлопок имеет меньшую кратность очистки в очистителях крупного и мелкого сора).

При закладке хлопка на хранение единственными механическими воздействиями являются транспорт сырца и его уплотнение в бунте, где по схеме неголономного контакта с ногами рабочих он уплотняется до значительной плотности. При хранении он находится под действием остаточных нагрузок, особенно в нижних слоях бунта. Поэтому такие разрушения сырья только нагрузкой ( $\sigma_n$ ) объяснить нельзя – оно перерождается по сложному закону – за счет изменения свойств, выражаемых значениями предельного числа циклов N.

Степень же разрушения хлопка в отдельных переходах первичной обработки, особенно в перечисленных трех, зависит и от числа  $n$  воздействий, и от степени такого воздействия, учитываемого коэффициентом  $\alpha$ .

Так, при джинировании число  $n$  минимально (для одного волокна – единица в акте волоконоотделения, плюс случайные контакты с пилой и летучками в сырцевом валике), но максимальна  $\alpha$  (равна 1).



В хлопкоочистке число  $n$  достигает нескольких десятков и сотен, а нагрузка – значительно меньше. Интегрально же их воздействие с учетом кривой кинетики  $f(N, \alpha, N)$  на выходе дает близкий результат. Волокноочистка занимает промежуточное значение между рассмотренными технологиями как по  $\alpha$ , так и по  $n$ .

Следует отметить, что при снижении интенсивности очистки (хлопок высших сортов ручного сбора) негативное влияние очистки можно вообще снизить при условии достижения требуемого качества – это вытекает из рассмотренных моделей.

В отношении предложенной схемы – для грубой оценки разрушения волокна как при хлопкоочистке, так и в процессе текстильного производства достаточно использовать модель с  $m/p=1$ ; для более глубокого изучения зависимостей (1) и (3) требуется накопить фактический материал, хотя и сейчас оценка поведения волокна хлопка в механических процессах предполагает значение  $m/p=1,5\dots 2,5$ .

## ВЫВОДЫ

1. Предложена кинетическая модель, интегрально учитывающая степень  $\alpha$  и количество  $n$  механических воздействий на волокнистый материал, позволяющая учесть их воздействие по всей последова-

тельности переработки сырья.

2. Показано, что важную роль при усталостном разрушении волокнистого материала играет величина предельного значения числа  $N$  циклов, которое он способен выдерживать – как материаловедческую характеристику хлопка, в управлении которой скрыты резервы совершенствования механической технологии.

3. На примере анализа качества волокна III-го сорта по технологической цепочке: заготовка – месячное хранение – сушка – хлопкоочистка – джинирование – волокноочистка (наиболее типичном в комплексе исследований по данной тематике) показана правомерность применения такой модели.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Хаджинова М.А. Инструкция. Определение поврежденных волокон хлопка микроскопическим методом и их оценка. – Ташкент, 1957.

2. Болдинский Г.И. Теоретические основы процесса пильного джинирования и вопросы порокообразования при нем: Дис.... докт. техн. наук. – М.: МТИ, 1970.

3. Прочность, устойчивость, колебания. Справочник. – Т. 1/Под ред. И.А. Биргера и Я.Г. Пановко. – М.: Машиностроение, 1968.

Рекомендована кафедрой прядения хлопка и химических волокон. Поступила 29.11.01.

УДК 677.021

## СИЛЫ, ДЕЙСТВУЮЩИЕ НА ВОЛОКНА В ВЫТЯЖНОМ ПРИБОРЕ С КРУГЛЫМ ГРЕБНЕМ

А.Ф. КАПИТАНОВ, Н.В. ТРУСКОВА

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

Силы, действующие на волокна в вытяжном приборе, определяют их движение, неровноту от вытягивания и связанные с ней негативные последствия.

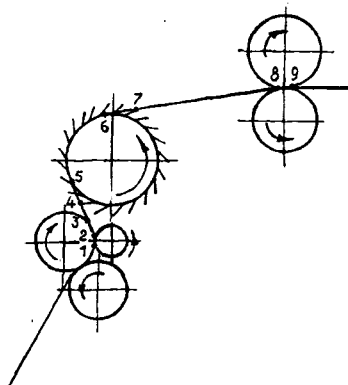


Рис.1

Поле вытягивания прибора с круглым гребнем состоит из зон (рис.1) [1], каждой из которых присущи индивидуальные закономерности, характеризующие силы, действующие на волокна мычки: 1-2 – зона эластичного зажима мычки в выпускной паре; 2-3 – зона огибания валика мычкой; 3-4 – зона вредного пространства; 4-5 –

зона взаимодействия с иглами круглого гребня; 5-6 – зона взаимодействия с иглами и основанием круглого гребня; зоны 6-7 и 7-8 аналогичны соответственно зонам 4-5 и 3-4. Зона 8-9 питающей пары далее не рассматривается, так как разводка в вытяжном приборе существенно превышает максимальную длину волокна в утоняемой ровнице.

Формирование силового поля вытяжного прибора данного типа осуществляется как результат взаимодействия волокон мычки между собой и волокон мычки с поверхностями рабочих органов на линейных и близких к линейным зонах или участках зон (I способ); взаимодействия волокон мычки между собой и с поверхностями цилиндрических рабочих органов (II способ); взаимодействия волокон мычки с поверхностями игл и между собой в межигльном пространстве (III способ).

В табл.1 приведены способы формирования силового поля для соответствующих зон вытяжного прибора.

Таблица 1

Условный номер зоны j*	Способ формирования силового поля		
	I	II	III
1	+		
2		+	
3	+		
4	+		
5		+	
6	+		+
7	+		+

Примечание. \* зона обозначена по условному номеру ее границы, ближайшей к зажиму пары А (рис.1).

Анализ показывает, что в зонах 4, 5 и 6 силовые поля созданы комбинациями способов; зона 1 имеет небольшую протяженность и малую кривизну, что с некоторой погрешностью позволяет отнести способ формирования в ней силового поля к способу I.

Определим действующие на волокно силы в вытяжном приборе с учетом способов формирования силовых полей.

#### С п о с о б

В  $j$ -й зоне ( $j=1,3,4,6,7$ ) волокно может располагаться в центральной (с) или периферийной (р) областях сечений мычки [2] с вероятностями соответственно  $P_{jc}(y)$  и  $P_{jp}(y)$ ; при этом действующие на волокна в этих областях силы различны по величине, а волокна могут двигаться либо со скоростью выпускной пары, либо со скоростью круглого гребня. В первом из этих случаев трение является динамическим (d) и вызы-

вает силы, ускоряющие (u) волокно, во втором – статические (s) и предопределяет тормозящие (t) силы.

Если общим символом  $F$  обозначить силы, а  $y$  – координату силового поля, то с учетом приведенной выше символики для ускоряющих сил, действующих на волокно внутри мычки (взаимодействие между волокнами  $w$ ), будем иметь

$$F_{juw}^I(y) = F_{jdp}(y)P_{jp}(y) + F_{jdc}(y)P_{jc}(y). \quad (1)$$

В зоне 1 волокна контактируют с вероятностью  $P_{1z}(y)$  с цилиндром и  $P_{1v}(y)$  – с валиком; при этом действующие ускоряющие силы соответственно  $F_{1dz}(y)$  и  $F_{1dv}(y)$ .

Ускоряющая сила в зажиме выпускной пары:

$$F_{jv}^I(y) = F_{1uw}^I(y)P_{1w}(y) + F_{1dz}(y)P_{1z}(y) + F_{1dv}(y)P_{1dv}(y), \quad (2)$$

где  $P_{1w}(y)$  – вероятность контактирования в зажиме между волокнами.

Для определения величин сил, входящих в формулу (1) –  $F_{jdp}(y)$ ,  $F_{jdc}(y)$  и (2) –  $F_{1dz}(y)$  и  $F_{1dv}(y)$ , используется зависимость, приведенная в [3]. Она имеет общую структуру для различных сил, но входящие в нее параметры различны по величине и зависят от природы контртела, с которым взаимодействует рассматриваемое волокно.

Так, например, динамическая сила трения волокна о волокно в периферийной области сечения мычки будет

$$F_{jdp} = \int_{l_j}^{l_{j+1}} m_{jp}(y) a_d \left[ \frac{\delta_j(y)}{m_{jp}(y)} \right]^{b_d} dy, \quad (3)$$

где  $l_j$ ,  $l_{j+1}$  – координаты границы  $j$ -й зоны;  $m_{jp}(y)$  – число контактов на единицу длины волокна в периферийной области сечения мычки  $j$ -й зоны;  $\delta_j(y)$  – сила сжатия на единицу длины одного волокна в  $j$ -й зоне;  $a_d$ ,  $b_d$  – эмпирические коэффициенты, соответствующие динамическому трению волокна о волокно.

Формулы (1) и (3) могут быть использованы для расчета тормозящих сил любой из зон (табл.1) с соответствующей заменой индексов  $u$  на  $t$ ,  $d$  на  $s$ , а в соответствующих случаях  $p$  на  $c$ .

Так, для тормозящей силы имеем

$$F_{jtw}^I(y) = F_{jsp}(y)P_{jp}(y) + F_{jsc}(y)P_{jc}(y). \quad (4)$$

#### С п о с о б

В  $j$ -й зоне ( $j=2, 5$ ) волокно мычки может контактировать с волокнами ( $w$ ), которые движутся со скоростью выпускной пары, вызывая динамическое трение (d) и ускоряющие силы (u) – вероятность этого события  $P_{jwd}(y)$ , или со скоростью круглого гребня, вызывая статическое трение (s) и соответственно тормозящие силы (t) – вероятность такого события  $P_{jws}(y)$ . Кроме того, волокно мычки может контактировать с валиком ( $j=2$ ), что вызывает ускоряющую силу (u) или с основанием гребня, что вызывает тормозящую силу (t) (соответствующие вероятности  $P_{2v}(y)$  и  $P_{5g}(y)$ ).

Ускоряющая сила, например, для  $j=2$ :

$$F_{2u}^{II}(y) = F_{2v}(y)P_{2v}(y) + F_{2wd}(y)P_{2wd}(y), \quad (5)$$

а тормозящая сила для этой зоны:

$$F_{2t}^{II}(y) = F_{2ws}(y)P_{2ws}(y). \quad (6)$$

Для зоны 5 значение тормозящей силы может быть найдено по формуле

$$F_{5t}(y) = F_{5g}(y)P_{5g}(y) + F_{5ws}(y)P_{5ws}(y), \quad (7)$$

где  $g$  – символ взаимодействия волокон с основанием круглого гребня.

Ускоряющая сила

$$F_{5u}(y) = F_{5wd}(y)P_{5wd}(y). \quad (8)$$

Значения величин сил, входящих в формулы (5...8), могут определяться по формуле, аналогичной приведенной в [4]. Например, определение силы  $F_{2v}(y)$  на любой части  $\delta$  угла  $\alpha$  – охвата валика мычкой можно осуществить по формуле

$$F_{2v} = F_{\delta o} \ell^{\mu_{vd}\delta} \left[ \frac{B}{2S^2} - \delta_m V_v^2 \right] (\ell^{\mu_{vd}\delta} - 1), \quad (9)$$

где  $F_{\delta o}$  – сила динамического трения в точке, соответствующей началу ведомого участка дуги, стягивающей угол  $\delta$ ;  $\mu_{vd}$  – динамический коэффициент трения волокна о валик;  $B$  – изгибная жесткость волокна;  $S=R+d/2$ , где  $R$  – радиус валика,  $d$  – диаметр волокна;  $\delta_m$  – масса единицы длины волокна;  $V_v$  – скорость выпускной пары вытяжного прибора.

Выражение (9) может быть использовано:

– для определения силы натяжения волокна на любом участке зоны 2; этот принцип применим и для зоны 5;

– для определения тормозящих сил ( $j=2$ ) или ускоряющих ( $j=5$ ) в результате отгибания рабочих органов соответственно быстро движущимися и медленно движущимися

волокнами, которые находятся внутри мычки, для чего формула (9) подлежит преобразованию с заменой в необходимых случаях индексов  $v$  на  $g$ ,  $d$  на  $s$ ,  $V_v$  на  $V_g$  (скорость круглого гребня).

### Ш с п о с о б

В  $j$ -й зоне ( $j=4, 5, 6$ ) волокно может контактировать с волокнами ( $w$ ), которые движутся со скоростью выпускной пары, вызывая динамическое трение ( $d$ ) и ускоряющие силы ( $u$ ) – с вероятностью  $P_{jwd}(y)$  или со скоростью круглого гребня, вызывая статическое трение ( $s$ ) и соответственно тормозящие силы с вероятностью  $P_{jws}(y)$ . Кроме того, волокно может контактировать с иглами с вероятностью  $P_{ji}(y)$ , а в зоне 5 и с основанием гребня с вероятностью  $P_{5\eta}(y)$ .

С учетом принятых ранее обозначений ускоряющая сила

$$F_{ju}^{III}(y) = F_{jwd}(y)P_{jwd}(y), \quad (10)$$

а тормозящая

$$F_{jt}^{III}(y) = F_{jws}(y)P_{jws}(y) + F_{jis}(y)P_{ji}(y), \quad (11)$$

где индекс  $i$  характеризует взаимодействие волокна с иглой.

При взаимодействии волокна с иглой необходимо учесть силы, которые прижимают волокно к поверхности иглы; эти силы обусловлены сжатием мычки в межигольном пространстве круглого гребня.

Значения сил  $F_{jwd}(y)$ ,  $F_{jws}(y)$  и  $F_{jis}(y)$  определяются по общей (по структуре) формуле [2], но с соответствующими изменениями входящих в формулу величин.

Кроме того, для каждой иглы и последующего межигольного пространства последовательно применяются однотипные формулы с учетом способов формирования силовых полей в соответствующих зонах.

Для определения, например, тормозящей силы  $F_{jws}(y)$  на дуге охвата  $\phi$  иглы применима формула

$$F_{jws} = F_{jws0} e^{\mu_{ws} \varphi \sin \beta} + \left\{ \left[ \frac{B \sin^4 \beta}{2s_i^2} - \delta_m V_t^2 \right] (\ell^{\mu_{ws} \Delta \sin \beta} - 1) + \mu_{ws} \delta_N \right\} \ell^{\mu_{ws} \varphi \sin \beta} \sum_{K=1}^{K=q} \frac{1}{\ell^{\mu_{ws} \Delta \sin \beta}}, \quad (12)$$

где  $F_{jws0}$  – сила статического трения в точке, соответствующей началу ведомого участка дуги, стягивающей угол  $\Delta$ , на который разбивается угол охвата иглы волокном  $\varphi$  (число углов  $\Delta$  равно  $q$ );  $\mu_{ws}$  – статический коэффициент трения волокна о волокна мычки в межигольном пространстве;  $\beta$  – угол наклона плоскости расположения мычки к оси иглы [4]. Остальные обозначения в формуле (12) аналогичны обозначениям в формуле (9) – с учетом изменения индексов  $v$  на  $w$ ,  $d$  на  $s$ ,  $V_v$  на  $V_s$ ; при этом  $s_i = r + \frac{d}{2}$  ( $r$  – радиус иглы).

Область применения формулы (12) характеризуется теми же условиями, которые были указаны выше для формулы (9).

Наиболее сложной для определения сил, действующих на волокна, является зона 5, где необходимо в зоне действия игл применять как зависимости, характеризующие II и III способы формирования силовых полей, учитывая вероятностный характер взаимодействия волокна с волокнами (быстро или медленно движущимися), так и с иглами, и с основанием круглого гребня.

Для волокна длиной  $L$  ускоряющая (сдерживающая) сила будет определяться суммой соответствующих сил в зонах, в пределах которых это волокно в данный момент расположено.

## ВЫВОДЫ

Полученные аналитические зависимости могут быть использованы для целенаправленного изменения конкретных характеристик свойств волокон, технологических и конструктивных параметров вытяжного прибора с целью управления силами, действующими на волокна, закономерностью их движения и снижения неравномерности от вытягивания.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гусев В.Е., Музылев Л.Т., Эммануэль М.В., Слываков В.Е. Прядение шерсти и химических волокон. – М.: Легкая индустрия. – 1974. С.551.
2. Капитанов А.Ф. Теоретическое обоснование и разработка способа модификации фрикционных свойств волокон в процессах прядения: Дис....докт. техн.наук. – М.:МГТА. – 1996.
3. Мортон В.Е., Херл Д.В.С. Механические свойства текстильных волокон. – М.: Легкая индустрия. – 1971. С.182.
4. Мигушов И.И. Механика текстильных нитей и волокон. – М.: Легкая индустрия. – 1970. С.160.

Рекомендована кафедрой технологии шерсти.  
Поступила 29.03.02.

## ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ ПОЛЯ СИЛ ТРЕНИЯ В ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ЗОНЕ ВЫТЯГИВАНИЯ\*

В.И. РОНЬЖИН, В.А. АВРЕЛЬКИН, В.Г. ЛАПШИН

(Ивановская государственная текстильная академия)

Поля сил трения между вытяжными парами в вытяжных приборах являются одними из наиболее важных параметров [1], от которых зависит качество выпускаемой продукции. От характера изменения напряжения поля сил трения и его величины в различных сечениях поля вытягивания зависят движение волокон в вытяжном приборе и неровнота продукта, возникающая от вытягивания.

Определим тенденцию изменения напряжения поля сил трения в зависимости от варьирования значения крутки в статических условиях. За объект исследования брали ровницу  $T = 333$  текс, состоящую из 35% волокон шерсти и 65% полиэфирных волокон. За характеристику поля сил трения в различных сечениях поля вытягивания задней зоны здесь нами принята плотность мычки.

На участке поля вытягивания с линейной траекторией движения в процессе вытягивания продукт подвергается натяжению и при этом образуется поперечное напряжение сопротивлению сжатия, способствующее образованию напряжения поля сил трения между волокнами.

Уравнение для определения поперечного напряжения на участке продукта длиной 1 мм выглядит так [2]:

$$\sigma = a\gamma^b, \quad (1)$$

где  $a$  и  $b$  – некоторые эмпирические коэффициенты, зависящие от природы волокна;  $\gamma$  – плотность продукта.

Образование поперечного напряжения  $\sigma$  определяет напряжение поля сил трения в вытягиваемом продукте, которое сдер-

живает переход волокон на скорость средней пары:

$$q = \frac{(\sigma\mu + h)\ell_b}{n}, \quad (2)$$

где  $\mu$  – коэффициент трения между волокнами;  $\ell_b = 2\pi r$  – длина поверхности волокна;  $r$  – радиус волокна;  $h$  – цепкость волокон;  $n$  – число волокон в исследуемом сечении.

Из формулы (2) видно, что напряжение поля сил трения зависит от плотности мычки и числа волокон. Некоторые исследователи [2...4] также пришли к мнению, что плотность продукта в вытяжном приборе может характеризовать поле сил трения.

Плотность мычки в исследуемом сечении определяется следующим образом:

$$\gamma = \frac{m}{V}, \quad (3)$$

где  $m$  – масса отрезка, г;  $V = S_1 H_c$  – объем исследуемого сечения;  $S_1$  – площадь поперечного сечения отрезка;  $H_c$  – высота сечения.

Значения массы исследуемых отрезков брали по полученным результатам кривой утонения.

Изучение изменения напряжения поля сил трения в сечении поля вытягивания, связанных с изменением числа кручений ровницы, является важной задачей при исследовании силы трения между волокнами, которая определяет прочность продукта. С увеличением крутки увеличивается плотность продукта, а следовательно, и

\* Работа выполнена под руководством проф., докт. техн. наук Г.И.Чистобородова.

поперечное напряжение между волокнами.

Выше приведена формула (3) для определения плотности мычки в исследуемом сечении продукта, которая зависит от площади его поперечного сечения.

При вытягивании в прямом поле продукт имеет форму окружности, поэтому площадь сечения мычки определяется с помощью выражения

$$S_1 = \pi \frac{D^2}{4}, \quad (4)$$

где  $D$  – диаметр продукта.

Диаметр продукта замеряли с помощью микроскопа МБП-2, имеющего измерительную шкалу с ценой деления, равной 0,05 мм. Первое измерение диаметра ровницы проводили со значением фабричной крутки и далее через шаг 5 кр/м (30, 35, ..., 75, 80). Для более полного представления о плотности мычки, а также для то-

го, чтобы исключить ошибку измерения вследствие возможной неточности работы вытяжного прибора замеры осуществлялись через каждые 20 см. Ровница нарабатывалась на десяти машинах.

Необходимо учесть, что данное исследование проводится в статических условиях, поэтому число волокон в сечении продукта постоянно. Количество замеров составляет 50 при каждом значении крутки. Из полученных замеров подсчитывали среднее значение.

Далее по формуле (1) определяли поперечное напряжение, которое испытывает волокно при различных значениях крутки. В свою очередь, поперечное напряжение, полученное в результате крутки, определяет напряжение поля сил трения, рассчитываемое по формуле (2).

Полученные данные представлены в табл.1.

Таблица 1

Число К кручений, кр/м	Диаметр D продукта, мм	Плотность $\gamma$ продукта, мг/мм <sup>3</sup>	Поперечное напряжение $\sigma$ , мг/мм <sup>2</sup>	Напряжение $q$ поля сил трения, мг/мм
30	2,85	0,097	56,8	2,7
35	2,7	0,1	72,1	3,1
40	2,65	0,105	83,7	3,5
45	2,4	0,12	120,1	4,4
50	2,3	0,13	151,2	5,2
55	2,2	0,14	198,4	6,7
60	2,05	0,15	244,1	7,9
65	1,9	0,17	397,2	12,4
70	1,8	0,19	496,1	15,1
75	1,7	0,22	774,3	22,9
80	1,6	0,23	880,1	25,9

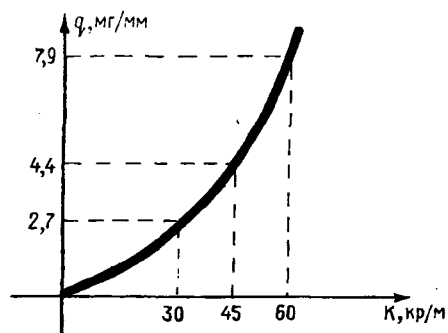


Рис. 1

Влияние крутки на напряжение поля сил трения изображено на рис.1, откуда видно, что при увеличении числа кручений напряжение поля сил трения увеличивается. В реальных условиях кривая характе-

ризуется двумя фазами: первая – это некоторый подъем вверх до предельной точки – критическая крутка и вторая фаза – это последующее падение напряжения. Отсутствие второй фазы объясняется тем, что при исследовании мы не получили критической крутки, после которой происходит резкое уменьшение как напряжения, так и прочности продукта.

Как сказано выше, напряжение поля сил трения определяет прочность продукта. Рассчитаем для первых четырех полученных значений напряжения поля сил трения прочность продукта [4]:

$$P = \frac{\ell_{\text{ср}} q n}{4}, \quad (5)$$

где  $q$  – напряжение поля сил трения;  $\ell_{\text{ср}}$  – средняя длина волокна;  $n$  – число волокон:

$$n = \frac{T_{\text{пр}}}{T_{\text{в}}}, \quad (6)$$

где  $T_{\text{пр}}$  – линейная плотность продукта;  $T_{\text{в}}$  – линейная плотность волокна.

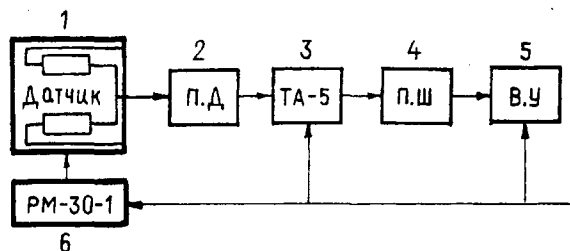


Рис. 2

Для подтверждения расчетных данных экспериментально, с помощью модернизированной разрывной машины РМ-30-1 (рис.2), в качестве верхнего держателя ко-

торой используется зажим с прикрепленными к нему тензометрическими датчиками, подключенными по схеме полумоста, определим прочность продукта при соответствующих значениях крутки. Скорость движения нижнего зажима 100 мм/мин.

Схема устройства, представленная на рис.2, включает: 1 – датчик на круглой балочке; 2 – переходник датчиков (П.Д.); 3 – усилитель тензометрический (ТА-5); 4 – переходник шлейфов-каналов усилителя (П.Ш.); 5 – вольтметр универсальный цифровой В7-23 (В.У); 6 – разрывная машина РМ-30-1.

Произведено 50 испытаний на разрыв отрезков длиной, превышающей максимальную длину волокна на 5 мм, для каждого значения крутки. По полученным значениям подсчитано среднее значение, а результаты сведены в табл.2.

Таблица 2

Значения крутки, кр/м	Экспериментальные данные, г	Расчетные данные, г
30	152	158,8
35	177	184,9
40	198	207,8
45	250	258,3

При сравнении расчетных результатов, полученных при различных значениях крутки, с экспериментальными установлено, что они практически сходятся, а расхождение в показаниях не превышает 5%:

$$P_{\text{расч}} = 1,05 P_{\text{экс}} .$$

На основании проведенных исследований подтверждается правильность определения прочности продукта, зависящей от напряжения поля сил трения, выраженного через плотность продукта.

Таким образом, нами определена зависимость изменения поля сил трения от изменения крутки в статических условиях. Полученные результаты соответствуют максимальному значению напряжения поля сил трения в промежуточной зоне вытягивания.

Реальный интерес представляет также изменение напряжения поля сил трения в процессе вытягивания в любом сечении

продукта. Для получения данной зависимости аналогичным образом определим напряжение поля сил трения в динамических условиях. Как сказано ранее, напряжение поля сил трения характеризуется плотностью мычки. Установим размер мычки в поле вытягивания.

На ОАО "Ивановский камвольный комбинат" на прядильной машине П-76-ШГ2 с первой частной вытяжкой, равной 2, и разводкой 75 мм проведены исследования по определению размеров диаметра вытягиваемого продукта. Диаметр продукта замеряли в динамических условиях при наблюдении через лупу Бриллюэля, имеющую измерительную шкалу с ценой деления 0,05 мм. По 50 проведенным замерам подсчитывали среднее значение.

Плотность продукта в исследуемых сечениях определяли по формуле (3). Далее осуществляли аналогичный расчет с целью определения напряжения поля сил трения,



а полученные результаты записывали в табл.3. Напряжение поля сил трения находили по формуле (2), где число волокон в

сечении изменяется согласно кривой утонения продукта.

Таблица 3

Расстояние от зажима питающей пары, мм	Диаметр D продукта, мм	Поперечное напряжение $\sigma$ , мг/мм <sup>2</sup>	Напряжение q поля сил трения, мг/мм
20	2,65	55,8	2,7
35	2,50	48,7	2,57
60	2,25	39,7	2,31

По данным табл.3 построена графическая зависимость изменения напряжения поля сил трения при удалении от линии зажима питающей пары (рис.3).

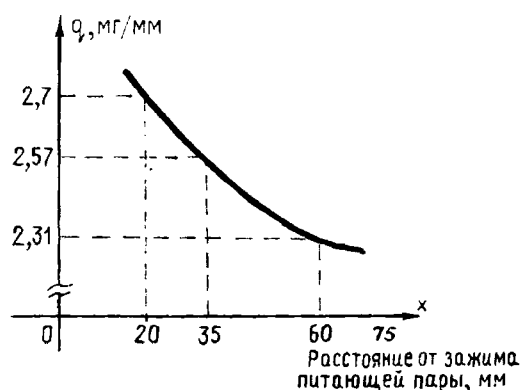


Рис. 3

В связи с тем, что важной характеристикой работы вытяжного прибора является напряжение поля сил трения между вытяжными парами, необходимо знать хотя бы относительные характеристики полей сил трения, по которым можно судить о протекании процесса вытягивания, а также движении волокон в поле вытягивания.

## ВЫВОДЫ

1. Полученные результаты дают возможность определять и оптимизировать значение напряжения поля сил трения волокон крученого продукта различной линейной плотности в целях снижения неровноты последнего.

2. Значения напряжения поля сил трения между вытяжными парами разрешают определять необходимую силу вытягивания волокна из исследуемого продукта.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов С.С. // Текстильная промышленность. – 1962, №3.
2. Капитанов А.Ф., Моревич В.В., Мошечков В.Б. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1993, №6.
3. Белов М.Ф. Трение хлопковых волокон в зажиме вытяжной пары и исследование задней зоны с изогнутым полем вытяжного прибора прядильной машины: Дис. ... канд. техн. наук. – М., 1964.
4. Балясов П.Д. Применение уплотнителей мычки на ровничных и прядильных машинах. – М.: Гизлегпром, 1951.

Рекомендована кафедрой начертательной геометрии и черчения. Поступила 28.03.02.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЯДИЛЬНОГО ПЕРЕХОДА КОЛЬЦЕВОГО СПОСОБА ПРЯДЕНИЯ\*

С.В. ПАВЛОВ

(Ивановская государственная текстильная академия)

Наряду с использованием комплексных показателей [1] нередко возникает задача оценки эффективности процесса с применением единичных показателей. Известные подходы в этом направлении рекомендуют, как правило, только одну конкретную статическую характеристику измеряемого показателя [2].

Цель работы заключалась в построении обобщенного показателя эффективности технологического процесса с учетом основных статических характеристик измеряемого параметра.

Объектом исследования являлся процесс получения кольцевой хлопчатобумажной пряжи линейной плотностью 18,5 текс из ровницы одного сырьевого состава линейной плотностью 2,1 ктекс, а измеряемым параметром (единичным показателем) – линейная плотность  $T$  ровницы  $p$  и пряжи  $p$ . Для создания одинаковых условий измерения длину пряжи и ровницы

принимали одинаковой и равной 0,5 м. Испытания проводили в соответствии с требованиями [3].

В процессе обработки экспериментальных данных измеряемого параметра (толщины ровницы и пряжи) использовали следующие статические характеристики: среднее значение  $\bar{T}$ , среднеквадратическое отклонение  $\sigma_T$ , коэффициент  $K_T$  асимметрии.

Коэффициент  $K_T$  определяли на основании [4] с учетом следующих этапов: строили эмпирический закон распределения массива значений линейной плотности; подбирали теоретический закон распределения с использованием критерия Колмогорова; вычисляли коэффициент асимметрии.

Числовые значения статистических характеристик  $\bar{T}$ ,  $\sigma_T$ ,  $K_T$  для ровницы и пряжи приведены в табл. 1.

Таблица 1

Статистическая характеристика	Числовые значения				$\alpha_i$
	для ровницы		для пряжи		
	1	2	1	2	
$\bar{T}$	241,070	238,100	9,370	9,250	0,550
$\sigma_T$	116,140	90,710	0,185	0,123	0,270
$K_T$	0,450	0	0,314	0	0,180

Примечание. 1 – фактическое, 2 – нормативное.

Нормативные значения характеристик  $\|\bar{T}_n\|$ ,  $\|(\sigma_T)_n\|$  рассчитывали с учетом [5] для пряжи первого сорта. Нормативные значения аналогичных характеристик ровницы определяли на основании существующего на предприятии плана прядения. Нормативные значения  $\|K_T\|$  для ровницы и пряжи принимали равными нулю в соответствии с [4]. Данные расчетов норматив-

ных значений измеряемого параметра также приведены в табл. 1.

При ранжировании трех единичных показателей исходили из того, что на первом месте по значимости находилась статистика  $\bar{T}$  (ранг 1), на втором месте –  $\sigma_T$  (ранг 2), на третьем –  $K_T$  (ранг 3). В результате расчетов по методике [6] получили числовые значения весомостей  $\alpha$  для каждой ха-

\* Работа выполнена под руководством проф., докт. техн. наук Б.Н.Гусева.

рактеристики (табл.1).

Оценку эффективности процесса кольцевого способа прядения осуществляли по формуле

$$\mathcal{E} = \sum_{i=1}^3 \Delta q_i \alpha_i = 0,54 + 0,21 + 0,13 = 0,88,$$

где  $\Delta q_i = \frac{|(x_p)_i| - |(x_n)_i|}{\|(x_p)_i\| - \|(x_n)_i\|}$  – при позитивном

характере изменения единичного показателя;

$\Delta q_i = \frac{\|(x_p)_i\| - \|(x_n)_i\|}{|(x_p)_i| - |(x_n)_i|}$  – при негатив-

ной тенденции изменения единичного показателя;  $|x_i|$  – модуль  $i$ -й статистической характеристики измеряемого параметра;  $\|x_i\|$  – нормативное значение  $i$ -й статистической характеристики измеряемого параметра.

Принимая во внимание невозможность применения нуля как разности нормативных значений  $\|K_T\|$  ровницы и пряжи, в качестве результата этой разности приняли значение 0,1.

Тенденция стремления  $\mathcal{E} \rightarrow 1$  свидетельствует о максимальной эффективности технологического процесса кольцевого способа прядения по показателям толщины исследуемых продуктов прядильного производства. С учетом производственных данных ОАО «Фатекс» (г. Иваново) возможные варианты минимальной эффективности процессов прядения достигали при  $\mathcal{E} \rightarrow 0,45$ .

## ВЫВОДЫ

Предложена и обоснована методика определения эффективности прядильного перехода кольцевого прядения с использованием однородных измеряемых параметров.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Павлов С.В., Буторина Н.В., Гусев Б.Н. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2000, № 6. С.3..5.
2. Прядение хлопка и химических волокон (проектирование смесей, приготовление холстов, чесальной и гребенной ленты) / И.Г. Борзунов и др. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982.
3. ГОСТ 6611.1–73. Нити текстильные. Метод определения линейной плотности (толщины).
4. Львовский Е.Н. Статистические методы построения эмпирических формул. – М.: Высшая школа, 1988.
5. ОСТ 17-96–86. Пряжа хлопчатобумажная и смешанная суровая кардная и гребенная одиночная для ткацкого производства. Технические условия.
6. Бешелев С.Д., Гурвич Ф.Г. Математико-статистические методы экспертных оценок. – М.: Статистика, 1974.
7. Боев Г.П., Виноградов Ю.С., Гнеденко Б.В. Методика составления эмпирических зависимостей и номограмм в текстильном деле. – М.-Л.: Гизлегпром, 1936.

Рекомендована кафедрой материаловедения и товароведения. Поступила 28.02.02.

УДК 677.023

**ДВОЙНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПАРТИОННОГО СНОВАНИЯ**

*В.Л. МАХОВЕР, Л.Б.ТИХАНОВСКАЯ*

**(Ивановская государственная текстильная академия)**

Для получения максимальной производительности партионной сновальной машины применяют оптимизацию процесса по величине ставки бобин, определяя ее по известной формуле В.А. Гордеева [1]. При этом обрывность  $a$  (в расчете на 1 млн м одиночной нити) для данной скорости снования и вида пряжи принимается не зависящей от величины ставки, а распределение обрывов по длине шпулярика – равномерным.

Поскольку число обрывов  $P$  при наматывании сновального вала, а следовательно, и величина  $a$ , зависят от скорости  $V$

[2,3], существует другая методика оптимизации [4] – по скорости снования при неизменной величине ставки бобин.

Рассмотрим обобщенную методику совместной оптимизации процесса как по величине ставки бобин, так и по скорости снования.

Фактическая производительность сновальной машины (в валах за смену) [5]:

$$\Pi = (\tau_0 - \tau_b) / [F + \tau + (G t_c) / (n_c G_0)], \quad (1)$$

где

$$F = [G \cdot 10^6 (1 + 0,01\varepsilon) / (2bT_n Vn)] + tP + C \sum_{i=1}^n i k_i, \quad (2)$$

$$P = G a (1 + 0,01\varepsilon) / T_n. \quad (3)$$

Обозначения входящих сюда величин приведены в [5].

При любой фиксированной скорости снования экспериментальное распределение обрывов по вертикальным рядам шпулярика принимаем равномерным:  $k_{zi} = P/n_z$ ,  $i = 1, 2, \dots, n_z$ . Тогда при любом числе  $n$  вертикальных рядов бобин

по методике [6] будем иметь  $k_i = P/n$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ .

При этом

$$\sum_{i=1}^n i k_i = P(n+1)/2 \quad (4)$$

и функция (2) с учетом (3) примет вид

$$F(n, V) = \frac{G(1+0,01\varepsilon)}{2T_n} \left[ \frac{10^6}{b V n} + a(2t + Cn + C) \right]. \quad (5)$$

Согласно [2, 3] суммарное число  $P$  обрывов нитей за период наработки сновальной паковки возрастает с увеличением скорости снования  $V$ . В определенном диапазоне ее изменения эта зависимость выражается полиномом второй степени:

$$P = A + A_0 V + A_1 V^2, \quad (6)$$

где скорость  $V$ , м/с;  $A, A_0, A_1$  – постоянные экспериментальные коэффици-

енты, или чаще всего линейной функцией при  $A_1 = 0$ .

Принимаем

$$P = A + A_0 V. \quad (7)$$

$$\alpha = AT_n / [G(1 + 0,01\varepsilon)], \quad \alpha_0 = A_0 T_n / [G(1 + 0,01\varepsilon)]. \quad (9)$$

После подстановки (8) в (5) имеем:

$$F(n, V) = \frac{G(1 + 0,01\varepsilon)}{2T_n} \left[ \frac{10^6}{bVn} + (\alpha + \alpha_0 V)(2t + Cn + C) \right]. \quad (10)$$

Минимум функции (10) соответствует максимуму производительности (1). Взяв частные производные  $\partial F/\partial n$  и  $\partial F/\partial V$  и приравняв их к нулю, получим систему двух алгебраических уравнений для определения оптимальных значений  $n_{\text{опт}}$  и  $V_{\text{опт}}$ :

$$C(\alpha + \alpha_0 V) = 10^6 / (bVn^2), \quad (11)$$

$$\alpha_0 (2t + Cn + C) = 10^6 / (bnV^2). \quad (12)$$

Заметим, что при  $V = \text{const}$ , величина  $a = \alpha + \alpha_0 V = \text{const}$  и, имея в виду зависимость  $n = m/2b$  [5], из (11) получаем упомянутую выше формулу из [1].

Покажем, что при  $n = \text{const}$ , из (12) вытекает формула для определения оптимальной скорости снования [4], которая в наших обозначениях будет

$$V_{\text{опт}} = \sqrt{L / (A_0 \bar{t})}, \quad (13)$$

где  $L$  – длина снования нитей,  $\bar{t}$  – среднее время простоя машины из-за ликвидации обрыва нити.

Действительно, согласно (9) и (11) из [5] с учетом (4):

$$\bar{t} = t + (C \sum_{i=1}^n ik_i) / P = t + C \frac{n+1}{2}, \quad (14)$$

$$L = G \cdot 10^6 (1 + 0,01\varepsilon) / (2bnT_n). \quad (15)$$

Тогда из (3) и (7)

$$a = \alpha + \alpha_0 V, \quad (8)$$

где

Следовательно,  $2t + Cn + C = 2\bar{t}$  и после подстановки этого равенства и второй из формул (9) в (12) с учетом (15) находим

$$A_0 \bar{t} = L / V^2, \quad (16)$$

откуда и получается формула (13).

Таким образом, уравнения (11) и (12) включают в себя в качестве частных случаев известные формулы оптимизации процесса партионного снования как по величине ставки бобин (при  $V = \text{const}$ ), так и по скорости снования (при  $n = \text{const}$ ). Для проведения оптимизации процесса по обоим указанным параметрам, считая их независимыми переменными, совместно решим (11) и (12).

Из уравнения (12)

$$V = 10^3 / \sqrt{\alpha_0 bn(2t + Cn + C)}. \quad (17)$$

После подстановки этого выражения в (11) и несложных преобразований, исключая радикалы, приходим к алгебраическому уравнению четвертой степени:

$$n^4 + \beta n^3 - \beta_0 = 0, \quad (18)$$

где

$$\beta = \left( 1 + 2 \frac{t}{C} \right), \quad \beta_0 = 10^6 \alpha_0 \beta^2 / (C\alpha^2 b). \quad (19)$$

Величины  $\beta$  и  $\beta_0$  положительны (поскольку  $\alpha_0 > 0$ ), а уравнение (18) имеет одну переменную знаков в ряду своих коэффициентов. Поэтому согласно теореме Де-

карта [7] оно имеет один положительный корень, который и подлежит определению.

Способом Феррари [7, с.295] искомое решение данного уравнения рассчитывается по формуле

$$n_{\text{опт}} = \sqrt{\frac{1}{4} \left( \frac{\beta}{2} + B_1 \right)^2 - \left( \frac{y_0}{2} + B \right) - \frac{1}{2} \left( \frac{\beta}{2} + B_1 \right)}, \quad (20)$$

где

$$y_0 = \sqrt[3]{\beta_0} \left\{ \sqrt[3]{-\frac{\beta^2}{2} + \sqrt{\frac{\beta^4}{4} + \frac{64\beta_0}{27}}} + \sqrt[3]{-\frac{\beta^2}{2} - \sqrt{\frac{\beta^4}{4} + \frac{64\beta_0}{27}}} \right\}, \quad (21)$$

$$B = -\sqrt{\frac{y_0^2}{4} + \beta_0}, \quad B_1 = \sqrt{\frac{\beta^2}{4} + y_0}. \quad (22)$$

После определения оптимальной величины  $n_{\text{опт}}$  вертикальных рядов шпулярника оптимальная скорость  $V_{\text{опт}}$  снования рассчитывается по формуле (17).

Рассмотрим оптимизацию процесса партионного снования хлопчатобумажной пряжи  $T_H = 18,5$  текс при числе нитей  $m = 412$  и длине снования  $L = 25000$  м [3]. В интервале  $140 \leq V \leq 700$  м/мин ( $2,333 \leq V \leq 11,667$  м/с) параболическая зависимость числа обрывов от скорости снования, соответствующая варианту II [3], может быть аппроксимирована с погрешностью менее 5% линейной функцией (7) при  $A = 7,98$  с/м и  $A_0 = -17,9$ . Полагая  $\epsilon = 0,3\%$  и  $G = 190$  кг, по формулам (9) находим:  $\alpha = -1,737$  и  $\alpha_0 = 0,775$ . Величина  $\alpha_0$  выражена в обрывах на 1 млн. м одиночной нити, с/м, а величина  $\alpha$  имеет размерность а.

Принимаем шпулярник Ш-616-2, где  $b = 7$ . Время ликвидации обрыва на среднем (15-м) ряду шпулярника составляет 42 с [3], поэтому полагаем  $t = 30$  и  $C = 0,8$  с ( $\bar{t} = 30 + 15 \cdot 0,8 = 42$  с). По формулам (19), (21), (22), (20) и (17) последовательно получаем:  $\beta = 76$ ;  $\beta_0 = 264,936 \cdot 10^6$ ;  $y_0 = -1441,1626$ ;  $B = -16292,8$ ;  $B_1 = 1,684$ ;  $n_{\text{опт}} = 112$  и  $V_{\text{опт}} = 3,308$  м/с

(198 м/мин). По формуле (10)  $F(n_{\text{опт}}, V_{\text{опт}}) = 2626,3386$  с, а по формуле (1) при  $\tau_0 = 28800$ ;  $\tau_b = 1434$ ;  $\tau = 520$ ;  $\tau_c = 9$  с;  $n_c = 3$ ;  $G_{\text{с}} = 1,4$  кг [6] максимальная производительность  $\Pi_{\text{max}} = 7,701$  валов в смену, или  $7,701 \cdot 190 / 8 = 189,2$  кг/ч.

В подавляющем большинстве случаев, как и в приведенном примере, рассчитанное количество рядов шпулярника получается значительно превышающим емкость шпулярника. Поэтому рассмотрим условную оптимизацию процесса, то есть поиск наибольшей производительности  $\Pi'_{\text{max}}$  сновальной машины в определенных (заданных) границах скорости снования и величины ставки бобин.

Пусть  $V_H$  и  $V_B$  – нижний и верхний уровни скорости снования при экспериментальном определении функции (8), а  $n_{\text{доп}}$  – максимально допустимое количество вертикальных рядов шпулярника.

Тогда условная оптимизация проводится при ограничениях:

$$V_H \leq V \leq V_B, \quad (23)$$

$$n_3 \leq n_{\text{доп}}, \quad (24)$$

где  $n_3$  – заданное (принятое) число вертикальных рядов шпулярника ( $n_3 = m / (2b)$ ).

Для проведения условной оптимизации разобьем с определенным шагом весь диапазон (23) изменения скорости снования на отдельные значения  $V$ . Каждому из них согласно формуле (8) соответствует своя величина  $a(V)$ .

Далее заметим, что при фиксированной скорости снования производная  $\partial F/\partial n$  от функции (10) будет отрицательной, если

$$n < n'_{\text{опт}} = 10^3 / \sqrt{bVCa(V)}. \quad (25)$$

При этом функция (10) с ростом  $n$  будет убывать и при  $n = n'_{\text{опт}}$  достигать своего наименьшего значения. Следовательно, если для данной скорости снования в интервале (23)  $n'_{\text{опт}}$  окажется меньше  $n_{\text{доп}}$ , то в качестве оптимального количества  $n^*$  рядов шпулярника следует принять  $n'_{\text{опт}}$ .

Часто  $n'_{\text{опт}}$ , рассчитанное по формуле (25) для скоростей снования в интервале (23), превышает  $n_{\text{доп}}$  и поэтому функция (10) убывает с ростом  $n$  вплоть до  $n = n_3$ . Оптимальное количество рядов шпулярника в этих случаях  $n^* = n_3$ .

После определения в интервале (23) величин  $n^*$  по формуле (10) рассчитываются соответствующие функции  $F(n^*, V)$ . Затем из всех значений  $F$  выбирается  $F_{\text{min}}$ , чему соответствует при ограничениях (23) и (24) наибольшая производительность  $\Pi'_{\text{max}}$  сновальной машины. Скорость снования и число рядов шпулярника, при которых получена  $F_{\text{min}}$ , принимаются за окончательные оптимальные величины  $n^*$  и  $V^*$ .

Отметим, что при найденном  $n^*$  условно оптимальную скорость  $V^*$  можно уточнить, рассчитав ее по формуле (17). Если эта расчетная скорость  $V'_{\text{опт}}$  не выходит за пределы (23), то в качестве  $V^*$  можно принять значение  $V'_{\text{опт}}(n^*)$ . В противном случае оптимальной остается скорость  $V^*$ , соответствующая  $F_{\text{min}}(V^*, n^*)$ .

В качестве примеров применения изложенной методики условной оптимизации процесса партионного снования в табл.1 приведены расчетные результаты, основанные на различных вариантах экспериментальных данных [2].

Таблица 1

Номер варианта оптимизации	$V$ , м/мин	300	350	400	450	500	550	600	650	700
		$V$ , м/с	5.0	5.833	6.667	7.5	8.333	9.167	10.0	10.833
1	$a(V)$	2.931	3.794	4.658	5.521	6.384	$V'_{\text{опт}}(44) = 5,71 \text{ м/с}$ $V^*(44) = 5,71 \text{ м/с}$ $(342,6 \text{ м/мин})$			
	$n'_{\text{опт}}$	110.4	89,8	75,8	65,6	57,9				
	$n^* = n_3$	44	44	44	44	44				
	$F(n_3), \text{с}$	3827	3786	3841	3960	4122				
2	$a(V)$	1.752	2.530	3.309	4.087	4.865	5.644	6.422	$V'_{\text{опт}}(42) = 6,21 \text{ м/с}$ $V^*(42) = 6,21 \text{ м/с}$ $(372,7 \text{ м/мин})$	
	$n'_{\text{опт}}$	142,8	110,0	89,9	76,9	66,4	58,7	52,7		
	$n^* = n_3$	42	42	42	42	42	42	42		
	$F(n_3), \text{с}$	3478	3380	3382	3452	3567	3716	3892		
3	$a(V)$	$V'_{\text{опт}}(42) = 5,86 \text{ м/с}$ $V^*(42) = 6,67 \text{ м/с}$ $(400 \text{ м/мин})$		1.553	2.428	3.302	4.178	5.053	5.928	6.803
	$n'_{\text{опт}}$			131.3	99,0	80.6	68,3	59,4	52,7	47,4
	$n^* = n_3$			42	42	42	42	42	42	42
	$F(n_3), \text{с}$			2700	2807	2960	3148	3360	3592	3840

В расчетах принято: шпулярник Ш-616-2;  $b = 7$ ;  $n_{\text{доп}} = 616/(2 \cdot 7) = 44$ ;  $T_H = 25$  текс;  $G = 205$  кг;  $G_6 = 1,4$  кг;  $\epsilon = 0,3\%$ ;  $t = 30$ с;  $C = 0,8$ с. Коэффициенты

функции (8) и границы (23) ее определения [2] будут:  $\alpha_0^{(1)} = 1,036$ ;  $\alpha^{(1)} = -2,249$ ;  $\alpha_0^{(2)} = 0,934$ ;  $\alpha^{(2)} = -2,918$ ;  $\alpha_0^{(3)} = 1,050$ ;

$\alpha^{(3)} = -5,447$ ;  $V_H^{(1)} = 300$ ;  $V_B^{(1)} = 500$  м/мин;  
 $V_H^{(2)} = 300$ ;  $V_B^{(2)} = 600$  м/мин;  $V_H^{(3)} = 400$ ;  
 $V_B^{(3)} = 700$  м/мин. Верхние индексы означают номера вариантов оптимизации.

Из табл.1 видно, что в первом и втором вариантах оптимальные значения скорости  $V'_{\text{опт}}$  (44) и  $V'_{\text{опт}}$  (42) не выходят за пределы (23), поэтому принято  $V^*$  (44) =  $V'_{\text{опт}}$  (44) и  $V^*$  (42) =  $V'_{\text{опт}}$  (42). В третьем варианте оптимальная скорость  $V^*$  (42) получена по минимуму функции  $F(n_3)$ , так как значения  $V'_{\text{опт}}$  (42) в этом случае выходят за границы (23).

Применение условной оптимизации к рассмотренному выше примеру безусловной оптимизации показывает, что во всем исследуемом диапазоне изменения скорости снования  $n'_{\text{опт}}$  превышает  $n_{\text{доп}} = 44$ .

Принимая согласно (24)  $n^* = n_3 = 42$ , по формуле (17)  $V'_{\text{опт}}$  (42) = 6,82 м/с или 409,2 м/мин. Поскольку это значение скорости укладывается в заданный интервал ее изменения,  $V^*$  (42) = 409,2 м/мин. По формуле (10) находим  $F(n^*, V^*) = 4294,06$  с, а согласно (1)  $\Pi'_{\text{max}} = 5,24$  вала в смену, или  $5,24 \cdot 190 / 8 = 124,5$  кг/ч.

## ВЫВОДЫ

1. Для получения максимальной производительности партионной сновальной машины предложены методики безусловной и условной оптимизации процесса одновременно по величине ставки бобин и по скорости снования.

2. Предложенные методики включают в себя как частные случаи известные формулы оптимизации процесса по величине ставки бобин (при  $V = \text{const}$ ), или по скорости снования (при  $n = \text{const}$ ).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гордеев В.А. // Текстильная промышленность. – 1951, №11. С.29...31.
2. Врублевский В.А. и др. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1983, №6. С.78...81.
3. Гусев Б.Н. и др. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1986, №6. С.39...42.
4. Маховер В.Л. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1993, №5. С. 30...34.
5. Маховер В.Л., Микаелян В.Б. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1999, №4. С.39...43.
6. Маховер В.Л. и др. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2002, №1. С.31...35.
7. Окунев Л.Я. Высшая алгебра. – М.-Л.: Гостехтеоретиздат. 1940.

Рекомендована кафедрой ткачества. Поступила 07.12.01.



## О ПРИБОЕ УТКА\*

С.Г. СТЕПАНОВ, Н.М. СОКЕРИН, Г.В. СТЕПАНОВ

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

Как отмечалось ранее [1], перемещение опушки ткани под действием берда можно описать линейным неоднородным дифференцированным уравнением второго порядка

$$m\ddot{x} + (C_o + C_t)x = S(t), \quad (1)$$

где  $m$  – масса движущейся ткани и основы;  $x$  – величина прибойной полосы;  $C_o$  и  $C_t$  – коэффициенты жесткости основы и ткани;  $S(t)$  – возмущающая сила.

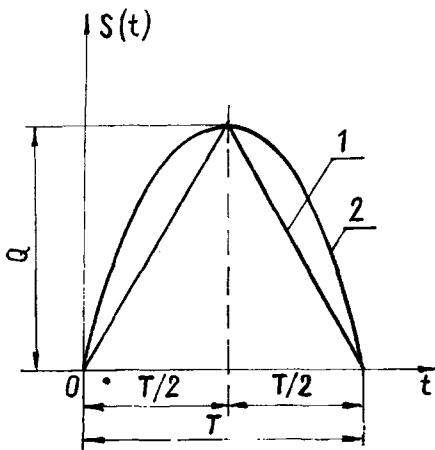


Рис. 1

В [1] неизвестен закон изменения возмущающей силы. Однако из анализа осциллограмм видно: в момент прибоя утка натяжение основы резко возрастает; при этом всплеск кривой на осциллограмме представляет собой некое подобие равно-

бедренного треугольника. Целесообразно получить закон изменения возмущающей силы при прибое (аналог), соответствующей осциллограмме.

Рассмотрим рис.1. Здесь возмущающая сила задана графиком 1. На основании рис.1 имеем

$$S(t) = \begin{cases} \frac{2Q}{T}t & \text{при } 0 \leq t \leq \frac{T}{2}, \\ \frac{2Q}{T}(T-t) & \text{при } \frac{T}{2} \leq t \leq T, \end{cases} \quad (2)$$

где  $Q$  – максимальное значение возмущающей силы;  $T$  – период прибоя;  $t$  – время.

Разложим (2) в ряд Фурье по синусам. Применительно к нашему случаю ряд примет вид [2]:

$$S(t) = \sum_{i=1}^{\infty} b_i \sin ipt, \quad (3)$$

где  $i=1, 2, 3, \dots, p = \pi/T$ .

Коэффициенты ряда подсчитаем по формуле

$$b_i = \frac{2}{T} \int_0^T S(t) \sin ipt dt. \quad (4)$$

Используя (2) и (4), записываем

$$b_i = \frac{2}{T} \int_0^T S(t) \sin ipt dt = \frac{4Qp^2}{\pi^2} \left( \int_0^{\pi/2p} t \sin ipt dt + \frac{\pi}{p} \int_{\pi/2p}^{\pi/p} \sin ipt dt - \int_{\pi/2p}^{\pi/p} t \sin ipt dt \right). \quad (5)$$

\* В порядке обсуждения.

Из (5) имеем

$$\int_0^{\pi/2p} t \sin ipt dt = \frac{1}{i^2 p^2} \sin \frac{\pi i}{2} - \frac{\pi}{2ip^2} \cos \frac{\pi i}{2}, \quad (6)$$

$$\int_{\pi/2p}^{\pi/p} t \sin ipt dt = \frac{\pi}{2ip^2} \cos \frac{i\pi}{2} - \frac{\pi}{ip^2} \cos i\pi - \frac{1}{i^2 p^2} \sin \frac{i\pi}{2}. \quad (8)$$

Подставив (6...8) в (5), получим

$$b_i = \frac{8Q}{i^2 \pi^2} \sin \frac{\pi i}{2}. \quad (9)$$

$$b_1 = \frac{8Q}{\pi^2}, \quad b_3 = -\frac{8Q}{9\pi^2}, \quad b_5 = \frac{8Q}{25\pi^2}, \quad b_7 = -\frac{8Q}{49\pi^2}, \quad b_9 = \frac{8Q}{81\pi^2}.$$

Дальнейшее вычисление коэффициентов нецелесообразно ввиду их малости.

Из (9) следует, что при четных  $i$  все коэффициенты  $b_i$  равны нулю, при нечетных

Тогда (3) будет

$$S(t) = \frac{8Q}{\pi^2} \left( \sin pt - \frac{1}{9} \sin 3pt + \frac{1}{25} \sin 5pt - \frac{1}{49} \sin 7pt + \frac{1}{81} \sin 9pt + \dots \right). \quad (10)$$

Анализируя (10), отмечаем, что на значение функции основное влияние оказывают три первых слагаемых ряда. Следовательно, (10) примет вид

$$S(t) = \frac{8Q}{\pi^2} \left( \sin pt - \frac{1}{9} \sin 3pt + \frac{1}{25} \sin 5pt \right). \quad (11)$$

Равенство (11) отражает закон изменения возмущающей силы, действующей на ткань в момент прибоя уточной нити. В отличие от ломаной 1 (рис. 1) этот закон соответствует плавной кривой 2, что реальнее отражает взаимодействие берда с опушкой ткани.

Вернемся к уравнению (1). Используя (11), записываем

$$\ddot{x} + k^2 x = A \left( \sin pt - \frac{1}{9} \sin 3pt + \frac{1}{25} \sin 5pt \right), \quad (12)$$

где  $k^2 = C/m$ ;  $A = 8Q/\pi^2 m$ ;  $C = C_0 + C_T$ .

Общее решение  $x$  неоднородного дифференциального уравнения (12) имеет вид

$$x = x_1 + x_2, \quad (13)$$

где  $x_2$  — его частное решение, а  $x_1$  — общее решение соответствующего однородного уравнения:

$$\ddot{x} + k^2 x = 0. \quad (14)$$

Поскольку корни характеристического уравнения (14) мнимые,

$$x_1 = C_1 \cos kt + C_2 \sin kt. \quad (15)$$

В соответствии с правой частью уравнения (12), ищем частное решение  $x_2$  в виде

$$x_2 = D_1 \sin pt - \frac{1}{9} D_3 \sin 3pt + \frac{1}{25} D_5 \sin 5pt. \quad (16)$$

Вычислим вторую производную  $x_2$  по времени:

$$\ddot{x}_2 = -p^2 D_1 \sin pt + p^2 D_3 \sin 3pt - p^2 D_5 \sin 5pt. \quad (17)$$

Подставив (16) и (17) в уравнение (12), получим

$$D_5 = \frac{A}{k^2 - 25p^2}.$$

$$D_1 = \frac{A}{k^2 - p^2},$$

Учитывая (16) и значения коэффициентов, записываем

$$D_3 = \frac{A}{k^2 - 9p^2},$$

$$x_2 = \frac{A}{k^2 - p^2} \sin pt - \frac{A}{9(k^2 - 9p^2)} \sin 3pt + \frac{A}{25(k^2 - 25p^2)} \sin 5pt. \quad (18)$$

С помощью (15) и (18) найдем общее решение (13) дифференциального уравнения (12):

$$x = C_1 \cos kt + C_2 \sin kt + \frac{A}{k^2 - p^2} \sin pt - \frac{A}{9(k^2 - 9p^2)} \sin 3pt + \frac{A}{25(k^2 - 25p^2)} \sin 5pt. \quad (19)$$

Для определения постоянных интегрирования  $C_1$  и  $C_2$  вычислим производную по переменной  $t$ :

$$\dot{x} = -C_1 k \sin kt + C_2 \cos kt + \frac{Ap}{k^2 - p^2} \cos pt - \frac{Ap}{3(k^2 - 9p^2)} \cos 3pt + \frac{Ap}{5(k^2 - 25p^2)} \cos 5pt. \quad (20)$$

Начальные условия задачи:  
при  $t=0$ ,  $x=0$ ,  $\dot{x} = V_0$ ,

где  $V_0$  – скорость движения берда в точке касания опушки ткани.

При  $t=0$ ,  $x=0$  из (19)  
 $C_1 = 0$ .

Из (20) при  $t = 0$

$$\dot{x} = V_0.$$

Следовательно,

$$C_2 = \frac{1}{k} \left[ V_0 - Ap \left( \frac{1}{k^2 - p^2} - \frac{1}{3(k^2 - 9p^2)} + \frac{1}{5(k^2 - 25p^2)} \right) \right]. \quad (21)$$

Зная  $C_1$  и  $C_2$ , имеем

$$x = \left[ \frac{V_0}{Ap} - \frac{1}{k^2 - p^2} + \frac{1}{3(k^2 - 9p^2)} - \frac{1}{5(k^2 - 25p^2)} \right] \frac{A p \sin kt}{k} + A \left[ \frac{\sin pt}{k^2 - p^2} - \frac{\sin 3pt}{9(k^2 - 9p^2)} + \frac{\sin 5pt}{25(k^2 - 25p^2)} \right]. \quad (22)$$

В (22) выражение в первой квадратной скобке отражает свободные колебания опушки ткани, вызванные возмущающей силой и имеющие круговую частоту  $k$  сво-

бодных колебаний, а слагаемое второй – вынужденные колебания опушки.

Если в (11) учесть только первый коэффициент, то для приближенных подсчетов из (22) следует

$$x = \frac{1}{k} \left[ V_0 \sin kt + \frac{A}{k^2 - p^2} (k \sin pt - p \sin kt) \right]. \quad (23)$$

Нами рассчитана величина приборной полоски для станка АТПР-100, заправленного бязью арт.127. За исходные данные приняты: частота вращения главного вала 360 об/мин;  $C_0=90000$ Н/м;  $C_T=120000$  Н/м; максимальная сила прибора  $Q=900$ Н; полный угол прибора  $16^\circ$ . Масса перемещающейся ткани и основы  $\approx 0,1$ кг. Скорость движения берда в точке касания опушки ткани 1,4 м/с.

Величину приборной полоски рассчитывали по формулам (22) и (23). Разница несущественна. Значение перемещения опушки ткани составило примерно 3,7 мм, что хорошо согласуется с фактическими данными.

Расчет величины приборной полоски по известной формуле

$$\lambda = \frac{P}{C_0 + C_T} \quad (24)$$

даст значение  $\lambda = 4,3$  мм. Если это значение отнести к фактической величине приборной полоски 3,5 мм, то разница составит 22,9%, а при  $x = 3,7$  мм 5,7%.

Следовательно, формулы (22) и (23) позволяют более точно подсчитать величину перемещения опушки ткани при приборе точной нити. Однако следует заметить, что (22) и (23) лучше использовать при расчете силы прибора, так как угол прибора и величину приборной полоски всегда

можно найти, замерив эти значения непосредственно на станке.

Наряду с расчетом величины приборной полоски нами проведен эксперимент по определению колебаний опушки ткани. На кронштейнах обеих шпаруток крепили массивную конструкцию, а на ней – датчик. Осциллограмма подтвердила наличие колебаний опушки ткани. Кроме того, были сделаны замеры движения ткани в направлении утка. Оказалось, что ткань имеет колебание и в этом направлении. Следовательно, формирование ткани на станке сопровождается сложными колебательными процессами.

Вопросы прибора утка рассматривались И.И. Мигушовым в [3]: прямолинейная нить одним концом закреплена на скале, а по другому – производится удар. Нагрузка на нить подчиняется линейному закону. Приведен ряд аналитических соотношений, но расчетов не сделано. Это затрудняет анализ данного материала, а также использование его для целей практики.

## ВЫВОДЫ

Рассмотрен процесс прибора утка и получены аналитические соотношения, отражающие взаимосвязь между перемещением опушки ткани и действием возмущающей силы. При приборе утка ткань совершает свободные и вынужденные колебания как вдоль основы, так и вдоль утка. Влияние колебаний на процесс формиро-

вания ткани требует дальнейшего тщательного изучения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Степанов С.Г., Степанов Г.В. Динамика прибора утка // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2002, № 2. С.54...57.

2. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. // Справочник по математике. – М.; Наука, 1986. С.418...425.

3. Якубовский Ю.В. и др. Основы механики нити. – М.; Легкая индустрия, 1973. С. 225...228.

Рекомендована кафедрой ткачества. Поступила 05.10.01.

УДК 677.024

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТКАНИ С ЭФФЕКТОМ ПЕРЕМЕННОЙ ПЛОТНОСТИ

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

(Ивановская государственная текстильная академия)

Ткань с эффектом переменной плотности "Лоза" включает орнамент узора, сформированный вертикальными и горизонтальными полосами полотняного переплетения. Плотность расположения нитей основы в уплотненных полосах составляет 432 нити/дм, в разреженных 222 нити/дм. Плотность расположения нитей утка в уплотненных полосах составляет 273 нити/дм, в разреженных 147 нитей/дм. При раппорте узора 100 нитей основы и 28 нитей утка, средняя плотность ткани по ос-

нове 263 нити/дм, а по утку 163 нити/дм. При выработке данной ткани использована основная пряжа линейной плотности 14,3 текс и уточная пряжа 18,5 текс. Уработка нитей основы в ткани 4,6%, а нитей утка 5,0%.

При нормализации процесса изготовления данной ткани на ткацком станке АТПР-100 использовали центральный композиционный ротатальный эксперимент (ЦКРЭ).

Таблица 1

Факторы	Значения факторов					Интервал варьирования
	$x_i = -1,682$	$x_i = -1$	$x_i = 0$	$x_i = 1$	$x_i = 1,682$	
Величина заступа $X_1$ , мм	17,5	21	26	31	34,5	5
Длина пружины рычага $X_2$ основного регулятора, мм	144,0	144,8	145,9	147,0	147,8	1,1
Расстояние $X_3$ от первой ремизки до первого прутка ламельного прибора, мм	305	325	355	385	405	30

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

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

где  $X_{oi}$ ,  $I_i$  – натуральное значение основного уровня  $i$ -го фактора и его интервал варьирования.

Исследования [2] показывают, что при изготовлении тканей с переменной плотностью расположения нитей утка оценить

напряженность процесса их изготовления можно по характеру изменения натяжения нитей основы при наработке разреженной по утку полосы тканого изделия. Поэтому при проведении эксперимента в качестве выходных параметров принято среднее натяжение нитей основы в раппорте узора ткани по основе при формировании середины разреженной по утку полосы ткани в момент заступа ( $F_{ср.з}^p = Y_{U1}$ ), при максимальном раскрытии (первая ремиза вверх) зева ( $F_{ср.зев}^p = Y_{U2}$ ) и при переднем положении берда ( $F_{ср.бр}^p = Y_{U3}$ ). В рабочей

матрице (табл. 2) приведены результаты исследования натяжения  $Y_{ui}$  нитей основы при выработке ткани "Лоза".

Искомыми выражениями проведенного эксперимента являются полиномы второго порядка:

$$Y_{R1} = 24,746 + 0,412x_1 + 1,395x_2 - 0,45x_3 - 0,163x_1x_2 - 0,313x_1x_3 - 0,563x_2x_3 - 0,632x_1^2 - 0,119x_2^2 - 0,809x_3^2, \quad (2)$$

$$Y_{R2} = 28,820 + 0,235x_1 + 1,425x_2 - 0,65x_3 - 0,125x_1x_2 - 0,40x_1x_3 - 0,975x_2x_3 - 0,607x_1^2 + 0,648x_2^2 - 0,908x_3^2, \quad (3)$$

$$Y_{R3} = 27,611 + 0,131x_1 + 1,286x_2 - 0,278x_3 - 0,037x_1x_2 - 0,688x_1x_3 - 1,038x_2x_3 - 0,742x_1^2 + 0,177x_2^2 - 0,955x_3^2. \quad (4)$$

По формулам (2...4) вычислены расчетные значения выходных параметров  $Y_{Rui}$  (табл. 2). Для определения значимости коэффициентов регрессии использовали критерий Стьюдента, а при проверке гипотезы об адекватности полученных моделей – критерий Фишера.

В связи с тем, что при формировании разреженной по утку полосы ткани наибольшее значение принимает натяжение основных нитей от процесса зевобразования при максимальном раскрытии зева, оптимизация процесса изготовления ткани

"Лоза" проведена по минимальному значению данного параметра.

С помощью табл.2 определено минимальное расчетное значение натяжения нитей основы от процесса зевобразования:  $Y_{m2} = 25,160$  Н (п.13). Кодированные значения факторов при этом:  $x_1=0$ ;  $x_2=0$ ;  $x_3=1,682$ , а натуральные их значения  $X_1=26$  мм;  $X_2=145,9$  мм и  $X_3=405$  мм.

Подставив кодированное значение фактора  $x_3=1,682$  в уравнение (3), получим зависимость

$$Y_{m2} = 25,158 - 0,439x_1 - 0,215x_2 - 0,125x_1x_2 - 0,607x_1^2 + 0,648x_2^2. \quad (5)$$

Определим частные производные уравнения (5) по  $x_1$  и  $x_2$  и запишем систему уравнений:

$$\begin{cases} \frac{\partial F(x)}{\partial x_1} = -0,438 - 0,125x_2 - 1,214x_1 = 0, \\ \frac{\partial F(x)}{\partial x_2} = -0,215 - 0,125x_1 + 1,296x_2 = 0. \end{cases} \quad (6)$$

Решением данной системы уравнений являются  $x_1=-0,340$  и  $x_2=-0,199$ .

Подставляя полученные значения  $x_1$  и  $x_2$  в (5), получаем

$$Y_{m2} = 25,158 - 0,439(-0,340) - 0,215(-0,199) - 0,125(-0,340)(-0,199) - 0,607(-0,340)^2 + 0,648(-0,199)^2 = 25,297, \text{ Н.}$$

Вычислим натуральные значения факторов  $X_1$  и  $X_2$  по формуле (1):

$$X_1 = 26 - 0,340 \cdot 5 = 24,3, \text{ мм,}$$

$$X_2 = 145,9 - 0,199 \cdot 1,1 = 145,7, \text{ мм.}$$

При исследовании обрывности нитей основы при базовом и расчетном вариантах наработка ткани в условиях лаборатории ткачества Ивановского промышленно-экономического колледжа составила по 20 м в каждом случае. Все параметры зап-

Таблица 2

№ п/п	Кодированные значения факторов													Y <sub>u1</sub>	Y <sub>ru1</sub>	Y <sub>u2</sub>	Y <sub>ru2</sub>	Y <sub>u3</sub>	Y <sub>ru3</sub>
	X <sub>0</sub>	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>1</sub> <sup>2</sup>	X <sub>2</sub> <sup>2</sup>	X <sub>3</sub> <sup>2</sup>	X <sub>1</sub> *X <sub>2</sub>	X <sub>1</sub> *X <sub>3</sub>	X <sub>2</sub> *X <sub>3</sub>									
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	23,000	23,504	26,900	27,464	25,400	25,467	
2	1	1	1	-1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	26,900	26,156	32,600	31,512	29,800	29,475	
3	1	1	-1	1	1	1	1	1	-1	1	-1	-1	21,100	22,166	26,900	26,814	24,000	25,045	
4	1	1	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1	1	1	21,100	22,566	26,900	26,962	24,500	24,901	
5	1	-1	1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	24,000	23,632	27,500	28,044	25,900	26,655	
6	1	-1	1	-1	1	1	1	1	-1	1	-1	-1	25,000	25,032	29,800	30,492	27,800	27,911	
7	1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	19,800	21,642	25,200	26,894	24,600	26,085	
8	1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	20,200	20,790	25,400	25,442	22,100	23,189	
9	1	1,682	0	0	2,829	0	0	2,829	0	0	0	0	24,500	23,651	26,900	27,498	25,900	25,732	
10	1	-1,682	0	0	2,829	0	0	2,829	0	0	0	0	23,000	22,265	28,200	26,707	26,800	25,291	
11	1	0	1,682	0	0	2,8291	0	0	2,8291	0	0	0	25,900	24,409	33,200	30,653	30,100	28,112	
12	1	0	-1,682	0	0	2,8291	0	0	2,8291	0	0	0	24,500	24,409	29,000	30,653	27,800	28,112	
13	1	0	0	1,682	0	0	2,8291	0	0	2,8291	0	0	23,000	21,700	26,500	25,160	25,900	24,442	
14	1	0	0	-1,682	0	0	2,8291	0	0	2,8291	0	0	23,500	23,214	26,900	27,343	25,600	25,377	
15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25,000	24,746	28,800	28,820	27,800	27,611	
16	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24,500	24,746	28,300	28,820	27,400	27,611	
17	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25,400	24,746	28,000	28,820	26,900	27,611	
18	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24,000	24,746	28,300	28,820	28,300	27,611	
19	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25,500	24,746	29,800	28,820	28,300	27,611	
20	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24,000	24,746	29,800	28,820	26,900	27,611	

равки станка АТПР-100-4, кроме варьируемых факторов, оставались неизменными.

Экспериментальные исследования показали, что обрывность нитей основы в базовом варианте равнялась 0,14, а в расчетном 0,11 обрыва на метр. На основании проведенных исследований в качестве оптимального принят расчетный вариант: величина заступа 24,3 мм; длина пружины рычага основного регулятора 145,7 мм; расстояние от первой ремизки до первого прутка ламельного прибора 405 мм.

## ВЫВОДЫ

1. На основе ЦКРЭ получены адекватные регрессионные уравнения, описывающие изменение натяжения нитей основы в момент заступа, максимального раскрытия зева и прибора от трех факторов: величины заступа, длины пружины рычага основного

регулятора и расстояния от первой ремизки до первого прутка ламельного прибора.

2. Определены оптимальные параметры заправки станка АТПР-100-4 при выработке ткани "Лоза": величина заступа 24 мм; длина пружины рычага основного регулятора 145,7 мм; расстояние от первой ремизки до первого прутка ламельного прибора 405 мм.

## ЛИТЕРАТУРА

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

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

Рекомендована кафедрой ткачества. Поступила 07.12.01.

УДК 677.024

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ИЗГИБА НИТЕЙ ОСНОВЫ В ТКАНЯХ НОВЫХ СТРУКТУР НА ОСНОВЕ ЛИНЕЙНОЙ ТЕОРИИ ИЗГИБА

Т.Ю. КАРЕВА

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

В процессе изготовления по способу [1] тканей новых структур (тканей с переменным направлением осей нитей основы) нити основы не остаются параллельными, а взаимодействуют друг с другом, то есть находятся под определенным углом  $2\alpha$  между собой и углом  $\beta$  к нитям утка.

Для определения параметров строения ткани изобразим (рис.1) расположение систем нитей основы и нитей утка с учетом их взаимодействия в пределах раппортов по основе и утку. Выделим, например, нить основы  $O_1$  одной системы, и рассмотрим взаимодействие ее с нитями утка и нитями основы другой системы ( $O_1'$  и  $O_2'$ ).

Раппорт по утку равен 9 уточным нитям. Этот раппорт состоит из элементарных раппортов, в которых нити основы одной системы одинаково взаимодействуют с нитями утка и нитями основы другой системы. Таким образом, с целью определения величины изгиба нитей основы в пределах раппорта переплетения рассмотрим величины высот волн изгиба нити основы внутри элементарных раппортов, то есть исследуем по отдельности каждый участок, и запишем уравнения связи для стыков всех этих элементарных участков.



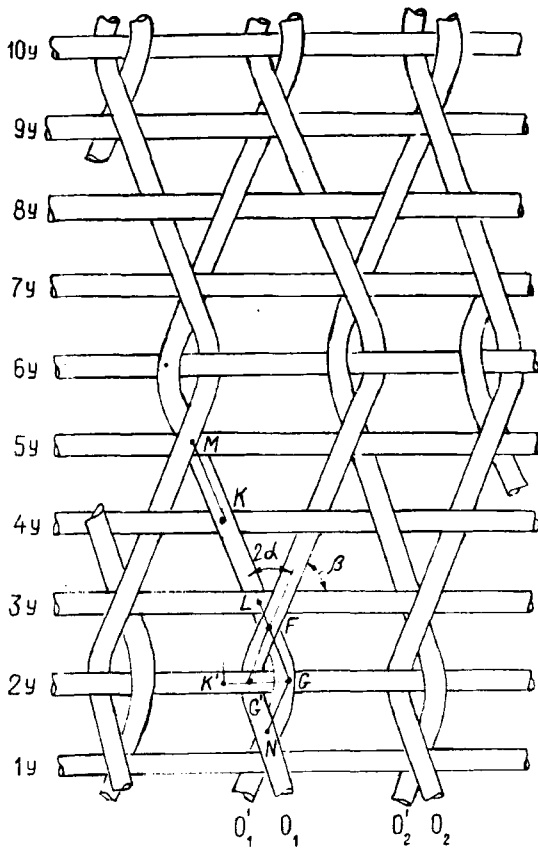


Рис. 1

Следует отметить, что представленные здесь теоретические выводы касаются прямолинейного участка взаимодействия нитей основы с нитями утка. Участок раппорта FGN (рис. 1) будет рассмотрен отдельно.

$$E_0 J_0 y'' = M_n + F_0 y - \left( \frac{N}{2} - N_y \right) x - N_y (x - a) = M_n + N_y a + F_0 y - \frac{N}{2} x, \quad (1)$$

где  $E_0$  – модуль упругости нити;  $J_0$  – момент инерции сечения нити;  $M_n$  – изгибающий момент;  $N_y$  – сила нормального давления нитей утка в месте взаимодействия нитей основы;  $F_0$  – натяжение нитей основы.

Ход решения уравнения (1) известен [2], поэтому полностью его не приводим. Общее решение уравнения (1) имеет вид:

$$y = \frac{N_x}{2F_0} - \frac{M_n + N_y a}{F_0} + C_1 e^{Ax} + C_2 e^{-Ax}, \quad (2)$$

Как видим из рис.1, уточные нити переплетаются с нитями основы систем  $O_1'$  и  $O_1$  полотняным переплетением. Примем в первом приближении, что все уточные нити в пределах раппорта переплетения по утку одинаково нагружены со стороны нитей основы  $O_1, O_2$  и  $O_1' и O_2'$ , причем нити основы имеют одинаковое натяжение  $F_0$ ; расстояние между уточными нитями примерно одинаковое.

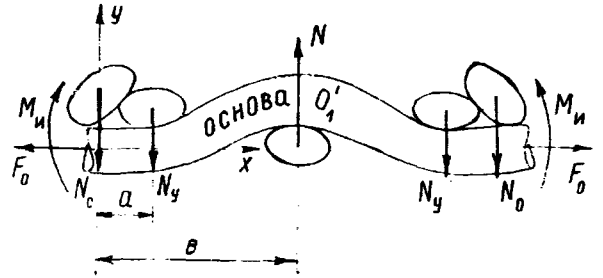


Рис. 2

Рассмотрим представленную на рис. 2 геометрическую модель строения ткани с переменным направлением осей нитей основы на участке элементарного раппорта взаимодействия нити основы  $O_1'$  "нижней" системы основных нитей с 3, 4 и 5-й уточными нитями. На рис. 1 это соответствует отрезку FLKM.

Запишем дифференциальное уравнение изгиба нити  $O_1'$ :

$$\text{где } A = \sqrt{\frac{F_0}{E_0 J_0}}; a = FL = KG - FG - KL.$$

$$\text{Согласно рис.1 } KG = \frac{2l_y}{\sin \beta}, KL = \frac{l_y}{\sin \beta}.$$

Величину FG определим из равнобедренного треугольника  $FGG'$ , используя теорему синусов и приняв во внимание, что согласно особенности изготовления и строения ткани новой структуры  $GG' = d_0 + d_y$ :

$$FG = \frac{(d_0 + d_y) \sin \beta}{\sin 2\alpha}.$$

Тогда

$$a = FL = KG - FG - KL = \frac{l_y}{\sin\beta} - \frac{(d_0 + d_y) \sin\beta}{\sin 2\alpha}. \quad (3)$$

Определим согласно рис. 2 постоянные  $C_1$  и  $C_2$  и изгибающий момент  $M_H$  из граничных условий ( $y=0, x=0$ ;  $y'=0, x=0$ ) и

дополнительного условия  $y'=0, x=b$ , где  $b$  из  $\Delta KK'G$  (рис. 1):

$$b = KF = KG - FG = \frac{2l_y}{\sin\beta} - \frac{(d_0 + d_y) \sin\beta}{\sin 2\alpha}. \quad (4)$$

При  $y=0, x=0$ :

$$C_1 + C_2 = \frac{M_H + N_y a}{F_0}. \quad (5)$$

$$y' = \frac{N}{2F_0} + AC_1 e^{Ab} - AC_2 e^{-Ab} = 0. \quad (7)$$

Из уравнения (6) имеем

При  $y'=0, x=0$ :

$$y' = \frac{N}{2F_0} + AC_1 e^{A0} - AC_2 e^{-A0} = 0, \quad (6)$$

$$C_1 = C_2 - \frac{N}{2F_0 A}, \quad (8)$$

$$-\frac{N}{2F_0} = A(C_1 - C_2).$$

$$C_2 = C_1 + \frac{N}{2F_0 A}. \quad (9)$$

Для определения  $C_1$  подставим (9) в (7) и получим

При  $y'=0, x=b$ :

$$y' = \frac{N}{2F_0} + AC_1 e^{Ab} - Ae^{-Ab} \left( C_1 + \frac{N}{2F_0 A} \right) = 0, \quad (10)$$

$$C_1 = \frac{N(e^{-Ab} - 1)}{4F_0 A \operatorname{sh}(Ab)}.$$

$C_2$  найдем, подставив (8) в (7):

$$y' = \frac{N}{2F_0} + Ae^{Ab} \left( C_2 - \frac{N}{2F_0 A} \right) - Ae^{-Ab} C_2 = 0, \quad (11)$$

$$C_2 = \frac{N(e^{Ab} - 1)}{4F_0 A \operatorname{sh}(Ab)}.$$

Изгибающий момент  $M_H$  определим, подставив (10) и (11) в (5):

$$\frac{N(e^{-Ab} - 1)}{4F_0 A \operatorname{sh}(Ab)} + \frac{N(e^{Ab} - 1)}{4F_0 A \operatorname{sh}(Ab)} = \frac{M_H + N_y a}{F_0}, \quad (12)$$

$$M_H = \frac{N[\operatorname{ch}(Ab) - 1]}{2A \operatorname{sh}(Ab)} - N_y a.$$

Подставив выражение  $M_H$  в (2) и приняв  $x=b$ , получим формулу для определения высоты волны изгиба нити основы:

$$y = h_{01} = \frac{Nb}{2F_0} - \frac{N[\operatorname{ch}(Ab) - 1]}{2A \operatorname{sh}(Ab) F_0} + \frac{N(e^{-Ab} - 1)e^{Ab}}{4F_0 A \operatorname{sh}(Ab)} + \frac{N(e^{Ab} - 1)e^{-Ab}}{4F_0 A \operatorname{sh}(Ab)} = \frac{N}{2F_0} \left( b + \frac{2[1 - \operatorname{ch}(Ab)]}{A \operatorname{sh}(Ab)} \right). \quad (13)$$

Для получения окончательной формулы высоты волны изгиба нити основы "нижней" системы ( $O_1'$ ) в пределах элементарного раппорта взаимодействия нити основы  $O_1'$  "нижней" системы основных

нитей с 3, 4 и 5-й уточными нитями подставим в (13) выражение (4) и учитывая, что  $\sin 2\alpha = 2\sin\beta\cos\beta$  и  $l_y = \frac{100}{P_y}$ , получим

$$h_{O_1'} = \frac{N}{2F_0} \left[ \frac{200}{P_y \sin\beta} - \frac{d_0 + d_y}{2 \cos\beta} + \sqrt{\frac{E_0 J_0}{F_0}} \frac{2 \left[ 1 - \operatorname{ch} \left( \sqrt{\frac{F_0}{E_0 J_0}} \left( \frac{200}{P_y \sin\beta} - \frac{d_0 + d_y}{2 \cos\beta} \right) \right) \right]}{\operatorname{sh} \left( \sqrt{\frac{F_0}{E_0 J_0}} \left( \frac{200}{P_y \sin\beta} - \frac{d_0 + d_y}{2 \cos\beta} \right) \right)} \right]. \quad (14)$$

В представленной формуле неизвестной величиной является сила нормального давления нитей утка на нить основы. Определение ее рассмотрим отдельно.

### ВЫВОДЫ

На основе линейной теории изгиба методом начальных параметров получена формула для определения высоты волны изгиба нитей основы в элементе ткани новой структуры, где нити основы взаимодействуют между собой, переплетаясь с нитями утка.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Патент №2096543 РФ, ДОЗД19/00. Способ получения ткани на ткацком станке. – Оpubл. 1997. Бюл. № 32.
2. Научн.-исслед. тр. ЦНИХБИ: Сб. работ за 1964 г. под ред. к.т.н. Н.И. Золотарева. – М.: Легкая индустрия, 1966. С. 408...418.

Рекомендована кафедрой ткачества. Поступила 12.04.02.

УДК 677.027.47

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ УПРОЧНЕНИЯ ОКРАСОК ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Е.Ю. КУВАЕВА, О.И. ОДИНЦОВА, Б.Н. МЕЛЬНИКОВ

(Ивановский государственный химико-технологический университет)

В связи с ужесточением требований к содержанию на текстильных материалах свободного формальдегида необходимо строго контролировать количество формальдегида как на тканях, так в промывных водах и воздухе. Поэтому перед отделочниками и химиками-производителями ТВВ ставится задача: создание экологически безопасного закрепляющего препарата и технологии его применения.

Цель настоящей работы – разработка бесформальдегидного закрепителя, способного эффективно упрочнять окраски хлопчатобумажных тканей, колорированных не только прямыми, но и активными красителями, в частности, фталоцианинового ряда, что особенно важно при получении бирюзовых узорчатых расцветок.

Критерием оценки эффективности применения закрепляющих препаратов служили прочностные показатели окрасок текстильных материалов, определяемые в соответствии с ГОСТом 9733.4–83, ГОСТом 9733.6–83, ГОСТом 9733.27–83.

Нами проведен сравнительный анализ широкого спектра существующих отечественных бесформальдегидных и формальдегидных закрепителей.

Изучение зависимости среднего значения прочностных показателей окраски текстильных материалов (СППО) от концентрации закрепителя в растворе позволило оценить эффективность действия бесформальдегидных препаратов по отношению к формальдегидсодержащим. Уровень

СППО, который необходимо достигнуть, обозначен горизонтальной пунктирной прямой, определяющей прочностные показатели окрасок, удовлетворяющие требованиям нормативно-технической документации (рис.1, где 1 – ДЦМ; 2 – ДЦУ; 3 – У-2; 4 – бикол; 5 – олигозол БТФ; 6 – БФК; 7 – БЗК-2; 8 – БЗК-1).

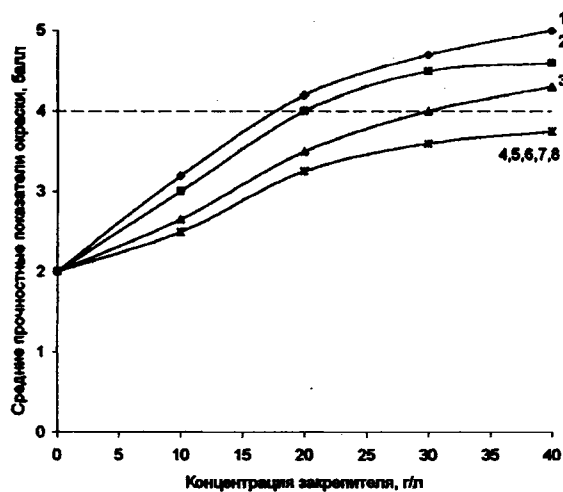


Рис. 1

Полученные зависимости показывают, что формальдегидсодержащие закрепители (кривые 1...3) при концентрации 20...30 г/л позволяют достичь уровня прочностных показателей окраски, соответствующего требованиям ГОСТа. В то время как бесформальдегидные отечественные препараты (кривые 4...8) обладают более низкой закрепляющей способностью.

При применении формальдегидсодержащих препаратов, например, ДЦУ, представляющего начальный продукт конденсации дициандиамида с формальдегидом, эффект упрочнения окрасок достигается за счет нескольких факторов:

солеобразования между анионом красителя и катионом закрепителя;

протекания реакции поликонденсации закрепителя с образованием нерастворимой защитной пленки при сушке ткани.

В отличие от формальдегидсодержащих бесформальдегидные закрепители образуют растворимые пленки, что приводит к снижению прочностных показателей окрасок к мокрым обработкам.

Таблица 1

Название препарата	Концентрация, г/л	Устойчивость окрасок, балл, к		
		стирке №1	поту	сухому трению
Гидрокол КАН-500	6			
CH <sub>3</sub> COOH, 70%	2,5	4/3/3-4	4/3/3-4	4
Ревин DWR	20			
CH <sub>3</sub> COOH, 70%	1,5	5/4/5	5/4/5	4
Бикол	40			
CH <sub>3</sub> COOH, 70%	2	4/3-4/3	4/4/4	4
БФК	40			
CH <sub>3</sub> COOH, 70%	1	4/3-4/3	4/3-4/3-4	4
БЗК-1	40			
CH <sub>3</sub> COOH, 70%	2	4/3-4/3	4/3-4/3-4	4
БЗК-2	40			
CH <sub>3</sub> COOH, 70%	2,5	4/3-4/3	4/3-4/3-4	4
Олигозол БТФ	40			
CH <sub>3</sub> COOH, 70%	1	4/3-4/3	4/3-4/3-4	4

Сравнительная оценка эффективности действия бесформальдегидных закрепителей отечественного и импортного производства, представленная в табл.1, показала, что наиболее эффективным для закрепления активного бирюзового 23Т на тканях является ревин DWR.

Использование отечественных бесформальдегидных закрепителей бикола, БФК, БЗК-1, БЗК-2, олигозола БТФ в концентрациях от 40 до 60 г/л не дало положительных результатов по упрочнению окрасок тканей, колорированных активным бирюзовым 23Т (табл.1) и прямым бирюзовым светопрочным.

Лучшие технические результаты закрепления окрасок текстильных материалов получены при применении ревина DWR в концентрации 20 г/л. Однако использование ревина DWR экономически целесообразно только при концентрациях до 10 г/л, так как стоимость этого закрепителя значительно выше, чем отечественных бесформальдегидных закрепителей.

В связи с этим в ИГХТУ проведены ис-

следования по созданию бесформальдегидных препаратов, способных закреплять окраски на целлюлозных текстильных материалах, колорированных прямыми и активными красителями, особенно бирюзовых марок.

Основой большей части бесформальдегидных закрепителей являются высокомолекулярные катионоактивные соединения. Для повышения закрепляющей способности катионоактивного полимера был опробован ряд каталитических добавок. Эффективность действия композита оценивали по закрепляющему числу, определяемому при титровании красителя прямого черного 2С закрепителем известной концентрации [1].

Анализ экспериментальных данных, приведенных в табл.2, показывает, что введение неорганических веществ усиливает эффективность действия бесформальдегидного закрепителя бикола. При этом наблюдается увеличение значений прочностных показателей окрасок тканей в среднем на 1...2 балла.

Таблица 2

№ добавки	Концентрация добавки, моль/л	Закрепляющее число	Устойчивость окрасок, балл, к			Изменение цветового тона	Агрегативная устойчивость композита
			стирке № 1	поту	сухому трению		
Без добавки	-	-	3/2/2	3/2/2	3	-	-
1	0,11	7,0	5/5/5	4/4-5/4-5	4	-	+
2	0,07	7,3	4/4/4	4/4-5/4-5	4	-	+
3	0,08	4,0	5/5/5	4/4-5/4-5	4	-	-
4	0,20	10,1	3/3/3	4/3-4/3-4	4	-	+
5	0,08	7,7	4/3-4/3-4	4/4/4	4	+	+
6	0,09	7,0	5/5/5	4/4/4	4	+	+
7	0,09	7,1	4/4-5/4-5	4/4/4	4	+	+

Исследована агрегативная устойчивость композиционных закрепляющих препаратов и их влияние на колористические показатели окрасок. Полученные результаты позволили разделить закрепляющие препараты на 3 группы. Первая группа включает композиции с закрепляющим числом менее 7,0. Препараты данной группы позволяют повысить устойчивость окрасок текстильных материалов к мокрым обработкам до 4 баллов. Однако данные композиции обладают низкой агрегативной устойчивостью, то есть их можно использовать в виде закрепляющих составов непосредственно в отделочном производстве.

Ко второй группе относятся препараты, имеющие закрепляющее число более 7,6. Они характеризуются хорошей агрегативной устойчивостью, но не позволяют достигать высоких прочностных показателей окраски.

Препараты третьей группы с закрепляющим числом от 7,0 до 7,6 сочетают в себе положительные качества первой и второй групп, то есть композиции агрегативно устойчивы и позволяют получить прочностные показатели окрасок в соответствии с требованиями нормативно-технической документации. К этой группе относятся составы, включающие каталитические добавки № 1, 2, 6, 7.

Одним из требований, предъявляемых к закрепителям, является минимальное воз-

действие их на цветовые характеристики окрашенных материалов. Из данных табл.2 видно, что введение химических соединений № 6 и 7 негативно влияет на изменение цветового тона текстильного материала.

На основании проведенных исследований выявлено, что наиболее эффективной является композиция № 1 – она позволяет получить высокие прочностные показатели окрасок к мокрым обработкам, не изменяет цветовые характеристики и агрегативно устойчива.

Разработанная композиция № 1, получившая название бикол-У, имеет следующие экономические и технологические преимущества:

- по закрепляющей способности бикол-У близок к препарату ДЦУ, но в отличие от него не содержит формальдегида;

- упрощает технологию приготовления пропиточных растворов, так как в отличие от других закрепителей при работе с ним не используется уксусная кислота.

Бикол-У внедрен на многих текстильных предприятиях Ивановского региона и с успехом применяется для закрепления окрасок текстильных материалов, колорированных активными, прямыми и сернистыми красителями по непрерывному и периодическому способам.

Результаты испытаний препарата бикол-У сведены в табл.3.

Наименование предприятия	Артикул ткани	Концентрация закрепителя, г/л	Устойчивость окрасок, балл, к		
			стирке №1	поту	сухому трению
ОАО "Тейково-текстиль"	фланель	30	5/4-5/4-5	5/4-5/5	4
	арт. 59	40	5/5/5	5/5/5	4
	фланель	30	5/4-5/4-5	5/4-5/5	4
	арт.РАПТ	40	5/5/5	5/5/5	4
	ситец	40	5/5/5	5/5/5	4
ОАО "Зиновьевская мануфактура"	арт.43	40	5/5/5	5/5/5	4
	ситец	35	4/4-5/4	4/5/4-5	4

## ВЫВОДЫ

Найдены каталитические добавки и разработан состав бесформальдегидного закрепителя, позволяющего повысить прочность окрасок текстильных материалов, колорированных прямыми и активными красителями в среднем на 2 балла, что соответствует требованиям нормативно-технической документации.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Отделка хлопчатобумажных тканей. – В 2-х ч.. Ч.1. Технология и ассортимент хлопчатобумажных тканей: Справочник / Под ред. Б.Н. Мельникова. – М.: Легпромбытиздат, 1991.

Рекомендована кафедрой химической технологии волокнистых материалов. Поступила 06.12.01.

УДК 677.027.524

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КРАХМАЛЬНО-СИНТЕТИЧЕСКОЙ ЗАКРЕПЛЯЮЩЕЙ КОМПОЗИЦИИ В ПИГМЕНТНОЙ ПЕЧАТИ

*И.М. ЛИПАТОВА, Л.И. МАКАРОВА, Н.В. ЛОСЕВ, А.А. ЮСОВА, А.П. МОРЫГАНОВ*

(Институт химии растворов РАН, г.Иваново)

Пигментные красители занимают ведущее место по объему применения в мире (55%) при колорировании текстильных материалов. В настоящее время при печати тканей пигментами широко применяются синтетические закрепляющие композиции (разработки ведущих зарубежных фирм СНТ, BASF – Германия, Klariant – Австрия, BAYER – Англия, 3V Sigma – Италия и др.) [1], где в качестве связующего компонента выступает водная эмульсия синтетических (со)полимеров (полиакрилатов, полибутадиена, полистирола и др.). Однако наиболее часто в качестве связующих используют (со)полимеры акрилового ряда, которые обеспечивают наибольшую прочность печати. В качестве загустителей

пигментные композиции содержат редкосшитые поликислоты (полиакриловую или полиметакриловую), а в качестве сшивающего агента – преимущественно модифицированные мочевино- или меламиноформальдегидные смолы. При необходимости такие композиции могут также содержать различные целевые добавки: пеногасители, эмульгаторы, смягчители, щелочные или кислотные агенты.

Синтетические пигментные композиции дают мягкую и прозрачную пленку на ткани, чем обеспечивают хорошую чистоту цвета и мягкий гриф печатных рисунков, но они дороги, дают низкую прочность печати к сухому трению, а краски на их основе отличаются плохой смываемостью.

стью с кирзы и оборудования.

На отечественных текстильных предприятиях известен опыт использования обычных крахмальных загусток для разбавления синтетических пигментных композиций с целью снижения себестоимости печати и уменьшения налипаемости краски на кирзе и оборудовании. Однако при этом, как правило, имеет место снижение яркости печатного рисунка и прочности к мокрым обработкам, а также существенное ухудшение грифа. Это связано с тем, что обычные крахмальные загустки содержат большое количество крахмала (10...12 %), который, как известно, не совместим с синтетическими ингредиентами пигментных композиций. При этом закрепляющие пленки имеют низкую прозрачность и недостаточную эластичность, что обуславливает снижение яркости и ухудшение грифа печатного рисунка.

В ИХР РАН проводятся теоретические и практические исследования, направленные на разработку механохимических технологий приготовления модифицированных гелеобразных материалов из крахмала с использованием роторно-пульсационных аппаратов (РПА). В частности, в настоящее время разрабатывается технология приготовления модифицированного крахмального разбавителя для приготовления смешанных крахмально-синтетических пигментных композиций с повышенной совместимостью компонентов.

Важным фактором, влияющим на качество крахмально-синтетической пигментной композиции, является степень дисперсности модифицированного крахмального разбавителя. Степень дисперсности, то есть размер коллоидных частиц в крахмальном разбавителе, определяется в свою очередь условиями механической обработки в РПА крахмального клейстера в присутствии химического модификатора.

Целью настоящей работы явилось исследование влияния интенсивности механической обработки в РПА и степени дисперсности модифицированного крахмального разбавителя в составе крахмально-синтетической закрепляющей композиции на качественные характеристики пигмент-

ной печати.

При использовании гелеобразных крахмальных материалов в качестве разбавителей синтетических пигментных композиций следует учитывать, что крахмал не совместим ни с одним из синтетических полимеров. Таким образом, крахмально-синтетическая смесь состоит из четко разграниченных фаз: водно-крахмальной и водно-синтетической. Технологические свойства таких микрогетерогенных материалов зависят как от размера частиц каждой фазы, так и от химического состава пограничного слоя, определяющего величину межфазного натяжения в полимерной смеси.

Синтетические связующие для пигментной печати представляют собой водные эмульсии полимеров и сополимеров, преимущественно акрилового ряда, стабилизированные поверхностно-активными веществами. Размер частиц эмульсии очень мал – от десятых долей до нескольких микрон. Размер частиц нерасщепленного крахмального клейстера, то есть размер набухших крахмальных зерен, составляет 40...80 мкм (для кукурузного крахмала). Размер частиц расщепленного крахмального гидрогеля, то есть размер осколков зерен, зависит от способа и интенсивности обработки и может составлять от нескольких микрон до десятых долей микрона. При термической обработке высокого уровня дисперсности можно добиться только путем длительной варки с расщепителями. При этом процесс сопровождается деструкцией макромолекул крахмала и потерей вязкости.

Предварительная механическая обработка крахмальной суспензии в РПА незначительно влияет на расщепление крахмальных зерен при последующей разварке [2], в то время как обработка в РПА предварительно клейстеризованного крахмала позволяет в зависимости от условий обработки добиться высокого уровня дисперсности крахмальных гидрогелей.

Крахмальный разбавитель готовили следующим образом. В суспензию крахмала с концентрацией 7 мас% вводили комплексный химический модификатор –



0,06 мас% и производили интенсивное перемешивание в течение 20 мин. После этого смесь нагревали до клейстеризации, вводили 0,02 мас% каустика, 0,06 мас% специально подобранного поверхностно-активного вещества, охлаждали и подвергали механической обработке в РПА.

Состав модификатора подобран таким образом, что при действии высоких тангенциальных напряжений и кавитации, возникающих при обработке в РПА, на поверхности частиц крахмала образуются карбоксилсодержащие комплексы. Присутствие последних повышает химическое сродство между крахмальной и синтетической фазами, что вызывает снижение меж-

фазного натяжения в смеси. Различную степень деградации крахмала в разбавителе получали путем варьирования скорости вращения ротора в РПА от 1500 до 4000 об/мин при механической обработке клейстера; время обработки 10 с.

Далее на основе модифицированных крахмальных разбавителей с различной степенью деградации крахмала готовили пигментные печатные краски с препаратами фирмы СНТ.

Составы синтетической композиции и печатной краски, приготовленной на ее основе с двукратным разбавлением крахмальным разбавителем, приведены в табл.1.

Таблица 1

Состав исходной синтетической композиции, г/кг		Состав печатной краски, г/кг	
Тубифаст VA-50	80	Синтетическая композиция	487
Тубивис DRL-300	30	Модифицированный крахмальный разбавитель	487
Тубификс MF-200	5	Пигмент	20
Тубигат А-60	5	Раствор аммиака 25%-ный	6
Рапидопринт	15		
Вода техническая	865		

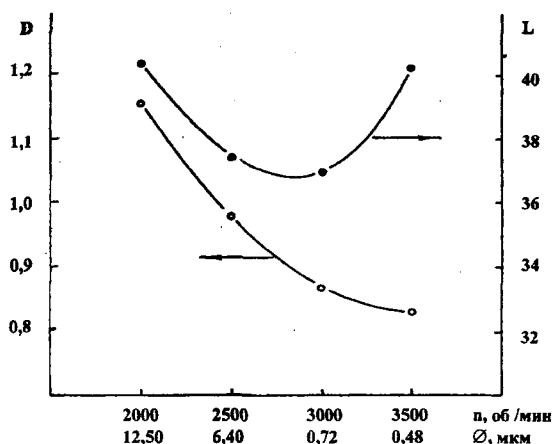


Рис. 1

На рис.1 представлены зависимости показателя светлоты L отпечатков на хлопчатобумажной ткани (пигмент имперон фиолетовый КВ 20 г/кг) и оптической плотности D пленок, отлитых из крахмально-синтетических композиций (1:1), от интенсивности механической обработки в РПА и соответственно усредненного размера коллоидных частиц крахмального разбавителя.

Как видно из рис.1, с увеличением степени деградации крахмала, то есть с уменьшением размера коллоидных частиц разбавителя, оптическая плотность пленок снижается, так как пленки становятся более прозрачными за счет повышения совместимости крахмала с синтетическими компонентами [3]. В то же время интенсивность окраски повышается (L снижается), поскольку более прозрачные пленки в меньшей степени снижают интенсивность цвета, чем более мутные. Однако с уменьшением усредненного размера частиц крахмала до 0,48 мкм получили снижение интенсивности окраски отпечатка. Это связано с тем, что при значительном механическом разрушении крахмала происходит нежелательная потеря вязкости краски, которая излишне проникает в ткань, что при пигментной печати вызывает снижение интенсивности окраски.

Таким образом, можно сделать вывод, что для достижения максимальной интенсивности окраски нужно добиваться некоторой оптимальной степени деградации крахмала при приготовлении разбавителя с

тем, чтобы не допустить излишнего разжижения печатной композиции, но при этом обеспечить достаточную прозрачность отлитой из нее пленки.

Качество печати любыми классами красителей определяется в значительной мере реологическими характеристиками краски. Реологическое поведение пастообразных систем хорошо характеризуется кривыми течения, представляющими собой зависимости  $\lg \eta = f(\lg \tau)$ , которые снимались с помощью ротационного вискозиметра Реотест-2 в диапазоне скоростей сдвига  $1,5 \dots 1312 \text{ с}^{-1}$ . При переходе от чисто синтетической пигментной композиции к смешанной крахмально-синтетической существовала опасность нежелательного изменения пластичности печатных красок.

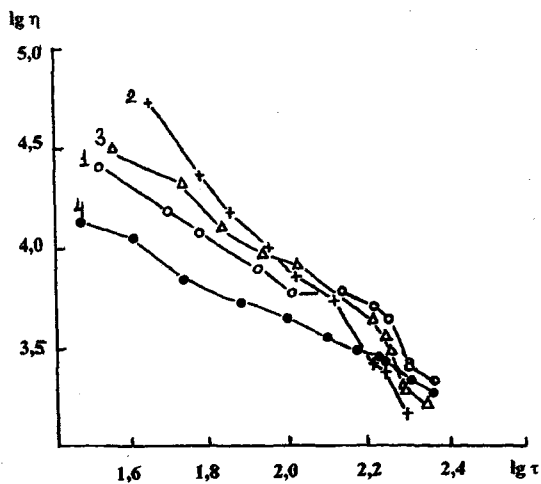


Рис. 2

Кривые течения печатных составов представлены на рис.2: кривые текучести синтетической композиции фирмы СНТ (1) и крахмально-синтетических смесей на ее основе с усредненным диаметром коллоидных частиц крахмального разбавителя (мкм): 2 – 12,50; 3 – 6,40; 4 – 0,48. Реологическое поведение дисперсных систем в значительной степени определяется размером частиц каждой фазы. Как видим из рис.2, с увеличением степени дисперсности, то есть с уменьшением усредненного размера коллоидных частиц крахмального разбавителя, аномалия вязкости (отклонение кривой текучести от горизонтального положения) снижается, то есть композиция становится более пластичной. Чем пластичнее композиция, а следовательно, и краска на ее основе, тем лучше заполняется гравюра и тем качественнее будет печать.

Таким образом, показано, что для обеспечения хороших реологических свойств печатной краски нужно добиваться глубокой деградации крахмальных зерен при приготовлении модифицированного крахмального разбавителя.

Нами исследовано влияние дисперсности модифицированного крахмального разбавителя на ровноту окраски и прочностные показатели печатного рисунка (табл.2 – пигмент имперон фиолетовый КВ 20 г/кг).

Таблица 2

Скорость вращения ротора РПА, об/мин	Усредненный размер частиц крахмала в разбавителе, мкм	Показатель жесткости, %	Прочность к сухому трению, баллы	Прочность к мокрым обработкам: стирка М40, баллы	Относительная смываемость краски с кирзы
2000	12,50	46	4/4	4/3	0,38
2500	6,40	42	4/4	4/4	0,45
3000	0,72	38	4/3	5/5	0,54
3500	0,62	31	3/3	5/5	0,54
Синтетическая композиция без разбавления	–	23	3/3	5/5	1,00

Лабораторные исследования показали, что недостаточно расщепленный крахмальный клейстер без механической обработки вообще не пригоден для разбавления, так как при печати наблюдается "мур" – выраженная неравномерность окра-

ски за счет присутствия грубых включений крахмала. С уменьшением размера коллоидных частиц наблюдалось закономерное увеличение прочности печати к мокрым обработкам.

Повышение прочности к мокрым обра-

боткам с увеличением механической деградации крахмала можно объяснить следующим образом. Известно, что крахмальная пленка обладает способностью набухать в воде, что должно вызывать снижение устойчивости пигментной печати к мокрым обработкам в случае использования крахмального разбавителя. Чтобы избежать этого, в печатную краску при использовании разбавления вводится дополнительное количество сшивающего агента, например, Тубификс MF-200 фирмы СНТ. На стадии термофиксации протекает реакция между сшивающим агентом и крахмалом, а также целлюлозой волокна. При этом чем выше степень дисперсности крахмала, тем выше его реакционная способность и выше скорость диффузии сшивающего агента в пленке печатной краски. Поэтому в этом случае мы наблюдаем более высокие показатели прочности печати к мокрым обработкам.

Иная картина наблюдается при исследовании прочности окраски к сухому трению. Увеличение степени дисперсности крахмала не только не увеличивает прочность печати к сухому трению, но и наоборот при высоких степенях деградации, когда уже наблюдалось излишнее разжижение печатной краски, мы получили некоторое ухудшение прочности к трению. Это связано с тем, что в последнем случае крахмал не задерживается на поверхности ткани, а уходит в глубь ее, не образуя защитной пленки, как в случае менее разрушенного крахмала.

Нами в лабораторных условиях исследовано влияние размера коллоидных частиц модифицированного крахмального разбавителя на смываемость печатной краски с кирзы. В табл. 2 приведены значения относительной смываемости красок, содержащих крахмальный разбавитель различной степени дисперсности.

Относительную смываемость рассчитывали как отношение времени смываемости краски на основе крахмально-синтетической композиции ко времени смывания краски на основе неразбавленной синтетической композиции при одинаковых условиях. За время смывания

принимали время полного удаления шаблонного отпечатка краски с образца кирзы при заданной скорости потока смывающей воды на лабораторном стенде. Было установлено, что краски, приготовленные на основе разбавителя с достаточно грубодисперсным состоянием крахмала, смываются с кирзы легче, чем краски, приготовленные на основе тонкодисперсных разбавителей. Это объясняется тем, что для грубодисперсных систем не обеспечивается достаточно полный контакт краски с поверхностью кирзы, за счет чего облегчается смыв. При более интенсивной обработке крахмального разбавителя в РПА степень смываемости уже не зависит от дисперсности крахмала.

При исследовании влияния степени дисперсности крахмала в составе крахмального разбавителя на жесткость напечатанных образцов (табл.2) установлено, что с увеличением степени дисперсности гриф улучшался. Это связано с тем, что по мере деградации крахмала (повышения степени расщепления, уменьшения размера частиц и накопления водорастворимой фракции) эластичность крахмальных пленок увеличивается. Кроме того, увеличивается совместимость крахмала с другими компонентами смеси и, следовательно, качество образующейся пленки [3].

## ВЫВОДЫ

Таким образом, для достижения хороших результатов по всем показателям печати необходимо добиваться некоторой оптимальной степени дисперсности крахмала в модифицированном разбавителе, избегая его излишней деструкции, вызывающей разжижение печатной краски. При механохимическом способе приготовления модифицированного крахмального разбавителя путем обработки клейстера в РПА оптимальный размер коллоидных частиц крахмала достигается при частоте вращения ротора  $n=3000$  об/мин, что для использованной в работе конструкции РПА соответствует градиенту скорости  $\gamma=5 \cdot 10^{-4} \text{ с}^{-1}$ .

## ЛИТЕРАТУРА

1. Текстильная химия. – 1996, №1(8). Специальный выпуск РСХТК. С. 20...21, 22...25, 27.

2. Ларин О.В., Липатова И.М., Макарова Л.И. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1999, №4. С.69...75.

3. Липатова И.М. и др. // Изв. вузов. Химия и химическая технология. – 1998, т.41, вып. 4. С.40...44.

Рекомендована заседанием ученого совета. Поступила 25.04.02.

УДК 677.027.262.2

## ПРИМЕНЕНИЕ ЛИПОСОМНЫХ ПРЕПАРАТОВ В ПРОЦЕССАХ ПЕРОКСИДНОГО БЕЛЕНИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ\*

И.А.МАКСИМОВСКАЯ, О.А.БЕЛОКУРОВА, Т.Л.ЩЕГЛОВА, Б.Н.МЕЛЬНИКОВ

(Ивановский государственный химико-технологический университет)

Цель настоящего исследования состояла в изучении эффективности использования в качестве вспомогательных веществ при пероксидном белении текстильных материалов нетрадиционных препаратов, в частности, липосом на основе фосфолипидов. В последнее время липосомы становятся объектом многочисленных фундаментальных и прикладных исследований в области фармакологии, медицины, косметики, пищевой индустрии и т.п. В текстильной химии исследования по применению липосом коснулись лишь процессов крашения шерсти, полиамида и полиэфира [1...3]. Вместе с тем везикулярная (пузырьковая) структура липосом, способность капсулировать вещества различной природы дают основание полагать, что их применение может дать положительные результаты и в процессах подготовки текстильных материалов.

Нами использовался липосомный препарат под торговым названием экотранс W-8814 (Испания). Продукт произведен из природных липидов (лецитин сои), нетоксичен и полностью биоразлагаем.

### ФОРМИРОВАНИЕ ЛИПОСОМ

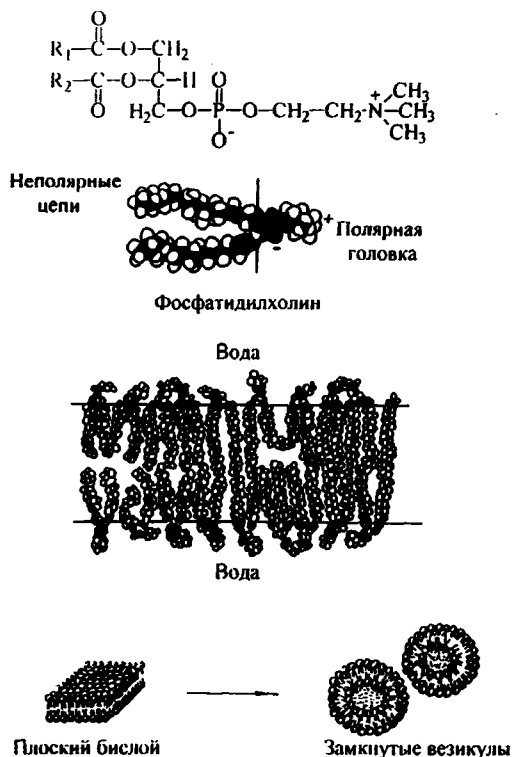


Рис. 1

\* Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Минобразования РФ ТОО-10.2-701.

Основу составляет фосфатидилхолин, структурная формула которого представлена на рис.1. Наличие полярной головки и двух гидрофобных углеводородных цепей придает способность этой молекуле образовывать в воде мембраны, представляющие двойной слой липидных молекул, который, замыкаясь, образует везикулы [4]. Именно везикулярная структура, позволяющая липосомам включать в себя и удерживать вещества различной природы, является очень важной для практического применения липосом.

В качестве текстильных материалов для перексидного беления брали суровые ткани из гидратцеллюлозных волокон – вискозные штапельные и сиблоновые.

Процесс перексидного беления текстильных материалов осуществляли по следующей схеме,

1. Пропитка в течение 10с раствором состава, г/л:
 

пероксид водорода (100 %-ный)	4
едкий натр	2
силикат натрия	4
смачиватель	0,5
температура пропитки	45...50°C.
2. Отжим 100 %.
3. Запаривание в течение 5 мин (T=100°C).
4. Промывка горячей водой со смачивателем (T=85...90°C), горячей и теплой водой.
5. Сушка.

При введении препарата экотранс W-8814 в белящую ванну из ее классического состава исключался смачиватель. Замена традиционного смачивателя на липосомный препарат обусловлена высоким смачивающим действием последнего.

Таблица 1

Состав белящей ванны	Концентрация, г/л	$\sigma \cdot 10^3, \text{ Дж/м}^2$
Без смачивателя	-	70,2
Сульфосид-31	0,5	43,8
Экотранс W-8814	0,5	36,7

В табл.1 приведены значения поверхностного натяжения щелочно-перекисного раствора без смачивателей и в присутствии сульфосида-31 и экотранса W-8814. Как видно из представленных данных, при одинаковом содержании в белящей ванне липосомный препарат по своей смачивающей способности значительно (на 16%) превосходит сульфосид-31. Кроме этого липосомный препарат совершенно не образует пены, что выгодно отличает его от других смачивателей.

Для оценки эффективности использования липосомного препарата и определения его оптимального содержания в составе белящей ванны нами изучено влияние концентрации препарата экотранс W-8814 на качественные показатели отбеленных тканей.

Полученные результаты представлены на рис.2. Из приведенных диаграмм видно, что введение липосомного препарата в перексидную ванну позволяет существенно повысить качество беления вискозных штапельных тканей. Оптимальная кон-

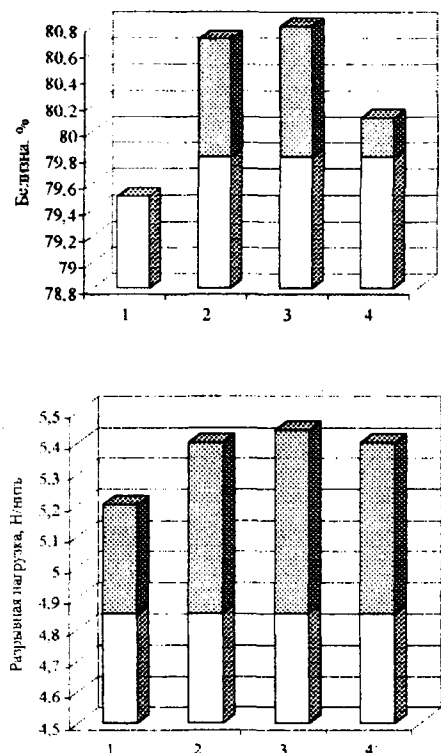


Рис. 2

центрация препарата экотранс W-8814 в соответствии с представленными данными составляет 1,0...1,5 г/л (1, 2, 3 и 4-й столбцы диаграмм соответствуют концентрациям препарата W-8814: 0,5; 1,0; 1,5 и 2,0 г/л; выделенная часть столбцов показывает прирост показателя при замене сульфосида-31 на липосомный препарат). Одновременное повышение прочностных показателей и степени белизны свидетельствуют о создании более благоприятных условий для протекания процесса пероксидного белизнения.

Объяснить полученные результаты только высокой смачивающей способностью липосомного препарата экотранс W-8814 нельзя. Поэтому на следующем этапе исследования изучали действие липосом в условиях пероксидного белизнения.

В результате исследования кинетических закономерностей разложения окислителя установлено, что присутствие липосом в белящей ванне явно замедляет этот процесс. Рассчитанные константы скорости разложения окислителя при белизнии вязкой штапельной ткани по традиционному рецепту и в случае использования липосомного препарата составляют соответственно  $20,8 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$  и  $6,9 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$ .

Следует отметить, что высокая скорость разложения пероксида водорода, как правило, связана с наличием радикально-цепных реакций, катализируемых ионами тяжелых металлов (Fe, Си и др.). Снижение скорости разложения пероксида водорода в присутствии липосом может свидетельствовать об ингибировании радикально-цепных процессов.

Механизм действия липосом можно представить следующим образом. Липосомы, включая в себя имеющиеся в белящем растворе частицы окислителя, играют роль своеобразного хранилища, из которого белящий агент высвобождается постепенно, в необходимых количествах и в течение определенного времени. Другим возможным механизмом может быть капсулирование ионов тяжелых металлов и вывод тем самым из реакционной среды катализаторов радикального разложения пероксида водорода. Таким образом, липосомы в

составе белящей ванны выполняют еще и стабилизирующую функцию.

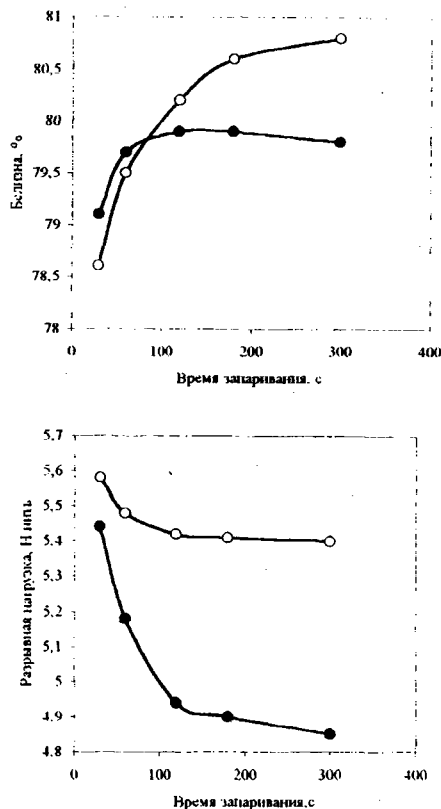


Рис. 3

Характер изменения качественных показателей текстильных материалов в процессе их белизнения (в зависимости от длительности запаривания) полностью согласуется с предположением о стабилизирующем действии липосом. Зависимость величины разрывной нагрузки вязкой штапельной ткани от времени ее запаривания (рис.3) свидетельствует о значительно меньших потерях прочностных характеристик в случае использования в составе белящей ванны препарата экотранс W-8814 (кривая 1). Для вязких штапельных тканей, которые в силу своего морфологического строения отличаются значительными потерями прочности в мокром состоянии, сохранение разрывных характеристик на высоком уровне является очень важным. Из рис.3 видно, что липосомный препарат в составе белящей ванны способствует повышению степени полезного использования окислителя, то есть при одинаковом содержании пероксида водорода в ванне обеспечивает более высокий выход

по белизне (кривая 1). И хотя прирост белизны по сравнению с традиционным составом равен 1 %, для вязкозных тканей эта цифра является значимой, так как общее изменение показателя белизны в процессах беления для этих тканей составляет всего 4...5%.

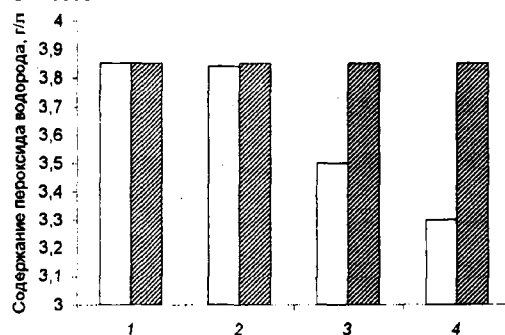


Рис. 4

Как известно, неустойчивость щелочно-перекисных ванн вызывает определенные трудности в производственном процессе, делая необходимым использование лишь

свежеприготовленных белящих растворов. В связи с этим проведена оценка стабильности предлагаемого состава для перексидного беления при хранении.

Полученные результаты представлены на рис.4 (цифры 1, 2, 3, 4 на диаграмме соответствуют различному времени выдерживания щелочно-пероксидного раствора: 1 – свежеприготовленный раствор; 2 – через 3 ч; 3 – через 24 ч; 4 – через 48 ч), из которого следует, что раствор, содержащий липосомный препарат, остается полностью стабильным в течение 48 ч, в то время как классический щелочно-перекисный раствор неуклонно теряет в своем составе перексид водорода от 3,9 г/л в свежеприготовленной ванне до 3,3 г/л при хранении в темном месте (в течение 48 ч). Следовательно, введение липосом в белящий раствор позволяет решить важную проблему, связанную с неустойчивостью перексидных ванн.

Таблица 2

Текстильный материал	Состав ванны	Белизна, %	Разрывная нагрузка, Н/нить	Разрывное удлинение, мм	Капиллярность, мм/30 мин
Вискозная штапельная ткань арт. 72110	1	79,8	4,8	17,5	126
	2	80,8	5,4	18,9	131
Сиблоновая ткань "Ретро"	1	77,0	3,6	13,5	134
	2	78,0	4,1	15,9	138

В табл.2 представлены качественные показатели вискозных и сиблоновых тканей, отбеленных по традиционному рецепту (состав №1) и с использованием препарата экотранс W-8814 взамен смачивателей (состав №2).

Как видно из табл.2, эффект от использования липосом при белении гидратцеллюлозных текстильных материалов достигается по всему спектру приведенных показателей. Особое внимание следует обратить на повышение разрывных характеристик тканей, составляющее в среднем 15%, что свидетельствует о значительном снижении деструктирующего действия окислителя на целлюлозу.

Таким образом, на основании приведенных данных можно заключить, что липосомный препарат в составе щелочно-перекисного раствора играет роль много-

функционального реагента и позволяет повысить эффективность процесса перексидного беления.

## ВЫВОДЫ

1. Проведена оценка эффективности использования липосомного препарата экотранс W-8814 при перексидном белении гидратцеллюлозных текстильных материалов. Показано, что введение липосом в состав белящей ванны позволяет повысить эффективность данного процесса.

2. На основе изучения кинетических закономерностей разложения пероксида водорода выявлено стабилизирующее действие липосомного препарата. Показано, что снижение скорости разложения окислителя создает более благоприятные условия для

пероксидного беления и позволяет повысить качество отбеленных тканей.

3. Установлено, что щелочно-пероксидная ванна с добавкой липосомного препарата отличается высокой стабильностью при хранении.

4. При сопоставлении эффективности пероксидно-липосомного состава и традиционной белящей ванны выявлено, что введение липосомного препарата в пероксидный раствор снижает непроизводительные потери окислителя и его деструктирующее действие на целлюлозу.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *M. Marti, L. Coderch, A. de la Maza, A. Manich and J. L. Parra.* // *Textile Res. J.* – Vol. 68, №3, March 1998. P.209...218.
2. *Carrion F. J.* // *Textile Res. J.* – 1995, №65. P.362...368.
3. *A. de la Maza, L. Coderch, S. Serra, J. L. Parra.* // *J. Soc. Dyers Colour.* – 1997, №113. P.165...169.
4. *Барсуков Л.И.* Липосомы // *Соросовский образовательный журнал.* – 1998, №10. С.2...9.

Рекомендована кафедрой химической технологии волокнистых материалов. Поступила 04.04.02.



УДК 677.08.021. 16/22

**ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ОЧИСТКИ ШЕРСТИ  
В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ**

*В.Д. ФРОЛОВ, Э. ОЮУНЗАЯ, А.Г. ПЕЧНИКОВА*

(Ивановская государственная текстильная академия, Монгольский технологический университет)

Технологический процесс мойки шерсти, как один из методов очистки от ости, жира и грязи, в значительной степени зависит от грабельного механизма, определяющего положение пучка из волокон и воздействие гидродинамической составляющей на эффективную технологию.

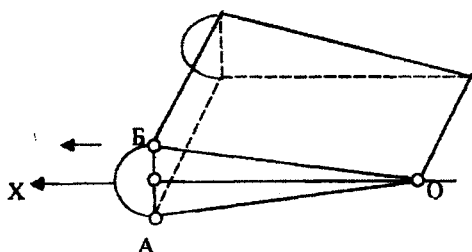


Рис. 1

Форма пучка (на основе промышленного опыта) имеет в поперечном сечении форму треугольника OAB (рис.1), причем площадь продольного сечения равномерно уменьшается к концу ребра к точке O. В процессе движения волокнистый слой пучка подпитывается раствором с концентрацией  $C_1$ , при этом в процессе диффузии и фильтрации часть сорных примесей грязи и жира уходит в окружающий раствор с концентрацией  $C_2$ . Коэффициент диффузии волокнистого пучка равен  $D$ .

Определим зависимость между концентрацией некоторого сечения волокнистого пучка и расстоянием от конца ребра к точке O.

Обозначим через  $C$  концентрацию сечения волокнистого пучка на расстоянии  $x$  от его конца, допустив, что изменением концентрации в направлении, параллельном основанию, можно пренебречь.

Применительно к элементу волокнистого пучка  $dx$  составим материальный баланс; при этом площадь сечения пучка из волокон будет пропорциональна  $x$  и равна  $kx$ , где  $k$  – коэффициент пропорциональности.

Тогда за единицу времени через сечение  $x$  за счет фильтрации и диффузии в волокнистый пучок пройдет количество массы концентрированного раствора:

$$q = -Dkx.$$

За то же время через сечение  $x + dx$  в волокнистый пучок за счет диффузии поступит масса концентрированного раствора:

$$q + dq = -Dk (x + bx) \left[ \frac{dt'}{dx} + d \left( \frac{dt}{dx} \right) \right]. \quad (1)$$

Преобразовав (1), получим

$$-dq = Dk \left[ \frac{dt}{dx} dx + xd \left( \frac{dt}{dx} \right) \right].$$

Если поверхность части сечения волокнистого пучка равна  $Pdx$ , где  $P$  – постоянная величина, характеризующая зависимость параметра сечения от его расстояния  $x$ , то при коэффициенте массоотдачи  $\alpha$  от поверхности сечения волокнистого пучка к раствору количество массы, отданного частью сечения волокнистого пучка в раствор ванной, равно

$$dq = \alpha(C - C_2)Pdx. \quad (2)$$

Уравнение материального баланса отсюда

$$\alpha(C - C_2)Pdx = Dk \left[ \frac{dt}{dx} dx + x d \left( \frac{dt}{dx} \right) \right]. \quad (3)$$

После преобразований получим

$$\frac{\alpha P}{Dk} (C - C_2) = \frac{dt}{dx} + x \frac{d^2 t}{dx^2}$$

или

$$x \frac{d^2 t}{dx^2} + \frac{dt}{dx} - m(C - C_2) = 0, \quad (4)$$

где  $m = \frac{\alpha P}{Dk}$ .

При  $y=C-C_2$  уравнение (4) имеет вид

$$x \frac{d^2 y}{dx^2} + \frac{dy}{dx} - my = 0. \quad (5)$$

На практике часто встречается дифференциальное уравнение

$$\frac{d^2 y}{dx^2} + \frac{1}{x} \frac{dy}{dx} + \left( k^2 - \frac{n^2}{x^2} \right) y = 0, \quad (6)$$

где  $k$  – показатель изоэнтропийного процесса.

При подстановке  $z = kx$  в (6) получим уравнение Бесселя:

$$z^2 \frac{d^2 y}{dz^2} + z \frac{dy}{dz} + (z^2 + n^2) y = 0, \quad (7)$$

решив которое, получим

$$y = AJ_n(z) + BY_n(z), \quad (8)$$

где  $A$  и  $B$  – произвольные постоянные.

Возвращаясь к старому независимому переменному ( $kx$ ), получаем решение дифференциального уравнения (6):

$$y = AJ_n(kx) + BY_n(kx). \quad (9)$$

Приняв в (6)  $k=i$ , имеем

$$\frac{d^2 y}{dx^2} + \frac{1}{x} \frac{dy}{dx} + \left( -1 - \frac{n^2}{x^2} \right) y = 0, \quad (10)$$

решением которого будет функция  $J(xi)$ .

Дифференциальное уравнение (5) можно привести к уравнению Бесселя, если сделать замену переменного  $z = 2\sqrt{mx}$ .

Тогда

$$\frac{d^2 y}{dz^2} + \frac{1}{z} \frac{dy}{dz} - y = 0, \quad (11)$$

что является частным случаем уравнения (10) при  $n=0$ .

Отсюда общий интеграл уравнения (11) согласно уравнению (8) будет

$$y = AJ_0(z) + BK_0(z).$$

Возвращаясь к независимому переменному  $x$ , получаем общий интеграл уравнения (5):

$$C - C_2 = AJ_0(2\sqrt{mx}) + BK_0(2\sqrt{mx}). \quad (12)$$

Из таблиц функций Бесселя находим, что  $K_0(2\sqrt{mx})$  стремится к бесконечности, когда  $x$  стремится к 0. Согласно физической сущности концентрация  $C$  сечения волокнистого пучка должна оставаться конечной, следовательно, постоянная  $B=0$ .

В начальной стадии промывки волокнистого пучка по ходу его движения в сечении АБ (рис.1) поддерживался чистый раствор. По истечении времени после диффузии в волокнистом пучке (по данным промышленного производства) концентрация раствора меняется в пределах до 42% (нейтрализация жира, наличие загрязнений, ости и т.д.). Используя полученные ранее формулы,  $m = \frac{\alpha P}{Dk} = 0,3$  при длине волокнистого пучка, равной 0,25 м, из (12) имеем

$$C - 42 = AJ_0(2\sqrt{0,3x}),$$

где постоянная А определяется из уравнения С=100%.

Если  $x=0,25m$ , то

$$100 - 42 = AJ_0(0,6).$$

Из таблицы Бесселевых функций получаем  $J_0(0,6) = 1,092$ .

Тогда

$$100 - 42 = 1,092A,$$

где  $A=53,1$ .

В этом случае решение задачи определится формулой

$$C = 42 + 53,1J_0(2\sqrt{0,3x}).$$

Значения изменения концентрации раствора вдоль волокнистого пучка приведены в табл.1.

Таблица 1

x	$1,095\sqrt{x}$	$J_0(1,095\sqrt{x})$	C,%
0	0	1,000	57,5
0,10	0,346	1,030	74,3
0,15	0,389	0,040	85,2
0,20	0,492	1,064	95,4
0,25	0,549	1,082	100,0

Функциональную зависимость для силы сопротивления Т, которую испытывает волокнистый пучок при его движении и обтекании его жидкостью в направлении его длины, представим в виде

$$T = f(\omega, s, \rho, \mu, g, p, \frac{a}{L}, \theta^0), \quad (13)$$

где  $\omega$  – скорость обтекания,  $s$  – площадь волокнистого пучка;  $\rho$  – плотность жид-

кости;  $\frac{a}{L}$  – отношение высоты пучка из волокон к его длине;  $\theta^0$  – угол наклона к направлению потока, а  $p$  и  $g$  – известные показатели степени.

В соответствии с П-теоремой возможны только три безразмерных сложения, следовательно [1]:

$$\Pi = f(1, 1, 1, \Pi_4, \Pi_5, \Pi_6, \frac{a}{L}, \theta^0)$$

или

$$\frac{T}{\omega^x s^y \rho^z} = f(1, 1, 1, \frac{\mu}{\omega^{x_1} s^{y_1} \rho^{z_1}}, \frac{g}{\omega^{x_2} s^{y_2} \rho^{z_2}}, \frac{p}{\omega^{x_3} s^{y_3} \rho^{z_3}}, \frac{a}{L}, \theta^0). \quad (14)$$

С учетом равенства размерностей для числителя и знаменателя находим показатели степеней

$$[T] = [\omega^x, s^y, \rho^z]$$

После решения уравнений (15) получаем:  $z = 1$ ;  $x = 2$ ;  $y = 1$  и аналогично имеем

или

$$H(\text{кг}) = (m/c)^x \cdot (m^2)^y \cdot (H(\text{кг})c^2/m^4)^z, \text{ откуда}$$

$1 = z$  (показатели слева и справа при Н или кг);

$$0 = x + 2y + - 4z \text{ (показатели при Н);}$$

$$0 = -x + 2z \text{ (показатели при с).} \quad (15)$$

$$\left. \begin{aligned} z_1 = 1; x_1 = 1 \text{ и } y_1 = 0,5; \\ z_2 = 0; x_2 = 2 \text{ и } y_2 = -0,5; \\ z_3 = 1; x_3 = 2 \text{ и } y_3 = 0, \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

откуда

$$\Pi = \frac{T}{\omega^2 s \rho}, \quad \Pi_4 = \frac{\mu}{\omega \rho \sqrt{s}}, \quad \Pi_5 = \frac{g \sqrt{s}}{\omega^2}, \quad \Pi_6 = \frac{p}{\rho \omega^2}.$$

Значения  $\Pi_4$  и  $\Pi_6$  являются критериями Рейнольдса и Эйлера, величина  $\Pi_5$  представляет критерий Фруда:

$$Fr = \frac{g\ell}{\omega^2},$$

учитывающий влияние сил тяжести. Поэтому функциональная зависимость имеет вид

$$\frac{T}{\rho\omega^2 s} = f\left(\text{Re}, Fr, Eu, \frac{a}{L}, \theta^\circ\right).$$

Исследуя технологический процесс мойки шерсти при некоторых размерах и скоростях, можно установить, как он будет

протекать при различных размерах волокнистого пучка и скоростях. Выводы, полученные из эксперимента с волокнистым пучком, будут справедливы для любых других размеров и скоростей при условии равенства безразмерных отношений  $\Pi$  с наблюдавшимися при опыте.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Чугаев Р.Р. Гидравлические термины. – М.: Высшая школа, 1974. С. 78.

Рекомендована кафедрой механической технологии текстильных материалов. Поступила 01.04.02.

УДК 677.026.444-977:[662.6-736:543.842]

### ПРОЧНОСТЬ ИГЛОПРОБИВНЫХ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ВОЛОКОН С РЕЗКО ОТЛИЧАЮЩЕЙСЯ ЛИНЕЙНОЙ ПЛОТНОСТЬЮ

Г.Л. БАРАБАНОВ, М.А. ХОРОХОНОВ

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

Целью исследований являлась разработка технологии получения многослойных иглопробивных нетканых материалов из волокон с резко отличающейся линейной плотностью.

Известны различные способы получения многослойных нетканых материалов как по механической, так и по химической технологии. В настоящей статье рассматривается иглопробивной способ получения многослойных нетканых материалов.

Экспериментальные исследования показывают, что процесс смешивания тонких и толстых волокон практически невозможен. Разработанный ранее способ скрепления волокнистых холстов из таких волокон [1] не обеспечивает получения материала с необходимой прочностью.

Суть предлагаемой технологии заключается в образовании иглопробивного материала, представляющего собой структуру, состоящую из волокон большой линейной плотности, заполненных волокнами малой линейной плотности.

Было сделано предположение, что такой иглопробивной материал, по сравнению с обычными иглопробивными материалами при одинаковой поверхностной плотности, будет обладать повышенными прочностными свойствами и сроком службы.

Исследование свойств иглопробивного нетканого материала проводили в зависимости от изменения следующих факторов: поверхностной плотности холста,  $\text{г/м}^2$ ; плотности прокалывания,  $\text{см}^{-2}$  и глубины прокалывания, мм.

Из ранее проведенных исследований [2] известно, что эти факторы оказывают наибольшее влияние на прочностные характеристики иглопробивного материала.

Образцы вырабатывали на кафедре технологии нетканых материалов МГТУ им. А. Н. Косыгина, для чего использовали два вида химических волокон: полипропиленовое – линейная плотность 2,2 текс, средняя длина волокна 70 мм и полиэфирное – линейная плотность 0,33 текс, средняя длина 60 мм.

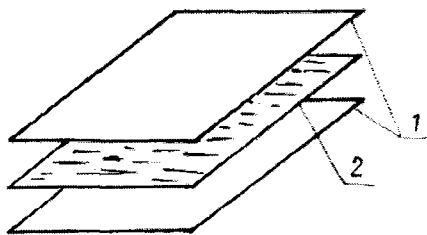


Рис. 1

На первой стадии эксперимента вырабатывали отдельные холсты из полипропиленовых и полиэфирных волокон поверхностной плотностью  $100 \text{ г/м}^2$ , а также холст из полиэфирного волокна  $140 \text{ г/м}^2$ . После одностороннего предварительного иглопрокалывания (плотность прокалыва-

ния  $45 \text{ см}^{-1}$ , глубина прокалывания  $1 \text{ мм}$ , частота прокалывания  $200 \text{ мин}^{-1}$ ) холсты складывались в определенном порядке (рис.1, вариант А: 1 – холст из полиэфирного волокна  $100 \text{ г/м}^2$ ; 2 – холст из полипропиленового волокна  $100 \text{ г/м}^2$ ; вариант В: 1 – холст из полиэфирного волокна  $140 \text{ г/м}^2$ ; 2 – холст из полипропиленового волокна  $100 \text{ г/м}^2$ ) и скреплялись с двух сторон на иглопробивной машине в соответствии с рабочей матрицей планирования эксперимента (план В-3).

Уровни и интервалы факторов варьирования представлены в табл.1.

Таблица 1

Плотность прокалывания, $\text{см}^{-2}$	$X_1$	50	80	110
Глубина прокалывания, мм	$X_2$	1	3	5
Частота прокалывания, $\text{мин}^{-1}$	$X_3$	200	300	400

Таким образом, получено 2 вида нетканого иглопробивного материала с разной поверхностной плотностью и соответственно 28 образцов.

Проведенные испытания и исследование свойств материала позволили построить трехмерные графические зависимости изменения разрывной нагрузки нетканого материала от изменения плотности прокалывания, глубины и частоты прокалывания (рис.2 и 3 – поверхности отклика изменения разрывной нагрузки материала: рис.2 – в продольном ( $175,7 \dots 285,9 \text{ Н}$ ); рис.3 – в поперечном ( $221,2 \dots 299,9 \text{ Н}$ ) направлении).

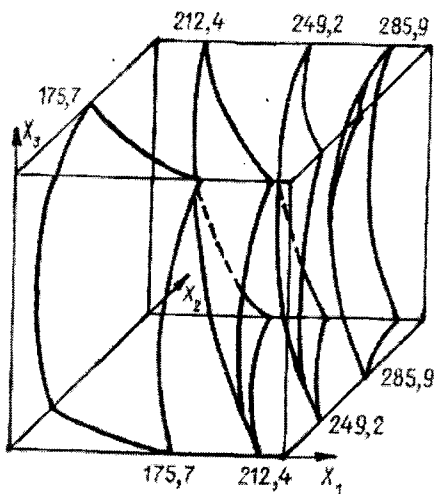


Рис. 2

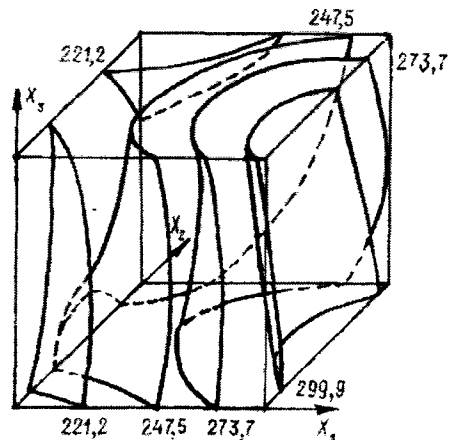


Рис. 3

Проанализировав поверхности отклика, заключаем, что с увеличением плотности прокалывания при меньших значениях глубины прокалывания происходит естественное уплотнение волокнистого холста. По мере увеличения глубины прокалывания прочность материала и соответственно разрывная нагрузка при небольших значениях плотности прокалывания увеличиваются, а при больших значениях глубины прокалывания повышается обрывность волокна, что ведет к уменьшению прочностных характеристик материала.

Влияние частоты прокалывания по сравнению с плотностью и глубиной прокалывания незначительно, из чего следует, что такие материалы можно вырабатывать

при любой частоте прокалывания из указанных.

## ВЫВОДЫ

1. В результате проведенных исследований установлена возможность получения на современном отечественном оборудовании иглопробивных нетканых материалов из волокон с резко отличающейся линейной плотностью.

2. Показано, что такие иглопробивные нетканые материалы обладают повышенными (на 40...50%) прочностными характеристиками.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Барабанов Г.Л.* Исследование основных вопросов производства иглопробивных нетканых материалов технического назначения. Дис.... на соиск. ученой степени канд. техн. наук. – М., 1970.

2. *Барабанов Г.Л. и др.* Физико-механические способы производства нетканых материалов и валяльно-войлочных изделий. – М., 1994.

Рекомендована кафедрой технологии нетканых материалов. Поступила 24.02.02.

УДК 677.025.1.001.33

**О КЛАССИФИКАЦИИ ОСНОВОВЯЗАНЫХ ПЕРЕПЛЕТЕНИЙ\***

*В.А.ЗИНОВЬЕВА, Л.В.МОРОЗОВА*

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

В развитие [1] в графическом виде представлена суть усовершенствованной

классификации основовязанных переплетений.

Таблица 1

Класс	Подкласс	СЕМЕЙСТВА									
		5.1. Цепочки			5.2. Триковые			5.3. Атласы			
ГЛАВНЫЕ	5. ОДНОСЛОЙНЫЕ	5.1.1.	5.1.2.	5.1.3.	5.2.1.	5.2.2.	5.2.3.	5.3.1.	5.3.2.	5.3.3.	
					трико	сукно	шарме	Ат	Ас	Аш	
	6. ДВУХСЛОЙНЫЕ	ИНТЕРЛОЧНЫЕ	6.1	6.1.1.	6.1.2.	6.1.3.	6.2.	6.2.1.	6.2.2.	6.2.3.	6.3
							ДИТрико	ДИСукно	ДИШарме	ДИАт	ДИАс
6. ДВУХСЛОЙНЫЕ	ЛАСТИЧНЫЕ	6.1.4	6.1.5	6.1.6	6.2.4.	6.2.5	6.2.6	ПРОСТЫЕ	6.3.4	6.3.5	
		ДЛПт	ДЛПс	ДЛПш	ДЛТрико	ДЛСукно	ДЛШарме	6.3.7	6.3.8	ДЛАс	
6. ДВУХСЛОЙНЫЕ	СЛОЖНЫЕ										

В табл.1 приведены графические модели главных основовязанных переплетений, общим ведущим признаком которых является близость связи по столбику  $n=1$  [1]. Подкласс 5 однослойных основовязанных переплетений включает в себя три семейства, что и является особенностью усовершенствованной классификации. В семействе 5.1 цепочек только для примера

показано, что переплетения могут состоять из открытых, закрытых или из комбинации этих петель. Однако этот признак для всех остальных переплетений нами опущен, для того, чтобы общая картина выглядела более ясно.

Семейство 5.2 главных триковых представлено переплетениями трико, сукно, шарме, а может быть, ч-трикот и т.д., ко-

\* Окончание. Начало см. в № 2 за 2002 г.

торые имеют принципиально одинаковое строение, но отличаются друг от друга коэффициентом  $m$  близости связей по ряду.

Семейство 5.3 главных атласов отличается от триковых тем, что их заходность в одну сторону составляет не менее трех петель, а коэффициент близости связей по

ряду  $m \geq 1$ , то есть атласы могут быть триковыми, суконными, шармезными и т.д.

Семейства главных однослойных переплетений: цепочек, триковых и атласов составляют основу всех базовых переплетений и все следующие позиции являются их развитием.

Таблица 2

Класс	Под-класс	СЕМЕЙСТВА								
		7.1. Цепочки			7.2. Триковые			7.3. Атласы		
ПРОИЗВОДНЫЕ	7. ОДНОСЛОЙНЫЕ	7.1.1.	7.1.2.	7.1.3.	7.2.1.	7.2.2.	7.2.3.	7.3.1.	7.3.2.	7.3.3.
		ПЦ			ПТрико	ПСукно	ПШарме	ПАт	ПАс	ПАш
	8. ДВУХСЛОЙНЫЕ	8.1.			8.2.			8.3.		
	ИНТЕРЛОЧНЫЕ	8.1.1.	8.1.2.	8.1.3.	8.2.1.	8.2.2.	8.2.3.	8.3.1.	8.3.2.	8.3.3.
		ПЦЦ			ПДИТрико	ПДИСукно	ПДИШарме	ПДИАт	ПДИАс	ПДИАш

Продолжение табл. 2

Класс	Под-класс	СЕМЕЙСТВА								
		8.1. Цепочки			8.2. Триковые			8.3. Атласы		
ПРОИЗВОДНЫЕ	8. ДВУХСЛОЙНЫЕ	ЛАСТИЧНЫЕ								
		8.1.4.	8.1.5.	8.1.6.	8.2.4.	8.2.5.	8.2.6.	8.3.4.	8.3.5.	8.3.6.
		ПДЦт	ПДЦс	ПДЦш	ПДТрико	ПДСукно	ПДШарме	ПРОСТЫЕ	СЛОЖНЫЕ	
					ПДЛАт	ПДЛАс	ПДЛАш	ПДЛАтс	ПДЛАсс	ПДЛАшс



Так, подкласс 6 двухслойных имеет разновидности: интерлочные и ластичные [2]. У интерлочных переплетений петли первого и второго слоев стоят в затылок друг к другу (6.1.1...6.1.3), а у ластичных (6.1.4...6.1.6) связи между рядами могут быть триковыми, суконными, шармезными. При этом необходимо отметить, что атласы могут быть простые (6.3.4...6.3.6), у которых заход сформирован без возвратов, и сложные (6.3.7...6.3.8 и др.), у которых для уплотнения структуры заход сформирован с возвратами.

У сложных двухслойных атласов связи между петлями (протяжки) имеют различную величину, сочетания при этом чаще всего триковые и суконные, но могут быть и другие.

В табл.2 показаны графические модели производных основовязанных переплетений, принцип построения которых заключается в том, что связь между остовами петель по столбику, выражаемая соотношением  $P_c = nV$ , имеет целочисленный коэффициент близости связи по столбику  $n > 1$ , то есть для первой производной  $n = 2$ , для второй производной  $n = 3$  и т.д.

Следовательно, графическая модель переплетения производная цепочка (позиция 7.1.1) при  $n = 2$  должна иметь петли из одной системы нитей в рядах 1, 3, 5 и т.д., а из другой системы нитей петли должны быть в рядах 2, 4, 6 и т.д. Оказалось, что первая производная цепочки существует, но она известна под названием "регулярный жаккард", то есть частный случай жаккарда. Оказалось, что это полная аналогия с кулирными переплетениями, где производная гладь является частным случаем кулирного жаккарда. Это обстоятельство позволяет еще раз убедиться в правильности решения структуры производных основовязанных переплетений.

Тогда по этому же принципу нами построены производные переплетения от всех главных, приведенных в табл.1. Далее в табл.2 для краткости представлены только первые производные, структуры которых образованы из двух систем нитей. Семейства производных триковых

7.2.1...7.2.3 и производных атласов 7.3.1...7.3.3 разработаны по структурам главных однослойных.

Подкласс 8 двухслойных производных также разработан на основе главных и тоже имеет интерлочные и ластичные разновидности, а производные атласы кроме этого могут быть простыми и сложными.

Итак, усовершенствованная классификация основовязанных переплетений, выполненная с помощью системного подхода к структуре трикотажа, позволила систематизировать известные переплетения на современной научной основе.

Систематизация переплетений по уточненным признакам показала, что переплетения сукно и шарме являются главными. Отсюда, как следствие, установлено, что класс производных основовязанных переплетений как таковой неизвестен и в данной работе он создан заново.

Результатом усовершенствованной классификации базовых основовязанных переплетений явилось увеличение ряда базовых переплетений в два раза. И в два раза также расширилось поле возможных рисунчатых переплетений, так как на основе новых базовых переплетений можно вырабатывать не только жаккардовые переплетения, но и все другие рисунчатые. Что касается комбинированных переплетений, то потенциальные возможности разработки этой области также перспективны.

Разработка технологии выработки трикотажа новых переплетений позволяет существенно обновить ассортимент основовязанных полотен для изделий пальтовой группы, производства постельного белья, пледов, покрывал, одеял и для изделий технического назначения.

## ВЫВОДЫ

1. На основе системного анализа структуры переплетений усовершенствована классификация основовязанных переплетений. Разработано более 20 новых переплетений, что практически в два раза увеличивает ассортимент базовых основовяза-

ных переплетений.

2. Создана основа для информатики в области математического описания структуры основовязанных переплетений.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Зиновьева В.А., Павлова Н.В., Тузова Н.С.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2001, №2. С.84...88.
2. *Шалов И.Н., Далидович А.С., Кудрявин Л.А.* Технология трикотажного производства. (Основы теории вязания). – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984.

Рекомендована кафедрой технологии трикотажных изделий МГУ-сервиса. Поступила 12.02.02.

---

УДК 687.016.5:687.17

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЗАИМОСОГЛАСОВАННЫХ  
КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ  
В ИЗДЕЛИЯХ ПОКРОЯ РЕГЛАН**

*Н.Н. ЛОГИНОВА, В.Е. КУЗЬМИЧЕВ, Е.Н. САБЛИНА, Г.И. СУРИКОВА*

**(Ивановская государственная текстильная академия)**

Целью данного исследования является разработка универсального справочного аппарата для построения рукавов покроя реглан [1] с использованием формализованных зависимостей между основными формообразующими параметрами.

В качестве объектов исследования и источников исходных данных были взяты

32 апробированные промышленные конструкции изделий покроя реглан (пальто, плащи, платья, блузки) для женской типовой фигуры (164-96-104). Выбранные конструкции отражают модные формы одежды 1989-2001 гг., а изготовленные по ним изделия не имеют дефектов посадки и внешнего вида.

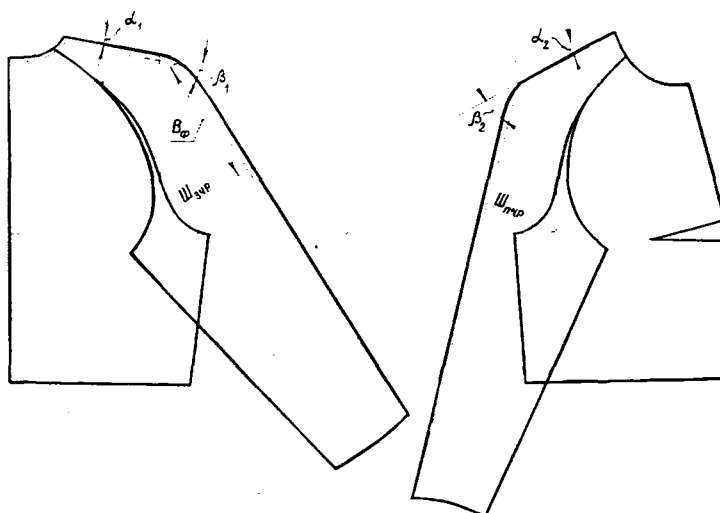


Рис. 1

Для анализа конструкций была определена номенклатура показателей, включающая линейные и угловые конструктивные параметры. Места измерения параметров на чертеже конструкции показаны на рис.1, где  $\alpha_1, \alpha_2$  – углы наклонов плечевых срезов спинки и полочки;  $\beta_1, \beta_2$  – углы наклонов верхних срезов задней и передней частей рукава;  $\text{Ш}_{\text{зад}}$  – ширина задней

части рукава;  $\text{Ш}_{\text{перед}}$  – ширина передней части рукава;  $B_{\text{оп}}$  – высота оката рукава.

Перечень основных параметров и интервалы принимаемых ими значений приведены в табл.1.

Для качественной характеристики изменчивости выбранных показателей построены гистограммы, показывающие частоту их встречаемости на всем интервале значений (рис.2).

Участок, характеризующий форму	Параметры конструкции, определяющие форму изделия			
	наименование параметра	условное обозначение	диапазон изменения	
			минимум	максимум
Уровень плечевого контура	Углы наклонов плечевых срезов спинки и полочки, град	$\alpha_1$	5	29
Уровень глубины проймы		$\alpha_2$	7	31
Участок верхнего среза рукава	Прибавка на свободу проймы, см	$P_{спр}$	3	16,4
Уровень ширины рукава под проймой	Углы наклонов верхних срезов задней и передней частей рукавов, град	$\beta_1$	0	42
		$\beta_2$	0	45
Уровень ширины груди	Прибавка к обхвату плеча, см	$P_{оп}$	3	34
	Прибавка к полуобхвату груди третьему, см	$P_{ср3}$	4	24

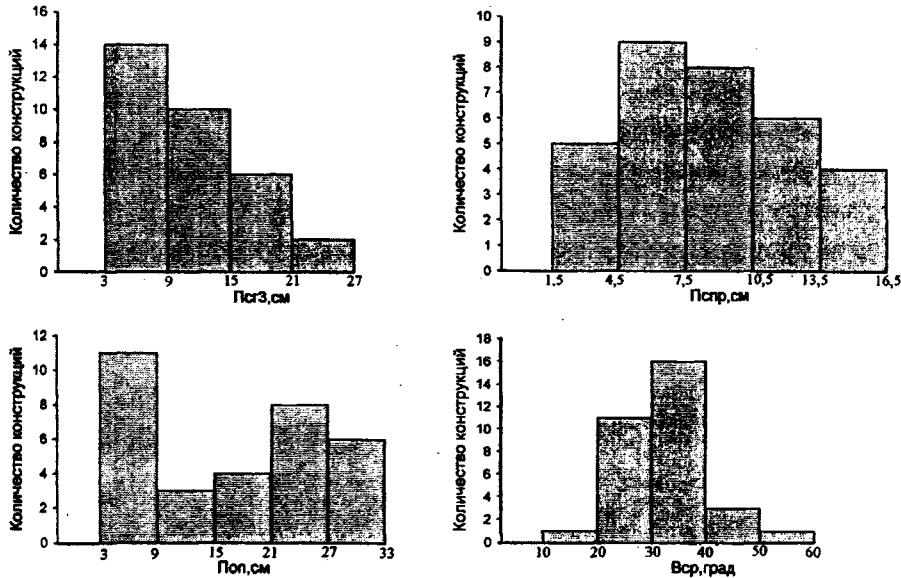


Рис. 2

Установлено, что для всех показателей характерно неравномерное изменение частоты встречаемости, не совпадающее с законом нормального распределения. Это свидетельствует о сложном характере взаимодействия параметров в конструкции изделия.

В целях исследования взаимосвязей между отдельными параметрами использовали метод корреляционного двухфакторного регрессионного анализа. Значения коэффициентов парной корреляции приведены в табл.2.

Критический коэффициент парной корреляции для доверительной вероятности  $P = 0,95$  и объема выборки  $n = 32$  составля-

ет 0,4259. Значимые величины коэффициентов корреляции выделены жирным шрифтом.

С учетом значимости коэффициентов парной корреляции выявлены наиболее важные сочетания параметров построения конструкций изделий покроя реглан. Для выделенных сочетаний параметров рассчитаны уравнения линейной регрессии, представляющие характер их взаимосвязей, и доверительные границы (рис.3). Проверка адекватности уравнений и значимости их коэффициентов проведены по критериям Фишера и Стьюдента, с использованием [2].

Параметры	$P_{сг3}$	$P_{сгр}$	$P_{оп}$	$\beta_{ср}$	$\beta_2 - \beta_1$	$Ш_{сгр}$	$V_{оп}$	$\alpha_2 - \alpha_1$	$\alpha_1$	$\beta_1$
$P_{сг3}$	-	<b>0,73</b>	<b>0,82</b>	-0,18	<b>-0,49</b>	<b>0,82</b>	<b>0,51</b>	-0,12	-0,18	-0,05
$P_{сгр}$		-	<b>0,85</b>	-0,17	<b>-0,47</b>	<b>0,86</b>	<b>0,55</b>	-0,17	0,07	-0,08
$P_{оп}$			-	-0,25	<b>-0,65</b>	<b>0,998</b>	<b>0,42</b>	-0,16	-0,19	-0,09
$\beta_{ср}$				-	<b>0,56</b>	-0,26	0,23	0,16	-0,26	0,81
$\beta_2 - \beta_1$					-	<b>-0,66</b>	-0,026	0,4	0,05	0,25
$Ш_{сгр}$						-	<b>0,43</b>	-0,19	-0,18	-0,11
$V_{оп}$							-	-0,21	-0,12	0,36
$\alpha_2 - \alpha_1$								-	-0,05	0,18
$\alpha_1$									-	-0,4
$\beta_1$										-

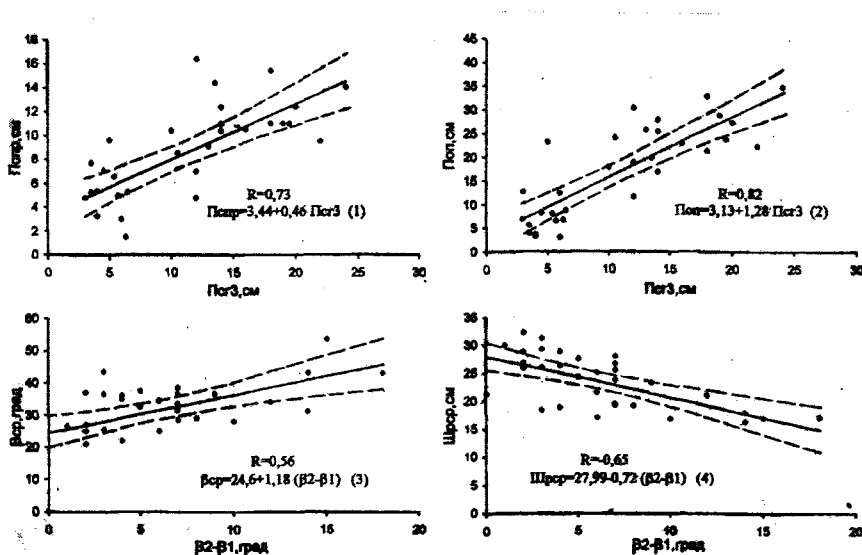


Рис. 3

Наличие линий доверительных границ обеспечивает получение не точных, а интервальных значений конструктивных параметров, что согласуется с практикой конструирования: с увеличением прибавки по груди ( $P_{сг3}$ ) увеличиваются прибавки к обхвату плеча ( $P_{оп}$ ) и на свободу проймы по глубине ( $P_{сгр}$ ); с ростом величины этих прибавок уменьшается разница углов наклонов верхних срезов передней и задней частей рукава ( $\beta_2 - \beta_1$ ) и средний угол наклона верхних срезов ( $\beta_{ср}$ ) также становится меньше.

На основе полученных результатов был разработан алгоритм задания взаимосогласованных конструктивных параметров для построения конструкций изделий покроя

реглан. Основным параметром является прибавка на свободу по груди. Его определяют первым с учетом желаемой формы проектируемого изделия. Для заданного значения прибавки на свободу по груди ( $P_{сг3}$ ) по уравнениям (1,2 – рис.3) определяют согласованные величины прибавок на свободу проймы по глубине ( $P_{сгр}$ ) и прибавку к обхвату плеча ( $P_{оп}$ ). Затем для найденных параметров по уравнениям (3, 4 – рис.3) определяют величины среднего угла наклона верхних срезов ( $\beta_{ср}$ ) и разницы между наклонами верхнего среза полочки и спинки ( $\beta_2 - \beta_1$ ), предпочтительные для конкретной проектной ситуации.

Конструктивные параметры	Платье женское		Пальто женское	
	значение параметров			
	1	2	1	2
$P_{грз}$ , см	4	4	18	18
$P_{стр}$ , см	5,4	4...7	11,5	10...13
$P_{оп}$ , см	4,7	5...11	25,5	23...29
$\beta_2 - \beta_1$ , град	10	9...13	2	0...4

Примечание. 1 – фактическое; 2 – расчетное.

Проверка предлагаемой схемы расчетов с целью подтверждения ее пригодности для использования в практике конструирования была осуществлена путем сопоставления апробированных конструкций с вновь построенными по разработанному алгоритму. Результаты показаны в табл.3.

### ВЫВОДЫ

Получена база исходных данных для построения чертежа конструкции изделия покрова реглан с использованием формализованных соотношений между линейными и угловыми параметрами и разработана универсальная схема расчетов взаимосвя-

занных формообразующих параметров для построения конструкции изделия покрова реглан на типовые и близкие к ним по телосложению индивидуальные фигуры.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Мартынова А.И., Андреева Е.Г. Конструктивное моделирование одежды. – М.: МГАЛП, 1999. С. 153...161.
2. Джонсон Н., Лион Ф. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке: Методы обработки данных. – М.: Мир, 1980. С. 454...465.

Рекомендована кафедрой конструирования швейных изделий. Поступила 05.04.02.

УДК 677.057.121.001.5

"САМОТОРМОЖЕНИЕ" В ВАЛКОВЫХ МЕХАНИЗМАХ

Л.Г. ГОРОДИССКИЙ, Г.К. КУЗНЕЦОВ

(Костромской государственной технологической университет)

Известно классическое условие захвата (втягивания) полосы валковой парой, используемое для расчета механизмов во всех отраслях промышленности [1...3]. Оно связывает величину коэффициента  $f$  трения с размерами валков и полосы через угол  $\alpha$  захвата (рис. 1-а).

$$\operatorname{tg} \alpha < f.$$

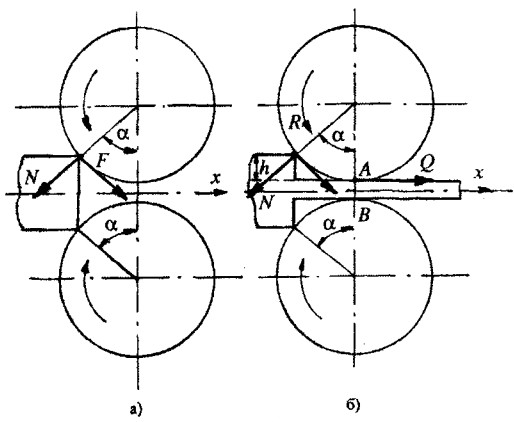


Рис. 1

Условие получено на основе уравнений статики полосы, когда сумма проекций втягивающих сил на направление движения (ось  $x$ ) больше суммы проекций выталкивающих, а сила трения имеет предельное значение

$$F = fN,$$

где  $N$  – сила нормального взаимодействия;  $F$  – сила трения.

Применительно к текстильным машинам выведены также условия захвата при

различных способах привода валков в паре, устойчивого движения слоя волокнистого материала при наличии неравномерностей его по толщине [4...6]. В частности, при отсутствии привода одного из валков пары условия захвата ухудшаются в 4 раза, утолщения слоя могут привести к пробуксовке (к "самоторможению" [7]), то есть к прекращению движения полосы. Такие эффекты часто наблюдаются в производственной практике.

Для случая прокатки металлов в литературе рассматривается "принудительный" захват, при котором для втягивания полосы в технологическую зону к ней прикладывается усилие, направленное по движению материала [1]. Иногда силой, способствующей или препятствующей захвату, рассматривают силу инерции полосы. Для текстильных материалов, имеющих малую массу, это, по-видимому, нецелесообразно.

Если не учитывать деформируемости обрабатываемого материала и валков, то пробуксовка – "самоторможение" при прокатке неравномерной полосы выглядит следующим образом (рис. 1-б). Утолщение (порог) упирается в поверхность валков, межосевое расстояние в валковой паре увеличивается, контакт в точках  $A$  и  $B$  (рис. 1-б) нарушается и дальнейшее движение полосы определяется условиями захвата утолщения. То же самое наблюдается при утолщении не в форме порога, а в форме клина при резком возрастании толщины полосы [5]. При учете деформируемости обрабатываемого материала и поверхности валков (это имеет место в действительности) условия прохождения из-

меняются. Контакт в точках А и В при входе утолщения не нарушается и силы трения в этой зоне способствуют прохождению утолщения. Возникают условия принудительного захвата. Одновременно деформация материала при контакте с поверхностью валков несколько изменяет фактический угол захвата. Возникающие условия зависят от многих факторов (нагрузка, трение, податливость материалов и др.). К сожалению, это явление не изучено и в литературе не освещено.

Математические условия пробуксовки – "самоторможения" при прохождении неровностей и при захвате жесткого материала (при недеформируемой поверхности валков) прямо противоположны условиям захвата:

$$\operatorname{tg} \alpha > f.$$

Здесь сумма проекций выталкивающих сил больше суммы проекций втягивающих.

Соответственно как условие захвата, так и условие "самоторможения" могут быть выражены через геометрические размеры элементов полосы (радиус валков  $R$ , высота порога утолщения  $h$ ).

Для случая, представленного на рис.1-б:

условие захвата

$$f > \frac{\sqrt{R^2 - h^2}}{R - h};$$

условие "самоторможения"

$$f < \frac{\sqrt{R^2 - h^2}}{R - h}.$$

При приближенных расчетах в некоторых случаях величинами  $h$  в знаменателе и  $h^2$  под корнем можно пренебречь.

При конструировании механизмов для обеспечения надежного захвата или надежного "самоторможения" следует определить величину запаса того или другого [8]. Это должно предупредить возможные случайные влияния на процесс.

Условия обеспечения надежного "самоторможения" приходится принимать во внимание при проектировании роликовых затворов проходных аппаратов для обработки тканей при высоких температурах и давлениях [9...11].

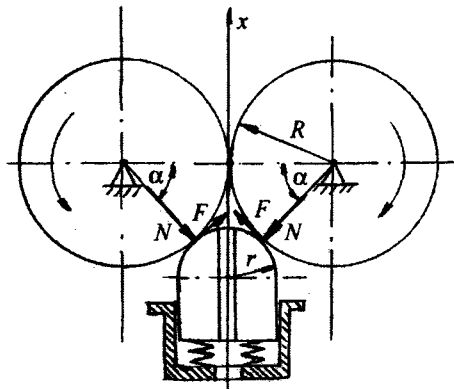


Рис. 2

В конструкции затвора уплотняющий элемент для поддержания давления в камере прижимается к поверхности роликов (валков) с определенным усилием (рис. 2). Здесь необходимо с достаточным запасом "самоторможения" избежать возникновения условий, благоприятных для захвата уплотняющего элемента. Это одновременно связано и с уменьшением энергии затрачиваемой на процесс.

Для роликового затвора, представленного на рис. 2, выведено следующее выражение для геометрических условий "самоторможения" уплотнителя при контакте с валками при условии, что поверхность уплотнителя выполнена в форме цилиндра радиусом  $r$ :

$$r > R \left( \frac{f}{\sin \arctg f} \right) - 1.$$

Выражение выведено на основе формулы  $\operatorname{tg} \alpha > f$ .

Зависимость радиуса  $r$  уплотнителя от величины коэффициента  $f$  трения при различных размерах валков представлена на рис. 3. При проведении расчетов по этому выражению следует иметь в виду обеспечение необходимого запаса "самоторможения" и учитывать величину усилия прижима уплотнительного элемента для избе-



жания возникновения условий принудительного захвата. Аналогичные математические выражения получены и для других конструкций роликовых затворов.

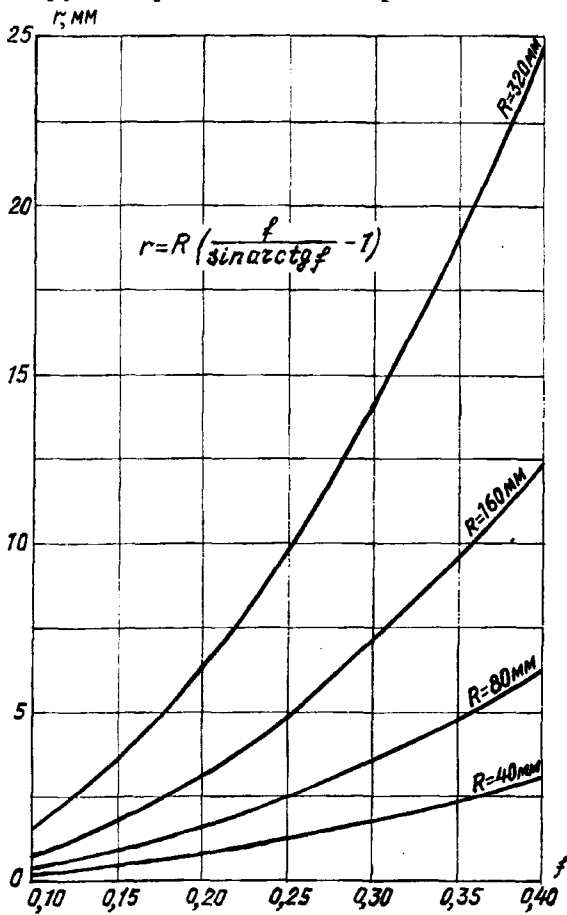


Рис. 3

## ВЫВОДЫ

1. При расчетах валковых механизмов могут возникнуть требования как надежного захвата полосы парой валков, так и надежного "самоторможения" ее, то есть избежания возникновения условий захвата.

2. Условия "самоторможения" уплотнителя следует соблюдать при расчетах роликовых затворов аппаратов, работающих под давлением.

3. Для предотвращения случайных влияний следует обеспечивать запас в условиях захвата или "самоторможения" полосы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Грудев А.П. Теория прокатки. – М.: Металлургия, 1988.
2. Лукач Ю.Е., Рябинин Д.Д., Метлов Б.Н. Валковые машины для переработки пластмасс и резиновых смесей. – М.: Машиностроение, 1967.
3. Кузнецов Г.К., Фомин Ю.Г. Механика валковых механизмов текстильных машин: Учебное пособие ИвТИ. – Иваново, ИХТИ, 1989.
4. Кузнецов Г.К. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1964, № 2. С. 40...43.
5. Кузнецов Г.К., Сиюшева Т.Х., Трезуб Л.И. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1973, № 1. С. 43...45.
6. Кузнецов Г.К. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1986, № 4. С. 95...98.
7. Крайнев А.Ф. Словарь-справочник по механизмам. – М.: Машиностроение, 1987.
8. Саввин А.П. // Вестник машиностроения. – 1960, № 7.
9. Барaboшкин Е.А., Городисский Л.Г., Кузнецов Г.К. К вопросу об актуальности исследований процессов и аппаратов для непрерывной высокотемпературной обработки тканей под давлением. Деп. ООО "Легпроминформ", № 40 – 47, 2001.
10. Щеголев А.И., Аникин С.И. Затворы для аппаратов термической жидкостной обработки под давлением непрерывно движущегося полотна. Авт. свид. № 334302, кл. D06B, 1972.
11. Городисский Л.Г., Романов Н.Т. Затвор для аппаратов высокого давления. Авт. свид. № 563029, кл. D06B, 1973.

Рекомендована кафедрой теории механизмов и машин и проектирования текстильных машин. Поступила 03.04.02.

## РЕГУЛИРОВАНИЕ УДЕЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ ТЕКСТИЛЬНОГО МАТЕРИАЛА НА НАПРАВЛЯЮЩУЮ ПОВЕРХНОСТЬ

Г.И. ЧИСТОБОРОДОВ, Е.Н. НИКИФОРОВА, В.Г. ЛАПШИН

(Ивановская государственная текстильная академия, ОАО "Красная Талка")

В результате постоянного контакта длинномерного текстильного материала с поверхностями различных деталей текстильных машин происходит их изнашивание скользящей нитью, что приводит к нарушению технологических процессов и повышению обрывности. Экспериментально установлено [1], что рабочие органы могут изнашиваться без изменения формы нитеконтактирующих поверхностей (например, в виде истирания защитного покрытия или изменения шероховатости поверхности) и с сильным изменением формы направляющих поверхностей (в виде периодически расположенных канавок).

Изнашивание рабочих органов носит неравномерный характер и повышается с увеличением длины контакта нить – нитенаправитель в результате увеличения удельного давления нити на поверхность. Разница между начальной и конечной величинами давления зависит от параметров взаимодействия и может быть очень значительной.

Сила нормального давления нити на единицу длины контакта с поверхностью или удельное давление  $p$  нити на поверхность нитепроводника (точнее, удельная реакция поверхности) рассчитывается по формуле [2]:

$$p = \frac{T}{R} = \frac{dN}{dl}, \quad (1)$$

где  $T$  – натяжение нити в данном сечении, Н;  $R$  – радиус кривизны поверхности, м;  $dN$  – сила нормального давления на элемент нити, Н;  $dl$  – длина элемента нити, м.

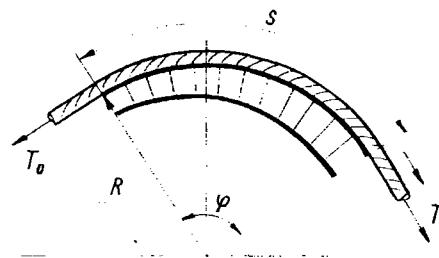


Рис. 1

При движении волокнистого материала, огибающего поверхность с постоянным радиусом кривизны (например, цилиндрическую), удельное давление нити возрастает с увеличением натяжения нити по закону Эйлера (рис.1):

$$p = \frac{T}{R} = \frac{T_0 e^{f\varphi}}{R}, \quad (2)$$

где  $T_0$  – натяжение набегающей ветви нити, Н;  $f$  – коэффициент трения продукта о поверхность;  $\varphi$  – угол охвата нитью цилиндрического валика, рад.

Для повышения износостойкости нитепроводящих рабочих органов необходимо отыскать поверхности, контактирующие с текстильным материалом, которые отвечают требованию равномерного износа, то есть давление на поверхность должно сохраняться постоянным:

$$p = \frac{T}{R} = \text{const} = p_0 = \frac{T_0}{R_0}, \quad (3)$$

где  $p_0$  – удельное давление нити на поверхность в начальной точке, Н/м;  $R_0$  – радиус кривизны поверхности в точке входа нити, м.

Из уравнения (3) следует, что радиус кривизны поверхности должен изменяться от некоторого  $R_0$  до  $R$  прямо пропорционально натяжению волокнистого ма-

териала, которое увеличивается от  $T_0$  до  $T$ .

Ранее установлено [3, 4], что для направляющей поверхности с меридиональным сечением в форме логарифмической спирали, заданной уравнением

$$r = a^\varphi \quad (a > 0), \quad (4)$$

натяжение скользящей нити определяется по формуле

$$T = T_0 e^{f(\varphi_2 - \varphi_1)}, \quad (5)$$

где  $\varphi_1, \varphi_2$  — углы между радиусами-векторами и полярной осью для начальной и конечной точек дуги логарифмической спирали, рад, а зависимость радиуса  $R$  кривизны от угла охвата близка к показательной:

$$R = r \sqrt{1 + \ln^2 a} = a^\varphi \sqrt{1 + \ln^2 a}. \quad (6)$$

Соответственно радиус кривизны в начальной точке

$$R_0 = r_0 \sqrt{1 + \ln^2 a}. \quad (7)$$

Можно предположить, что существует вариант формы логарифмической спирали, для которой удельное давление на поверхность остается неизменным при увеличении натяжения нити.

С целью нахождения уравнения спирали, отвечающей требованию создания равномерного давления, подставим (5...7) в (3) и осуществим необходимые преобразования:

$$\frac{T_0}{r_0 \sqrt{1 + \ln^2 a}} = \frac{T_0 e^{f(\varphi_2 - \varphi_1)}}{r \sqrt{1 + \ln^2 a}}.$$

Так как

$$r_0 = a^{\varphi_1} \quad \text{и} \quad r = a^{\varphi_2},$$

то

$$\frac{T_0}{a^{\varphi_1} \sqrt{1 + \ln^2 a}} = \frac{T_0 e^{f(\varphi_2 - \varphi_1)}}{a^{\varphi_2} \sqrt{1 + \ln^2 a}},$$

$$\frac{1}{a^{\varphi_1}} = \frac{e^{f(\varphi_2 - \varphi_1)}}{a^{\varphi_2}},$$

$$a^{\varphi_2 - \varphi_1} = e^{f(\varphi_2 - \varphi_1)} \Rightarrow$$

$$a = e^f. \quad (8)$$

Из полученного равенства (8) следует, что для поверхности с меридиональным сечением в форме логарифмической спирали давление будет равномерным ( $p=p_0$ ) только в одном случае: когда спираль задана уравнением

$$r = e^{f\varphi}. \quad (9)$$

Распределение удельного давления на поверхности нитенаправителя с сечением в форме графика логарифмической спирали (9) изображено на рис.2.

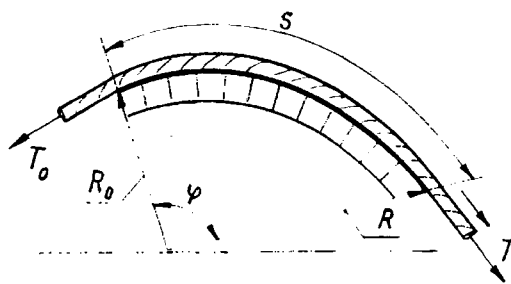


Рис. 2

Здесь давление  $p$  нити на единицу длины контакта с поверхностью при постоянном значении начального натяжения  $T_0$  зависит от радиуса  $R_0$  кривизны спирали в точке входа текстильного продукта.

В некоторых случаях, например, в вытяжном поле, требуется осуществлять закономерное изменение удельного давления волокнистого полуфабриката на направляющую поверхность.

Проанализируем изменение удельного давления нити на поверхности со спиралевидной направляющей в виде (4):

$$p = T/R, \quad \text{где} \quad a > 0.$$

Поскольку  $p = T/R$  и  $p_0 = T_0/R_0$ , запишем

$$\frac{p}{p_0} = \frac{\frac{T}{R}}{\frac{T_0}{R_0}} \Rightarrow p = p_0 \frac{T}{R} \frac{R_0}{T_0} = p_0 \frac{T_0 e^{f(\varphi_2 - \varphi_1)}}{a^{\varphi_2} \sqrt{1 + \ln^2 a}} \frac{a^{\varphi_1} \sqrt{1 + \ln^2 a}}{T_0} = p_0 \frac{e^{f(\varphi_2 - \varphi_1)}}{a^{(\varphi_2 - \varphi_1)}}$$

$$p = p_0 \left( \frac{e^f}{a} \right)^{\varphi_2 - \varphi_1} \quad (10)$$

Из (10) следует, что  $p = p_0$ , если спираль принимает вид (9):  $a = e^f$ ;  $p < p_0$ , если  $a > e^f$ ;  $p > p_0$ , если  $0 < a < e^f$ .

Таким образом, изменяя геометрическую форму спирали, можно варьировать силой нормального давления  $p$  на единицу длины контакта.

Выразим параметр  $a$  спирали из (10):

$$\left( \frac{e^f}{a} \right)^{\varphi_2 - \varphi_1} = \frac{p}{p_0},$$

$$\frac{e^f}{a} = \left( \frac{p}{p_0} \right)^{\frac{1}{\varphi_2 - \varphi_1}},$$

$$a = \frac{e^f}{(p/p_0)^{1/(\varphi_2 - \varphi_1)}} \quad (11)$$

Обозначим отношение  $p_0/p = C$ .

Тогда

$$a = C^{\frac{1}{\varphi_2 - \varphi_1}} e^f, \quad 0 < C \leq \infty. \quad (12)$$

Соответственно уравнение спирали имеет вид

$$r = C^{\frac{\varphi}{\varphi_2 - \varphi_1}} e^{f \varphi}. \quad (13)$$

Как видно из (12) и (13), задаваясь отношением величины удельного давления в начальной точке и желаемой величины удельного давления в конечной точке, а также углом огибания волокнистого материала нитенаправляющей поверхности, можно подбирать параметр  $a$  логарифмической спирали, которая будет удовлетворять этим требованиям.

Логарифмическую спираль (13) можно использовать при конструировании

нитенаправляющих поверхностей, для которых удельное давление уменьшается с увеличением длины дуги огибания нитью.

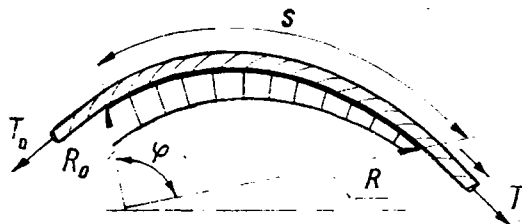


Рис. 3

На рис.3 показана эпюра силы удельного давления, которая при угле  $(\varphi_2 - \varphi_1)$  охвата нитью логарифмической спирали, равном  $\pi/2$ , уменьшается в два раза.

Результаты выполненного теоретического исследования рекомендуются для проектирования нитенаправляющих поверхностей повышенной износостойкости, используемых в различных зонах текстильных машин. Например, в качестве многочисленных неподвижных направляющих элементов жгутовых отделочных машин, по которым движется жгут ткани, таких как направляющее кольцо, цилиндрический стержень (брус) и др.

## ВЫВОДЫ

1. Выведено уравнение меридионального сечения направляющей поверхности в форме логарифмической спирали, для которой натяжение текстильного материала при скольжении изменяется аналогично натяжению на цилиндрической поверхности, но в результате равномерного удельного давления продукта на поверхность выполняется требование равномерного износа.

2. Получена математическая модель спиралевидной направляющей для прогнозирования и регулирования удельного

давления волокнистого продукта на непроводящую поверхность не только в большую, но и в меньшую сторону, определяемая по значению удельного давления на входе и оптимальной задаваемой величине давления на выходе с учетом угла охвата и коэффициента трения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Букалов Г.К. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1988, № 2. С.102...104.

2. Щедров В.С. Основы механики гибкой нити. – М.: Физматгиз, 1961.

3. Чистобородов Г.И. и др. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2001, № 4. С. 56...60.

4. Чистобородов Г.И. и др. // Вестник Ивановской государственной текстильной академии. – 2002, № 2.

Рекомендована кафедрой начертательной геометрии и черчения. Поступила 28.03.02.

УДК 677.024.39: 677.532: 677.054.845

### СТАТИКА ДЕФОРМИРОВАННОЙ УТОЧНОЙ МЕТАЛЛОНИТИ

ГАО БИНЬ, В.А. СУРОВ

(Ивановская государственная текстильная академия,  
Чжонюаньский промышленный институт, КНР)

В процессе формирования тканой металлотетки уточная нить испытывает пластическую деформацию. Окончательную форму, как показано в ряде исследований, уточина принимает после подвода в зону формирования одной или нескольких последующих нитей утка, например [1]. Деформация происходит под действием сил со стороны нитей основы.

Процесс формирования утка сопровождается увеличением его длины в зоне вырабатываемого полотна. В основном это увеличение идет за счет деформации растяжения, так как выборка концов утка из зоны вне полотна ограничена рядом факторов. В связи с этим при решении некоторых задач будет приемлемым допущение о том, что в случае формирования элемента сетки скольжения утка в его осевом направлении относительно нитей основы не происходит.

Форма сдеформированной уточины определяет силы, которые необходимо приложить к ней со стороны нитей основы. В свою очередь, эти же силы определяют форму нитей основы, их натяжения и силу сопротивления, действующую со стороны подводящейся уточины на бердо, то есть информация о состоянии утка позволяет решить ряд других задач.

Рассмотрим решение задачи о деформации металлической мононити утка сетки полотняного переплетения. При этом будем считать заданными параметры сетки (фаза строения, диаметры основы и утка, ширину ячейки в свету); зависимость  $\sigma(\epsilon)$  между нормальным напряжением и относительной продольной деформацией материала нити.

Теория изгиба стержней, используемая и в механике жестких нитей, опирается на три основных допущения. Кроме этих допущений будем считать, что нити работают в условиях плоского изгиба без скручивания.

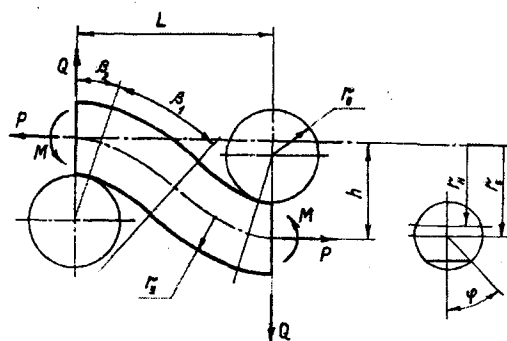


Рис. 1

Выделим элемент уточины, находящейся в зоне двух соседних нитей основы

(рис.1). В зависимости от величины растягивающего усилия форма ее оси будет различна. Обозначим через  $\beta_1$  угловую длину участка нити переменной кривизны, а через  $\beta_2$  и  $\beta_m$  – угловую длину участка постоянной кривизны и ее максимально возможное значение.

При малом натяжении контакт между уточной и основной нитями будет "точечным", то есть  $\beta_2 = 0$  (в данной постановке задачи смятие нитей в зоне контакта не учитывается). Кривизна геометрической оси будет изменяться от конечной величины в точках контакта до нуля в точке перегиба. При увеличении натяжения появляется участок с "линейным" контактом ( $\beta_2 > 0$ ); на этом участке кривизна геометрической оси определяется радиусами нитей основы и утка. Далее кривизна в точке перегиба падает до нуля. И при натяжении выше некоторого значения между участками постоянной кривизны нить будет прямолинейна ( $\beta_2 = \beta_m, \beta_1 = 0$ ).

Остановимся на третьей схеме.

По заданным параметрам сетки с помощью геометрических расчетов определим длину  $l_0$  свободного участка элемента утка в зоне между соседними нитями основы и угловую длину  $\beta_m$  зоны контакта. Если до деформации рассматриваемый элемент имел длину  $l$ , то относительное удлинение  $\varepsilon_s$  геометрической оси нити будет равно

$$\varepsilon_s = (\ell_0 + 2\beta_m (r_0 + r_y) - \ell) / \ell,$$

где  $r_0, r_y$  – радиусы нитей основы и утка.

Относительное удлинение в зоне изгиба

$$\varepsilon_s = (r_s - r_n) / r_n,$$

где  $r_s = r_0 + r_y$  – радиусы кривизны геометрической оси уточины в зоне изгиба;  $r_n$  – радиус кривизны нейтрального слоя в этой же зоне.

Из приведенных выражений определим величину  $r_n$ , приняв, что относительное удлинение геометрической оси выделенного элемента постоянно по его длине. Тогда по известной зависимости  $\sigma(\varepsilon)$  найдем нормальные  $P$  силы и изгибающие  $M$  моменты в концевых сечениях выделенного элемента нити:

$$P = 2r_0^2 \int_0^\pi \sigma(\varepsilon) \sin^2 \varphi d\varphi, \quad \varepsilon = \varepsilon(r_s, r_n, \varphi), \quad (1)$$

$$M = 2r_0^3 \int_0^\pi \sigma(\varepsilon) \sin^2 \varphi \cos \varphi d\varphi, \quad (2)$$

$$\varepsilon(r_s, r_n, \varphi) = (r_s + r_y \cos \varphi - r_n) / r_n, \quad (A)$$

где  $\varphi$  – угловая координата текущего слоя нити (рис.1).

Поперечные усилия  $Q$  находятся из условия  $\sum M = 0$ .

На перевод уточины из одного состояния в другое будет затрачиваться энергия  $E$ :

$$E = P\varepsilon l / 2 + M\beta_m.$$

Здесь первое слагаемое – энергия, затрачиваемая на растяжение элемента нити, то второе – на изгиб.

В общем случае, как отмечено выше, кривизна геометрической оси нити не будет изменяться скачкообразно, а будет падать до нуля в точке перегиба по некоторой зависимости.

Примем в первом приближении эту зависимость в виде

$$r_s \alpha / \beta^n, \quad 0 \leq \beta \leq \beta_1. \quad (3)$$

Очевидно, что

$$\alpha = (r_0 + r_y) \beta_2^n. \quad (4)$$

Проекция геометрической оси выделенного элемента нити на оси системы координат известны ( $L$  и  $h$ ).

Тогда

$$\int_0^{\beta_1} r_s(\beta) \cos(\beta_1 + \beta_2 - \beta) d\beta + (r_o + r_y) \sin \beta_2 = L/2, \quad (5)$$

$$\int_0^{\beta_1} r_s(\beta) \sin(\beta_1 + \beta_2 - \beta) d\beta + (r_o + r_y)(1 - \cos \beta_2) = h/2. \quad (6)$$

Если известно  $\beta_2$ , то совместное решение (3...6) позволяет определить неизвестные  $a$ ,  $\beta_1$ ,  $n$ , удовлетворяющие поставленным условиям. Допустим, что эти величины известны.

Тогда относительное удлинение геометрической оси нити

$$\varepsilon_{rs} = \frac{2}{\ell} \left[ \int_0^{\beta_1} r_s(\beta) d\beta + (r_o + r_y) \beta_2 \right] - 1 \quad (7)$$

и радиус кривизны нейтрального слоя

$$r_n(\beta) = r_s(\beta) / (1 + \varepsilon_r). \quad (8)$$

Из выражений (1) и (2) определим нормальную силу  $P$  и изгибающий момент в концевых сечениях выделенного элемента нити. Поперечная сила

$$Q = (2M + Ph) / L. \quad (9)$$

Энергия, затрачиваемая на деформацию нити,

$$\Pi = P \left( \int_0^{\beta_1 + \beta_2} r_s(\beta) d\beta - \ell/2 \right) + \int_0^{\beta_1 + \beta_2} M(\beta) d\beta. \quad (10)$$

Выражение (10) позволяет определить угловую длину  $\beta_2$  (дугу охвата), если иметь в виду, что на перевод нити из одного состояния в другое должно затрачиваться минимум энергии.

Система уравнений (1...10) решается численными методами. Условия формирования металлотетки с квадратной ячейкой во многом определяются отношением  $H/d$ , где  $H$  – ширина ячейки;  $d$  – диаметр проволоки. Расчеты проводились

для сеток из нержавеющей стали (1X18H9T) из проволоки диаметром  $d_o = d_y = 0,25$  мм и отношением  $H/d$ , равным 4/3, 2, 5.

Экспериментально для проволоки из данного материала найдена зависимость растягивающее усилие – деформация, после обработки которой получена действительная характеристика  $\sigma(\varepsilon)$  в виде

$$\sigma(\varepsilon) = \begin{cases} c_1 + c_2\varepsilon + c_3\varepsilon^2, & \varepsilon_y < \varepsilon, \\ E\varepsilon, & \varepsilon_y \geq \varepsilon \geq -|\varepsilon_y|, \\ -c_1 + c_2\varepsilon - c_3\varepsilon^2, & \varepsilon < -|\varepsilon_y|, \end{cases}$$

где  $\varepsilon_y$  – относительная деформация, соответствующая пределу пропорциональности;  $c_i$  – постоянные коэффициенты.

Предполагалось, что в рабочем диапазоне деформации зависимости  $\sigma(\varepsilon)$  при растяжении и сжатии одинаковы. В данных случаях также принято, что в недеформированном состоянии уток имел нулевое натяжение.

Результаты показывают следующее. Если формируется сетка пятой фазы строения с отношением  $H/d = 4/3$ , то участок элемента утка постоянной кривизны будет определяться углом  $\beta_2$  охвата, равным  $0,5\beta_m$ . Далее кривизна геометрической оси в точке перегиба будет падать до нуля. Перевод уточины в это состояние потребует меньших затрат энергии. При формировании сетки с  $H/d = 2$  минимуму затрат энергии соответствует  $\beta_1 \approx 0,05\beta_m$ . При формировании сетки с  $H/d = 5$  участок постоянной кривизны будет отсутствовать. Кроме того, кривизна геометрической оси нити в зоне контакта будет больше суммы  $r_o + r_y$ .

При необходимости иметь более точное решение зависимость  $r_s(\beta)$  можно принять в виде ряда

$$r_s = \sum_i a_i / \beta^{ni}.$$

При этом потребуются дополнительные условия связи, за которые можно взять, например, выражения для изгибающего момента в произвольном ( $i$ -м) сечении элемента нити.

Как показывают расчеты для данных случаев, форма элемента нити, расположенного между соседними уточинами, несущественно влияет на значения нормальных и поперечных усилий в ее концевых сечениях, что позволяет при конкретной постановке задачи пользоваться

упрощенными представлениями.

## ВЫВОДЫ

Предложена методика, позволяющая по заданным геометрическим параметрам металлоткачки определять в статической постановке форму уточной нити и силы, действующие в ее поперечных сечениях.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Смирнов А.Н. Разработка и исследование механизма прибора рапирных металлоткачных станков: Дис....канд. техн. наук. – Кострома, 1983.

Рекомендована кафедрой проектирования текстильных машин. Потупила 11.10.02

УДК 677.05

## ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ СИСТЕМЫ СКАЛО – ОСНОВНЫЕ НИТИ – РЕМИЗЫ ТКАЦКОГО СТАНКА СТБ

В.В. СИГАЧЕВА, О.В. ФАРАФОНТОВА

(Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна)

При прогнозировании качества процесса тканеобразования, которое изначально определяется выбором заправочных параметров станка и наладкой механизма основного регулятора, необходимо учитывать динамику системы скало – нити основы, принимая во внимание влияние технического состояния ремизоподъемного механизма.

Перемещение скала как датчика основного регулятора определяет отпуск основы. Желательно, чтобы зависимость перемещения скала от изменяющегося радиуса навоя была линейна. Но, как известно из практики эксплуатации, скало в течение периода оборота главного вала колеблется, что вызывает динамические искажения в формировании сигнала датчика.

Целесообразно исследовать влияние

жесткости основных нитей и ткани, а также пружины скала на формирование угла поворота скала при изменяющемся радиусе навоя в процессе его срабатывания. Изменение радиуса навоя учитывается в величине технологической нагрузки (натяжении нитей) и приведенной жесткости основы [1, 2].

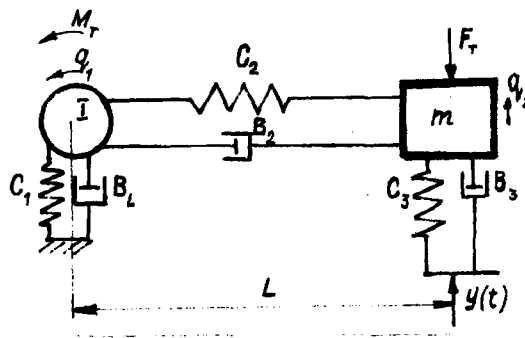


Рис. 1



Исследуемая динамическая модель (рис.1) составлена в предположении, что отпуск основных нитей навоем уже произведен и статически нити основы по ширине равномерно натянуты.

В модели приняты обозначения:  $I$ ,  $m$  – соответственно приведенные момент инерции механизма скала и масса движущихся элементов привода ремизы;  $M_T$ ,  $F_T$  – момент и сила от технологической нагрузки, определяемой натяжением нитей, действующей соответственно на скало и ремизы;  $c_1$ ,  $c_2$ ,  $c_3$  – приведенные жесткости механизма скала, основы и ткани к оси трехплечего рычага [3] и привода ремизы соответственно;  $v_1$ ,  $v_2$ ,  $v_3$  – коэффициенты линейного демпфирования для механизма скала, заправки, механизма ремизы соответственно;  $q_1, q_2$  – обобщенные координаты, характеризующие колебания скала и ремиз соответственно;  $y(t)$  – функция перемещения – кинематическое возмущение ремиз;  $L$  – расстояние от скала до ремиз.

Перемещение ремиз по вертикали характеризуется уравнением

$$x(t) = y(t) + q_2. \quad (1)$$

При соизмеримой величине приведенных жесткостей  $c_1$ ,  $c_2$ ,  $c_3$  с учетом малости угла поворота скала за малое приращение угла поворота главного вала полный угол поворота скала можно выразить как

$$\varphi(t) = q_1 + [y(t) + q_2]/L. \quad (2)$$

Для составления дифференциальных уравнений движения использованы известные приемы составления выражений кинетической и потенциальной энергий модели [1] и их дифференцирования на основе уравнений Лагранжа второго рода.

Система дифференциальных уравнений, описывающих движение модели (рис.1), имеет вид:

$$\left. \begin{aligned} a_{11}\ddot{q}_1 + a_{12}\ddot{q}_2 + v_{11}\dot{q}_1 + c_{11}q_1 + c_{12}q_2 &= Q_1, \\ a_{22}\ddot{q}_2 + a_{21}\ddot{q}_1 + v_{22}\dot{q}_2 + v_{21}\dot{q}_1 + c_{22}q_2 + c_{21}q_1 &= Q_2, \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

где  $a_{11}=I$ ;  $a_{12}=a_{21}=I/L$ ;  $a_{22}=m+I/L^2$ ;  $v_{11}=v_1+v_2$ ;  $v_{22}=v_3$ ;  $v_{21}=v_1/L$ ;  $c_{11}=c_1+c_2$ ;  $c_{12}=c_{21}=c_1/L$ ;  $c_{22}=c_1/L^2+c_3$ ;  $Q_1=M_T+I\ddot{y}(t)/L-c_1y(t)/L$ ;  $Q_2=F_T+M_T/L-(I/L^2+m)\ddot{y}(t)-(c_1/L^2+c_3)y(t)$ .

Как известно, левая часть системы дифференциальных уравнений (3) описывает свободные колебания модели при условии, что  $Q_1=0$ ,  $Q_2=0$  после приложения возмущающего воздействия.

Для расчета собственных частот в первом приближении переменностью приведенной жесткости  $c_3$  и влиянием диссипативных факторов можно пренебречь.

При подстановке решений в виде  $q_i = \sum_{r=1}^2 (A_{ir} \sin(\kappa_r t + \gamma_2))$  ( $i=2$ ),  $r=2$  в уравнения свободных колебаний получаем, что каждая из обобщенных координат

участвует в сложном колебательном движении с собственной частотой  $\kappa_r$ . Исключая из рассмотрения решение, при котором амплитуды  $A_{ir}$  обращаются в нуль, получаем определитель системы алгебраических уравнений, используемый для определения собственных частот:

$$\Delta(\kappa_r^2) = \begin{vmatrix} c_{11} - a_{11}\kappa_r^2 & c_{12} - a_{12}\kappa_r^2 \\ c_{21} - a_{21}\kappa_r^2 & c_{22} - a_{22}\kappa_r^2 \end{vmatrix} = 0. \quad (4)$$

При исходных параметрах  $I=1,53 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ ;  $m=10 \text{ кг}$ ;  $c_1=321 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ;  $c_2=2874 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ;  $c_3=695693 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ;  $L=0,78 \text{ м}$  получены частоты  $\kappa_1=36,8 \text{ рад/с}$ ;  $\kappa_2=327,9 \text{ рад/с}$ .

Следует отметить, что при определении расчетных параметров использовались данные из [2] и результаты экспериментов, проведенных в диагностических целях [4].

Моделирование вынужденных колебаний осуществляли с использованием программы SIAM. Технологическую нагрузку определяли на основании собственных экспериментов; также учитывали результаты из [2] по определению натяжения основных нитей. При моделировании эти параметры представлялись в виде ряда Фурье.

Для определения кинематического возмущения использовали экспериментальные низкочастотные составляющие ускорения ремиз. Низкочастотное ускорение (1...6 гармоники) ремиз при идеальном техническом состоянии механизма примерно совпадает с кинематическим ускорением. За базовую расчетную функцию ( $y''_6$ ) принималось ускорение механизма, который по диагностическому показателю может прослужить без ремонта 1...1,5 года с КПВ 0,85 [4]. Износ механизма приводит к искажению низкочастотной составляющей за счет увеличения амплитуд некоторых гармоник, входящих в ее состав, поэтому вторая расчетная функция ускорения ( $y''_{из}$ ) по среднеординатному уровню отличалась от базовой в 1,3 раза.

Функция положения при моделировании также представлялась в виде ряда Фурье. Величину коэффициентов линейного демпфирования  $b_{22}$  и  $b_{21}$  определяли на основе анализа экспериментально полученных ускорений ремиз [4] и колебаний основных нитей.

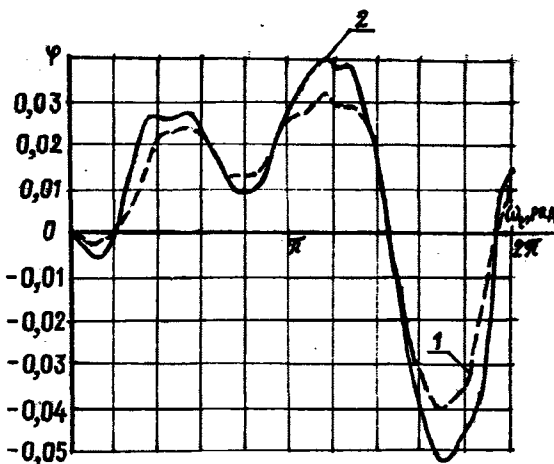


Рис. 2

Результаты моделирования для угла поворота скала представлены на рис.2 (кривая 1 соответствует базовому  $y''_6$ , а кривая 2 –  $y''_{из}$ ).

Для определения зависимости угла поворота скала от параметров модели использовали максимальную, положительную амплитуду колебаний скала.

На рис.3 приведены зависимости угла поворота скала от радиуса навоя (кривая 1 соответствует исходным параметрам модели –  $C_{11}$ ,  $C_{12}$ ; кривая 2 – уменьшенной в 2 раза жесткости пружины и нитей основы –  $0,5C_{11}$ ;  $0,5C_{12}$ ). Как видно из графика, жесткость нитей основы и пружины скала, изменяя величину частоты скала, влияет на величину угла поворота скала. При уменьшении радиуса навоя угол поворота скала увеличивается.

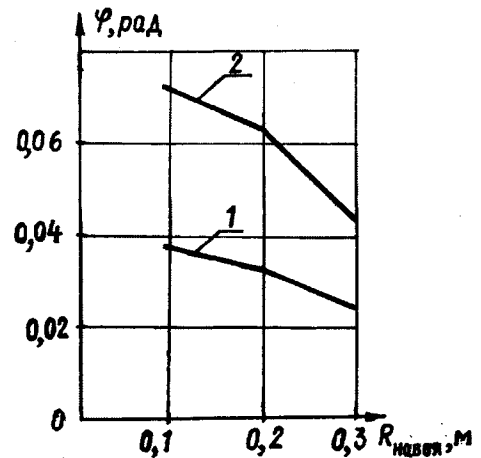


Рис. 3

Экспериментально полученные амплитудно-частотные характеристики (рис.4) основных нитей (а), скала (б) и ремиз (в) показывают, что в механизме скала и системе заправки нитей формируются колебания с низшей собственной частотой (примерно равной  $K_2$ ), характерной для ремизоподъемного механизма, что подтверждает целесообразность анализа динамической модели (рис.1) и ее пригодность для исследований динамики скала основного регулятора.

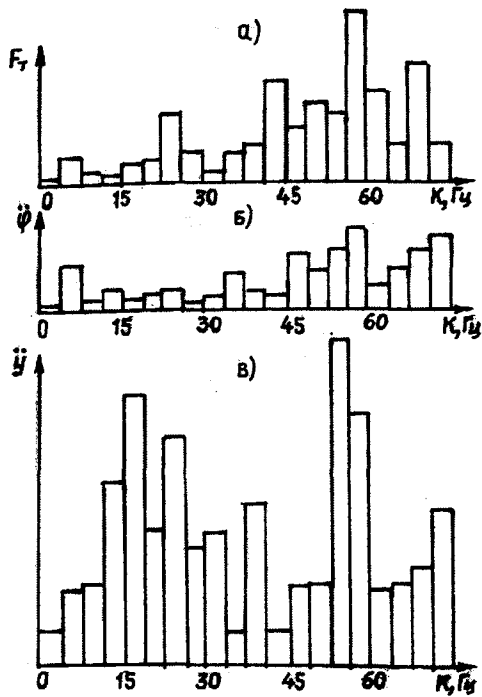


Рис. 4

## ВЫВОДЫ

1. Результаты моделирования позволили приблизиться к реальной картине формирования угла поворота скала как датчика основного регулятора и определить, что, несмотря на колебательный характер движения, величина максимальных амплитуд линейно зависит от радиуса навоя.

2. Техническое состояние ремизо-подъемного механизма влияет (через жесткую систему заправки основных нитей) на формирование угла поворота скала, но в меньшей степени чем радиус навоя и жесткость заправки и пружины скала.

1. Вульфсон И.И. Динамические расчеты цикловых механизмов. – Л.: Машиностроение, 1976.

2. Лустгартен Н.В. и др. САПР технологических режимов ткацкого производства. – М.: Легпромбытиздат, 1993.

3. Святенко М.В. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1967, № 4. С.66...71.

4. Сигаичева В.В. и др. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1999, № 2. С.93...97.

Рекомендована кафедрой автоматизации производственных процессов. Поступила 22.02.02.

УДК 677.052:621.34

**МНОГОФАЗНЫЙ АСИНХРОННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД  
ДЛЯ КОЛЬЦЕПРЯДИЛЬНЫХ МАШИН**

*А.Н. ГОЛУБЕВ, С.В. ИГНАТЕНКО, П.Н. ЛОПАТИН*

**(Ивановский государственный энергетический университет,  
Ивановская государственная текстильная академия)**

Как показывают проведенные авторами исследования, одним из способов оптимизации показателей асинхронного ЭП [1...3] является подход к числу его фаз как к вариативному параметру.

Рассмотрим подробнее влияние числа  $m$  фаз на характеристики ЭП.

Увеличение числа фаз расширяет диапазон реализуемых мощностей ЭП при ограниченных пропускных возможностях силовых коммутаторов ПЧ. Действительно, при заданной мощности АД и фазном напряжении  $U_{\phi} = \text{const}$  согласно соотношению между фазными токами 3-фазной  $I_{\phi 3}$  и

многофазной  $I_{\phi m}$  машин  $\frac{I_{\phi 3}}{I_{\phi m}} \sim \frac{m}{3}$  переход

на многофазный вариант построения ЭП позволяет уменьшить токовую нагрузку на силовой коммутатор. Это упрощает его реализацию, расширяет диапазон мощностей ЭП при заданной номенклатуре силовой полупроводниковой техники и дает возможность осуществить стоимостную, а также массогабаритную оптимизацию силовой части ПЧ.

Увеличение числа фаз АД является эффективным средством улучшения гармонического состава магнитного поля в воздушном зазоре АД [4]. Анализ показывает, что в спектре результирующего потока  $m$ -фазного АД присутствуют пространственные гармоники  $n$ , образованные временными гармониками  $\mu(I)$  токов статора (ротора), только с порядковыми номерами

$$n = \mu(I) \pm bmQ, \tag{1}$$

где  $b=1;2$  (в зависимости от схемы питания);  $Q = 0;1;2;\dots$ .

Поскольку угловая частота вращения  $n$ -й гармоники поля определяется через частоту вращения  $\omega_{11}$  основной гармонической соотношением

$$\omega_{\mu(I)n} = \frac{\omega_{11}\mu(I)}{n}, \tag{2}$$

на основании (1) можно сделать важный вывод: увеличение числа фаз обуславливает разрежение спектра поля в направлении устранения из его состава асинхронных гармонических при относительном возрастании энергетического веса гармоник, вращающихся с синхронной скоростью  $\omega_{11}$  ( $\mu(I)=n$ ) и создающих в силу этого дополнительные постоянные составляющие электромагнитного момента, достигающие в сумме (в зависимости от режима работы АД) до 10% от его результирующей постоянной составляющей.

Таким образом, увеличение  $m$  определяет прямо пропорциональное возрастание частоты пульсаций  $f_m$  электромагнитного момента ( $f_m = bmSf_1$ , где  $S$  – ряд натуральных чисел (1;2;3;...);  $f_1$  – частота питающего напряжения) при снижении их амплитуд по закону, близкому к экспоненциальному. Это позволяет без формирования токов по специальным (в частности, синусоидальному) законам обеспечить

требуемый диапазон плавного регулирования скорости за счет выбора соответствующего значения  $m$ , что упрощает алгоритм управления ПЧ.

Увеличение числа фаз обуславливает общее улучшение энергетических характеристик АД и соответственно ЭП. Данные показатели у многофазных ( $m > 3$ ) АД выше, чем у 3-фазного при любой одинаковой форме напряжения [4]. При синусоидальном питании возрастание  $m$  приводит к увеличению КПД в пределах 0,2...1%, а коэффициента мощности – до 1...2%. При этом за счет увеличения обмоточных коэффициентов перегрузочная способность возрастает в 1,2...1,5 раз.

При переходе на питание напряжением несинусоидальной формы, практически рациональное для многофазной системы ПЧ–АД, относительное снижение энергетических характеристик (по сравнению со случаем синусоидального питания) при увеличении числа фаз существенно меньше, чем у 3-фазных аналогов. При этом важным преимуществом увеличения числа фаз является относительно небольшой рост потерь в обмотке ротора – почти на порядок меньший, чем у 3-фазного АД. Начиная с  $m=9$  энергетические характеристики многофазного ЭП при несинусоидальном питании практически не уступают показателям 3-фазного при синусоидальном, превосходя их при нагрузках, превышающих номинальную.

Переход на многофазный вариант построения ЭП обуславливает снижение критичности к различного рода несимметрии по питанию и повышение надежности ЭП. К наиболее характерным несиммет-

ричным режимам следует отнести несимметрию по амплитуде, связанную с соизмеримостью фазного напряжения с его падением в силовом коммутаторе (использование ПЧ с управляемым выпрямителем или питание от низковольтного источника), а также обрыв или аварийное отключение одной или группы фаз.

Анализ несимметрии по амплитуде в системе фазных напряжений позволяет сделать вывод, что с увеличением числа фаз вероятность появления значительных величин несимметрии снижается, а самого несимметричного режима работы – увеличивается; при этом кривая вероятностей смещается в область меньших значений коэффициента несимметрии годографа вектора напряжения. Исследования показывают, что в режимах, связанных с асимметрией по амплитуде (в пределах паспортного разброса параметров), по уровню пульсаций момента многофазный АД не уступает, а в целом превосходит 3-фазный в симметричном режиме.

Принципиальная возможность работы многофазного ЭП при неполном числе фаз (при обрыве или аварийном отключении одной или даже нескольких фаз в АД продолжает создаваться вращающееся поле) является его уникальным свойством. С этих позиций некоторое количество фаз можно считать (в соответствии с методом резервирования) нагруженным резервом, что повышает надежность системы ПЧ–АД в целом.

В табл.1 представлены расчетные значения вероятности безотказной работы  $m$ -фазного инвертора.

Таблица 1

$m$	3	6	9	12	15	18				
1-h	0	1	2	2	3	3	4	3	4	5
$P_c$	0,625	0,788	0,869	0,793	0,917	0,821	0,929	0,741	0,892	0,963

Примечание. Поток отказов силового коммутатора  $\lambda_0 = 0,3136 \cdot 10^{-4} \text{c}^{-1}$ ; (1-h) – нагруженный резерв.

При этом необходимо оговориться, что при определении реального резерва следует исходить из условий обеспечения предъявляемых к ЭП технологических требований. Говоря о повышении надежности показателей электромеханической

системы с ростом  $m$ , необходимо отметить, что переход на многофазный вариант построения ЭП приводит, как показывают исследования, к сохранению его принципиальной работоспособности при коротком замыкании фазы на нейтральную точ-

ку (частный случай межвиткового замыкания), а также к снижению критичности к замыканию на полнос источника питания.

Важнейшее значение при разработке ЭП имеет вопрос о его электромагнитной совместимости с источником питания. Анализ гармонического состава тока  $i_n$  на входе инвертора показывает, что его постоянная составляющая определяется однопорядковыми гармониками тока статора  $\mu$  и коммутационной функции  $k$ , а разнорядковые гармонические, удовлетворяющие соотношению

$$\mu = k + 2mS, \quad (3)$$

определяют переменную составляющую тока  $i_n$  с  $2mS$  – кратной частотой выходного напряжения инвертора.

С ростом числа фаз в соответствии с (3) происходит разрежение спектра гармоник тока  $i_n$  в направлении устранения из него гармонических  $\mu$ , не равных  $k$ . В результате при указанном повышении частоты пульсаций  $i_n$  их амплитуда снижается по закону, близкому к экспоненциальному. Таким образом, увеличение числа фаз, повышая показатели электромагнитной совместимости, позволяет значительно улучшить массогабаритные и энергетические характеристики фильтра в звене постоянного тока ПЧ. При этом зависимость указанных характеристик от числа фаз усиливается при использовании схем выпрямления с большей пульсностью.

Так, при использовании АД серии 4А и наиболее распространенной 6-пульсной схемы выпрямления при  $f=50$  Гц увеличение числа фаз приводит к снижению массы фильтра до 20%, объема – до 30%, энергоемкости – до 90% по сравнению с 3-фазным аналогом [5]. Увеличение числа фаз электромеханической системы обуславливает снижение инерционности фильтра в звене постоянного тока. Уменьшение постоянной времени фильтра составляет 20...70% и более.

ЭП на базе многофазного АД по сравнению с 3-фазным обладает лучшими (вследствие разрежения спектра асинхронных гармоник магнитного поля и сниже-

ния их амплитуды) виброшумовыми показателями как при синусоидальном, так и несинусоидальном питающих напряжениях.

Анализ показывает, что при  $m \rightarrow \infty$ , несинусоидальном напряжении и соединении фаз статора в одну группу результирующая намагничивающая сила стремится по форме к меандру с постоянной амплитудой, что обуславливает отсутствие в радиальной силе, действующей между статором и ротором, переменной составляющей, вызывающей вибрацию. Эта тенденция имеет место и при конечном числе фаз. Так, уже при  $m=9$  практически полностью устраняются радиальные силы первого порядка, а снижение амплитуды основной гармоники радиальной вибровозмущающей силы доходит до 60%.

Применение многофазного варианта построения ЭП приводит к повышению конструктивной гибкости его элементов: изменяются число силовых ключей, массогабаритные показатели фильтра ПЧ, исполнение статорной обмотки АД и т.д. Эти факторы сложным образом влияют на стоимость как элементов, так и ЭП в целом. Проведенные исследования дают основание утверждать, что использование многофазного варианта построения ЭП позволяет оптимизировать стоимостные показатели элементов ЭП. При этом в случае относительно высоковольтного варианта его исполнения увеличение числа фаз наиболее целесообразно для ЭП средней и большой мощности. Понижение напряжения питания расширяет диапазон мощностей АД, для которых повышение  $m$  позволяет достичь уменьшения стоимости электромеханической системы.

## ВЫВОДЫ

1. Рассмотрение числа фаз исполнительного ЭП как вариативного параметра позволяет оптимизировать целый спектр характеристик электромеханической системы.

2. Переход на многофазный вариант построения ЭП является эффективным пу-

тем повышения конкурентоспособности системы ПЧ–АД и делает его в технико-экономическом плане перспективным для широкого использования в машинах прядильного производства.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Закорюкин Ю.В.* Теоретические и экспериментальные исследования поточных линий текстильной промышленности, оснащенных асинхронным многодвигательным регулируемым приводом: Дис.... докт. техн. наук. – Иваново, 1975.

2. *Быстров А.М. и др.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1970, № 5. С.3...8.

3. *Быстров А.М., Быков А.Н., Филичев В.Т.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1969, № 2. С. 112...114.

4. *Бабаев М.Б., Голубев А.Н., Королев А.Н.* // Электричество. – 1991, № 11. С. 57...61.

5. *Голубев А.Н., Игнатенко С.В.* // Электротехника. – 1999, № 7. С. 42...46.

Рекомендована кафедрой теоретических основ электротехники и электрических измерений ИГЭУ.  
Поступила 14.11.01.

УДК 536.24

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕПЛООБМЕНА В ВИХРЕВОМ СМЕСИТЕЛЬНОМ АППАРАТЕ

Б.С. САЖИН, М.П. ТЮРИН

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

В химической и текстильной промышленности широкое распространение получили смесительные теплообменные аппараты, в которых теплоносителями являются, с одной стороны, влажный воздух и с другой – нагреваемая или охлаждаемая вода.

В настоящее время разработано множество конструктивных решений смесительных аппаратов, однако анализ показывает, что имеются большие возможности для их усовершенствования. Многие из них чувствительны к загрязнениям, характерным для текстильных и химических предприятий, обладают значительными габаритными размерами, то есть недостаточно полно с энергетической точки зрения используется рабочее пространство аппаратов, отличаются значительным каплеуносом и требуют установки сепараторов влаги.

На основе изучения данных о теплообменных устройствах контактного типа в МГТУ разработано несколько конструкций вихревых контактных теплообменников для утилизации теплоты паровоздушной смеси (ПВС) от теплотехнологического оборудования предприятий текстильной и химической промышленности [1...8, 10, 11]. В основу аппарата положена конструкция высокоэффективного пылеуловителя типа ВЗП [9].

Такое решение объясняется многими причинами: во-первых, все контактные аппараты нуждаются в сепарационных устройствах для отделения капель влаги от удаляемого из них газа, в данном аппарате этот вопрос так остро не стоит [6...8]; во-вторых, в предложенном аппарате обеспе-

чиваются высокие скорости потока газа без снижения эффективности улавливания влаги (15...25 м/с); в-третьих, этот аппарат можно использовать и для мокрой высокоэффективной очистки воздуха от пыли [1, 9] и, наконец, в-четвертых, одна из конструкций предложенного аппарата позволяет использовать его для абсорбционной очистки воздуха [4, 5, 10].

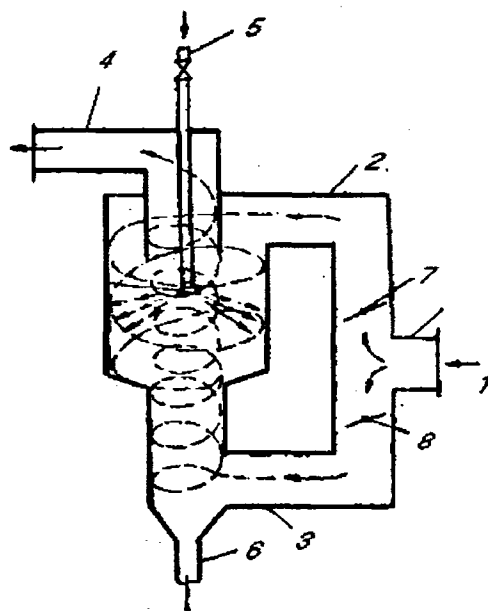


Рис. 1

Для утилизации теплоты ПВС от парных и выпарных установок, зрельников, сушильных барабанных и конвективных установок, а также для абсорбционной очистки газов предназначен вихревой аппарат модифицированной конструкции, представленной на рис.1, где 1 – подвод выбросного воздуха; 2 – рукав для нисходящего потока; 3 – рукав для восходящего потока; 4 – патрубок для отвода воздуха; 5



– устройство подвода жидкости с распылительной форсункой; 6 – отвод обработанной жидкости; 7, 8 – верхний и нижний регулирующие шиберы.

Конструкция предлагаемого аппарата отличается от конструкции описанной в [1, 10] тем, что обработанная жидкость направляется непосредственно в восходящий закрученный поток, а не стекает в поддон, минуя его. Практически в модифицированном аппарате в отдельных его зонах присутствуют все возможные поверхности раздела фаз (капельная, пленочная и пенная), что существенно увеличивает эффек-

тивность данной конструкции при решении возлагаемых на нее задач.

Следует отметить, что такие аппараты при их работе в качестве утилизаторов теплоты не чувствительны к загрязнениям влажного воздуха. Однако это является и их недостатком. Имеющиеся во влажном воздухе загрязнения могут абсорбироваться водой, что ограничивает область применения утилизаторов теплоты. Вместе с тем эта вода может использоваться без дополнительной очистки в тех процессах, где применяются данные вещества.

В табл.1 представлены технические характеристики аппарата.

Таблица 1

Наименование параметра	Количественная характеристика				
	800...2000	2000...5000	5000...8000	8000...16000	30000...80000
Количество ПВС, м <sup>3</sup> /ч					
Геометрические характеристики аппарата:					
диаметр, м	0,25	0,40	0,6	0,8	1,6
высота, м	1,5	2,6	4,2	6,0	14,0

С целью проведения опытно-промышленных испытаний были изготовлены опытные образцы вихревых аппаратов диаметром 0,25 м и высотой 1,5 м.

Испытания утилизаторов проводили на Московском шелковом комбинате, фабрике "Трехгорная мануфактура" и Камвольном комбинате (г. Киржач). Аппараты устанавливались на запарных установках, зрельниках и сушильных установках.

Паровоздушная смесь от теплотехнологического агрегата к опытно-промышленному образцу подавалась по воздуховоду, разделенному на два рукава: нижний и верхний. Соотношение расходов в нижнем и в верхнем рукавах регулировалось с помощью шиберов. Отвод охлажденной и очищенной ПВС осуществлялся к системе вентиляционных отсосов. Подвод воды к оросителям производился по трубопроводам с регулировочными вентилями, служащими для регулирования соотношения подачи воды к оросителям.

В процессе исследований измеряли температуру подводимой и отводимой ПВС по сухому и мокрому термометрам, а также давление с помощью трубок Пито-Прандтля и микроманометров ММН-240.

Температуру холодной воды, подаваемой на орошение, и нагретой воды измеряли ртутными термометрами. Измерения расхода орошающей воды осуществляли с помощью счетчиков ВТ-50, а количество нагретой воды вместе с конденсатом – путем измерения времени заполнения стандартной емкости.

В качестве оросителей использовали три типа форсунок: стандартную, серийно-выпускаемую широкофакельную форсунку типа ФШ с проходным диаметром от 2,5 до 10 мм, и шелевые форсунки с двумя различными проходными сечениями (28 и 56 мм<sup>2</sup>).

При проведении испытаний на запарной установке расход паровоздушной смеси изменялся в небольших пределах и в среднем составил  $L_b = 1000 \text{ м}^3/\text{ч} = 0,278 \text{ м}^3/\text{с}$ . Это объясняется тем, что изменение расхода в широких пределах было недопустимо по технологическим условиям производства.

В среднем соотношение расходов нисходящего и восходящего потоков составило 2:1, поскольку именно это соотношение оказалось наиболее эффективным для данного типа аппаратов. При этом расход

орошающей воды менялся в широких пределах от  $G_{в}=700$  кг/ч до  $G_{в}=2600$  кг/ч. Температура ПВС на входе в аппарат колебалась от 96 до 98°C, а на выходе от 24 до 90°C. Такие высокие параметры нагретой воды при испытаниях на запарной установке объясняются очень высоким содержанием пара в ПВС, близким к состоянию насыщения воздуха при данных температурах.

Таким образом, при утилизации теплоты ПВС данных параметров возможно получение температур нагретой воды в широком диапазоне параметров, определяемых потребностью предприятия в ее количестве и температуре.

Определение вида критериальной зависимости проводили при следующих допущениях.

Известно, что в контактных аппаратах имеет место совокупность процессов: явного теплообмена, не осложненного массообменом; тепломассообмена и массообмена.

В качестве движущих сил процессов были приняты следующие величины: движущей силой процесса теплообмена, как обычно бывает, принята разность температур между газом и жидкостью, то есть температурный напор  $\Delta t$ ; движущей силой процесса тепломассообмена – разность

между температурой жидкости и температурой газа по мокрому термометру; движущей силой процесса массообмена – разность влагосодержаний насыщенного и ненасыщенного газа.

В результате получено критериальное уравнение для коэффициента интенсивности тепломассообмена:

$$Km = A Re^b Vm_1^d, \quad (1)$$

где  $A$ ,  $b$ ,  $d$  – постоянные коэффициенты критериального уравнения, определяемые

из эксперимента;  $Km = \frac{t_2 - t_{ж.н}}{t_1 - t_{ж.н}}$  – отношение разностей температур;

$Re$  – число Рейнольдса;  $Vm_1$  – число подобия тепловых эквивалентов.

Число  $Re$  определялось по соотношению

$$Re = \frac{U_r R}{\nu_{r1}}, \quad (2)$$

где за  $U_r$  принимали тангенциальную скорость газа на входе в аппарат.

Величину  $Vm_1$  определяли из соотношения

$$Vm_1 = Vm + 1, \quad (3)$$

где  $Vm$  – тепловой эквивалент:

$$Vm = \frac{G_{ж} c_{Pж}}{G_r c_r} = \frac{G_{ж} c_{Pж}}{(G_r c_{Pв} + \frac{r_0 \Delta d_{г.м}}{\Delta t_{г.м}})} = \frac{Vw_n}{1 + Ke_r}, \quad (4)$$

где  $Ke_r = \frac{r_0 \Delta d_{г.м}}{c_{Pв} \Delta t_{г.м}}$  – коэффициент испарения, равный отношению скрытой теплоты к явной при изменении энтальпии газа от начального значения до конечного;

$Vw_n = \frac{G_{ж} c_{Pж}}{G_r c_{Pв}}$ .

В практических расчетах все значения, входящие в  $Vm_1$ , вычисляются при начальных параметрах состояния. Соответственно теплоемкость вычисляется из выражения  $c_{Pв} = c_{Pr} + c_n d_{1м}$ , а отношение

$\Delta d_{г.м} / \Delta t_{г.м}$  как предел при  $t_{2м} \rightarrow t_{1м}$  и  $d_{2м} \rightarrow d_{1м}$ , то есть как  $d(d_m) / dt_m$ . Другими словами, данная производная представляет собой тангенс угла наклона касательной к линии насыщения газа.

С достаточной для практики точностью производную можно вычислять приближенно [12]:

$$\frac{d(d_m)}{dt_m} \approx \frac{\Delta d_R}{\Delta t_R}, \quad (5)$$

где  $\Delta t_R = t_{iMR} - t_{iM} = 1^\circ\text{C}$  – расчетная разность температур;  $\Delta d_R = d_{iMR} - d_{iM}$  – расчетная разность влагосодержаний, соответствующих температурам  $t_{iMR}$  и  $t_{iM}$ .

Обработку результатов эксперимента проводили по двум направлениям. Определялась зависимость, предложенная в [12] критериальная коэффициента эффективности теплообмена  $Ke$  от комбинированного числа Рейнольдса-Фруда  $Re_K$ , в котором за скорость  $w$  была принята скорость воды, выходящей из форсунок, и числа подобия тепловых эквивалентов  $Vm_1$ , то есть зависимость  $Ke = f(Re_K, Vm_1)$ , и приведенная выше критериальная зависимость  $Ke = f(Re, Vm_1)$ , где вместо комбинированного числа Рейнольдса-Фруда использовалось число Рейнольдса.

Комбинированное число Рейнольдса-Фруда представляет собой произведение числа Рейнольдса на число Фруда:

$$Re_K = Re Fr = \frac{U_r l w^2}{\nu_r g_n l} = \frac{w^3}{\nu_r g_n}, \quad (6)$$

где  $g_n$  – напряженность поля тяготения (в поле центробежных сил  $g_n = U_r^2 / R$ );  $U_r$ ,  $w$  – соответственно тангенциальная и радиальная составляющие скорости газа;  $l$  – характерный размер.

Постоянные коэффициенты критериальной зависимости находились при помощи метода наименьших квадратов для многофакторного эксперимента. В результате обработки данных при использовании в критериальной зависимости числа Рейнольдса-Фруда был получен большой разброс данных. В то же время при использовании в критериальной зависимости числа Рейнольдса получили вполне удовлетворительные результаты. При этом числа  $Re$  менялись в пределах 900...2000, а числа  $Vm_1$  – в пределах 1,15...2. Средняя точность корреляции составила 9% при максимальной около 20%.

В верхнем и нижнем подводных каналах скорость поддерживалась одинаковой при соотношении соответствующих расхо-

дов 2:1, что обеспечивалось проходными сечениями верхнего и нижнего входов в аппарат. Именно это соотношение и служило гарантией максимальной эффективности аппарата.

В результате получено следующее критериальное уравнение для инженерных расчетов процесса теплообмена в указанном аппарате:

$$Km = 5,91 Re^{-0,325} Vm_1^{-0,35}. \quad (7)$$

Для определения гидродинамического сопротивления аппарата можно использовать ряд зависимостей [9]. Мы рекомендуем зависимости (8) и (9):

$$\Delta P = \xi_n \frac{\omega_n^2}{2} \rho_{в.в.}, \quad (8)$$

где  $\omega_n$  – средняя скорость газа, отнесенная к поперечному сечению аппарата, м/с;  $\rho_{в.в.}$  – плотность газа на входе в аппарат, кг/м<sup>3</sup>;  $\xi_n$  – коэффициент гидравлического сопротивления.

Величина  $\xi_n$  зависит от кратности расхода  $K^*$ , определяемого из соотношения

$$K^* = V_{n2} / V_n, \quad (9)$$

где  $V_{n2}$ ,  $V_n$  – соответственно объемные расходы газа через верхний подводной канал и полный расход через аппарат.

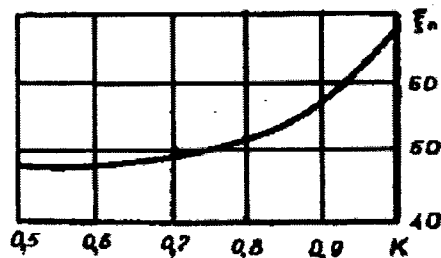


Рис. 2

Зависимость коэффициента гидравлического сопротивления  $\xi_n$  от кратности расхода  $K^*$  представлена на рис.2.

## ВЫВОДЫ

1. Разработана конструкция высокоэффективного утилизатора теплоты высоковлажных парогазовых смесей, отводимых от текстильного оборудования.
2. Получена критериальная зависимость для определения эффективности теплообмена в вихревом смесительном аппарате.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Патент РФ 1638517. Контактный теплообменник / Б.С. Сажин, В.И. Щербаков, М.П. Тюрин и др. – Оpubл. 11.03.93.
2. Патент РФ 1702145. Контактный теплообменник / Б.С. Сажин, В.И. Щербаков, М.П. Тюрин, М.Ф. Малышева. – Оpubл. 01.12.90.
3. Патент РФ 1719862. Контактный теплообменник / В.И. Щербаков, М.П. Тюрин. – Оpubл. 14.04.93.
4. Патент РФ 2006775. Контактный теплообменник / В.И. Щербаков, М.П. Тюрин, В.И.Курин. – Оpubл. 30.01.94.
5. Патент РФ 2044246. Контактный теплообменник / В.И. Щербаков, М.П. Тюрин, В.И.Курин. – Оpubл. 20.09.95
6. Тюрин М.П. и др. Утилизация теплоты паровоздушной смеси от сушильных установок // Тез.

докл. 2-ой Всесоюз. конф.: "Проблемы энергетики". – М.: МЭИ, 1987.

7. Тюрин М.П., Курин В.И., Харамы Е.В. Аппарат для утилизации тепла выбросного воздуха промышленных предприятий //Тез. докл. научн. конф. – М.: РХТУ, 1999.

8. Тюрин М.П., Цыганов К.И. Аппарат для утилизации тепла и очистки выбросного воздуха промышленных предприятий // Мат. междунар. симпоз.: "Химия сегодня и завтра". – М.: Президиум АН РФ, 1996.

9. Сажин Б.С., Гудим Л.И. Вихревые пылеуловители. – М.: Химия, 1995.

10. Щербаков В.И., Тюрин М.П., Курин В.И. Многофункциональный аппарат для утилизации тепла и очистки выбросного воздуха от зрельников, выпарных и запарных установок //Тез. докл.: Экологически защищенные системы промышленной вентиляции. – М.: Об-во "Знание" РФ, 1992.

11. Щербаков В.И., Тюрин М.П., Курин В.И. Аппарат для утилизации тепла и очистки выбросного воздуха теплотехнологического оборудования текстильных предприятий // Тез. докл.: Способы и средства очистки воздуха от загрязнений. – М.: Об-во "Знание" РФ, 1993.

12. Андреев Е.И. Расчет тепло- и массообмена в контактных аппаратах. – Л.: Энергоатомиздат, 1985.

Рекомендована кафедрой процессы и аппараты химической технологии и безопасности жизнедеятельности. Поступила 03.10.01.

УДК 677.016.253

## ИССЛЕДОВАНИЕ И РАСЧЕТ ПРОЦЕССА ПРОМЫВКИ ХЛОПЧАТОБУМАЖНЫХ ТКАНЕЙ ПОСЛЕ ПЕЧАТИ АКТИВНЫМИ, КУБОВЫМИ И АЗОИДНЫМИ КРАСИТЕЛЯМИ

*М.И.КОШЕЛОВА, А.А.ЩЕГОЛЕВ, В.А.РЕУТСКИЙ*

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н.Косыгина, Российский заочный институт текстильной и легкой промышленности)

Расчет процесса промывки текстильных материалов от красителей достаточно сложен, поскольку каждый тип красителя отмывается по-своему. Это не позволяет использовать общие для всех типов красителей уравнения подобно тому, как это делается в методе расчета процесса промывки хлопчатобумажных тканей после мерсеризации [1, 2].

В результате исследований, проведенных на кафедре процессов и аппаратов МГТУ им. А.Н. Косыгина авторами разработан метод расчета процесса промывки

после печати, который предлагается проводить с использованием приведенной средней скорости  $\tilde{q}$  (кг(г) красителя/(м<sup>2</sup>·с)) процесса промывки (представляющей собой среднюю скорость процесса промывки при заданной конечной степени  $\eta$  промывки, рассчитанную при постоянной начальной концентрации  $C_n$  незафиксированного красителя на ткани, равной 2 г/кг сухой ткани) и с прямым использованием обобщенного уравнения массопередачи [1, 2].

В обоих случаях в основу расчета положено обобщенное уравнение массопередачи, разработанное академиком Б.С. Сажиным и проф. В.А. Реутским [1, 2], и результаты экспериментального исследования кинетики процесса промывки на про-

мышленной линии для промывки и сушки тканей ЛПС-140-10.

Техническая характеристика обрабатываемых тканей и технологические параметры их промывки на линии ЛПС-140-10 приведены соответственно в табл.1 и 2.

Таблица 1

Наименование ткани	Ширина, см	Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	Сырьевой состав
Ситец арт. 41	100±1,5	101±5	100% хлопок
Сатин арт. 535	80±1,5	129±6	100% хлопок
Флейта арт. 975	75±1,5	110±5,	67% хлопок, 33% лавсан
Пальмира арт. 1462	80±1,5	126±6	100% хлопок
Пальмира арт. 1460	95±1,5	126±6	100% хлопок

Таблица 2

Наименование ткани	Вид печати	Класс красителей	Скорость, м/мин	Расход воды, м <sup>3</sup> /ч	Температура t воды в промывных ваннах, °С				
					плюсовка	1	2	3	4
Ситец арт. 41	прямая белоземельная	активные	110	12	37	46	68	68	68
Сатин арт.535	прямая грунтовая	азоидные в раппорт с активными	90	12	48	70	78	72	78
Флейта арт. 975	прямая белоземельная	кубовые	100	10	20	20	60	60	60
Пальмира арт. 1462	прямая грунтовая	азоидные	90	12	50	70	78	78	76
Пальмира арт. 1460	прямая грунтовая	полукубовые	100	12	20	20	60	70	75

Концентрация поверхностно-активных веществ, вводимых в процессе промывки во вторую промывную ванну, составляла 0,5 ÷ 1,0 г/л. Прочностные показатели промытых тканей к физико-химическим воздействиям оценивались по соответствующим ГОСТам.

Вместо текущей концентрации C' красителя в ткани в уравнении ОУМ использовалась степень η промывки, определяемая уравнением

$$\eta = (C'_n - C') / C'_n \quad (1)$$

Тогда ОУМ принимает вид

$$\tau = \frac{M}{\beta} \ln \left[ \frac{C'_n \eta (A - B)}{(C'_n - A)[C'_n (1 - \eta) - B]} \right] \quad (2)$$

где C' – концентрация незафиксированного красителя в ткани, г/кг; C'\_n – начальная концентрация незафиксированного красителя; B – динамическая равновесная концентрация незафиксированного красителя; τ – продолжительность промывки, с; β – коэффициент массопередачи процесса промывки во 2-м периоде, кг/(м<sup>2</sup>·с); M – поверхностная плотность ткани, кг/м<sup>2</sup>.

По уравнению (2), по известной начальной концентрации C'\_n красителя и заданной степени η промывки может быть рассчитана необходимая продолжительность τ процесса промывки, определяющая состав промывной линии (число промывных машин, входящих в промывную линию), что необходимо для проектного расчета промывной линии.

Если состав промывной линии известен

и задана скорость  $v$  проводки ткани в промывной линии, то достигаемую степень промывки можно определить, решив уравнение (2) относительно  $\eta$  (поверочный расчет промывной линии):

$$\eta = \frac{1 - B}{1 + \frac{A - B}{C'_H - A} \exp\left(-\frac{\beta\tau}{M}\right)}. \quad (3)$$

В формулах (2) и (3) продолжительность  $\tau$  промывки связана со скоростью  $v$  проводки ткани и длиной  $l_3$  заправки ткани в промывной машине или в промывной линии уравнением:

$$\Delta_{cp} = \frac{C'_H - C'_k}{\int_{C'_H}^{C'_k} \frac{dC'}{(C'^3 - C')(C' - B)}} = \frac{(C'_H - C'_k)(C'_k - B)}{Z_k}, \quad (6)$$

где  $C'_k$  – конечная концентрация незафиксированного красителя в ткани, г/кг;

$$Z_k = \ln \left[ \frac{(C'_H - C'_k)(A - B)}{(C'_H - A)(C'_k - B)} \right].$$

Учитывая, что

$$\beta \approx K(C'_H - B), \quad (7)$$

где  $K$  – константа скорости процесса промывки,  $\text{кг}^2/(\text{м}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{г})$ , и принимая во внимание (1) и (6), уравнение (5) представим в виде

$$\bar{q} = \frac{\beta(C'_H - C'_k)}{Z_k} = \frac{\beta C'_H \eta_k}{Z_k}, \quad (8)$$

где  $\eta_k$  – конечная степень промывки, достигаемая в промывной машине или в промывной линии.

При промывке тканей после печати величина средней интегральной скорости  $\bar{q}$  промывки является недостаточной характеристикой скорости процесса, поскольку, как это видно из уравнения (8), она зависит от начальной концентрации незафиксированного красителя  $C'_H$ , которая, в свою

$$\tau = l_3 / v. \quad (4)$$

При расчете процесса промывки тканей после печати (и после крашения) удобно пользоваться понятием средней интегральной скорости  $\bar{q}$  промывки ткани:

$$\bar{q} = K \Delta_{cp}, \quad (5)$$

где  $\Delta_{cp}$  – средняя интегральная движущая сила процесса промывки:

очередь, зависит от степени  $\varepsilon$  заполнения поверхности полотна ткани печатным рисунком. Последняя может меняться в очень широких пределах (от 1 до 100%). Поэтому одной и той же стадии промывки  $\eta$  могут соответствовать самые различные средние скорости  $\bar{q}$  промывки, даже при промывке от одного и того же красителя.

Конечно, это можно преодолеть, если ввести в (8) степень  $\varepsilon$  заполнения в явном виде:

$$\bar{q} = \frac{\beta C'_H \eta_k}{\varepsilon Z_k}. \quad (9)$$

Тогда средняя скорость  $\bar{q}$  промывки при промывке от одного и того же красителя будет оставаться постоянной независимо от степени заполнения поверхности полотна ткани. Однако в этом случае возникает проблема, связанная с определением  $\varepsilon$  для сложных печатных рисунков (например, в форме цветов или сложных геометрических узоров).

Наиболее просто это можно преодолеть, рассчитав приведенную среднюю интегральную скорость  $\hat{q}$  промывки в соответствии с уравнением

$$\tilde{q} = \bar{q}(Z/C'_n). \quad (10)$$

Величина  $\tilde{q}$  представляет собой среднюю интегральную скорость промывки при постоянной начальной концентрации незафиксированного красителя  $C'_n = 2 \text{ г/кг}$ . При промывке ткани от одного и того же красителя эта величина остается инвариантной по отношению к степени заполнения поверхности полотна ткани.

Необходимую продолжительность промывки ткани от заданного типа красителя можно определить с помощью уравнения

$$\tau = \frac{zM\eta}{\tilde{q}_n}, \quad (11)$$

а необходимый состав промывной линии при заданной скорости  $v$  проводки ткани – по уравнению

$$N = \frac{M\eta v}{\tilde{q}_n \ell_3^{(1)}}, \quad (12)$$

где  $\ell_3^{(1)}$  – длина заправки ткани в одной промывной машине;  $N$  – необходимое число промывных машин;  $\tilde{q}_n$  – приведенная скорость промывки в промывной линии, укомплектованной промывными машинами заданного типа.

Величина  $\tilde{q}_n$  может быть приближенно найдена на основе приведенной средней скорости  $\bar{q}$  промывки, определенной на лабораторной установке.

Для этого можно использовать уравнение

$$\tilde{q}_n(\eta) = \tilde{q}(\eta)\lambda, \quad (13)$$

где  $\lambda$  – коэффициент масштабного перехода;

$$\lambda = \tilde{q}_n / \tilde{q}. \quad (14)$$

Для исследованных тканей значение  $\lambda$  составило 2,5.

Таблица 3

Объект промывки	A	$C'_n$	B	$C'_k$	$\beta/M$	$\eta, \%$	$\tilde{q} \cdot 10^{-3}$
Ситец арт. 41	1,82	2,38	0,04	0,05	0,0837	97,9	3,30
Пальмира арт. 1462	3,28	4,2	2,0	2,13	0,045	49,3	1,80
	1,48	1,77	1,06	1,07	0,0776	39,6	1,64
Сатин арт. 535	1,976	3,265	3,82	0,64	0,0684	74,27	2,77
Флейта арт. 975	1,25	2,08	0,6	0,59	0,0418	66,8	2,47

В табл.3 приведены результаты расчета параметров обобщенного уравнения массопередачи для промышленных кинетических кривых и значения средней скорости промывки.

Сравнительный анализ расчетных и опытных времен промывки исследованных тканей после печати показал, что ошибки составляют 8...12%. Для инженерной практики такой результат вполне допустим.

## ВЫВОДЫ

На основании результатов исследования кинетики промывки хлопчатобумажных тканей после печати активными, кубовыми и азоидными красителями на про-

мышленной технологической линии предложен метод расчета кинетики процесса, который может использоваться в инженерной практике.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Щеголев А.А. Разработка обобщенного метода расчета процесса промывки хлопчатобумажных тканей в высокоскоростных промывных машинах: Дис. ... канд. техн. наук. – М., 1982.
2. Реутский В.А. и др. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1988, № 3. С. 61.

Рекомендована кафедрой процессов и аппаратов химической технологии и безопасности жизнедеятельности. Поступила 11.03.02.

УДК 677.21.024.1:519.2

**ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ТКАНИ  
ДВУХФАКТОРНЫМ ДИСПЕРСИОННЫМ АНАЛИЗОМ  
С КАЧЕСТВЕННО-КОЛИЧЕСТВЕННЫМИ УРОВНЯМИ ФАКТОРОВ**

*А.Г. СЕВОСТЬЯНОВ, Е.Н. КАРТАШОВА*

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

Двухфакторный дисперсионный анализ применяют, когда изучается влияние на процесс одновременно двух факторов. Факторы исследуются на разных уровнях и при каждом сочетании уровней факторов проводится  $n$  параллельных наблюдений [1, 2].

Для того, чтобы решить, значимо ли влияние данного фактора, необходимо оценить значимость соответствующей выборочной дисперсии в сравнении с дисперсией воспроизводимости, обусловленной случайными факторами. Проверка значи-

мости оценок дисперсий проводится по критерию Фишера.

В ходе эксперимента вырабатывали хлопчатобумажные двухслойные ткани с различным способом соединения слоев: I – двухслойная ткань с переплетением слоев способом "сверху – вниз"; II – двухслойная ткань с комбинированным способом переплетения слоев.

Разрывные характеристики ткани по направлению утка определяли на разрывной машине. Результаты испытаний (сН) приведены в табл. 1.

Таблица 1

Вид переплетения	Плотность P ткани, Н/см											
	12			14			16			18		
I	28	25	27	27,5	32	29	27,5	28	29	36	39,5	38
II	22	23	25	31,5	29	30	35,5	34	35	38	40	37

Расчет проводили по следующим формулам.

Определяли общее среднее:

$$y = \frac{1}{rcn} \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \sum_{k=1}^n y_{ijk}$$

среднее по столбцам:

$$\bar{y}_i = \frac{1}{cn} \sum_{j=1}^c \sum_{k=1}^n y_{ijk}$$

среднее по строкам:

$$\bar{y}_j = \frac{1}{rn} \sum_{i=1}^r \sum_{k=1}^n y_{ijk}$$

среднее в ячейке:

$$\bar{y}_{ij} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n y_{ijk}$$

Далее определяют суммы квадратов отклонений для факторов X1 и X2:

$$SS_{x1} = m \sum_{ij=1}^c (\bar{y}_j - \bar{y})^2,$$

$$SS_{x2} = cn \sum_{i=1}^r (\bar{y}_i - \bar{y})^2.$$

Определяется сумма квадратов отклонений:

$$SS_c = n \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c (\bar{y}_{ij} - \bar{y})^2.$$



Определяется общая сумма квадратов:

$$SS_n = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \sum_{k=1}^n (y_{ijk} - \bar{y})^2.$$

Определяется сумма квадратов для взаимодействия факторов X1 и X2:

$$SS_{X1X2} = SS_c - SS_{X1} - SS_{X2}.$$

Определяется ошибка:

$$SS_e = SS_n - SS_c.$$

Определяется средний квадрат:

$$S^2_{X1} = \frac{SS_{X1}}{c-1},$$

$$S^2_{X2} = \frac{SS_{X2}}{r-1},$$

$$S^2_{X1X2} = \frac{SS_{X1X2}}{(c-1)(r-1)},$$

$$S_e^2 = \frac{SS_e}{rc(n-1)}.$$

Результаты расчета сведены в табл. 2 двухфакторного дисперсионного анализа.

Т а б л и ц а 2

Источник дисперсии	Сумма квадратов	Степень свободы	Среднее квадратическое отклонение
Фактор X <sub>1</sub>	SS <sub>X1</sub> =307,31	r-1=3	S <sub>X1</sub> <sup>2</sup> =103,44
Фактор X <sub>2</sub>	SS <sub>X2</sub> =4,67	c-1=1	S <sub>X2</sub> <sup>2</sup> =4,67
Взаимодействие X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	SS <sub>X1X2</sub> =449,87	(c-1)(r-1)=3	S <sub>X1X2</sub> <sup>2</sup> =35,7
Ошибка	SS <sub>e</sub> =600,13	rc-1=7	S <sub>e</sub> <sup>2</sup> =2,27
Полная сумма квадратов	S <sub>Se</sub> =36,37	rc(n-1)=16	
	SS <sub>n</sub> =636,499	rcn-1=23	

Для оценки значимости факторов X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub> и их взаимодействия составляется дисперсионное отношение вида:

$$F_{X1} = \frac{S^2_{X1}}{S_e^2}; \quad F_{X2} = \frac{S^2_{X2}}{S_e^2};$$

$$F_{X1X2} = \frac{S^2_{X1X2}}{S_e^2}, \quad F_{X1} = 45,57;$$

$$F_{X2} = 2,06; \quad F_{X1X2} = 15,73.$$

Табличное значение критерия Фишера для уровня значимости p=0,05 и числа степеней свободы для F<sub>X1</sub> f1=3, f2=16, F<sub>X2</sub> f1=1, f2=16 равно для F<sub>X1</sub>=F<sub>X1X2</sub>=8,7, для F<sub>X2</sub>=245,9. Поскольку рассчитанное дисперсионное отношение для X1 больше табличного, фактор X1 значим, то есть разрывная нагрузка ткани по утку зависит от абсолютной плотности ткани по утку, а вид переплетения не оказывает влияния на разрывную нагрузку по утку. Так как F<sub>X1X2</sub> > F<sub>t.X1X2</sub>, то эффект взаимодействия следует считать значимым. Таким образом, изменение влияния абсолютной плотности ткани по утку на

разрывную нагрузку ткани зависит от вида переплетения ткани и наоборот.

Аналогично исследованы разрывная нагрузка по основе и утку, разрывное удлинение по основе и утку полутораслойных и двухслойных тканей. По полученным данным можно заключить следующее: на разрывную нагрузку по направлению основы в полутораслойных и двухслойных тканях влияет плотность ткани по утку; на разрывное удлинение в полутораслойных тканях влияет и плотность ткани по утку, и вид переплетения, в двухслойных тканях – плотность ткани по утку.

Посредством двухфакторного дисперсионного анализа при отсутствии повторных измерений изучалось влияние на воздухопроницаемость двух факторов: X1 – вид переплетения (I – полутораслойная ткань на базе переплетения саржа 1/5; II – полутораслойная ткань на базе полотняного переплетения и переплетения саржа 1/5); X2 – плотность ткани по утку.

Результаты измерений представлены в табл. 3.

Вид переплетения	Плотность Р ткани, Н/см			
	12	14	16	18
I	115,58	111,78	100,64	96,5
II	43,9	37,8	34,5	31

Расчет производили по следующим формулам.

Среднее по строкам:

$$\bar{y}_{j\cdot} = \frac{1}{r} \sum_{i=1}^r y_{ji}.$$

Среднее по столбцам:

$$\bar{y}_{\cdot i} = \frac{1}{c} \sum_{j=1}^c y_{ij}.$$

Общее среднее:

$$\bar{y}_{\cdot\cdot} = \frac{1}{rc} \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c y_{ji}.$$

Суммы квадратов отклонений:

$$S_{x1} = c \sum_{i=1}^r (\bar{y}_{\cdot i} - \bar{y}_{\cdot\cdot})^2,$$

$$S_{x2} = r \sum_{j=1}^c (\bar{y}_{j\cdot} - \bar{y}_{\cdot\cdot})^2,$$

$$S_R = \sum_{j=1}^c \sum_{i=1}^r (y_{ij} - \bar{y}_{j\cdot} - \bar{y}_{\cdot i} + \bar{y}_{\cdot\cdot})^2.$$

Средний квадрат:

$$S_{x1}^2 = \frac{S_{x1}}{r-1}, \quad S_{x2}^2 = \frac{S_{x2}}{c-1},$$

$$S_R^2 = \frac{S_R}{(c-1)(r-1)}.$$

Дисперсионное отношение:

$$F_{x1} = \frac{S_{x1}^2}{S_R^2}, \quad F_{x2} = \frac{S_{x2}^2}{S_R^2}.$$

Результаты расчета приведены в табл.4.

Таблица 4

Источник дисперсии	Сумма квадратов	Число степеней свободы	Средний квадрат	Дисперсионное отношение
X1	$S_{x1}=9613,3$	$r-1=1$	$S_{x1}^2=9613,3$	$F_{x1}=1113,94$
X2	$S_{x2}=308,45$	$c-1=3$	$S_{x2}^2=102,82$	$F_{x2}=11,9$
Ошибка	$S_R=25,9$	$(r-1)(c-1)=3$	$S_R^2=8,63$	
Общая сумма	$S=9947,65$	$cr-1=7$		

Табличное значение критерия Фишера для уровня значимости  $p=0,05$  и числа степеней свободы для  $F_{X1}$   $f1=1, f2=3$ ,  $F_{X2}$   $f1=3, f2=3$  равно: для  $F_{X1}=215,7$ ; для  $F_{X2}=9,28$ . Поскольку рассчитанные дисперсионные отношения больше табличного, факторы X1 и X2 значимы, то есть воздухопроницаемость ткани зависит от плотности ткани по утку и от вида переплетения.

## ВЫВОДЫ

Проведено исследование свойств хлопчатобумажной пряжи с использованием двухфакторного дисперсионного анализа с повторными измерениями и при их отсутствии для полутораслойных и двухслой-

ных тканей. Установлено, что только метод дисперсионного анализа позволяет сравнивать выходные параметры при наличии качественных факторов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. Учеб. пособие для вузов. Изд. 7-е, стер. – М.: Высшая школа, 2000.
2. Севостьянов А.Г. Методы и средства исследования механико-технологических процессов текстильной промышленности. Учебник для вузов текстил. пром-ти. – М.: Легкая индустрия, 1980.

Рекомендована кафедрой механической технологии волокнистых материалов. Поступила 21.03.02.

## МЕТОДОЛОГИЯ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ГИБКИХ ШВЕЙНЫХ ПОТОКОВ МОДУЛЬНОГО ТИПА\*

Н.С. МОКЕЕВА, Е.В. ПРОФОРУК, В.А. ЗАЕВ, А.А. ЗЫБАРЕВА

(Новосибирский технологический институт Московского государственного университета  
дизайна и технологии, Новосибирский государственный университет)

В [1] рассмотрен пример построения сети Петри для элементарных операций, составляющих технологический процесс изготовления швейных изделий [2...6].

В НИИ МГУДТ осуществлена серия имитационных экспериментов с целью определения влияния размера транспортной партии на длительность производственного цикла и объем незавершенного производства.

В качестве фиксированных принимали следующие параметры: организационно-технологическая схема (ОТС) потока; характеристика средств производства (тип модуля).

В качестве переменных рассматривались параметры: объема партии запуска; продолжительности смены; размера транспортной партии; производительности модуля (оператора).

Построение, моделирование и формальный анализ сетей Петри осуществлялись на основе инструментальной среды Design/CPN [3].

Рассмотрим CPN (Colored Petri Net)-модель для ОТС гибкого модульного потока по изготовлению женского платья из шелковой ткани.

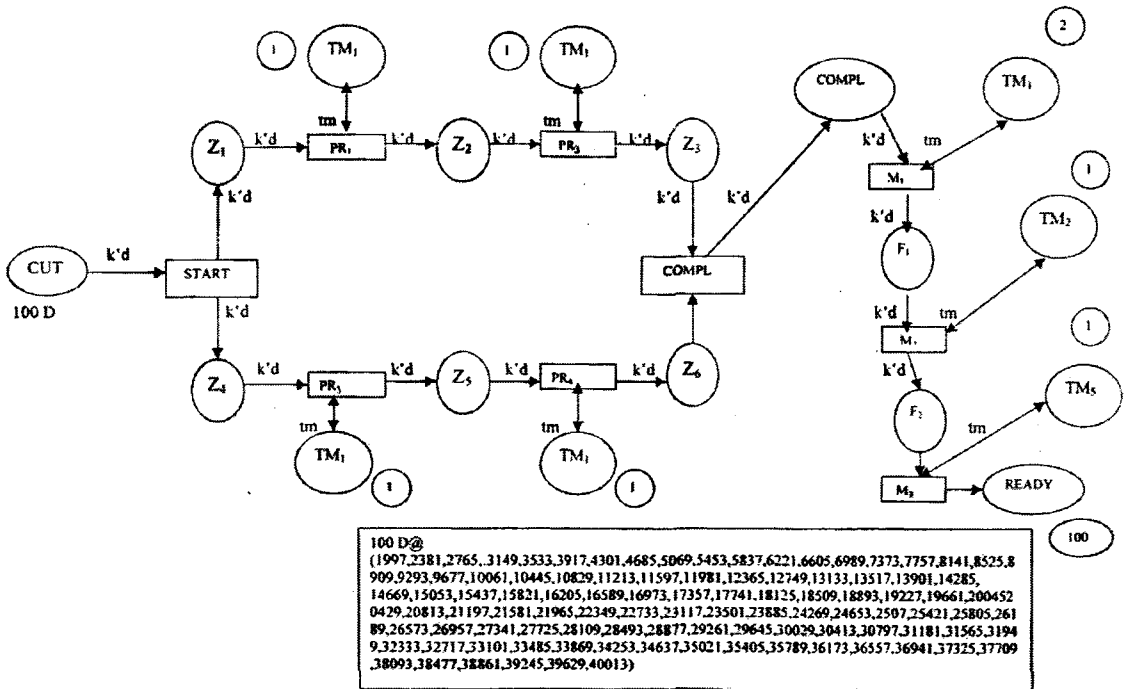


Рис. 1

\* Окончание. Начало см. в № 2 за 2002 г.

Процесс моделирования технологического процесса начинается с расстановки начальной маркировки в позиции запуска деталей кроя – CUT (рис.1). Начальная маркировка определяет величину партии запуска, которая, как видно из рис.1, составляет 100 ед. Это, в свою очередь, свидетельствует о возможности запуска перехода START (переход разрешен, так как входная позиция CUT имеет число маркеров во много раз больше, чем число дуг из позиции CUT в переход START).

Согласно правилу срабатывания перехода из позиции START извлекается  $k$  маркеров (партия изделий в 100 ед.) и в каждую из выходных позиций помещается по  $k$  маркеров. При этом проектировщик имеет возможность задания параметра  $k$  – размера транспортной партии. В целях эксперимента она принималась равной 1 ед., 5 ед., 10 ед.

Выходные позиции  $Z_i$  соответствуют состоянию деталей изделия, ожидающих начала организационной операции (о.о.). Так, в соответствии с разделением труда, выходной позиции  $Z_1$  соответствует состояние деталей изделия, ожидающих начала первой о.о.;  $Z_4$  – состояние деталей, ожидающих начала третьей о.о., которая может быть выполнена параллельно с первой и второй о.о. Извлекая маркеры из позиций  $Z_1$  и  $Z_4$ , помещаем их соответственно в переходы  $PR_1$  и  $PR_3$ , которые определяют выполнение первой и третьей о.о.

Каждый из переходов (рис.1) связан с технологическим модулем (ТМ), причем позиции  $TM_j$  соответствует состояние свободного модуля  $j$ -го типа, задействованного в выполнении  $i$ -й о.о. Основным условием возбуждения каждого из переходов будет наличие во входных позициях  $k$  деталей, ожидающих обработки и свободного соответствующего типа ТМ.

Дополнительное условие срабатывания переходов задается при помощи функции защиты, которая определяет соответствие требуемого для выполнения операции типа модуля модели изделия, ожидающей обработку на данном ТМ. Поскольку принцип

срабатывания переходов один и тот же, все последующие действия для запуска переходов  $PR_2$ ,  $PR_4$  будут аналогичны перечисленным выше.

Представим краткое описание позиций и переходов, выполняемых до перехода к операции комплектования полуфабрикатов в изделие – COMPL:

$Z_2$  – состояние деталей изделия, ожидающих начала второй о.о.;

$Z_3$  – состояние деталей изделия, прошедших стадию заготовки по первой и второй о.о. и ожидающих окончания стадии заготовки деталей;

$Z_5$  – состояние деталей изделия, прошедших третью о.о. и ожидающих начала выполнения четвертой о.о.;

$Z_6$  – состояние деталей изделия, прошедших стадию заготовки по третьей и четвертой о.о. и ожидающих окончания стадии заготовки деталей соответствующего изделия по первой и второй о.о.;

$PR_2$  и  $PR_4$  – выполнение второй и четвертой о.о. соответственно.

Согласно технологическому процессу изготовления швейных изделий после выполнения заготовительных операций готовые полуфабрикаты (узлы) и детали поступают на стол комплектования, на котором одновременно осуществляется контроль качества этапа заготовки. Условием возбуждения перехода COMPL является наличие в каждой из позиций  $Z_3$  и  $Z_6$   $k$  маркеров (детали одного изделия, параллельно прошедшие стадию заготовки). Последующие переходы  $M_1$ ,  $M_2$  и  $M_3$  определяют выполнение пятой, шестой и седьмой о.о., соответственно.

Позиция READY при помещении в нее маркеров из перехода  $M_2$  определяет количество готовых изделий. Как видно из обозначений на рис.1, оно составляет 100 ед. В прямоугольнике в нижней части рис.1 приведены сведения о длительности производственного цикла. Так, первое изделие будет изготовлено через 1997 с, второе – через 2381 с с момента начала моделирования и т.д. (с учетом временных затрат на все вспомогательные операции).

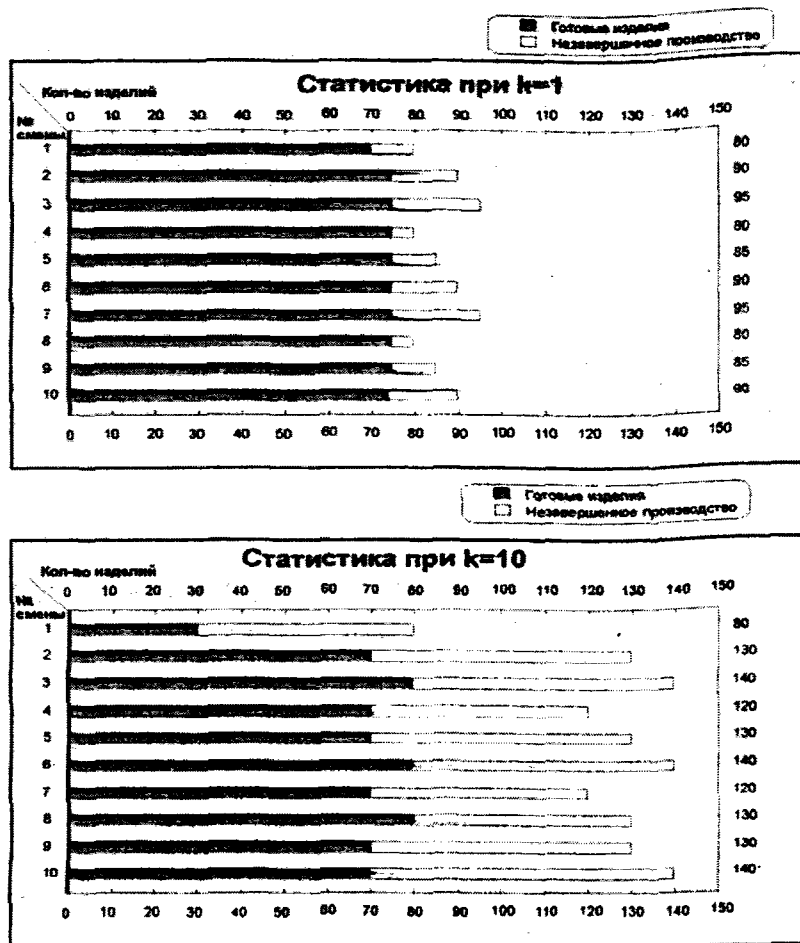


Рис. 2

Сведения о динамике выпуска готовых изделий и об объемах незавершенного производства можно представить в виде гистограмм (рис.2), где по оси ординат отображены номера смен, в течение которых изделие будет изготавливаться, а по оси абсцисс – выпуск продукции в единицах. Закрашенной части столбца на гистограмме соответствует объем произведенной продукции на конец смены, незакрашенной части – объем незавершенного производства.

Как видно из рис.2, в результате проведения имитационных экспериментов для серии швейных изделий, подлежащих изготовлению в ГМП, установлено очевидное сокращение длительности производственного цикла (а следовательно, и срока исполнения заказа) и объема незавершенного производства с уменьшением числа деталей в транспортной партии. В среднем объем незавершенного производства уве-

личивается (по сравнению с поштучным запуском) в три раза при величине транспортной партии  $k=5$  ед. и в семь раз при  $k=10$  ед. При этом для объемов партии запуска в пределах 100...150 ед. (что отвечает потребностям мелкосерийного производства) длительность производственного цикла возрастает в 2...3 раза при  $k=5$  ед. и  $k=10$  ед.

В заключении необходимо отметить, что имитационные модели являются многоплановыми и могут быть использованы как на стадии планирования производства, так и в реальном времени процесса производства.

## ВЫВОДЫ

1. Построены имитационные модели технологического процесса изготовления швейных изделий в ГМП.

2. Выполнены имитационные эксперименты с моделью и получены данные, позволяющие судить о преимуществе поштучного запуска деталей в поток.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Мокеева Н.С., Профорок Е.В., Заев В.А. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2002, №2. С.120...123.  
 2. Сучилин В.А. Основы структурно-конструктивной адаптации швейного оборудования к условиям функционирования: Дис. ... докт. техн. наук. – М., 2000.

3. Зыбарева А.А. Инструментальная среда моделирования сложных систем Design/CPN. Мат. Междунар. научн.-практ. конф.: "Новые информационные технологии в университетском образовании". – ИДМИ, 2000. С.162...163.  
 4. Заев В.А., Мокеева Н.С., Степанов В.Т. // Швейная промышленность. – 2000, №4. С.37...38.  
 5. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука. – М., 1978.  
 6. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем. – М.: Мир, 1984.

Рекомендована кафедрой технологии и дизайна швейных изделий НТИМГУДТ. Поступила 10.01.02.

УДК 677.054.87-52

## АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ МЕТОД ПРОЕКТИРОВАНИЯ РАППОРТА ЦВЕТА ПО УТКУ

С.В. МАЛЕЦКАЯ

(Дмитровградский институт технологии, управления и дизайна Ульяновского государственного технического университета)

Известно, что при управлении работой многоцветного механизма ткацкого станка СТБ от металлического картона используют фиксирующие шайбы различного вида для его сокращения, так как стандартная стойка механизма вмещает не более 72 пластин. При меньшем количестве пластин картона эти же шайбы можно использовать для увеличения раппорта цвета по утку.

Разработанный нами автоматизированный метод проектирования раппорта цвета по утку позволяет получить все возможные виды чередования уточных нитей в раппорте цвета и определить его величину применительно к исходному уточному картону при использовании фиксирующих шайб различного вида, что способствует расширению ассортимента вырабатываемых тканей путем разнообразия их внеш-

него оформления.

Обозначим профиль фиксирующей шайбы дробью, в числителе которой будем указывать количество рабочих роликов, оставленных на планшайбе, а в знаменателе – число удаленных роликов:

– шайба 1/3, оставляя в работе один ролик, обеспечивает четыре уточные прокидки с каждой пластины картона;

– шайба 2/2, оставляя в работе два ролика, дает три уточные прокидки с каждой второй пластины;

– шайба 1/1+1/1, оставляя в работе два ролика через один, позволяет получить две уточные прокидки с каждой пластины картона;

– шайба 3/1, при удаленном одном ролике, обеспечивает две прокидки с каждой третьей пластины картона.

Таблица 1

В и д ш а й б ы		Факторы увеличения уточного манера	
традиционное обозначение	кодированное обозначение (VS)	X	Q = Q <sub>1</sub> + Q <sub>2</sub>
Шайба 1/3	1	1	4 = 1 + 3
Шайба 1/1 + 1/1	2	1	2 = 1 + 1
Шайба 3/1	3	3	2 = 1 + 1
Шайба 2/2	4	2	3 = 1 + 2

Анализ технологических возможностей фиксирующих шайб различного вида (табл.1) показывает, что размеры увеличения раппорта цвета и порядок изменения чередования уточных нитей в раппорте зависят от двух факторов.

1. От порядкового номера пластины картона, работающей в течение нескольких уточных прокидок – фактор X (каждая, каждая вторая или каждая третья: так, при X = 3 каждая третья пластина работает удвоенное число раз).

2. От степени повторения, определяемой числом уточных прокидок, получаемых с одной пластины картона – фактор Q.

Если общее число пластин P исходного картона не кратно числу пластин X, работающих увеличенное число раз, то возрастание величины раппорта цвета происходит, кроме перечисленных факторов, от его повторного движения, из-за замкнутости картона в бесконечную цепь. В этом случае число уточных прокидок в раппорте цвета составляет  $RC = PX$ , в противном случае  $RC = P$ .

Разложим число Q прокидок, получаемых с одной пластины картона, на две составляющие:  $Q_1$  – число прокидок, обеспеченных действием ролика планшайбы, всегда равно единице и  $Q_2$  – число прокидок, обеспеченных простым пластины, то есть действием фиксирующей шайбы, равно  $Q-1$ .

При установке фиксирующей шайбы пластины картона работают по-разному: все, без исключения, пластины картона обеспечивают число прокидок, равное  $Q_1$ , и лишь часть пластин ( $RC/X$ ) – число прокидок  $Q_2$ .

В связи с этим формула для определения размера увеличенного раппорта цвета имеет вид:

$$RC_1 = RC Q_1 + (RC/X)Q_2,$$

где RC – число уточных прокидок, получаемых с исходного картона при числе пластин, кратном X.

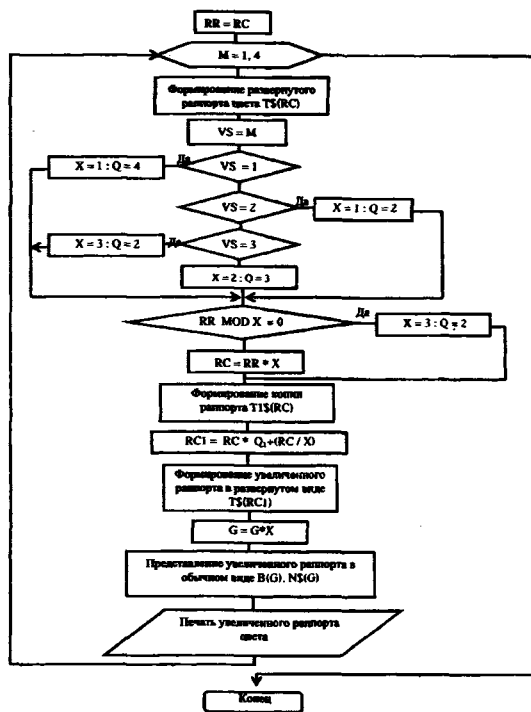


Рис. 1

Блок-схема алгоритма формирования увеличенного раппорта цвета, которое ведем в цикле, организованном по числу фиксирующих шайб различного вида, показана на рис.1. Исходный раппорт цвета по утку используем в развернутом виде –  $T$(RC)$ , в котором каждая цветная уточная нить представлена соответствующим членом массива. Увеличенный раппорт цвета по утку выводится в обычном виде: по группам G цветных нитей.

## ВЫВОДЫ

1. Предложена классификация фиксирующих шайб многоцветного механизма станка СТБ по принципу их действия.

2. На основе анализа технологических возможностей фиксирующих шайб получена формула для расчета увеличенного раппорта цвета, а разработанный автоматизированный метод проектирования уточного манера реализован в виде программы для персонального компьютера.

Рекомендована кафедрой ткачества. Поступила 31.05.02.

**ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЯ ЖИВОСТИ ТКАНИ\***

*Н.А.СМИРНОВА, Л.В.ВОРОНОВА, В.В.ЛАПШИН*

(Костромской государственный технологический университет)

Большинство существующих методов [1] оценки свойств текстильных материалов реализуют статический характер испытаний, в то время как в процессе изготовления и эксплуатации швейных изделий имеют место кратковременные динамические воздействия на материал, оценить которые количественно достаточно сложно.

С целью приближения условий испытания к реальному поведению материала в швейных изделиях разработаны способ и устройство для оценки поведения текстильных материалов после изгиба. В качестве количественного показателя живости ткани служит время  $t$  восстановления пробы, изогнутой вокруг полуцилиндра.

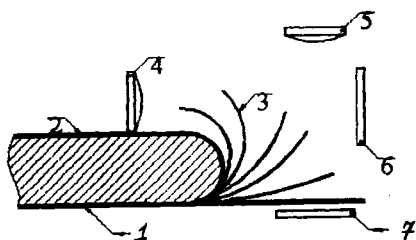


Рис. 1

На рис.1, где 4, 5 – источники света; 6, 7 – фотодатчики, показано положение образца 3 при его распрямлении.

Устройство содержит датчик и плату сопряжения аналогового датчика с ЭВМ и ПЭВМ. Датчик включает две элементные пары источник света – фотодатчик, усилители, преобразующие фототок в постоянное напряжение, и устройство отпускания испытуемого образца. Испытуемый прямоугольный образец 3 одним концом фиксируют на основании 1, другим концом

закрепляют в подвижном зажиме 2 так, чтобы он принял форму полуцилиндра. После освобождения от изгибающего усилия образец возвращается в прямое исходное состояние.

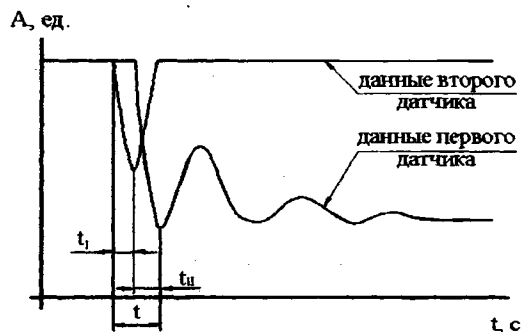


Рис. 2

По графику эксперимента (рис.2, где  $t_1$  – время восстановления образца материала из положения  $180^\circ$  до  $90^\circ$ ;  $t_n$  – время восстановления образца из положения  $90^\circ$  до  $0^\circ$ ;  $t$  – полное время восстановления образца;  $A$  – единицы кода АЦП) после снятия изгибающего усилия определяется время  $t$  восстановления образца.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лабораторный практикум по материаловедению швейного производства: Уч. пособие для вузов / Б.А.Бузов, Н.Д.Альменкова, Д.Г.Петропавловский и др. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Легпромбытиздат, 1991.

Рекомендована кафедрой технологии и материаловедения швейного производства. Поступила 22.02.02.

\* Работа выполнена в рамках гранта Минобразования РФ.



## ПОЛИПРОПИЛЕНОВЫЕ ВОЛОКНА: СЫРЬЕВОЙ РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ТЕКСТИЛЯ

Н.К. ТЕМНОВА, В.В. АРХАЛОВА

(Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна)

Одним из перспективных направлений формирования сырьевого ресурсного потенциала для текстильной отрасли должен стать полипропилен. Его применение в изготовлении текстильной продукции широко развито в мире, что во многом определяется физико-механическими свойствами, присущими полипропиленовым (ПП) волокнам: изделия из ПП-волокон легкие и прочные, устойчивы к воздействию химических реагентов и микроорганизмов, высоким и низким температурам, обладают высоким коэффициентом трения и малой склонностью к пиллингу, морозоустойчивы.

На кафедре механической технологии волокнистых материалов СПГУТД исследовали прядильную способность ПП-волокон в смеси с другими волокнами при

производстве 2-х компонентной пряжи ткацкого и трикотажного назначения.

В качестве традиционных компонентов смесей использовали хлопковое полиэфирное (ПЭ) и вискозное волокна. Применялось ПП-волокно 0,17 текс, производства Московского нефтеперерабатывающего завода, а также его облагороженный вариант – модифицированное ПП-волокно.

Работа включала следующие этапы.

1 этап. Выбор ассортимента и наработка опытной партии ПП-содержащей пряжи ткацкого назначения различного сырьевого состава на установке Шерли-Платт. Данная установка моделирует кардную систему прядения, фактически являясь мини-фабрикой. Физико-механические показатели пряжи опытных образцов ткацкого назначения представлены в табл.1.

Таблица 1

Наименование показателей	Варианты			
	1	2	3	4
Волокнистый состав пряжи, %	70 ХВ 30ПП	70 ХВ 30ПП*	60 ПЭ 40ПП	60ПЭ 40ПП*
Линейная плотность пряжи, текс	55,4	53,2	46,2	69,3
Абсолютная разрывная нагрузка, сН	510	531	413	826
Удельная разрывная нагрузка, сН/текс	8,9	10,0	8,94	11,92
Относительное разрывное удлинение, %	4,9	7,2	14,6	18,4
Коэффициент вариации по линейной плотности, %	8,9	10,2	20	17
Коэффициент вариации по разрывной нагрузке, %	9,4	9,7	25	13
Крутка, кручений/м	650	640	635	701
Показатель устойчивости к истиранию, циклы	377	378	1345	4050

Примечание\*. – модифицированное ПП-волокно, ХВ – хлопковое волокно

Проанализируем полученные результаты, сравнив показатели пряжи 1 и 2-го, а также 3 и 4-го вариантов. Использование модифицированных ПП-волокон улучшило следующие физико-механические пока-

затели: во 2 и 4-м вариантах смеси удельная разрывная нагрузка увеличилась на 12 и 33% соответственно, относительное разрывное удлинение увеличилось на 30%; в 4-м варианте коэффициент вариации по

линейной плотности снизился на 15%, а по разрывной нагрузке – на 48%; показатель устойчивости к истиранию увеличился почти в 3 раза.

2 этап. Из пряжи 1 и 2 вариантов в лабораторных условиях наработаны образцы тканей полотняного переплетения и определена их устойчивость к истиранию (циклы) – (табл. 2).

Таблица 2

Волокнистый состав ткацкой пряжи по вариантам, %	Значения по испытаниям			Среднее значение
	1	2	3	
70 ХВ, 30 ПП (1-й вариант)	5112	5536	5029	5226
70 ХВ, 30 ПП* (2-й вариант)	8740	10933	7472	9048
Контрольный вариант 100 хлопок (ГОСТ 24220 – 80)				Не менее 3000

В связи с отсутствием ГОСТа на ПП-содержащую пряжу и ткани полученные результаты сравнивались с показателями ГОСТа 24220 – 80 для хлопчатобумажной пряжи и тканей из нее. Рекомендуемая норма истирания 3000 циклов перекрывается по тканям из модифицированных ПП- и ХВ-волокон в 3 раза, а по тканям из необработанных ПП- и ХВ-волокон в 1,7 раза.

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что использование в

смесях ПП-волокон существенно повышает устойчивость ткани к истиранию по сравнению с хлопчатобумажными тканями.

3 этап. Выбор ассортимента и наработка опытной партии пряжи трикотажного назначения в смеси ПП- и ХВ-волокон и с вискозными (ВВ) волокнами. Физико-механические показатели трикотажной пряжи (опытных образцов) представлены в табл. 3.

Таблица 3

Наименование показателей	Варианты			
	1	2	3	4
Волокнистый состав пряжи, %	100 ХВ	70 ХВ 30ПП	100 ВВ	70 ВВ 30ПП
Линейная плотность пряжи, текс	37,8	37,1	49,62	41,2
Абсолютная разрывная нагрузка, сН	523	418	739	559
Удельная разрывная нагрузка, сН/текс	13,9	11,33	14,9	13,55
Относительное разрывное удлинение, %	4,51	4,73	11,88	11,11
Коэффициент вариации по линейной плотности, %	19,50	17,21	14,44	16,35
Коэффициент вариации по разрывной нагрузке, %	23,82	17,61	15,23	15,46
Крутка, кручений/м	470	580	477	486
Показатель устойчивости к истиранию, циклы	71	83	170	150

Сравнивая физико-механические показатели пряжи 1 и 2-го, а также 3 и 4-го вариантов (табл.3), заключаем, что ПП-содержащая пряжа по удельной разрывной нагрузке несколько уступает однокомпонентной пряже (снижение показателя на 22,6 и 9,1% соответственно). Однако смешанная пряжа из ПП-волокон и хлопка более ровная, чем хлопчатобумажная пряжа по линейной плотности и разрывной нагрузке (17,21и 17,61% соответственно).

Рассмотрим, как проявляются физико-механические показатели пряжи в трикотажных полотнах.

4 этап. Нарработка образцов трикотажных полотен, предназначенных для чулочно-носочных изделий с упрочненным следом на плоскофанговой машине и определение их устойчивости к истиранию. Результаты испытаний трикотажных полотен на устойчивость к истиранию (циклы) приведены в табл. 4.

Волокнистый состав трикотажной пряжи по вариантам, %	Среднее значение
100 ХВ (1-й вариант)	67
70ХВ 30 ПП (2-й вариант)	148,7
100 ВВ (3-й вариант)	101,6
70 ВВ 30 ПП (4-й вариант)	126,3

Полученные результаты оценивались на соответствие ГОСТу 11595 – 83. Для чулочно-носочных изделий обыкновенной прочности при норме истирания для следа 50 циклов и более, для пятки и мыска 100 циклов и более получены значения 148,7 и 126,3 цикла по трикотажному полотну из смешанной ПП-содержащей пряжи, что существенно превышает нормы.

Отметим, что показатель устойчивости к истиранию трикотажной пряжи существенно не изменился для однокомпонентной и смешанной пряжи (табл. 3), но в трикотажных полотнах (табл. 4) этот показатель увеличился в 2,2 и 1,2 раза (2 и 4-й варианты соответственно).

Представленные данные позволяют наблюдать эффект синергии, а именно использование ПП-волокон в трикотажной пряже проявило такое свойство волокон, как повышенная сцепляемость, что привело к увеличению устойчивости к истиранию в трикотажных изделиях, а это, в свою очередь, улучшило их потребительские свойства и может служить дополнительными конкурентными преимуществами.

## ВЫВОДЫ

1. Анализ прядильной способности и свойств смешанной пряжи подтверждает возможность и целесообразность использования ПП-волокон в смесях с другими волокнами на традиционном оборудовании по кардной системе прядения.

2. С учетом специфических свойств ПП-волокон, а также результатов анализа полученных физико-механических показателей ПП-содержащей пряжи, тканей и трикотажных полотен, рекомендуется их использование для производства тканых полотен и трикотажа, к которым предъявляются повышенные требования на устойчивость к истиранию (это мебельно-декоративные ткани, ткани для автомобильных чехлов, спецодежды, спортивная одежда и др.).

Рекомендована кафедрой организации и управления. Поступила 18.03.02.

УДК 677-487.2 017 : 620.179.4

## ИССЛЕДОВАНИЕ АДГЕЗИОННЫХ СВОЙСТВ СТЕКЛОРОВИНГОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КОМБИНИРОВАННОЙ НИТИ

*И. Л. ВЕРНЯЕВА, Е. В. ШАПОВАЛЮК*

(Костромской государственной технологической университет)

Нами исследовалась адгезия полимерного связующего на основе латекса СКН-30МС к стеклоровингам с чистой и модифицированной поверхностью. Мерой взаимодействия на границе раздела выбрана сдвиговая адгезионная прочность соединений полимер – волокно. В качестве подложки использовали промышленные

стеклоровинги с диаметром элементарного волокна 13 мкм, поверхность которых была обработана нейтральным замасливателем №76 и замасливателем на основе парафиновой эмульсии.

Для оценки роли замасливателя исследовалась также адгезия к волокнам, с поверхности которых замасливатель был

удален.

С целью определения адгезионной прочности применяли метод [1]. В качестве волокон носителей связующего использовали волокна бора промышленного производства диаметром 90 мкм. Отверждение образцов проводилось по режиму: при температуре 110...130°C – 10 мин; подъем температуры до 225°C; выдержка при 225°C – 120 мин. Данные условия соответствуют технологическим режимам сушки и горячего формования композита, в частности, фрикционной накладки. Поскольку температура полимеризации достаточно высокая, для изготовления рамок, необходимых для закрепления соединений в зажимах разрывной машины, использовалась металлическая фольга. Образцы испытывали при комнатной температуре на разрывной машине фирмы Шоппер, позволяющей измерять нагрузки до 20 г с точностью 0,2 г.

Прочность  $\tau$  каждого испытанного образца рассчитывали по формуле

$$\tau = F/S, \quad (1)$$

где  $F$  – нагрузка, при которой соединение разрушается, Н;  $S$  – площадь соединений или площадь контакта, мм<sup>2</sup>.

Таблица 1

Замасливатель	$n_\tau$	$n_\sigma$	$d$ , мкм	$S_{cp} \cdot 10^{-3}$ , мм <sup>2</sup>	$\tau$ , МПа	$\Delta\tau$ , МПа	$\Delta\tau/\tau_0$	$\tau_0$ , МПа
Парафиново-эмульсионный	33	40	10,8	3,23	31,9	3,58	0,112	35,2
Отмытый парафиново-эмульсионный	35	34	12,2	3,67	30,3	1,85	0,061	32,2
Замасливатель №76	32	37	10,1	2,98	35,4	5,75	0,162	41,2
Отмытый №76	33	35	10,7	3,18	29,5	4,10	0,139	33,6

Эксперимент показал, что значение адгезионной прочности  $\tau$  соединений стеклянное волокно – связующий полимер зависит от размеров соединения, уменьшаясь с увеличением площади межфазного контакта.

Из результатов, приведенных в табл.1, следует, что из всей совокупности приготовленных для испытаний образцов только половина разрушается адгезионно. Величина поправки, связанной с присутствием соединений, в которых при нагружении разрушение волокна происходит раньше,

Площадь соединений рассчитывали по формуле:

$$S = \pi d l, \quad (2)$$

где  $d$  – диаметр волокна, адгезия к которому определяется, мм;  $l$  – длина соединения, то есть длина участка волокна, соприкасающегося со смолой, мм.

Значения  $d$  и  $l$  определялись под микроскопом. Точность при измерении  $d$  (1%), при измерении  $l$  (0,5%).

При проведении испытаний установлено, что разрушение образца не всегда происходит по границе раздела полимер – волокно, то есть адгезионно: имеются образцы, разрушенные когезионно – по волокну. Такая ситуация типична для матриц с высокой адгезией к наполнителю, обладающему к тому же достаточно высокими показателями на разрыв, когда при испытании партии из  $n$  образцов некоторое их количество  $n_\sigma$  разрушается когезионно.

Результаты испытаний представлены в табл.1.

чем разрушается граница раздела, составляет 6...16%.

Таким образом, с помощью эксперимента установлено, что исследуемое связующее на основе латекса СКН - 30МС обладает достаточно высокой степенью сцепления со стеклянным волокном. При взаимодействии с волокнами, с поверхности которых удалены замасливатели, и значения  $\tau$ , и значение  $\tau_0$ , как и следовало ожидать, совпадают. Присутствие на поверхности волокон замасливателя на основе парафиновой эмульсии на величине

адгезионной прочности практически не сказывается. Использование замасливателя №76 привело к увеличению адгезионной прочности системы полимер – волокно приблизительно на 20%.

## ВЫВОДЫ

1. При исследовании влияния типа замасливателя на адгезию полимерного связующего к стеклоровингам установлено, что замасливатели №76 и парафиновая эмульсия имеют хорошую адгезию к связующему на основе латекса СКН - 30МС, используемого при производстве дисков сцепления. Нейтральный замасливатель №76 кроме того повышает адгезионную прочность нити на 15...20%.

2. Проведенные исследования позволи-

ли ликвидировать дополнительный переход – удаление замасливателя непосредственно при формировании комбинированной нити или перед пропиткой ее связующим составом, усложняющие процесс изготовления комбинированной нити и изделий на ее основе и повышающие их себестоимость.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Горбаткина Ю.А. Адгезионная прочность в системах полимер – волокно. – М.: Химия, 1987.

Рекомендована кафедрой механической технологии волокнистых материалов. Поступила 25.06.02.

## ПАМЯТНЫЕ ДАТЫ ТЕКСТИЛЬНОГО ДЕЛА В РОССИИ

О.А.КУЗНЕЦОВА

(Ивановская государственная текстильная академия)

\* \* \*

Исполнилось 170 лет (с 1832 г.) Товариществу мануфактур Людвиг Рабенека, фабрики которого находились в с. Соболево Богородского уезда Московской губернии. Имя Людвиг Андреевича Рабенека известно еще и тем, что он первый в России ввел крашение хлопчатобумажной пряжи и плюса в красный, андрианопольский цвет, а также набивку пунцового ситца и плюса. В 1879 г., после смерти Л.А. Рабенека, было учреждено паевое Товарищество мануфактур. Во главе предприятия стояли внуки основателя: Людвиг и Эдуард. Основной капитал товарищества составлял в то время 1.200.000 руб., а к 1914 г. был увеличен до 4.500.000 руб. путем выпуска новых паев. Этапы технологического развития состояли в переходе от ручной выработки товара к механической; введении новой технологии окраски товара с использованием ализарина; строитель-

ве первой отечественной фабрики по выпуску ализарина.

\* \* \*

180 лет назад в с. Тезино Кинешемского уезда Костромской губернии было основано Товарищество Мануфактур Г.Разоренова и И.Кокорева. Начало основанию тезинских фабрик в 1822 г. положил Дмитрий Андреевич Разоренов, бывший крепостной. Самые первые шаги деятельности Д.А.Разоренова заключались в том, что он раздавал купленную им пряжу по деревням, а выработанный миткаль продавал на ярмарках. В 1820 г. его сыновья – Герасим и Алексей организовали в с. Тезино свое дело: сновально-красильное заведение. Позднее была организована ручная ткацкая, а потом небольшая механическая мастерская, чему способствовало приобретение паровой машины. Эта деятельность послужила основанием для развития семейного дела, которое в дальней-

шем было представлено уже четырьмя мануфактурами: среди них Товарищество мануфактур Г.Разоренова и И.Кокорева, Товарищества Вичугских мануфактур Бр. Ф. и А. Разореновых, Товарищества Тезинской мануфактуры Н.Разоренова и Товарищества Большой, Кинешемской мануфактуры.

\* \* \*

Необходимо отметить вклад в развитие мануфактурного дела династий Дербеневых. В 1822 г. крестьянин д. Аграфенино Ковровского уезда Тимофей Дербенев положил начало текстильной мануфактуре. Дело отца продолжил Никандр Дербенев.

Начинали с ручного ткачества, затем в 1871 г. была приобретена одновальная печатная машина и стали печатать ситцы. Постепенно дело расширялось. Так, к 1899г. ткацкое производство в Иваново-Вознесенске было доведено до 942 станков. Фабрика Дербенева вырабатывала до 800 тыс. кусков ткани. Продукция пользовалась спросом в Москве. В 1901 г. были открыты отделения фирмы в Порт-Артуре, Дальнем, Харбине и других городах. Ткани, выставляемые в России и за рубежом, получали высокие награды на различных выставках.

Поступила 25.06.02.

---

СОДЕРЖАНИЕ

Экономика и организация производства

<i>Бездудный Ф.Ф., Фрадина Т.И., Титова М.Н.</i> Варианты инвестиционной политики в текстильной промышленности .....	3
<i>Иродова Е.Е.</i> Акционерные предприятия в текстиле: экономический потенциал и нереализованные возможности .....	6

Текстильное материаловедение

<i>Сталевич А.М., Макаров А.Г.</i> Прогнозирование восстановительного деформационного процесса и обратной релаксации полимерных материалов .....	10
<i>Шустов Ю.С.</i> Определение разрывной нагрузки хлопчатобумажной пряжи пневмомеханического способа прядения .....	13
<i>Федосова Н.М., Пашин Е.Л.</i> Исследование технологических свойств волокон льна-межеумка .....	14
<i>Сташева М.А., Коробов Н.А., Гусев Б.Н.</i> Разработка экспресс-метода компьютерного измерения показателей заполнения и пористости ткани .....	17
<i>Васильева Н.О., Нечушкина Е.А., Степень Р.А.</i> Эколого-эргономические критерии нормирования показателей качества текстильных материалов .....	19

Первичная обработка. Сырье

<i>Очилов Т.А., Алимова Х.А., Бурнашев Р.З.</i> Проблемы снижения поврежденности хлопка в технологии первичной переработки .....	22
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Прядение

<i>Капитанов А.Ф., Трускова Н.В.</i> Силы, действующие на волокна в вытяжном приборе с круглым гребнем .....	26
<i>Роньжин В.И., Аврелькин В.А., Лапшин В.Г.</i> Исследование напряжения поля сил трения в промежуточной зоне вытягивания .....	30
<i>Павлов С.В.</i> Определение эффективности прядильного перехода кольцевого способа прядения ....	34

Ткачество

<i>Маховер В.Л., Тихановская Л.Б.</i> Двойная оптимизация процесса партионного снования .....	36
<i>Степанов С.Г., Сокерин Н.М., Степанов Г.В.</i> О приборе утка .....	41
<i>Конов А.Н., Красноселова В.В., Сеницын В.А.</i> Оптимизация процесса изготовления ткани с эффектом переменной плотности .....	45
<i>Карева Т.Ю.</i> Определение величины изгиба нитей основы в тканях новых структур на основе линейной теории изгиба .....	48

Отделка

<i>Куваева Е.Ю., Одинцова О.И., Мельников Б.Н.</i> Совершенствование технологии упрочнения окрасок текстильных материалов .....	52
<i>Липатова И.М., Макарова Л.И., Лосев Н.В., Юсова А.А., Морыганов А.П.</i> Использование крахмально-синтетической закрепляющей композиции в пигментной печати .....	55
<i>Максимовская И.А., Белокурова О.А., Щеглова Т.Л., Мельников Б.Н.</i> Применение липосомных препаратов в процессах пероксидного беления текстильных материалов .....	60

## Технология нетканых материалов

<i>Фролов В.Д., Э. Оюунзая, Печникова А.Г.</i> Гидродинамические условия очистки шерсти в технологическом процессе .....	65
<i>Барабанов Г.Л., Хорохонов М.А.</i> Прочность иглопробивных нетканых материалов из волокон с резко отличающейся линейной плотностью .....	68

## Трикотажное производство

<i>Зиновьева В.А., Морозова Л.В.</i> О классификации основовязанных переплетений .....	71
----------------------------------------------------------------------------------------	----

## Швейное производство

<i>Логинова Н.Н., Кузьмичев В.Е., Саблина Е.Н., Сурикова Г.И.</i> Определение взаимосогласованных конструктивных параметров в изделиях покроя реглан .....	75
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

## Текстильные машины и аппараты

<i>Городиский Л.Г., Кузнецов Г.К.</i> "Самоторможение" в валковых механизмах .....	79
<i>Чистобородов Г.И., Никифорова Е.Н., Латшин В.Г.</i> Регулирование удельного давления текстильного материала на направляющую поверхность .....	82
<i>Гао Бинь, Суров В.А.</i> Статика деформированной уточной металлонити .....	85
<i>Сизачева В.В., Фарафонтowa О.В.</i> Исследование динамики системы скало – основные нити – резины ткацкого станка СТБ .....	88

## Автоматизация технологических процессов

<i>Голубев А.Н., Игнатенко С.В., Лопатин П.Н.</i> Многофазный асинхронный электропривод для кольцепрядильных машин .....	92
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

## Экология и промтеплоэнергетика

<i>Сажин Б.С., Тюрин М.П.</i> Исследование процесса теплообмена в вихревом смесительном аппарате	96
<i>Кошелева М.И., Щеголев А.А., Реутский В.А.</i> Исследование и расчет процесса промывки хлопчатобумажных тканей после печати активными кубовыми и азоидными красителями .....	100

## Информационные технологии

<i>Севостьянов А.Г., Карташова Е.Н.</i> Исследование свойств ткани двухфакторным дисперсионным анализом с качественно-количественными уровнями факторов .....	104
<i>Мокеева Н.С., Профорок Е.В., Заев В.А., Зыбарева А.А.</i> Методология имитационного моделирования гибких швейных потоков модульного типа .....	107
<i>Малецкая С.В.</i> Автоматизированный метод проектирования раппорта цвета по утку .....	110

## Обмен опытом, критика и библиография, краткие сообщения

<i>Смирнова Н.А., Воронова Л.В., Латшин В.В.</i> Оценка показателя живости ткани .....	112
<i>Темнова Н.К., Архалова В.В.</i> Полипропиленовые волокна: сырьевой ресурсный потенциал отечественного текстиля .....	113
<i>Верняева И.Л., Шаповалюк Е.В.</i> Исследование адгезионных свойств стеклоровингов для получения комбинированной нити .....	115
<i>Кузнецова О.А.</i> Памятные даты текстильного дела в России .....	117