

Министерство образования и науки Российской Федерации

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Московский государственный университет дизайна
и технологии»**

Международная научно-техническая конференция

**«ДИЗАЙН, ТЕХНОЛОГИИ И ИННОВАЦИИ В ТЕКСТИЛЬНОЙ
И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ»
(ИННОВАЦИИ –2014)**

(18-19 ноября 2014 г.)

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ

Часть 2

Москва – 2014

УДК 677.02.001.5

Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2014): сборник материалов Международной научно-технической конференции. Часть 2. – М.: ФГБОУ ВПО «МГУДТ», 2014. – 256 с.

В сборник включены содержания докладов профессорско-преподавательского, научного состава и аспирантов российских и зарубежных вузов и научно-исследовательских институтов, представленных на конференции и отражающих основные направления развития в области текстильной и легкой промышленности.

Редакционная коллегия:

Председатель:

Белгородский В.С., д.соц.н., профессор, ректор

Ответственный секретарь:

Николаева Н.А., доцент, ведущий инженер отдела научно-исследовательских работ

Члены редколлегии: Балыхин М.Г., первый проректор - проректор по науке и инновационному развитию; Бесчастнов Н.П., профессор, и.о. декана института искусств, зав.кафедрой; Иващенко Н.С., профессор; Кобраков К.И., профессор, зав.кафедрой; Костылева В.В., профессор, зав.кафедрой; Прокопенко А.К., профессор, зав.кафедрой; Разумеев К.Э., профессор, декан текстильного института им. А.Н. Косыгина; Румянцев Ю.Д., профессор, зав.кафедрой; Шустов Ю.С., профессор, зав.кафедрой

ISBN 978-5-87055-210-1
ISBN 978-5-87055-212-5

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет дизайна и технологии», 2014

© Обложка. Дизайн. Целикова Г.А. 2014

СОДЕРЖАНИЕ

Секция 4. Современные экологически чистые технологии модифицирования и отделки материалов и изделий текстильной и легкой промышленности.....	4
Секция 5. Автоматизация и информационные технологии в управлении и производственных процессах текстильной и легкой промышленности.....	91
Секция 6. Энергосбережение, повышение эффективности и надежности оборудования, обеспечение безопасности в производствах текстильной и легкой промышленности.....	163
Авторский указатель.....	253

СЕКЦИЯ 4

**Современные экологически чистые технологии
модифицирования и отделки материалов
и изделий текстильной и легкой
промышленности**

**ПОЛУЧЕНИЕ БИОАКТИВНЫХ ПОЛИЭФИРНЫХ НИТЕЙ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАНОСЕРЕБРА**

Белова И.В., Гальбрайт Л.С.

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

В повседневной жизни роль защитного барьера для человека играет одежда. За последнее десятилетие текстильной промышленностью создано большое количество функциональноактивных текстильных материалов, обладающих специальными свойствами. В числе этих материалов особое место занимают биоактивные (антимикробные) материалы, которые в зависимости от назначения могут обладать бактерицидными или бактериостатическими свойствами. Для текстильных изделий широкого потребления, соприкасающихся с поверхностью кожи, важно обеспечить бактериостатический эффект, не нарушающий бактериального баланса кожи, а купирующий размножение болезнетворных бактерий, снижающий микробную обсемененность кожи. При этом предупреждается возникновение и развитие заболеваний кожи, обусловленное действием патогенных микроорганизмов, например, стафилококков и грибков, устраняются неприятные запахи пота.

Бактерицидные свойства металлического серебра и его соединений известны уже очень давно, они эффективно воздействуют более чем на 650 видов болезнетворных бактерий, вирусов и грибков. При этом токсичность соединений серебра различна для низших форм жизни (одноклеточные, бактерии, вирусы и т.д.), и для высших организмов (животные, человек). Поскольку эта разница достигает 5-6 порядков, концентрации соединений серебра, летальные для микроорганизмов, практически безвредны для животных и человека [1,2]. В работах [3-5] имеются данные об избирательном действии серебра на патогенные и непатогенные организмы. Выявлено, что патогенная микрофлора более чувствительна к ионам серебра, чем непатогенная.

Новые перспективы применения серебра открываются в связи с развитием нанотехнологий [6-8]. Частицы металлов наноразмерного уровня более выражено проявляют присущие им свойства или приобретают новые. Установлено, что наночастицы серебра проявляют необычные физические,

химические и биологические свойства. Они имеют большую удельную поверхность, что увеличивает область контакта серебра с бактериями или вирусами, значительно повышая его бактерицидные свойства. [9]

Проведенные в работе [10] исследования миграции серебра из полимерных волокнистых материалов в воду показали, что наименьшая концентрация серебра в водных вытяжках наблюдается при использовании в качестве антимикробной добавки кластеров наносеребра, что обеспечивает волокну пролонгированные антимикробные свойства при малой токсичности.

В связи с этим в данной работе в качестве антимикробной добавки также было использовано кластерное наносеребро, нанесенное на поверхность гранулята ПЭТФ методом радиационно-химического синтеза. В полученном концентрате ПЭТФ содержание наносеребра (размер частиц от 10 до 100 нм) составило $(0,0035 \pm 0,0005)$ масс. %.

Процесс получения антимикробных полиэфирных нитей состоял из двух основных стадий:

- формование РОУ гладких нитей;
- текстурирование полученных нитей.

Для равномерного распределения наночастиц серебра в структуре нитей серебросодержащий концентрат вводили в основной расплав полиэфира. Формование РОУ антимикробных нитей осуществляли с использованием основных технологических параметров получения штатных полиэфирных текстурированных нитей линейной плотностью 8,4 текс (f72). При этом снижение скоростных режимов формования, необходимое для достижения устойчивого формования при использовании полимерного концентрата в процессе получения РОУ антимикробных полиэфирных нитей составило менее 2%.

Последующий технологический процесс текстурирования нитей не потребовал изменения штатных режимов.

Исследование влияния антимикробной добавки, содержащей наноразмерное серебро, на процесс получения полиэфирных текстурированных нитей показало принципиальную возможность получения тонких нитей (с линейной плотностью элементарных нитей 0,11 текс) на существующем промышленном оборудовании без существенного изменения технологических режимов производства.

Полученные полиэфирные текстурированные нити по основным характеристикам удовлетворяют требованиям, предъявляемым к нитям текстильного назначения, при этом малые концентрации серебра (3-5ppm) обеспечивают пролонгированный антимикробный эффект.

ЛИТЕРАТУРА

1. Серебряная вода против простуды и гриппа/ Медицинский портал Медзона. – 2010. – Режим доступа: <http://medzona.info/medicinckie-statii/immunitet/3617-serebryanaya-voda-protiv-prostudy-i-grippa.html>
2. Шкиль Н.Н., Бурмистров В.А., Соколов М.Ю. Антимикробные свойства, фармакологические характеристики и терапевтическая эффективность препарата Арговит при желудочно-кишечных болезнях телят // Научный журнал КубГАУ. – 2011. – №68 (4). – С. 44 – 46.
3. Серебро против простуды и гриппа // Аргументы и факты. – 2004. № 2. – С. 13.
4. Артемова А. Серебро исцеляющее и омолаживающее / А. Артемова. СПб.: изд-во ДИЛЯ, 2002. – 142 с.
5. Шестаков Ф.В. Серебряная вода мое здоровье / Ф.В. Шестаков. - Алма-Аты: Из-во ОБИС, 1999.
6. Разуваев А.В. Биоцидная отделка текстильных материалов. Часть 1 // Рынок легкой промышленности. – 2009. – №60.
7. Биоцидные свойства наночастиц серебра – <http://nanomet.ru/appl3.php>
8. 银系抗菌纺织品研究 – <http://www.e-dyer.com/tech/6828.html>
9. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 416 с.
10. Аришина И.В., Родионова Т.Э, Анненкова Н.Г. и др. Исследование возможности создания содержащих наносеребро синтетических волокон и нитей с пролонгированной биоактивностью // Пластические массы. – 2011. – №4. – С. 48-50.

ОЧИСТКА ОТРАБОТАННЫХ КРАСИЛЬНЫХ РАСТВОРОВ ОТ ВОДОРАСТВОРИМЫХ КРАСИТЕЛЕЙ*

Вельбой М.А., Владимирцева Е.Л., Шарнина Л.В.

Ивановский государственный химико-технологический университет, Россия

В настоящее время исследования, направленные на поиск путей эффективной очистки сточных вод от синтетических красителей, чрезвычайно актуальны. Проведенные экологами обследования показывают, что образующиеся в процессе крашения производственные сточные воды могут содержать до 10–15 % от исходного количества красителя в технологическом растворе. Многие органические красители и их метаболиты токсичны и

* Работа выполнена на базе НИИ термодинамики и кинетики химических процессов, ИГХТУ, г. Иваново

обладают канцерогенными свойствами. Для их удаления применяют физико-химические, деструктивные, биологические и другие методы. Так, широко применяется сорбционная технология очистки сточных вод предприятий различных отраслей промышленности, в том числе и текстильного отделочного производства. Обычно для ее реализации используются сорбенты на основе модифицированных алюмосиликатов. Модификация осуществляется различными способами, предполагающими замещение неорганических катионов внутри прослоек органическими катионами, пилларирование, механическую активацию, изменение заряда глинистых частиц путем химической обработки (кислотной или щелочной), обжиг и т.п. что существенно повышает стоимость сорбентов [1, 2].

Другим способом обесцвечивания отработанных красильных растворов является их окислительная деструкция. При этом в качестве окислителя часто используется пероксид водорода, поскольку он малотоксичен (отсутствует вторичное загрязнение воды продуктами восстановления реагента), может использоваться в широком диапазоне температур и значений рН среды, а также обладает неограниченной растворимостью в воде. [2,3]. При этом известно, что окислительный потенциал пероксида в ряде случаев оказывается недостаточным, поэтому, чтобы добиться полного обесцвечивания и деструкции красителей действие пероксида водорода совмещают с препаратами или технологиями, в результате которых генерируются реакционноспособные частицы и достигается высокий окислительный эффект. Способы, связанные с физической активацией пероксидных соединений сложны по техническому оформлению и требуют использования дополнительной аппаратуры и высоких энергозатрат.

На кафедре ХТВМ ИГХТУ был разработан деструкционно-сорбционный способ очистки отработанных красильных растворов от водорастворимых синтетических красителей (прямых, активных, кислотных) [4, 5].

По этому способу в качестве сорбентов применяли мелкодисперсные порошки нерастворимых природных и синтетических алюмосиликатов, в том числе глины различного месторождения. Была проведена серия экспериментов по выявлению особенности «поведения» различных красителей в дисперсиях минералов. Суспензии красителей и порошков алюмосиликатов отстаивались в течение 7 сут. Оценку сорбционной активности минералов проводили комплексно, контролируя изменение оптической плотности растворов красителей в присутствии минералов, цвета и окраски осадков глин, мутности дисперсий (на фотоколориметре КФК-2МП при длине волны 490 нм). При добавлении порошков алюмосиликатов в растворы красителей глины диспергируются, начинают поглощать краситель, вызывая осветление раствора и изменение цветовых характеристик самих глин. Были получены удовлетворительные результаты по удалению из растворов прямых и некоторых кислотных красителей. Однако полного их извлече-

ния удавалось добиться далеко не всегда. А обесцвечивание растворов активных красителей не было достигнуто ни с одним из минералов. Кроме того, для достаточной полноты извлечения красителя требуется длительное время отстаивания (7 суток), что не всегда экономически оправдано.

Фактором, ускоряющим процесс обесцвечивания растворов красителей, является введение в дисперсию глин пероксида водорода. Известно, что большинство природных глин содержат железо в виде примесей различного состава (до 5-20 %). Железо катализирует процесс разложения пероксида водорода с образованием реактива Фентона, активные частицы которого вызывают деструкцию хромофорной системы красителей до бесцветных продуктов, о чем кроме визуальных наблюдений, свидетельствует исчезновение характеристического пика в области 350-750 нм (рис.1).

Известно, что разрушение хромофорных структур красителей и, как следствие, обесцвечивание растворов, не гарантирует их полную очистку. В воде могут находиться канцерогенные фрагменты бензольных, нафталиновых, антрахиноновых и других группировок, входящих в состав исходных молекул красителей [3]. В большинстве случаев эти соединения бесцветны, и поглощают только в УФ-области спектра. Но как видно из рисунка, представляющего полный спектр поглощения красителя, осветленный раствор не содержит веществ ароматической природы. В настоящий момент трудно однозначно определить, происходит ли полное разрушение молекул красителей, или продукты деструкции удаляются из раствора путем сорбции их минералами.

Таким образом, сочетание деструкционного и сорбционного методов позволяет эффективно очищать отработанные растворы от водорастворимых красителей.

На способ подана заявка на выдачу патента РФ.

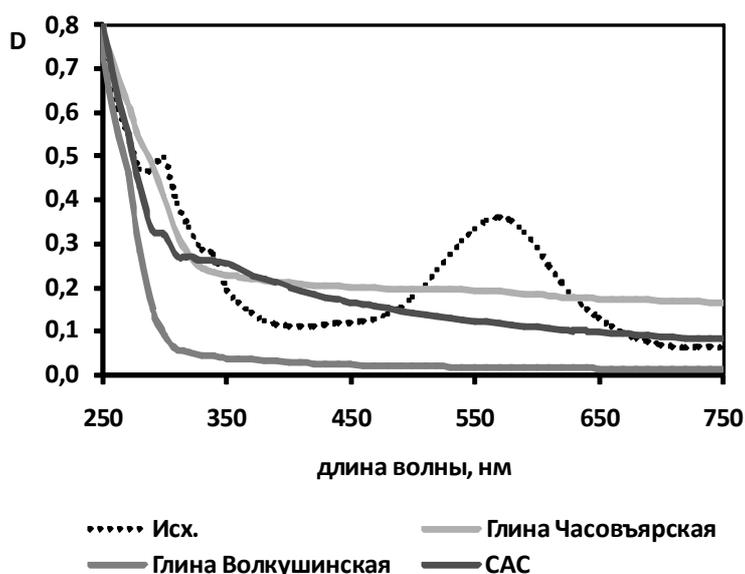


Рис. 1. Спектры поглощения растворов красителя активного винилсульфонового синего 2 КТ в присутствии алюмосиликатов и пероксида водорода

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ветошкин, А.Г.* Теоретические основы защиты окружающей среды: учебное пособие / А.Г.Ветошкин – Пенза: Изд-во ПГАСА, 2002. – 290 с.
2. *Delozier, D.M.* Polyimide nanocomposites prepared from high-temperature, reduced charge organocleas. / D.M. Delozier, R.A. Orwoll, J.F. Cahoon, J.S. Ladislaw, J.G. Smith, J.W. Connell J.W. // *Polymer*. 2003. – V. 44. – № 6. – P.2231-2241.
3. *Садова, С.Ф.* Экологические проблемы отделочного производства. Учеб.для вузов / С.Ф. Садова, Г.Е. Кривцова, М.В. Коновалова, М.: РИО МГТУ, 2002. – 284 с.
4. *Вельбой, М.А.* Обесцвечивание растворов прямых красителей в присутствии нерастворимых алюмосиликатов / М.А. Вельбой, Л.В Шарнина, Е.Л. Владимирцева, А.И. Григорьева А. // *Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология*. – 2014. – Т.57. – № 3. – С.81-86.
5. *Владимирцева Е.Л., Шарнина Л.В., Вельбой М.А., Нуруллина Г.Н.* Деструкционно-адсорбционный метод очистки растворов от активных красителей // *Вестник Казанского технологического университета*. – 2014. – Т.17. – № 6. – С.59-61.

ФОРМИРОВАНИЕ ИНТЕРПОЛИМЕРНЫХ КОМПЛЕКСОВ В СТРУКТУРЕ ГИДРОГЕЛЕЙ СУПЕРАБСОРБЕНТОВ*

Бокова Е.С., Бокова К.С., Коваленко Г.М.

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

Одним из актуальных направлений химической технологии является производство суперабсорбирующих полимеров (САП). Согласно современным представлениям в области химии и химической технологии, суперабсорбенты – это редкосшитые полимерные гидрогели, способные впитывать и удерживать огромное количество воды и водных растворов. Суперабсорбирующие полимеры, в большинстве случаев, синтезируют на основе полиакриловой кислоты (ПАК), ее солей и производных методом полимеризации в растворе или в суспензии. Преимущество гелей ПАК перед гидрогелями другой химической природы заключается в их большей избирательной чувствительности к изменению факторов окружающей среды, таких как температура, *pH* и др. [1].

Для суперабсорбентов весьма важным и функционально необходимым является компромиссное сочетание высокоскоростной поглощающей

* Работа выполнена при финансовой поддержке со стороны Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках базовой части тематического плана

способности и способности абсорбировать и удерживать поглощённую жидкость в своём объёме. При этом допустимо незначительное превалирование одной из функций над другой, в зависимости от назначения готового материала.

Согласно литературным данным задача сочетания высокого поглощения и удерживания достаточно хорошо решена для суперабсорбентов импортного производства, тогда как российские аналоги значительно уступают им по этому компоненту. В связи с этим, остаётся актуальной разработка отечественных суперабсорбентов и гидрогелей на их основе с регулируемой поглощающей и удерживающей способностью для возможного импортозамещения.

Целью работы являлось исследование процессов модификации гидрогелей суперабсорбентов растворами неионогенных полимеров.

В качестве объектов исследования использовали суперабсорбирующие порошки массового производства San-Dia SANWET KC 990L (Япония), МАРС-06 (ФГУП «НИИ Химии и технологии полимеров имени академика Каргина с опытным заводом», г. Дзержинск, Россия); неионогенные полимеры – поливиниловый спирт (ПВС) марки VF-17, с молекулярной массой $8,7 \cdot 10^4$ и степенью гидролиза 75 – 85%, фирмы «Chang Chun Petrochemical CO., LTD»; полиэтиленоксид (ПЭО) молекулярной массой $1 \cdot 10^6$ (Sigma Aldrich, США) и полиакриламид (ПАА) с молекулярной массой $7 \cdot 10^6$, марки FA 920, фирмы SNF FLOERGER (Франция).

Известно, что при взаимодействии пространственно сшитых гидрогелей полиакриловой кислоты с растворами неионогенных линейных полимеров в кислой среде ($pH \leq 2,5$), когда диссоциация карбоксильных групп подавлена, между сеткой САП и макромолекулами полимерного раствора происходит образования интерполимерного комплекса, стабилизированного кооперативной системой водородных связей.

В работах [2, 3] было доказано, что такое явление сопровождается «коллапсом» полимерной сетки гидрогеля, вследствие изменения конформации макромолекулярных цепей ПАК и уменьшения объёма гидрогеля в несколько раз.

Для изучения процесса «коллапса» и анализа структуры модифицированных систем исходные суперабсорбенты промышленного производства в виде гидрогелей подвергали обработке водными растворами линейных полимеров. Концентрацию полиэтиленоксида и поливинилового спирта варьировали от 0,1 до 1,5М, полиакриламида от 0,05 до 0,2М. Для подавления диссоциации карбоксильных групп ПАК модификацию проводили в кислой среде при $pH = 1,5$.

Из табл. 1 видно, что при взаимодействии суперабсорбентов с растворами линейных полимеров в кислой среде уже при малых концентрациях последних наблюдается фазовый переход первого рода – «коллапс»

полимерной сетки гидрогелей, выражающийся в резком уменьшении объёма геля и снижении его поглощающей способности.

Таблица 1

Равновесное поглощение воды и водных растворов полимеров
суперабсорбентами

№ п/п	Суперабсорбент	Равновесное поглощение, г/г (за 60 минут)			
		Вода	ПВС (р-р), 0,1 М	ПЭО (р-р), 0,1 М	ПАА (р-р), 0,1 М
1	San-Dia	449	49	42	41,8
2	МАРС-06	45	36	24	17

«Коллапсирование» полимерной сетки гидрогелей является результатом образования гидрофобного интерполимерного комплекса (ИПК) «сетка гидрогеля – линейный полимер», стабилизированного водородными связями. Формирование ИПК происходит вследствие подавления диссоциации карбоксильных групп полиакриловой кислоты и возникновения водородных связей различного характера.

Образование фазы интерполимерных комплексов в структуре гидрогелей подтверждено методом дифференциально-сканирующей калориметрии. Из табл.2 видно, что в следствии проведенной модификации имеет место увеличение энтальпии плавления суперабсорбентов «МАРС-06–линейный полимер» и «San-Dia–линейный полимер», по сравнению с исходными суперабсорбентами.

Также установлено, что у суперабсорбента San–Dia модифицированного растворами линейных полимеров, образуются дополнительные сшивки в результате образования интерполимерного комплекса, что подтверждено наличием одного эндопика плавления. В случае термолиза модифицированного МАРС–06, на ДСК–граммах о зафиксировано несколько эндопиков, которые соответствуют плавлению фазы интерполимерного комплекса, а также сетки гидрогеля, не вступившей в реакцию комплексообразования.

Таблица 2

Энтальпия плавления суперабсорбентов

№ п/п	Суперабсорбент	Энтальпия плавления, В·с/мг
1	San-Dia (исходный)	0,03
2	МАРС-06 (исходный)	0,02
3	San-Dia-ПЭО	0,05
4	МАРС-06-ПЭО	0,03
5	San-Dia-ПВС	0,05
6	МАРС-06-ПВС	0,06
7	San-Dia-ПАА	0,17
8	МАРС-06-ПАА	0,06

Таким образом, в работе установлено модифицирующее влияние растворов линейных неионогенных полимеров на образцы промышленных суперабсорбентов. Установлено, что в основе проведенной модификации– образование интерполимерных комплексов, стабилизированных кооперативной системой водородных связей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Смирнов М.А., Боброва Н.В., Дмитриев И.Ю., Ельяшевич Г.К. // Высокомолекулярные соединения Серия А, 2011. – Том 53. – №1. – С. 70-77.
2. Аракелов Г.Г., Гапоненко И.М., Налбандян Ю.Е., Симанян А.А. Водопоглощающие полимеры и их использование. – М.: Мин. хим. пром. НИИТЭХИМ, 1988. – 42 с.
3. Kato Y., Fujimoto H., Kawaguchi H., Yuguchi Y., Urakawa H., Kajiwara K. Preparation and structural characterization of I-Hydrogenmicrosheres // Polym. J. – 1996. – V.28. – № 4. – P. 309-316.

АНАЛИЗ ЗАВИСИМОСТЕЙ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ОТ УСЛОВИЙ ИХ ОБРАБОТКИ В ОТДЕЛОЧНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ*

Циркина О.Г.¹, Одинцова О.И.², Никифоров А.Л.³

¹Ивановский государственный политехнический университет, Россия

²Ивановский государственный химико-технологический университет, Россия

³Ивановский институт государственной пожарной службы, Россия

Основным фактором, определяющим эффективность нагрева диэлектрика в ВЧ-полях, является мощность ($P_{уд}$), рассеиваемая в материале в виде тепла, расчет которой производится по формуле [1]:

$$P_{уд} = 0,55 \cdot 10^{-12} \cdot \operatorname{tg} \delta \cdot \varepsilon \cdot E^2 \cdot f, \quad (1)$$

где $P_{уд}$ – мощность, выделяемая в единице объема материала, [Вт/м³];

$\operatorname{tg} \delta$ – тангенс угла диэлектрических потерь; ε – диэлектрическая проницаемость материала; f – частота внешнего электромагнитного поля, [Гц]; E – напряженность поля, [В/м].

Характер поглощения веществом энергии внешнего электромагнитного поля зависит от совокупности факторов, оказывающих влияние на состояние полимера. При этом эффективность нагрева диэлектриков в поле ТВЧ определяется параметрами создаваемого электромагнитного поля и диэлектрическими характеристиками обрабатываемого материала - тангенсом угла диэлектрических потерь ($\operatorname{tg} \delta$) и диэлектрической проницаемостью

*Работа выполнена на базе НИИ термодинамики и кинетики химических процессов, г.Иваново

(ε), произведение которых представляет собой фактор диэлектрических потерь – k . Значения указанных величин могут изменяться в широких пределах и зависеть от множества факторов.

На предварительном этапе работы проведен цикл экспериментальных исследований и получены массивы данных по диэлектрическим свойствам текстильных материалов для создания на их основе математического описания процессов нагрева тканей в поле ТВЧ, с целью унификации ВЧ-технологий их отделки. Для выявления общих закономерностей изменения диэлектрических свойств полимерных материалов произведена оценка диэлектрических характеристик тканей, пропитанных различными по составу технологическими растворами с учетом концентраций их основных компонентов. Оценено влияние внешних факторов на величину основных электрофизических характеристик полимеров ($tg\delta$ и ε) и выявлена взаимосвязь между структурными изменениями, протекающими в полимере в ходе химических реакций, и величиной $tg\delta$ диэлектрика.

Определены основные закономерности изменения диэлектрических свойств текстильных материалов в условиях «мокрых» обработок, имеющих место в процессах всего цикла химической отделки тканей. Диапазон влажности, в котором наблюдается максимум величины диэлектрических потерь, составляет 30 - 40%. Материалы с исходной влажностью 80 – 100%, также имеют достаточно высокие показатели $tg\delta$ и k , обеспечивающие их эффективный нагрев в поле ТВЧ, при этом величина диэлектрических потерь ткани напрямую зависит от её геометрических свойств.

Выявлена зависимость диэлектрических характеристик от температуры влажного материала, которая носит экстремальный характер. Корреляционная зависимость величины $tg\delta$ от времени ВЧ- и конвективного нагрева показывает, что при обработке тканей в поле ТВЧ происходит увеличение значений $tg\delta$, обусловленное удлинением полимерной цепи за счет вновь образующихся ковалентных связей в структуре волокна. Рост числа полярных групп, гармонические колебания которых накладываются друг на друга, увеличивают частотно-резонансную амплитуду колебания сегментов макромолекул под действием ВЧ-поля. Одновременно в надмолекулярной структуре волокна протекают процессы разукрупнения кристаллитных образований. В результате увеличивается сегментальная подвижность макромолекул целлюлозы, и, как следствие, возрастает величина $tg\delta$.

Определены величины диэлектрических потерь целлюлозосодержащих тканей, пропитанных мерсеризационными щелочами и белящими перекисными растворами, при различных концентрациях основных компонентов. На этой основе подобраны оптимальные составы растворов, обеспечивающие высокие качественные показатели обработанных в ВЧ-поле тканей.

Выявлены факторы, в наибольшей степени, влияющие на эффективность взаимодействия красителя с волокном. В процессах крашения, когда красильный раствор распределен равномерно по объему полотна и привес ткани составляет 90 – 110%, тепловыделение в объеме материала является равномерным. В случае печатания ткань имеет оптимальное для ВЧ-обработки влагосодержание 28-40%, что обеспечивает высокую эффективность процесса, в том числе и за счет увеличения сегментальной подвижности полимерных цепей. Доказано, что тип красителя практически не влияет на диэлектрические характеристики текстильного материала, а величина $tg\delta$ определяется наличием в составе технологического раствора электролитов различной природы. Установлена экстремальная зависимость диэлектрических показателей тканей от концентраций указанных компонентов, что в дальнейшем учитывалось при разработке математических моделей.

При использовании аппретирующих составов, используемых на этапе заключительно отделки, выявлено, что максимальные значения $tg\delta$ имеют препараты, включающие добавки полярного строения. Получена корреляционная зависимость между величиной $tg\delta$ аппретированных тканей и степенью «сшивки» макромолекул целлюлозного волокна посредством молекул предконденсатов термореактивных смол (ПТРС). Это подтверждает тот факт, что изменение структуры полимера оказывает выраженное влияние на диэлектрические характеристики материала.

Проанализированы диэлектрические характеристики основных компонентов технологической композиции, применяемой для получения материалов с полимерным пленочным покрытием, а также готовых ПВХ-паст в смеси с различными пластификаторами. Показано, что наилучшей способностью к ВЧ-нагреву при использовании промышленно разрешенных частот (27,12 и 40,68 МГц) обладают пасты на основе ПВХ, диоктилфталата (ДОФ) и трихлорэтилфосфата (ТХЭФ) в соотношении 1:2:2.

ВЫВОДЫ

1. Проведены исследования и получены массивы данных по диэлектрическим свойствам хлопчатобумажных, льняных, вискозно-штапельных, хлопкополиэфирных, полиэфирных и полиамидных тканей в широком диапазоне частот и при различной напряженности электрического поля.

2. Выявлены основные закономерности влияния волокнистого состава, размерных и структурных характеристик тканей на их диэлектрические показатели. Установлено, что определяющими факторами энергетической эффективности обработки в поле ТВЧ являются химический состав и геометрические характеристики текстильных материалов.

3. Получены зависимости, связывающие диэлектрические свойства исследуемых материалов с составами пропиточных растворов, влагосо-

держанием и температурой обработки текстильных полотен. Подобраны оптимальные концентрации компонентов технологических растворов и композиций, обеспечивающие энергетически выгодные режимы ВЧ-обработки тканей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лыков, А.В. Тепло и массообмен в процессах сушки. – М.– Л.: Госэнергоиздат. – 1956. – С.518.

ПИГМЕНТНЫЕ ПЕЧАТНЫЕ КОМПОЗИЦИИ НА ОСНОВЕ ПОЛИУРЕТАНОВЫХ И КОМПЛЕКСНЫХ ЗАГУСТИТЕЛЕЙ

Кузнецова Е.Э., Ороснаева П.А., Сафонов В.В.

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

Одной из важнейших задач текстильной отрасли является повышение конкурентоспособности текстильной продукции, качество которой во многом формируется при печатании. В свою очередь качество печатания определяется типом и свойствами загустителя печатной краски. Поскольку ни один индивидуальный полимер не может использоваться в качестве совершенного загустителя, создание легконаносимых (технологичных) покрытий для текстильных материалов возможно на основе полимерных композиций.

В настоящее время внимание исследователей сконцентрировано на смесях синтетических и природных полимеров, практическая значимость которых очевидна в связи с созданием многокомпонентных жидкофазных композиций с улучшенным комплексом физико-механических и специфических свойств.

Поэтому актуальной задачей стало расширить ассортимент загустителей для пигментной печати, и разработать оптимальные рецептуры красок на основе полученных комплексных загустителей.

В качестве исследуемых загустителей использовались:

1. Манутекс RS – природный полимер на основе альгината натрия, модифицированного солями кальция. Обладает высокой загущающей способностью.

2. Лапрол ДЗ- синтетический полиуретановый загуститель отечественного производства, который представляет собой полиэтоксилат, модифицированный диизоцианатом и жирным спиртом. Имеет высокую загущающую способность, исключает изменение грифа текстильного материала после печати.

На первом этапе эксперимента построены реологические кривые загусток. По реологическим кривым ясно, что значение вязкости для загус-

тителя Манутекса RS снижается с увеличением напряжения сдвига, тем самым характеризует эту систему как вязкоупругую псевдопластическую с высокой текучестью. Поведение реологической кривой для полиуретановой загустки Лапрола ДЗ значительно отличается от поведения кривой для Манутекса RS. Для низких напряжений сдвига характерно повышение вязкости до определенного предела, при котором начинается ее снижение. В области высоких скоростей сдвига уретановая загустка ведет себя подобно загусткам на основе альгината натрия. Далее вязкость снова растёт, что не соответствует традиционному поведению псевдопластических систем. Для Лапрола ДЗ характерно наличие петли гистерезиса, причем при высоких скоростях сдвига восстановление происходит более интенсивно, а при уменьшение скоростей сдвига - менее. В итоге система возвращается к первоначальной вязкости, что стало ясно по значению степени тиксотропного восстановления. Несмотря на некоторые аномалии в поведении на следующем этапе эксперимента представляет интерес провести печатание композициями на основе обоих видов загустителей. В качестве связующих решено применить перспективный класс полиуретанов марки аквапол.

Из полученных данных по качеству печати ясно, что образцы на основе Манутекс RS более насыщенные по цвету и менее светлые. Степень пропитки на изнаночную сторону одинакова, и находится на допустимом уровне для пигментной печати. По печатно-техническим показателям картина обратная. Более качественные отпечатки по показателям жеткости и устойчивости к стирке и трению характерны для систем на основе Лапрола ДЗ. В связи с полученными результатами принято решение продолжить исследование в направлении улучшения качества печати за счет использования физической смеси загусток Манутекса RS и Лапрол ДЗ.

Компоненты комплексной загустки на основе Манутекса RS и загустителя Лапролом ДЗ брали в соотношениях: (10:1, 15:1, 20:1). Полученные загустки также исследовали на реологическое поведение.

Вязкость композиции в соотношении загустителей (10:1) по сравнению с чистой загусткой Манутекса RS повышается примерно в 7,5 раз, индекс течения равен 0.5, что говорит нам о том, что система является неньютоновской жидкостью. Степень структурированности увеличилась примерно в 3 раза. Что дает основания для получения необходимого качества узорчатой расцветки. Наибольшую устойчивость и стабильность свойств при деформационных воздействиях обнаруживает комплексная загустка в сравнении с использованием чистого Манутекс RS. По полученным данным большинство определяемых параметров показали наилучшие результаты. Дальнейшее исследование продолжили с соотношением комплексной загустки (10:1)- Манутекс RS-Лапрол ДЗ.

На следующем этапе эксперимента сняты и оценены основные печатно-технические показатели индивидуальных загусток с разной концентрацией пигмента и комплексной загустки. В табл.1 представлены резуль-

таты для композиций на основе полиуретанового связующего. Видно, что наибольшее влияние на качество печати использование комплексной загустки оказывает на параметр жесткости, он значительно понизился, что говорит о повышении мягкости грифа. Также, наблюдается улучшение в результатах по показателю пропечатки краски на изнаночную сторону.

Таблица 1

Основные показатели качества печати

Загуститель		Цветовые характеристики			Печатно-технические показатели		
		Насыщенность, С	Светлота, L	L изн.	Устойчивость к трению, балл	Устойчивость к стирке, балл	Жесткость EI, мкН* см ²
Ману-текс RS	30 г/кг	51,66	47	52	4-5	4-5/5	5305,5
	40 г/кг	67,27	33	54	4-5	5/5	2558,6
	50 г/кг	67,68	31	50	4-5	5/5	3929,5
Лапрол ДЗ	30 г/кг	48,30	54	65	4-5	4-5/5	3024,5
	40 г/кг	51,55	49	53	4-5	5/5	2912,3
	50 г/кг	64,13	37	60	5	4-5/5	3064,1
Комплексн. загустка	30 г/кг	64,12	38	76	4-5	4-5/5	3244,2

На гистограммах можно увидеть все наглядно, рис. 1.

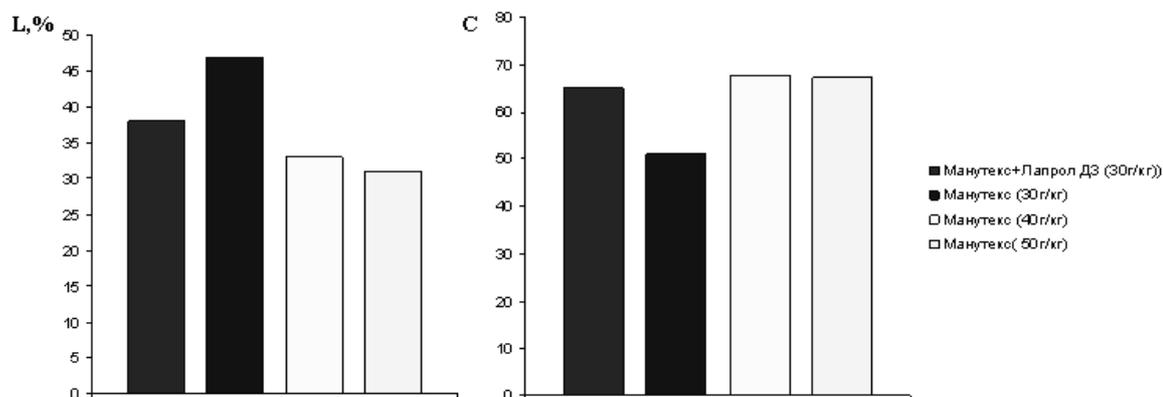


Рис. 1. Гистограммы светлоты и насыщенности для отпечатков, полученных на основе комплексной загустки и загустки Манутекса RS с различной концентрацией пигмента

В связи с полученными результатами можно сделать вывод, что использования физической смеси природного и синтетического полиуретанового загустителя позволяет улучшить качество печати, как по колористическим, так и по печатно-техническим показателям. Что расширяет ассортимент пигментных печатных паст и позволяет создавать конкурентоспособные текстильные изделия с использованием отечественного сырья.

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ СЕРЕБРА В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ

Одинцова О.И., Прохорова А.А., Малышева К.А.

Ивановский государственный химико-технологический университет, Россия

В последние годы интерес к изучению и получению наноразмерных частиц существенно возрос. XXI столетие характеризуется активным развитием нанотехнологий и внедрением их результатов в различные отрасли деятельности человека, в частности — в медицину. Происходит поиск новых методов синтеза наноматериалов, их практического применения. При этом одними из приоритетных направлений являются наномедицина и нанофармакология, позволяющие влиять на молекулярный уровень организации живой ткани и осуществлять контроль над строением органов [1].

Ученые мира занимаются созданием новых материалов из наночастиц таких металлов, как серебро, медь, кремний, цирконий, алюминий, магний, цинк, титан и др. Особый интерес представляют разработки препаратов из наносеребра [2].

В связи со способностью особым образом модифицированных наночастиц серебра длительное время сохранять биоцидные свойства, рационально использовать наносеребро не в качестве дезинфицирующих средств частого применения, а добавлять в текстиль, краски, лаки и другие материалы, что позволяет экономить деньги, время и трудозатраты.

Широкий спектр противомикробного действия серебра, отсутствие устойчивости к нему у большинства патогенных микроорганизмов, низкая токсичность, отсутствие аллергенных свойств, а также хорошая переносимость больными - способствуют повышенному интересу к серебру.

Высокой реактивной способностью наночастиц серебра объясняют тот факт, что они обладают сильным бактерицидным действием. Ионы серебра делают невозможным протекание многих химических реакций внутри бактерий, и поэтому в присутствии наночастиц серебра многие бактерии не размножаются.

Модифицированные наночастицами материалы приобретают антимикробные свойства, что, несомненно, представляет интерес для практического применения. Повышенный интерес к серебру возник вновь в связи с выявленным его действием в организме как микроэлемент, необходимого для нормального функционирования органов и систем, а также мощными антибактериальными и противовирусными свойствами.

Современные исследования действия коллоидных ионов серебра показали, что они обладают выраженной способностью обезвреживать вирусы. При этом выявлено преимущество терапии коллоидным серебром по сравнению со стандартной терапией [3-4].

Цель настоящего исследования состояла в создании эффективной системы восстановитель-стабилизатор, которая позволяла бы получать стабильные коллоидные растворы наночастиц серебра в практически значимых количествах.

В исследовании в качестве реагентов были использованы нитрат серебра, катионный и анионный полиэлектролит, глюкоза, аскорбиновая кислота, тиомочевина, дионит натрия. Для получения наночастиц серебра к раствору нитрата серебра определенной концентрации ($1,142 \text{ моль/м}^3$) добавляли раствор восстановителя. В качестве восстановителей помимо аскорбиновой кислоты и глюкозы использовали оксалат натрия, дитионит натрия и тиомочевину. Соотношение растворов варьировали. В некоторых случаях вводили растворитель-этиловый спирт. В качестве стабилизаторов применяли катионные и анионные полиэлектролиты.

В спектрах растворов, содержащих в качестве восстановителей оксалат натрия и тиомочевину не наблюдалось максимумов поглощения характерных для частиц наносеребра.

В результате проведенных исследований, было установлено, что наиболее действенными восстановителями являются дитионит натрия и глюкоза. Полученные частицы серебра практически во всех представленных случаях имеют в спектре полосу поглощения 400- 420 нм.

Показано, что максимальная оптическая плотность растворов получена при использовании в качестве восстановителя глюкозы и в связи с тем, что она является более экологически безопасной, ее использовали в дальнейшей работе.

Оценено влияние различных по природе стабилизаторов на эффективность восстановления серебра в системе. Предложен оптимальный стабилизатор – акремон LK-2, состоящий из акриловой кислоты, метакриловой кислоты и метилакрилата, позволяющий максимально повысить стабильность гетерогенной системы.

Оптимизированы концентрационные параметры системы восстановитель-стабилизатор. Определены эффективные концентрации глюкозы: 0,0351 Моль/л и акремона LK-2.(0,6г/л)

Проведен анализ спектров фотонной корреляционной спектроскопии, характеризующих размеры образующихся частиц в системе Ag – полиэлектролит. В соответствии с полученными данными, наиболее мелкие частицы, а, следовательно, обладающие большей активной поверхностью, получают при использовании в качестве стабилизатора акремона LK-2.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Husein, M.* Formation of AgCl Nanoparticles in Microemulsion Systems through Direct Precipitation with the Surfactant Counterion//M.Husein, E.Rodil, J.Vera//Langmuir, 19, 8467 (2003)

2. US Patent 5,651,978 Tomioka, et al. July 29, 1997. Silver thiosulfate silica gel antibacterial antibacterial compositions
3. www.upackgroup.ru Группа компаний УПАК © 2010
4. <http://www.helsinki.fi/> журнал Colloid and Polymer Science.

МИКРОКЛИМАТ ОТМОЧНО-ЗОЛЬНЫХ ЦЕХОВ КОЖЕВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА УСЛОВИЯ ТРУДА РАБОТАЮЩИХ

Тихонова Н.С., Свищев Г.А, Седяров О.И.

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

Микроклимат производственных помещений – один из важнейших санитарно-гигиенических факторов, влияющих на состояние здоровья и работоспособность человека.

Основные метеорологические параметры микроклимата (температура, влажность, подвижность воздуха) оказывают существенное влияние на процесс теплообмена работающего и характер его работы, и, естественно, на производительность труда. Высокая температура воздуха способствует быстрой утомляемости работающего, может привести к перегреву организма, тепловому удару. Возникающие в этих условиях интенсивное потоотделение сопровождается потерями солей и воды в организме. Увеличивается количество тромбоцитов в крови и ее вязкость, уровень холестерина в плазме крови, что повышает вероятность тромбозов (в частности, мозговых артерий).

Влажность воздуха оказывает большое влияние на терморегуляцию организма. Повышенная влажность ($> 85\%$) затрудняет терморегуляцию из-за снижения испарения пота, а слишком низкая влажность ($<20\%$) вызывает пересыхание слизистых оболочек дыхательных путей. Оптимальные величины относительной влажности составляют 40-60%.

Движение воздуха – также один из факторов, влияющих на тепловое самочувствие человека. В жарком помещении движение воздуха способствует увеличению отдачи теплоты организмом и улучшает его состояние, но оказывает неблагоприятное воздействие при низкой температуре воздуха в холодный период года. Минимальная скорость движения воздуха, ощущаемая человеком, составляет 0,2 м/с.

Кроме этих параметров, являющихся основными, не следует забывать об атмосферном давлении, которое влияет на парциальное давление основных компонентов воздуха(кислорода и азота), а, следовательно, и на процесс дыхания. Жизнедеятельность человека может проходить в довольно широком диапазоне давлений от 734 до 1267 гПа (550 – 950 мм. рт. ст.). Однако здесь необходимо учитывать, что для здоровья человека опасно быстрое изменение давления, а не сама величина этого давления. На-

пример, быстрое снижение давления всего на несколько гектопаскалей по отношению к нормальной величине 1013 гПа (760 мм. рт. ст.) вызывает болезненное ощущение.

Согласно СанПиН 2,2,4,548-96 “Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Санитарные правила и нормы” по степени влияния на тепловое состояние организма человека для рабочей зоны производственных помещений устанавливаются оптимальные и допустимые микроклиматические условия с учетом тяжести выполняемой работы и периода года.

Оптимальные микроклиматические условия установлены по критериям оптимального теплового и функционального состояния человека. Они обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены при минимальном напряжении механизмов терморегуляции, не вызывают отклонений в состоянии здоровья, создают предпосылки для высокого уровня работоспособности и являются предпочтительными на рабочих местах.

Допустимые микроклиматические условия установлены по критериям допустимого теплового и функционального состояния человека на период 8-часовой смены. Они не вызывают повреждений или нарушений состояния здоровья, но могут приводить к возникновению общих и локальных ощущений теплового дискомфорта, напряжению механизмов терморегуляции, ухудшению самочувствия и понижению работоспособности.

Допустимые величины показателей микроклимата устанавливаются в тех случаях, когда по технологическим требованиям, техническим и экономически обоснованным причинам не могут быть обеспечены оптимальные величины.

Состояние микроклимата на кожевенных заводах чаще всего определяется спецификой технологических процессов получения кожи из шкур животных и своеобразием трудовых операций, выполняемых рабочими, объемно-планировочными решениями цехов и эффективностью работы отопительно-вентиляционных устройств.

Натурные исследования, проведенные на Серпуховском кожевенном заводе показали, что преобладающее влияние на микроклимат цехов оказывает специфика технологических процессов.

В отмочно-зольных цехах имеются локальные зоны повышенных (или пониженных) температур и влажности.

Использование огромного количества подогретой воды и различных химикатов создает, естественно, неблагоприятные микроклиматические условия труда на кожевенных заводах.

Длительное пребывание работающих в условиях высокой температуры и относительной влажности воздуха способствует развитию заболевания дыхательных путей, сердечно-сосудистой системы, желудка, почек и др. Высокая влажность в сочетании с низкой температурой воздуха ведет к

большей отдаче тепла, что приводит к охлаждению его и возникновению простудных заболеваний, ревматизма и некоторых других форм заболеваний, что характерно в отмочно-зольных цехах.

Сравнение результатов натуральных замеров параметров с нормами показали, что температура воздуха в зимний период была ниже нормируемой и снижалась до 12-15°C (вместо нормируемой 16-21°C), а относительная влажность повышалась до 80-94% (вместо 40-60%).

В теплый период температура воздуха достигала 22-24°C (при нормируемой равной 18-22°C), а относительная влажность достигала 85% (при нормируемой 40-60%).

Подвижность воздуха также превышала допустимые и достигала 0,4 м/с (при норме 0,1 – 0,3 м/с).

Таким образом, исследования показали, что микроклимат в отмочно-зольных цехах не отвечает нормативам и требует улучшения и, в первую очередь, за счет совершенствования технологических процессов и совершенствования работы вентиляционных систем.

ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРОЦЕСС РАСТВОРЕНИЯ КОЛЛАГЕНСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ

Волоскова Е.В.^{1,2}, Гурьянова Т.И.¹, Полубояров В.А.²

¹ Новосибирский технологический институт (филиал) МГУДТ, Россия

² Институт химии твердого тела и механохимии Сибирского отделения РАН, г. Новосибирск, Россия

Коллаген – один из наиболее распространенных в животном мире белков. Он составляет около 30% всех белков животного организма. В процессе переработки шкур животных в кожевенной промышленности образуется большое количество коллагенсодержащих отходов. Одним из способов переработки недубленого коллагенсодержащего материала (НКМ) является растворение.

Растворение коллагена происходит за счет разрыва меж- и внутримолекулярных связей, а также за счет разрыва поперечных и продольных химических связей, что способствует переходу волокон в раствор. Растворение коллагенсодержащих материалов можно осуществить под действием кислот, щелочей, ферментов. Процесс растворения является достаточно продолжительным и требует большого расхода химических веществ. Из растворов можно выделить волокна и получить пленки, пригодные для использования в медицине и косметологии, пищевой и текстильной промышленности.

В последнее время для переработки природных веществ используют механическую обработку, с помощью которой проводят не только измельчение веществ, но и активацию химических процессов, увеличивают реак-

ционную способность веществ, а также ускоряют процессы растворения и т.д.

Цель работы – изучить влияние ультразвуковой обработки в щелочно-солевом растворе на продолжительность процесса растворения коллагенсодержащих материалов и свойства полученных продуктов растворения коллагена.

В работе в качестве недубленого коллагенсодержащего материала использовали гольевую обрезь шкур крупного рогатого скота. За основу был взят существующий метод полного растворения коллагена дермы в уксусной кислоте с предварительной щелочно-солевой обработкой. Интенсификация процесса растворения коллагенсодержащего материала осуществлялась путем кавитационного воздействия (МО) на стадии щелочно-солевой обработки. А для большего эффекта на стадии растворения ввели обработку в гомогенизаторе (ОГ). Ультразвуковую (механохимическую) обработку (МО) коллагенсодержащего материала проводили в аппарате кавитационного действия – кавитаторе УЗАП с частотой звука 4000 Гц. При растворении коллагена в уксусной кислоте использовали гомогенизатор – лабораторную мешалку типа МЛ-4 (Польша) с частотой вращения смесителя 2000-2500 об/мин. Определение молекулярной массы продуктов растворения коллагена осуществляли вискозиметрическим методом. Определение вязкости растворов коллагена проводили на капиллярном стеклянном вискозиметре ВПЖ-1. Диаметр капилляра вискозиметра 0,73 мм. Структурные изменения коллагенсодержащих материалов в процессе механохимической обработки изучали с помощью оптического микроскопа. Спектры инфракрасной спектроскопии (ИК спектры) были записаны на Фурье-спектрометре «Инфралюм ФТ-081» (Россия). В качестве матрицы использовали КВг. Спектры комбинационного рассеяния (спектры КР) снимали на спектрометре BRUKER RFS 100/S (Германия).

При механохимической обработке в кавитаторе недубленого коллагенсодержащего материала в щелочно-солевом растворе удалось сократить время щелочно-солевой обработки с 48 ч до 12 мин, а общее время растворения с 12,5 суток до 4,2 суток и менее. При введении дополнительного механического перемешивания при растворении в кислоте сокращается продолжительность растворения коллагена. Такое воздействие способствует более быстрой диффузии кислоты в материал, чем в варианте без перемешивания, и ослаблению межмолекулярного взаимодействия в коллагене. Результаты эксперимента приведены в табл. 1.

МО в щелочно-солевом растворе в течение 8 мин и более приводит к полному растворению коллагенсодержащего материала в уксусной кислоте в дальнейшем.

Таблица 1

№	Щелочно-солевая обработка		Растворение в уксусной кислоте		Концентрация ПРК, г/л	Молекулярная масса (± 20000), а. е. м.	Характеристическая вязкость раствора $[\eta] \pm 5\%$, см ³ /г	Общее время растворения	
	Без МО, ч	С МО, мин	Без ОГ, ч	С ОГ, мин				ч	сутки
1	48	-	120	-	7,00	386000	14	301	12,5
2	-	6	-	-	-	-	-	-	-
3	-	6	-	100	13,63	184000	3,7	51	2,1
4	-	8	48	-	9,99	183000	3,7	98	4,1
5	-	8	-	60	10,15	188000	3,8	50	2,1
6	-	10	48	-	12,03	245000	5	99	4,1
7	-	10	-	60	11,22	215000	6,2	52	2,2
8	-	12	48	-	9,80	198000	3,1	101	4,2
9	-	12	-	60	8,09	167000	4,3	54	2,3

При этом сохраняется фибриллярная (волокнистая) структура коллагена, как было установлено с помощью микроскопического исследования (рис.1, з).

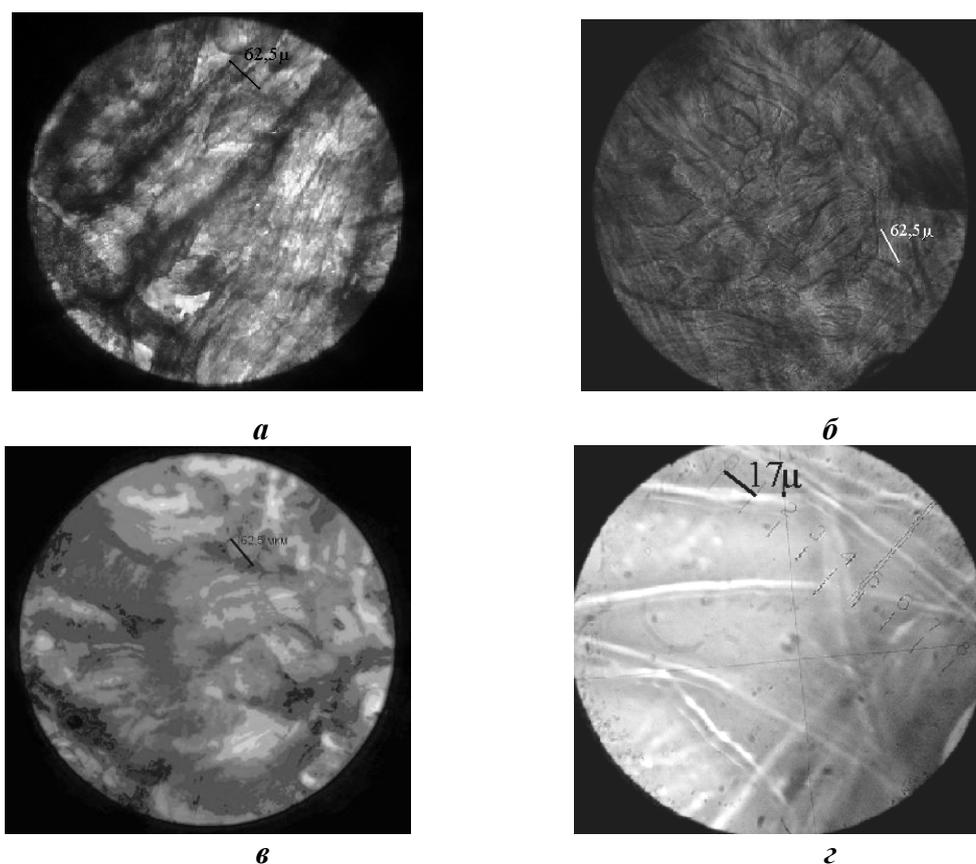


Рис. 1. Фотографии микросрезов НКМ: *а* – исходного; *б* – после 48 ч щелочно-солевой обработки; *в* – МО в щелочно-солевом растворе в течение 10 минут; *з* – волокна коллагена из раствора, полученного с помощью МО в щелочно-солевом растворе в течение 10 мин

На фотографии волокон (рис.1, *г*) видно, что толщина волокон около 8,5 мкм, т.е. составляет несколько агрегированных молекул коллагена.

Из табл.1 видно, что после МО происходит уменьшение молекулярной массы коллагена за счет деструкции коллагеновых волокон. Механохимическая обработка коллагенсодержащего материала в щелочно-солевом растворе способствует уменьшению размеров пучков коллагена как в продольном, так и поперечном направлении (рис.1, *а-в*). В недубленном коллагенсодержащем материале после его механохимической обработки в щелочно-солевом растворе (рис.1, *в*) наблюдаются более тонкие волокна коллагена по сравнению с исходным НКМ (рис.1, *а*) и НКМ после щелочно-солевой обработки в течение 48 ч (рис.1, *б*).

Изменение толщины волокон в НКМ связано с разрывом межмолекулярных координационных связей. Разрыв межмолекулярных координационных, а также химических связей в недубленном коллагенсодержащем материале подтверждают данные спектроскопии.

На ИК спектрах (рис.2, *а*) видно, что после щелочно-солевой обработки в течение 48 ч и механохимической обработки в течение 8 мин, как и в исходном материале, наблюдаются характерные для белка пики, отвечающие валентным колебаниям С=О амидной группы (1615 см^{-1} , амид I), деформационным колебаниям амидной группы (1570 см^{-1} , амид II) и валентным колебаниям связи С-N (1345 см^{-1} , амид III). Пик около 3000 см^{-1} свидетельствует о наличии в молекулах групп -NH-. Интенсивность пиков, отвечающих указанным связям, после щелочно-солевой и механохимической обработки уменьшается, что говорит об уменьшении количества этих связей, следовательно, идет щелочной гидролиз С-N-связи.

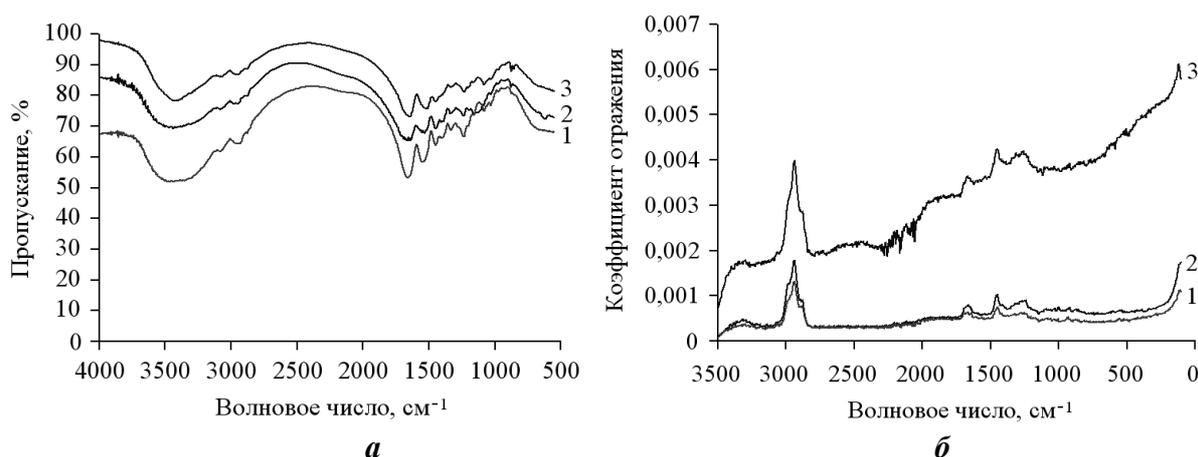


Рис. 2. ИК спектры (*а*) и КР спектры (*б*):
1 – исходный НКМ; 2 – после 48 ч щелочно-солевой обработки;
3 – после МО в щелочно-солевом растворе в течение 8 мин

Интенсивность пика спектра КР (рис.2, *б*) при 2920 см^{-1} (С-Н) возрастает после механохимической обработки в щелочно-солевом растворе недубленного коллагенсодержащего материала. Это связано с образованием

С-Н-связей при механохимическом разрыве С-С-связей. Интенсивность пика, отвечающего С-С-связи (840 см^{-1}), уменьшается. Таким образом, механохимическая обработка в щелочно-солевом растворе приводит к уменьшению молекулярной массы за счет разрыва «продольных» С-С-связей в структуре коллагена. То, что уменьшение молекулярной массы коллагена связано с уменьшением длины его макромолекул, подтверждается резким уменьшением характеристической вязкости раствора (табл.1). Также снижение характеристической вязкости раствора может свидетельствовать об изменении формы макромолекул. Но как мы ранее показали (рис.1, 2), «молекулы» коллагена, полученного механохимическим способом, имеют вид жесткой палочки. Уменьшение молекулярной массы коллагена действительно связано с укорочением его макромолекул, т.е. происходит за счет разрыва С-С-связей под действием МО.

Таким образом, установлено, что механохимическая (кавитационная, ультразвуковая) обработка в щелочно-солевом растворе недубленого коллагенсодержащего материала приводит к уменьшению молекулярной массы продуктов растворения коллагена с 386000 до 180000 а. е. м. за счет механохимического разрыва С-С-связей в продольных цепочках коллагена и приводит к сокращению общей продолжительности растворения с 301 ч до 52 ч.

РАЗРАБОТКА ПОЖАРОБЕЗОПАСНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНТЕРПОЛИМЕРНЫХ КОМПЛЕКСОВ*

Коваленко Г.М., Голованова А.Н., Бокова Е.С.

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

Все более разнообразное использование полимерных материалов в технике и быту расширяет спектр предъявляемых к ним требований. Одной из важных задач при этом остается снижение пожароопасности готовых изделий.

Так как пожароопасность представляет собой комплексный показатель, включающий такие основные характеристики как горючесть, дымообразование, токсичность летучих веществ и др., для его повышения применяют различные добавки целенаправленного действия - антипирены, дымоподаватели, адсорберы токсичных веществ и др. Как правило, использование указанных добавок из-за необходимости их высокой концентрации и повышенной токсикологической опасности, затрудняет перера-

* Работа выполнена при финансовой поддержке со стороны Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках базовой части тематического плана

ботку полимерных композиций и негативно отражается на экологической чистоте готовых изделий [1].

В связи с вышесказанным актуальным является поиск новых высокоэффективных модификаторов для снижения пожароопасности. В качестве таких модификаторов в работе были апробированы интерполимерные комплексы (ИПК), стабилизированные водородными связями. Эти соединения образованы высокогидрофильными полимерами и имеют в своей структуре комплементарно сочленённые и разобщённые гидрофильные звенья, так называемые «петли» и «хвосты». Благодаря такой структуре ИПК способны поглощать и удерживать в своем объеме большое количество абсорбционно связанной воды.

Целью работы являлась разработка условий получения интерполимерных комплексов и их применение в качестве модифицирующих добавок для снижения пожароопасности текстильных материалов.

В качестве объектов исследования использовали полиакриловую кислоту (ПАК) с молекулярной массой $2 \cdot 10^5$ (ФГУП «НИИ химии и технологии полимеров им. ак. В.А. Каргина с опытным заводом», г. Дзержинск, Россия) в виде водного раствора с концентрацией 30%; неионогенные полимеры – поливиниловый спирт (ПВС) марки VF-17, с молекулярной массой $8,7 \cdot 10^4$ и степенью гидролиза 75 – 85%, фирмы «Chang Chun Petrochemical CO., LTD»; полиэтиленоксид (ПЭО) с молекулярной массой $1 \cdot 10^5$ (Sigma Aldrich, США); полиакриламид (ПАА) марки FA 920 (фирмы SNF Floeger, Франция), молекулярной массой $7 \cdot 10^6$. В качестве объектов для модификации использовали текстильные тканые полотна: парусину (брезент) (ГОСТ 15330-93) – ткань (артикул 11291) с поверхностной плотностью 315 г/м^2 на основе толстых нитей льняного и хлопкового волокна и парусину (брезент) (ГОСТ 15330-93) – ткань (артикул 11234 ОП) с поверхностной плотностью 440 г/м^2 , на основе толстых нитей льняного и хлопкового волокна с огнезащитной пропиткой.

Интерполимерные комплексы получали методом простого смешения водных растворов ПАК и неионогенных полимеров при регулируемом значении pH реакционной среды.

Известно, что поведение полиэлектролитов в водных растворах имеет ряд существенных особенностей. Физико-химические аномалии растворов полиэлектролитов связаны с наличием в их макромолекулах активных групп, способных к диссоциации, а сам процесс диссоциации имеет характер динамического равновесия [2].

Методами турбидиметрического титрования и вискозиметрии доказано, что в результате простого смешения растворов неионогенных полимеров и полиакриловой кислоты при $pH \leq 2,5-3,5$ образуются устойчивые интерполимерные комплексы, стабилизированные кооперативной системой водородных связей. В случае взаимодействия ПАК–ПВС образуется стехиометрический полимер–полимерный комплекс состава 1:1, а в слу-

чае взаимодействия ПАК–ПЭО и ПАК–ПАА – нестехиометрические комплексы состава 1:0,6 и 1:0,2 соответственно.

Ранее в работах [3, 4] был доказан факт наличия высокой энтальпии плавления и воспламенения интерполимерных комплексов. Исходя из этого, была предпринята попытка модификации ими текстильных полотен.

Модификацию проводили путём пропитки тканей смесью растворов полиакриловой кислоты и неионогенных полимеров при комнатной температуре с последующей обработкой полуфабрикатов 2 *N* соляной кислотой. Таким образом интерполимерные комплексы формировали непосредственно в структуре полотна.

На рис. 1 представлены результаты определения кислородного индекса ($K_{и}$) исходных тканей и тканей, модифицированных интерполимерными комплексами.

Видно, что парусины артикула 11291 и 11234 относятся к классу легкогорючих материалов (кислородный индекс менее 27 %). Обработка тканей интерполимерными комплексами всех составов приводит к увеличению кислородного индекса.

В случае наличия двух огнезащитных модификаторов, заводской пропитки парусины артикула 11234 и ее дополнительной обработки комплексами ПАК–ПВС и ПАК–ПАА, наблюдается синергизм действия модификаторов, что приводит к получению практически негорючих материалов ($K_{и}$ =28 и 31,7 соответственно).

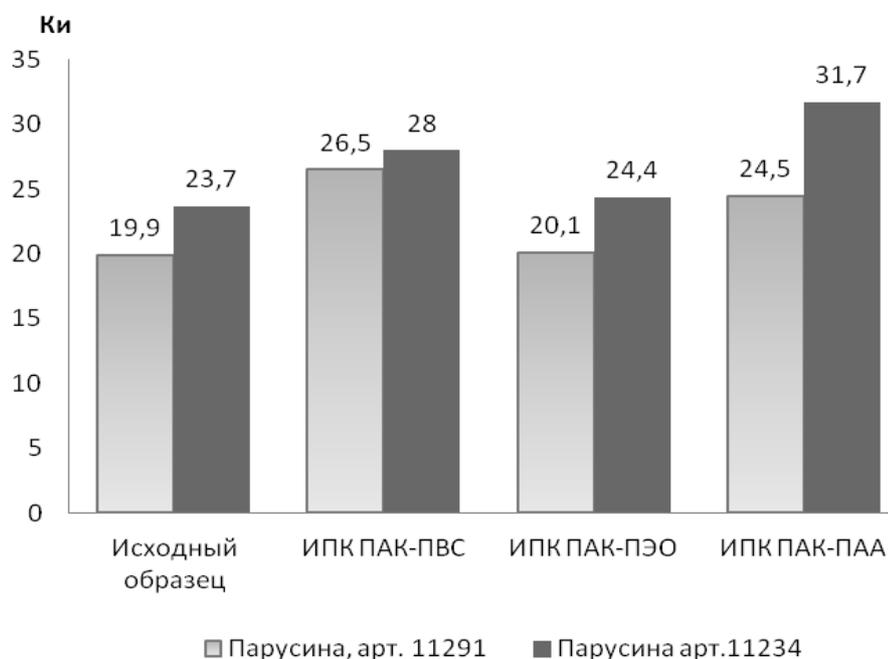


Рис. 1. Кислородный индекс текстильных полотен

Таким образом, можно сделать вывод, что модификация парусины интерполимерными комплексами представляет практический интерес для разработки новых материалов с пониженной пожароопасностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Копылов В.В., Новиков С.Н., Оксентьевич Л.А.* Полимерные материалы с пониженной горючестью. – М.: Химия, 1986.– 224 с.
2. *Антипина А.Д., Барановский В.Ю., Паписов И.М., Кабанов В.А.* Особенности равновесий при образовании комплексов поликислот и полиэтиленгликолей. – М.: Высокомолекул. соед. А. 2001. – Т. 14. – №4. – С. 941-948.
3. *Литманович А.А.* Особенности термических реакций в поликомплексах и композициях на их основе. Интерполимерные комплексы: Тезисы докладов 2-й Всесоюзной конференции. – Рига, 1989. – С. 152-154.
4. *Коваленко Г.М., Бокова Е.С., Бокова К.С.* Изучение теплофизических свойств интерполимерных комплексов на основе полиакриловой кислоты. Теоретические и практические вопросы науки XXI в.: сборник статей Международной научно-практической конференции, 28 февраля 2014 г., в 2 ч. Ч.1 – Уфа: РИЦ БашГУ, 2014. – С. 17-19.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ФЕРМЕНТАТИВНОЙ МОДИФИКАЦИИ ШЕРСТИ НА РЕЗУЛЬТАТЫ КРАШЕНИЯ

Смирнова С.В., Чешкова А.В.

Ивановский государственный химико-технологический университет, Россия

Шерсть является одним из наиболее ценных видов натуральных волокон, перерабатываемых мировой текстильной промышленностью. Наиболее прогрессивным классом красителей для шерсти являются активные красители. Неоспоримо их превосходство перед другими классами красителей по широте цветовой гаммы, яркости и чистоте тонов, устойчивости окрасок к мокрым обработкам, а также по стоимости очистки сточных вод. Кроме того, в последние годы предписания, регламентирующие содержание солей тяжелых металлов в сточных водах, стали более жесткими. Следовательно, экологические требования в области крашения шерсти способствуют уходу от красителей, содержащих хром или требующих добавления хрома в ходе крашения, к красителям без хрома, то есть к классам кислотных и активных красителей.

Актуальные направления совершенствования технологи крашения красителями этого класса – повышение выбираемости их из красильной ванны и повышение степени фиксации на волокне. Большое значение при колорировании шерсти имеет подготовка волокна к процессу крашения,

так как кутикулярный слой шерстяного волокна проявляет гидрофобные свойства, что затрудняет проникновение молекул красителя в кортекс. Одним из путей совершенствования технологии крашения шерстяного волокна является модифицирующая обработка кератина шерсти с целью придания ему способности более эффективно окрашиваться красителями различных классов [1, 2]. В последние годы значительно возрос интерес исследователей к использованию ферментативной обработки для увеличения доступной для молекул красителя поверхности шерстяного волокна. Ферменты являются биокатализаторами, интенсифицирующими различные процессы. Для модифицирующей обработки поверхности шерсти пригодны ферменты, которые катализируют разрушение белков, т.е. обладают протеолитической способностью [3].

Целью настоящей работы явилась оценка эффективности ферментативной модификации шерстяного волокна перед крашением активными красителями марки Дримарен W (эта гамма красителей специально разработана для крашения шерсти). Предварительная обработка проводилась энзимами с преобладающей протеолитической направленностью (протеазами).

В работе спектральным методом исследовано влияние условий проведения процесса крашения на кинетику выбирания шерстяным волокном анализируемых активных красителей из красильных ванн. Выявлено, что обработка шерстяного волокна биопрепаратами перед крашением позволяет в несколько раз повысить скорость и степень выбирания исследованных красителей из красильной ванны. Проведена оценка эффективности модификации на колористические характеристики волокна, окрашенного исследованными активными красителями. Установлено, что интенсивность полученных окрасок предварительно подготовленного волокна значительно превышает значения показателя, полученного для волокна, окрашенного без подготовки. Показана хорошая равномерность полученных, при крашении активными красителями, окрасок и высокие показатели устойчивости окрасок к физико-химическим воздействиям. Кроме того, проведена оценка прочностных характеристик окрашенного полимера.

В результате проведенных исследований была предложена эффективная технология крашения шерстяного волокна активными красителями. Предварительная модификация поверхности шерсти с использованием биопрепаратов позволяет получить высокие колористические характеристики окрасок и, одновременно, значительно уменьшить время крашения и повысить степень полезного использования красителя. Кроме того, ферментативные технологии выгодно отличаются от традиционных технологий отделки текстиля экологичностью, безопасностью и экономической целесообразностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Смирнова С.В. Модификация кератиновых волокон перед крашением активными красителями // Изв. вузов. Химия и химическая технология. 2010. – Т.53. – № 12. – С. 94-98.

2. Смирнова С.В. Плазменная активация шерстяного волокна перед крашением // Химия высоких энергий. 2014. – Т. 48. – № 5.

3. Смирнова С.В. Ферментативная активация шерстяного волокна перед крашением / Смирнова С.В., Чешкова А.В., Карасева Н.С., Соколова Е.А. // Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности: тез.докл. Междунар. научно-технич. конференции. – Иваново, 2013. – С.202-203.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ СОРБЦИИ ПРЯМЫХ КРАСИТЕЛЕЙ НА ХЛОПКОВОМ ВОЛОКНЕ В ПРИСУТСТВИИ ПОЛИВАЛЕНТНЫХ МЕТАЛЛОВ

Гафурова Д.Р., Третьякова А.Е.

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

Катионы металлов в процессах отделки выполняют различную роль. Их наличие в воде на подготовительном этапе нежелательно, поскольку они вызывают радикальное разложение пероксида водорода. В присутствии тяжелых металлов обуславливается жесткость воды, т.к. происходит образование нерастворимых осадков на ткани и частях оборудования.

В то же время металлы обладают высокой комплексообразующей способностью, что дает возможность получать различные комплексы как по строению, так и по прочности. Проведенные ранее эксперименты показали эффективность введения катионов металлов в красильную ванну, поскольку происходит повышение окрашиваемости и упрочнение получаемой окраски за счет образования новых физико-химических связей с волокном и красителем. Такая постановка задачи актуальна, в особенности для прямых красителей, обладающих невысокими характеристиками прочности получаемой окраски.

Поливалентные металлы имеют большой практический интерес, т.к. их можно рассматривать в качестве дополнительных центров сорбции с высокой координирующей способностью, например катионы Al^{+3} , Ce^{+4} , Zr^{+4} и La^{+3} . Следует отметить, что по типу кристаллической решетки Al^{3+} и Ce^{4+} обладают гранецентрированным кубическим строением пространственной решетки, Zr^{4+} и La^{3+} обладают гексагональным строением пространственной решетки.

Закономерности влияния природы металлов на интенсивность окраски хлопчатобумажной ткани определялись в зависимости от радиуса ка-

тионов исследуемых металлов: Al^{3+} - 0,057 нм; Ce^{4+} - 0,101 нм; Zr^{4+} - 0,073 нм; La^{3+} - 0,104 нм. Эксперимент показал, что увеличению окрашиваемости до 20-40% способствуют те металлы, которые обладают гранцентрированным кубическим строением пространственной решетки – Al^{3+} и Ce^{4+} . Кроме того, увеличение молекулярной массы красителя также способствует повышению окрашиваемости хлопчатобумажной ткани.

Выдвинуто предположение, что поливалентные металлы, могут вступать во взаимодействие не только с красителем, но и с волокном, образуя межмолекулярные мостики с гидроксильными группами целлюлозы, то есть происходит частичная модификация полимера, как следствие этого повышается механическая прочность волокна. Анализ влияния природы металла на прочностные характеристики хлопчатобумажной ткани показал, что большей частью упрочнение ткани (на 15-25%) происходит практически во всех случаях применения исследуемых поливалентных металлов. Одновременно с этим обнаружено, что в образовании межмолекулярных связей участвуют и молекулы прямых красителей.

Исследование кинетики процесса крашения прямыми красителями в показало, что повышение окрашиваемости при добавлении катионов Al^{3+} , La^{3+} , Zr^{4+} происходит постепенно или скачкообразно, как, например, в присутствии катионов Ce^{4+} .

Во всех случаях отмечается отсутствие равновесной сорбции, поэтому основной параметр кинетики – коэффициент диффузии рассчитывается согласно законам неравновесной сорбции. Показано, что введение катионов поливалентных металлов в красильную ванну прямых красителей замедляют процесс крашения: прямым зеленым ЖХ в присутствии Zr^{4+} и La^{3+} , прямым алым в присутствии La^{3+} и Al^{3+} , а в остальных случаях наблюдается сопоставимость диффузионных процессов.

Можно предположить, что объемные катионы поливалентных металлов создают стехиометрические «помехи», что обуславливает диффузию красителя.

Для того чтобы рассмотреть предполагаемое комплексообразование прямого красителя с поливалентными металлами проводился спектральный метод исследования водных растворов на приборе Specord UV – VIS. Предполагается, что взаимодействие поливалентных металлов с красителями сопровождается комплексообразованием, которое сопровождается либо изменением цвета (в случае прямого зеленого ЖХ), либо изменением интенсивности поглощения (в случае прямого алого).

Для выявления роли участия целлюлозы в комплексообразовательном процессе в качестве модели целлюлозы использовалась целлофановая пленка, окрашенная прямыми красителями в присутствии катионов поливалентных металлов. Спектральный анализ образцов окрашенной пленки также позволяет подтвердить участие функциональных групп целлюлозы во взаимодействии с катионом металла и молекулой прямого красителя.

На основе спектров поглощения рассчитанные величины сродства красителя к волокну показали изменение термодинамических параметров, т.е. введение катионов поливалентных металлов снижает сродство прямых красителей к целлюлозе. Очевидно, это связано с образованием как новых физико-химических связей, так и достаточно объемных комплексов типа «сэндвича» краситель-металл-целлюлоза, которые замедляют диффузию, изменяя тем самым величину сродства.

Участие поливалентных металлов в процессах крашения прямыми красителями хлопчатобумажной ткани позволяет также повысить прочность окраски на 1-2 балла. Это позволяет подтвердить предполагаемое комплексообразование, обеспечивающее повышение прочности окраски за счет образования дополнительных новых связей различной природы.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ АДСОРБИРОВАННОЙ ДИСПЕРСИИ СТИРОЛ-АКРИЛАТА ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ГЕОКОМПОЗИТА

Ясинская Н.Н., Соколов Л.Е., Мурычева В.В.

Витебский государственный технологический университет, Беларусь

В производственных условиях ОАО «Витебский комбинат шелковых тканей» разработана технология формирования геокомпозитного текстильного материала из полиамидных нитей линейной плотности 187 текс на высокопроизводительной линии фирмы «Dornier» состоящей из следующих конструктивных узлов:

- ткацкой рапирной машины PTS 4/S16 фирмы «Dornier»;
- пропиточной установки фирмы «ONTEC»;
- инфракрасной сушильной камеры фирмы «ONTEC».

Важной стадией при формировании готового полотна является пропитка тканого полотна водной дисперсией стирол-акрилата. При формировании геокомпозитных текстильных материалов способом импрегнирования тканой основы полимерными композициями содержание адсорбированного связующего определяет их качество и технологические режимы формирования.

Известно, что при условии, что все поры тканой основы композиционного материала из вискозных нитей при пропитке полимерной композицией заполнены, то масса связующего m_1 поглощенная порами тканой основы на 1 м^2 , кг:

$$m_1 = \omega \cdot \gamma_0 \cdot v, \quad (1)$$

где ω – относительная объемная пористость тканой основы (общая пористость).

Толщина тканой основы, м:

$$e = h_o + \eta_{oe}, \quad (2)$$

где η_{oe} – коэффициент смятия нитей основы для сечения эллипс по вертикальной оси; h_o – высота волны изгиба нитей основы, м.

Если часть объема пор не будет заполнена связующим или в нем окажутся пузырьки воздуха, то масса связующего, кг:

$$m_1 = k_0 \cdot \omega \cdot \gamma_o \cdot e. \quad (3)$$

Коэффициент пропитывания определяется следующим образом:

$$k_0 = \frac{w_a}{P_R}, \quad (4)$$

где w_a – массовая доля полимерной композиции после пропитывания, %; P_R – общая пористость материала, %.

Общая пористость материала состоит из микроструктуры волокон, макроструктуры всего материала и сквозной пористости между нитями в переплетении

В свою очередь массовая доля полимерной композиции, %:

$$w_a = \frac{P_2 - P_1}{V_1 \cdot \gamma_o} \cdot 100, \quad (5)$$

где P_2 – масса образца после пропитки, кг; P_1 – масса сухого образца, кг; V_1 – объем образца, m^3 .

Общая пористость материала, %:

$$P_R = \frac{V_P}{V_1} \cdot 100, \quad (6)$$

где V_P – объем пор, m^3 :

$$V_P = V_1 - \frac{P_1}{\gamma_o}. \quad (7)$$

В свою очередь относительная объемная пористость тканой основы из полиамидных нитей может быть выражена уравнением:

$$\omega = \frac{\gamma_o \cdot e - m_H}{\gamma_o \cdot e}, \quad (8)$$

Подставляя значение ω в уравнение (3), получим выражение для m_1 , кг:

$$m_1 = \frac{k_0 \cdot \gamma_o \cdot (\gamma_o \cdot e - m_H)}{\gamma_o}. \quad (9)$$

Однако при выходе тканой основы из пропиточной ванны вследствие смачивания на обеих поверхностях будут образовываться тонкие слои полимерной композиции с толщинами h_1 .

Если исходить из уравнения, связывающего динамическую вязкость пропиточного состава η со скоростью движения тканой основы v при выходе ее из пропиточной ванны, то толщина слоя h_1 , м:

$$h_1 = \sqrt{\frac{v \cdot \eta}{\gamma_0 \cdot g}} \quad (10)$$

Тогда количество связующего, наносимое на обе стороны тканой основы на 1 м^2 m_2 , кг:

$$m_2 = 2 \cdot h_1 \cdot \gamma_0 \quad (11)$$

Или с учетом уравнения (10) с некоторым округлением количество связующего, кг:

$$m_2 = 0,64 \cdot \sqrt{\gamma_0 \cdot \eta \cdot v} \quad (12)$$

Таким образом, отношение массового количества связующего к количеству пропитанной тканой основы после сушки в процентах составит:

$$N_{\text{адс}} = \frac{C \cdot [k_0 \cdot \gamma_0 (\gamma_\epsilon \cdot \epsilon - m_H) + 640 \cdot \gamma_\epsilon \sqrt{\gamma_0 \cdot \eta \cdot v}]}{C \cdot [k_0 \cdot \gamma_0 (\gamma_\epsilon \cdot \epsilon - m_H) + 640 \cdot \gamma_\epsilon \sqrt{\gamma_0 \cdot \eta \cdot v}] + \gamma_\epsilon \cdot m_H} \cdot 100, \quad (13)$$

где C – концентрация дисперсии в полимерной композиции, г/л; k_0 – коэффициент пропитывания, учитывающий степень заполнения пор полимерной композицией; γ_0 – плотность полимерной композиции, кг/м³; γ_ϵ – плотность полиамидной нити, кг/м³; ϵ – толщина тканой основы, м; m_H – масса 1 м^2 тканой основы, кг; v – скорость движения тканой основы на точной линии, м/с; η – вязкость, Па·с.

Из анализа математической модели (13) следует, что при прочих равных условиях:

- с увеличением плотности пропитываемой полимерной композиции γ_0 увеличивается относительное содержание полимерной композиции в пропитанном тканом полотне;

- с увеличением скорости v выхода тканого полотна из пропиточной ванны или с увеличением вязкости η пропитываемой дисперсии также увеличивается относительное содержание полимерной композиции (за счет увеличения толщины);

- с увеличением плотности нитей тканой основы относительное количество полимерной композиции в пропитанном тканом полотне незначительно уменьшается.

Полученные расчетные и экспериментальные данные представлены в табл.1.

Таблица 1

Расчетные и экспериментальные данные

Показатель	Обозначение	Расчетные значения		Экспериментальные значения	
		Концентрация 100 г/л	Концентрация 500 г/л	Концентрация 100 г/л	Концентрация 500 г/л
Масса образца, г	P_1	–		4,9	
Масса образца после аппретирования, г	P_2	–		5,5	6,0
Плотность полиамидной нити, г/см ³	γ_B	1,5		–	
Толщина (высота), см	b	0,1		–	
Объем образца, см ³	V_1	12,0		–	
Объем пор, см ³	V_P	8,8		–	
Общая пористость материала, %.	P_R	73,3		–	
Массовая доля полимерной композиции после пропитывания, %	w_a	5,0	9,2	–	
Коэффициент пропитывания	k	0,1	0,1	–	
Относительная объемная пористость	ω	0,7		–	
Масса связующего, поглощенная порами тканой основы на 1 м ² , кг	m_1	0,1	0,1	–	
Толщина слоя, м	h_1	0,0002900	0,0000957	–	
Количество связующего, наносимое на обе стороны тканой основы на 1 м ² , кг	m_2	0,608	0,201	–	
Процентное содержание адсорбированной дисперсии стирол-акрилата, %	$N_{адс.}$	4,23	14,50	4,30	14,60

ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ШЕРСТЯНОГО ВОЛОКНА, МОДИФИЦИРОВАННОГО АЛЮМОСИЛИКАТАМИ*

Владимирицева Е.Л., Шамсуддинова Э.Г., Шарнина Л.В.

Ивановский государственный химико-технологический университет, Россия

На кафедре ХТВМ ИГХТУ разработана технология модификации шерстяного волокна путем обработки его дисперсией нерастворимых алюмосиликатов, в качестве которых используются природные глинистые минералы и синтетические алюмосиликаты. Поверхностный чешуйчатый слой волокна захватывает и фиксирует мельчайшие частицы минералов, а шерсть приобретает такие качества как мягкость, устойчивость к гниению, стойкость к солнечному свету и УФ-облучению.

При этом в процессе модификации одновременно происходят конкурирующие процессы: сорбция шерстью мельчайшей фракции алюмосиликатов и абразивное истирание волокна более крупными частицами. Неконтролируемый процесс истирания может привести к деструкции волокна, которая оценивается различными способами: растворением шерсти в щелочи; окрашиванием шерсти метиленовым голубым (чем насыщенней цвет, тем больше повреждение); измерением прочности на разрыв отдельных волокон на динамометре типа ДШ-3М в соответствии с ГОСТ 20269-93.

Анализируя результаты оценки степени повреждения волокна различными способами, отметили, что они плохо коррелируют между собой, что затрудняет выбор оптимальных параметров обработки, которые обеспечивали бы эффективную сорбцию алюмосиликатов при сведении к минимуму деструкции (рис.1).

В большинстве случаев самая высокая расчетная степень повреждения волокна отмечается при сорбционном методе оценки. Сопоставив полученные данные с привесом волокна после обработки дисперсией, отметили, что наиболее интенсивная синяя окраска наблюдается у образцов, на которых закреплено большее количество минералов.

Известно, что алюмосиликаты обладают хорошими сорбционными свойствами. Следовательно, краситель может фиксироваться не только на поврежденном волокне, но и захватываться алюмосиликатами. Был поставлен модельный эксперимент, в котором метиленовый голубой вводили в дисперсии глин, перемешивали и отстаивали в высоких цилиндрах. Алюмосиликаты с высокой сорбционной активностью оседая, захватывали краситель и растворы обесцвечивались.

* Работа выполнена на базе НИИ термодинамики и кинетики химических процессов, ИГХТУ, г. Иваново

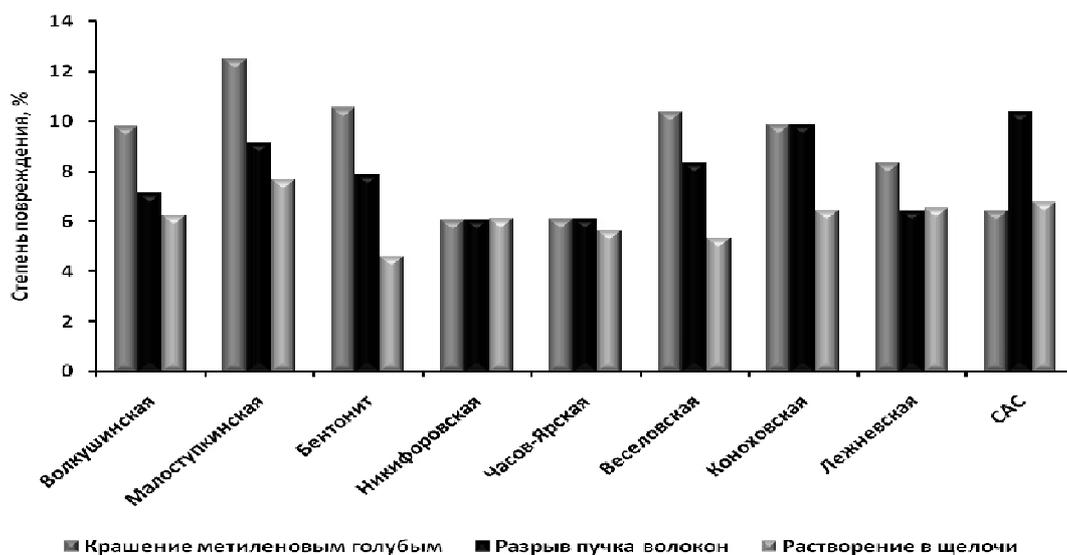


Рис. 1

Таким образом, установлено, что при оценке прочностных характеристик шерстяного волокна, модифицированного алюмосиликатами, сорбционным методом с красителем метиленовым обнаруживается ошибка эксперимента, обусловленная тем, что краситель активно поглощается не только поврежденным волокном, но и захваченными им порошками алюмосиликатов. Чем больше минералов зафиксировано на волокне, тем выше погрешность измерения, поэтому этот метод непригоден для оценки прочности модифицированного волокна.

Присутствие минералов мешает точности определения и в щелочном методе. На сегодняшний момент трудно четко объяснить, почему при анализе по этому методу степень повреждения имеет самые низкие результаты, но можно предположить, что, обладая протекторными свойствами, алюмосиликаты предохраняют шерстяное волокно от действия щелочи. Тем не менее, результаты этой оценки наиболее близки к данным определения разрывных нагрузок, которые являются наиболее точными, но не всегда осуществимы на практике, поскольку трудоемки и требуют специального аппаратного оформления.

АНАЛИТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ДИФФУЗИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ ОТДЕЛОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Кошелева М.К., Булеков А.П., Беднякова А.А.

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

Эффективность ультразвукового воздействия на процессы термо-влажностной обработки текстильных материалов установлена экспериментально [1]. В частности, при промывке тканей от различного рода загряз-

нений, ультразвуковое воздействие на обрабатываемую ткань и промывной раствор приводит к сокращению длительности технологического процесса до 20% и уменьшению остаточной концентрации загрязнения в ткани [2]. Проведенные исследования в этой области в основном носят экспериментальный характер и не позволяют выявить рациональный режим реализации процесса из-за отсутствия его математического описания и соответствующих расчетных соотношений для оценки целевого показателя. Целью данного исследования явилось восполнение этого пробела применительно к процессам, скорость которых лимитируется диффузией распределяемого компонента в обрабатываемом материале. Таковыми являются технологические операции отделочного производства (промывка, сушка).

Для оценки влияния ультразвука на процесс термовлажностной обработки ткани авторы используют гипотезу о возникновении дополнительной конвективной составляющей переноса распределяемого компонента в обрабатываемом материале. Указанная гипотеза успешно используется при изучении влияния физических полей на процессы тепломассопереноса. Правомерность такого подхода подтверждается соответствием результатов ее использования с экспериментальными данными.

В соответствии с принятой гипотезой, скорость конвективной составляющей переноса распределяемого компонента в обрабатываемом материале обусловлена ультразвуковым воздействием на него, может быть оценена соотношением:

$$v_k = K \sqrt{\frac{N}{\ell \cdot \delta \cdot \rho \cdot \lambda \cdot \gamma}} \quad (1)$$

Приведенное соотношение показывает, что эффективность ультразвукового воздействия зависит от его параметров мощности $N(Bm)$, длины волны $\lambda (m)$, частоты колебаний $\gamma (1/сек)$, расстояние источника воздействия от обрабатываемого материала $\ell (m)$, плотности $\rho (кг/м^3)$ и толщины $\delta (m)$ обрабатываемого материала. Коэффициент K характеризует долю энергии источника воздействия, расходуемую непосредственно на формирование акустических течений в обрабатываемом материале.

С учетом принятой гипотезы о механизме ультразвукового действия на процесс диффузии частиц загрязнения в ткани кинетика процесса ее промывки описывается уравнением:

$$\frac{\partial C}{\partial \tau} = -div(C \cdot v_k - D grad C) \quad (2)$$

где C – коэффициент загрязнения в ткани $C (кг/кг)$, D – коэффициент диффузии $(м^2/с)$.

В условиях, реализуемых в современных высокоскоростных промывочных машинах, уравнение (1) в декартовой системе координат принимает вид:

$$\frac{\partial C}{\partial \tau} = -D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + v_k \frac{\partial C}{\partial x}. \quad (3)$$

Уравнение (3) описывает процесс для ткани, определяющим размером которой является ее толщина δ (m).

Для формулировки математической модели исследуемого процесса, уравнение (3) необходимо дополнить соответствующими начальными и граничными условиями, выделяющими этот процесс из всего класса диффузионных процессов. Указанные условия для класса высокоскоростных промывных машин башенного типа имеют вид:

$$C(x,0) = C_0 \quad (4)$$

$$D \frac{\partial C}{\partial x} + v_k C \Big|_{x=0} = \beta(C - C_p) \quad (5)$$

$$-D \frac{\partial C}{\partial x} - v_k C \Big|_{x=\delta} = \beta(C - C_p). \quad (6)$$

Приведенные краевые условия сформулированы в декартовой системе координат, начало которой расположено на левой стороне поверхности ткани, интерпретируемой в виде бесконечно тонкой пластины. Неоднородные граничные условия (5)-(6) приводятся к однородному виду введением новой переменной:

$$\tilde{C}(x,\tau) = (\beta - v_k)C(x,\tau) - \beta C_p. \quad (7)$$

Введение новой функции $\tilde{C}(x,\tau)$ позволяет использовать для решения сформулированной краевой задачи метод Фурье [3], в соответствии с которым решение ищется в виде произведения двух функций:

$$\tilde{C}(x,\tau) = X(x) \cdot T(\tau). \quad (8)$$

Искомые функции $X(x)$ и $T(\tau)$ являются решениями следующих обыкновенных дифференциальных уравнений, удовлетворяющих заданным граничным условиям (5)-(6):

$$\frac{T'}{DT} = -\lambda^2 \quad (9)$$

$$X'' - \frac{v_k}{D} X' + \lambda^2 X = 0. \quad (10)$$

Физический смысл рассматриваемой задачи накладывает ограничения на параметр λ (собственные числа задачи), который должен удовлетворять следующему ограничению:

$$|\lambda| > \frac{v_k}{2D}. \quad (11)$$

Значения собственных чисел λ являются решениями трансцендентного уравнения:

$$\operatorname{tg} \ell \varphi(\lambda) = \frac{2\varphi(\lambda) \left(\frac{v_{\kappa}}{2D} + \frac{\beta}{D} \right)}{\varphi^2(\lambda) - \left(\frac{v_{\kappa}}{2D} + \frac{\beta}{D} \right)^2} \quad (12)$$

где

$$\varphi(\lambda) = \sqrt{\lambda^2 - \left(\frac{v_{\kappa}}{2D} \right)^2} . \quad (13)$$

Уравнение (11) имеет бесчисленное множество корней образующих последовательность чисел $\lambda_n > \frac{v_{\kappa}}{2D}$.

Общее решение сформулированной краевой задачи, в силу ее однородности, является линейной комбинацией частных решений для каждого значения λ_n и может быть представлено в виде ряда, коэффициенты которого определяются по известной методике [3].

Из общего решения сформулированной краевой задачи следует, что скорость процесса промывки в ультразвуковом поле определяется уравнением:

$$\frac{\partial \bar{C}}{\partial \tau} = -\frac{8}{\ell^2} D \left(C_0 - C_p - \frac{K}{\beta} \sqrt{\frac{N}{\ell \cdot \delta \cdot \rho \cdot \lambda \cdot \gamma}} \right) \cdot \sum_{n=1}^{\infty} \exp\left(-\frac{2n-1}{\delta} \pi\right)^2 D \tau . \quad (14)$$

Уравнение (14) определяет скорость изменения средней по толщине ткани концентрации загрязнения $\bar{C}(\tau)$ в ней. Именно этот показатель используется на практике в качестве критерия эффективности процесса промывки.

ВЫВОДЫ

Сформулирована краевая задача для процесса промывки плоских текстильных материалов, учитывающая влияние ультразвукового воздействия на его эффективность. Получено аналитическое решение краевой задачи процесса промывки ткани в виде функционального ряда. Число членов ряда, используемых при расчетах, определяется требуемой точностью результатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гинстлинг А.М., Барам А.Л. Ультразвук в процессах химической технологии. Л.: Госхимиздат. – 1960. – 96 с.
2. Кошелева М.К., Булеков А.П. Интенсификация процессов промывки с наложением ультразвуковых полей. Технология текстильной промышленности, 2012. – №2. – С.113-117.

З.Рудобаишта С.П., Карташов Э.М. Диффузия в химико-технологических процессах. М.: Колос. – 2010. – 478 с.

ПВХ КОМПОЗИЦИИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ КОЖ ПОНИЖЕННОЙ ПОЖАРООПАСНОСТИ

Черноусова Н.В., Рожкова Н.С.

Московский государственный университет дизайна и технологий, Россия

Создание пожаробезопасных материалов является актуальной проблемой, требующей постоянного внимания и неотложного решения. Полимерные материалы невозможно сделать полностью пожаробезопасными, но можно снизить их способность к возгоранию и поддержанию горения. Для этой цели применяются добавки, затрудняющие воспламенение и снижающие скорость распространения пламени – антипирены.

К основным полимерным добавкам для снижения горючести относятся галоген-, фосфор-, азотсодержащие антипирены, а также целый ряд неорганических солей окислов и гидроокисей. Главным их свойством является эффективность ингибирования газофазных процессов горения или твердофазное коксообразование, приводящее к формированию защитного карбонизованного слоя, который является прекрасным термодиффузионным барьером. Во-вторых они должны не только обладать высокой термостойкостью, но и разлагаться на активные продукты в диапазоне температуры термодеструкции соответствующей полимерной матрицы. И, в-третьих, антипирены должны быть экологически-безопасными продуктами, не приводящими к загрязнению окружающей среды при тепловом воздействии и в условиях эксплуатации. Наряду с широко известными антипиренами в последнее время все чаще используются так называемые экологически-безопасные системы, снижающие горючесть полимеров. К ним относятся: полимерные нанокомпозиты на основе слоистых силикатов, прекурсоры керамики, низкоплавкие стекла, интумесцентные (вспучивающиеся) системы и органические коксообразователи [1].

Явление интумесценции или вспучивания заключается в комбинации коксообразования и вспучивания поверхности горящего полимера в интервале температур 280-430°C. Образующийся вспененный ячеистый коксовый слой предохраняет горящий материал от воздействия теплового потока или пламени. Интумесцентные добавки принято считать экологически-безопасными антипиренами из-за практического отсутствия загрязнения окружающей среды высокотоксичными продуктами сгорания.

Однако введение добавок приводит к ухудшению физико-механических, диэлектрических и других эксплуатационных и технологических свойств, повышению стоимости материала. Высокая концентрация добавок исключает возможность их применения в тонких

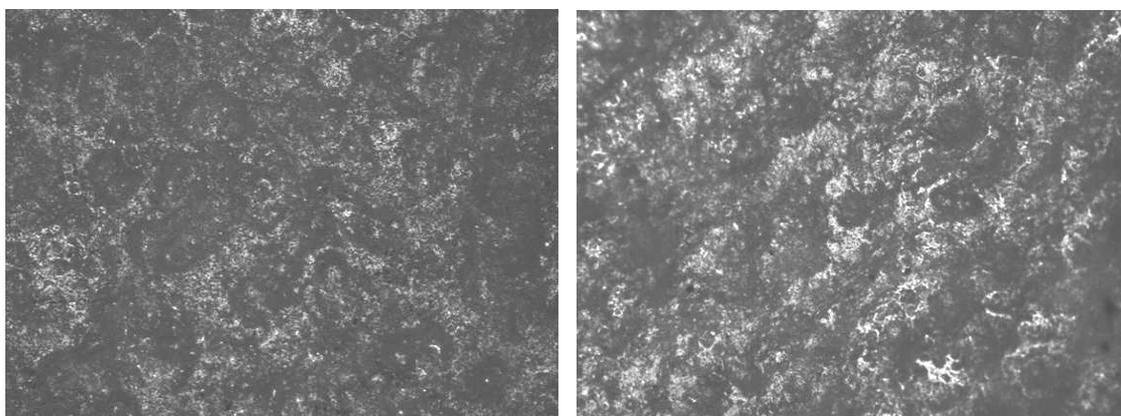
полимерных слоях покрытий искусственных кож (ИК), в том числе поливинилхлоридных покрытий (ПВХ). Поэтому снижение пожарной опасности полимерных материалов является сложной задачей по оптимизации состава и комплекса характеристик создаваемого материала.

Целью данной работы являлось снижение пожароопасности ПВХ – покрытий искусственных кож путем введения интумесцентных добавок, таких как пентаэритрит (ПЭТ), полифосфат аммония (ПФА), меланин (МА), мел в ПВХ – покрытия.

В качестве объектов исследования были выбраны композиции на основе ПВХ–Е и диоктилфталата (ДОФ), синергические системы ПЭТ – ПФА, ПЭТ – ПФА – МА, МА – ПФА – ПЭТ – мел вводили в количестве 10, 20 и 30 м.ч. на 100 м.ч. полимера. Пленки получали желированием при температуре 1650С. Для полученных образцов модифицированных пленок были определены характеристики горючести и показатели термостабильности, а также структурные характеристики методом оптической микроскопии и показатели гигроскопичности.

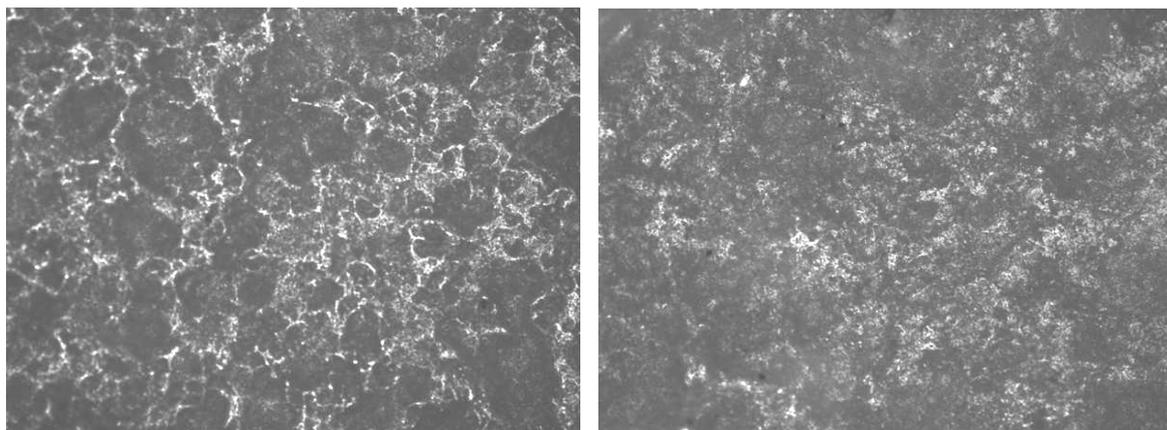
Методом термогравиметрии получены термограммы образцов модифицированных пленок и определены их основные параметры в различных температурных диапазонах. Отмечено, что для систем ПЭТ–ПФА характерны более ярко выраженные эндотермические эффекты, чем для систем, имеющих в своем составе мел и меланин.

Изучение карбонизованного слоя методом оптической микроскопии позволило выявить существенную разницу в структуре образующегося вспененного слоя. На рис.1 представлены микрофотографии карбонизованного слоя образцов, модифицированных ПВХ пленок, полученного при введении различных интумесцентных систем. Следует отметить, что в случае использования в качестве наполнителя мела наблюдается образование более структурированного коксового слоя с выраженными крупными ячейстыми образованиями (рис.1, в, г).



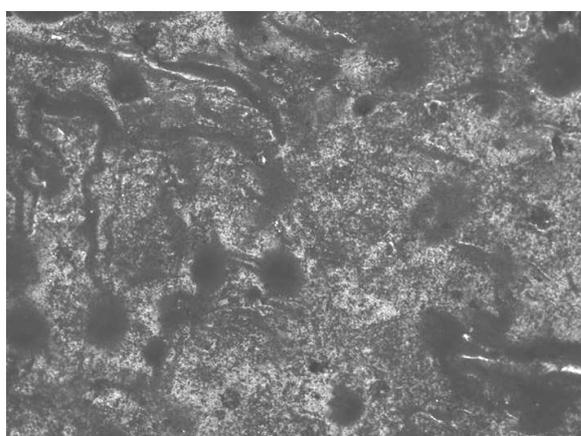
а)

б)



в)

г)



д)

Рис. 1. Микрофотографии карбонизованного слоя на поверхности пленок, образованного интумесцентными системами состава: а) ПЭТ – ПФА; б) ПЭТ – ПФА – МА; в) ПЭТ – ПФА – мел; г) ПЭТ – ПФА – МА – мел; д) ПВХ – пленка без интумесцентных добавок

Действие наполнителя в процессе формирования пенококса может заключаться в нуклеационном, т.е. зародышеобразующем и эндотермическом эффектах [2].

Таким образом, в результате проведенных исследований в работе показано, что различные интумесцентные системы по-разному влияют на показатели горючести и термостабильность модифицированных ПВХ пленок. В работе даны рекомендации по использованию конкретных интумесцентных систем и их количественного соотношения. Системы ПФА – ПЭТ, ПФА – МА – ПЭТ и ПФА – ПЭ – мел целесообразно использовать в композиции в количестве до 30 мас.ч. на 100 мас.ч. полимера. Систему ПФА – ПЭТ – МА – мел в количестве 10 мас.ч. на 100 мас.ч. полимера, поскольку при дальнейшем увеличении количества наполнителя резко снижаются эксплуатационные характеристики образцов при использовании данной системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ломакин С.М., Заиков Г.Е., Микитаев А.К. Замедлители горения для полимеров. Энциклопедия инженера – химика. 2012. – № 9. – С.22-34.
2. Ненахов С.А., Пименова В.П. Физико-химия вспенивающихся огнезащитных покрытий на основе полифосфата аммония. Пожаровзрывобезопасность, 2010. – том 19. – №8. – С.11-59.

АНТИМИКРОБНАЯ АКТИВНОСТЬ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ОКРАШЕННЫХ МЕТАЛЛОСОДЕРЖАЩИМИ КРАСИТЕЛЯМИ

Хазанов Г.И., Курин В.И., Апарушкина М.А.

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

В процессе эксплуатации текстильные материалы разрушаются под действием микроорганизмов. Поэтому, изделия из натуральных волокон подвергаются антимикробной отделке, обеспечивающей им необходимые биозащитные свойства.

Представленная работа является продолжением исследований, направленных на изучение особенностей строения препаратов и красителей для придания шерстяным текстильным материалам биозащитных свойств [1,2].

Нами изучалась возможность применения для защиты шерстяных текстильных материалов от биоразрушения металлосодержащих красителей, выпускаемых отечественной промышленностью. При проведении исследований учитывалось, что:

1. Многие красители являются производными известных биоцидов – фенола, салициловой и бензойной кислот, 8-оксихинолина;
2. В молекулах металлосодержащих красителей содержится хром, проявляющий высокую антимикробную активность [3];
3. Красители содержат в своем составе гидрофобные ароматические радикалы, способные ингибировать активность протеолитических ферментов микроорганизмов [4].

Эксперимент проводился на образцах чистошерстяной ткани. Антимикробная активность текстильного материала оценивалась по величине его грибостойкости согласно ГОСТ 9.802-84.

Крашение шерстяной ткани металлосодержащими красителями осуществлялось по стандартным методикам. Во всех случаях испытывались образцы с 3% - ой выкраской.

Антимикробная активность образцов шерстяной ткани, окрашенной металлосодержащими красителями, приведена в табл.1.

Результаты эксперимента, представленные в таблице, показывают, что чистошерстяная ткань, окрашенная металлосодержащими красителями грибостойкости не проявляет. На грибостойкость образцов не влияет ни состав комплексов красителей с хромом, ни особенности строения азокрасителей.

Отсутствие биозащитных свойств у окрашенного материала обусловлено образованием прочных комплексов красителей с хромом.

Полученные результаты в некоторой степени противоречат литературным данным [4], согласно которым, многие протеолитические ферменты ингибируются в гомогенных условиях химическими соединениями, являющимися производными бензола и нафталина.

Таблица 1

Биостойкость ткани, обработанной металлосодержащими красителями

№	Наименование красителя	Металл	Грибостойкость, балл	
			после крашения	после пропитки
1.	Кислотный синий 3М	хромовый комплекс 1:1	4	0
2.	Кислотный зеленый ЖМ	хромовый комплекс 1:1	4	0
3.	Кислотный синий 23М	хромовый комплекс 1:1	4	0
4.	Кислотный синий М для кожи	хромовый комплекс 1:1	3	0
5.	Хромолановый фиолетовый 3Р	хромовый комплекс 1:1	4	0
6.	Кислотный черный М	хромовый комплекс 2:3	4	0
7.	Кислотный оранжевый светопрозрачный Н4КМ	хромовый комплекс 1:2	3	0
8.	Кислотный темно-синий НКМ	хромовый комплекс 1:2	4	0
9.	Кислотный синий Н2КМ	хромовый комплекс 1:2	4	0

Поэтому образцы чистошерстяной ткани пропитывались 1%-ными растворами красителей 1 – 9, отжимались до 10%-ной влажности и сушились. Полученные образцы использовались для определения биозащитных свойств. Как следует из таблицы, в результате пропитки текстильный приобретает грибостойкость 0 баллов, т.е. микроорганизмы на ткани не развивались. Следовательно, отсутствие биостойкости у окрашенных образцов связана с пространственной ориентацией гидрофобных радикалов, входящих в состав молекул красителей, которые в случае крашения не способны образовывать стабильные комплексы протеолитический фер-

мент-гидрофобный радикал, вследствие их пространственной ориентации на волокне.

Таким образом, для защиты шерстяных текстильных материалов от биоразрушения могут быть использованы металлосодержащие красители, в случае их нанесения на ткань путем пропитки. При нанесении на образцы шерстяной ткани металлосодержащих красителей методом крашения, грибостойкости у окрашенных образцов не наблюдалось, вследствие пространственной ориентации молекулы химического соединения на волокне и образования стабильных хелатных циклов с ионами хрома.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Хазанов Г.И.* Исследование антимикробной активности текстильных материалов, окрашенных антрахиноновыми красителями//Текстильная промышленность, 2004. – №5. – С. 76-78.

2. *Хазанов Г.И., Курин В.И., Османов З.Н.* Защита текстильных материалов от биоразрушения под действием микроорганизмов: деп. в ВИНИТИ 19.12.13 №375-В2013.

3. *Козинда З.Ю., Горбачева И.Н.* и др. Методы получения текстильных материалов со специальными свойствами. – М.: Легпромбытиздат, 1988. – 112 с.

4. *Антонов В.К.* Химия протеолиза. – М.: Наука, 1991. – 504 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПЕКТИНА ЛОПУХА С ЦЕЛЬЮ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИ СОЗДАНИИ ЛЕЧЕБНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Лепилова О.В., Чистякова Г.В.

Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН, г. Иваново, Россия

Совершенствование составов, наносимых на медицинские перевязочные материалы, всегда является актуальным вопросом, что обусловлено поиском более эффективных и безвредных компонентов лекарственных композиций. В частности, в качестве одного из загущающих компонентов может быть предложен пектин, перспективность использования которого обусловлена его высокой экологичностью, как природного полисахарида, а также проявлением комплекса ценных свойств. Пектиновые вещества, наряду с проявлением высокой желирующей способности, обладают физиологической активностью, в частности кровоостанавливающим, противовоспалительным, антиаллергическим и антимикробным действием. Данная группа полисахаридов присутствует практически во всех растениях, что позволяет говорить о существовании обширной группы растительных источников для выделения пектина. Однако в настоящее время на террито-

рии Российской Федерации в качестве коммерческого продукта используется только импортируемый цитрусовый и яблочный пектин, имеющий высокую рыночную стоимость. Отечественное производство пектина до сих пор не налажено из-за отсутствия стабильной сырьевой базы и малой изученности пектина, присутствующего в разных растительных источниках. Поэтому актуальными являются поиск доступного дешевого нетрадиционного сырья для получения пектина и оценка его физико-химических свойств для рекомендации к использованию в медицинских целях.

В качестве источников пектинов могут быть использованы широко применяемые в фитотерапии лекарственные травы, например, лопух большой *Arctium lappa L.*, комплекс разнообразных биологически активных веществ которого включает и значительные количества пектина.

Для исследования использовалась надземная масса зелени лопуха. Сбор осуществлялся на территории Ивановской области в период цветения в 2012 году. Биомасса высушивалась при комнатной температуре и измельчалась до размера частиц твердой фазы 0,3–0,5 мм. Количество пектина в лопухе оценивалось кальций-пектатным методом. Выделение пектина из сырья для использования в дальнейших этапах исследования проводилось в среде 1 %-ного цитрата аммония при 80°C в течение 2 ч с последующим его осаждением этанолом и сушкой при комнатной температуре.

Оценка физико-химических показателей полисахарида проводилась по комплексу характеристик: содержание галактуронатных звеньев с незамещенной формой карбоксильных групп (ГК-Н), а также в метоксилированной (ГК-СН₃) и кальций-пектатной (ГК-Са) формах; степень этерификации (СЭ), кинематическая вязкость ($\eta_{кин}$), молекулярная масса (М), комплексообразующая способность (КС). В качестве образца сравнения использовался цитрусовый пектин, выделенный аналогичным образом из апельсиновой цедры, являющейся традиционным видом сырья для получения пектина.

На рис. 1 представлены результаты оценки содержания пектина (C_n) в исследуемом растительном сырье. Нетрудно видеть, что биомасса лопуха содержит 18,51 масс. % полиуронидов. Данный показатель в 2 раза превышает значение массовой доли для цитрусового пектина (ПЦ), что свидетельствует о возможности использования лопуха в качестве сырья для получения ценного продукта.

Применение пектина лопуха (ПЛ) в качестве загущающего компонента в составе лекарственных композиций, наносимых на медицинские перевязочные материалы, возможно при проявлении высокой желирующей способности. В работе данное свойство оценено по показателю кинематической вязкости гидрогелей пектинов разной концентрации. В ходе проведенных исследований установлено, что в водных растворах цитрусового и лопухового пектинов при переходе от низкой концентрации (0,2%) к более высокой (1 %) их вязкость возрастает в 3,36 и 3,73 раза соответственно. При этом лучшими реологическими свойствами обладает пектин лопуха.

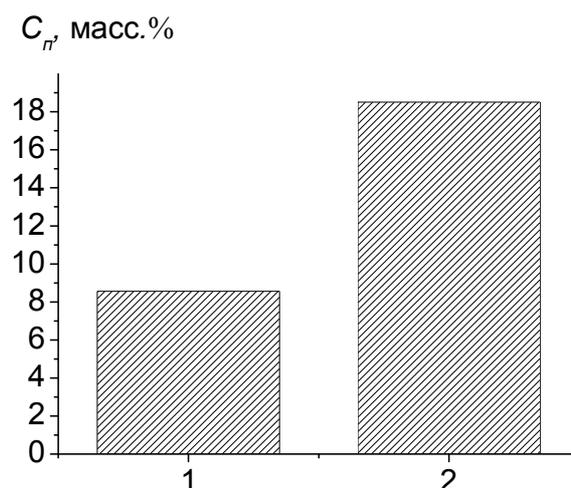


Рис. 1. Содержание пектина в цедре апельсина (1) и лопухе (2)

Представленные в табл. 1 результаты свидетельствуют, что величина кинематической вязкости 1%-ных гидрогелей ПЛ в 1,32 раза выше по сравнению с соответствующим показателем ПЦ. По-видимому, это связано с высоким содержанием в структуре ПЛ мновалентных катионов, в частности, ионов кальция, которые обеспечивают сшивку макромолекул так называемыми «кальциевыми мостиками». Выявлено, что для ПЛ содержание звеньев в кальций-пектатной форме в 1,58 раза выше по сравнению с аналогичным показателем для ПЦ. Высокие реологические свойства гидрогелей ПЛ обусловлены также большей относительной молекулярной массой полиуронидов. Величина M , рассчитанная по уравнению Марка-Хувинка-Куна, для лопухового пектина в 1,2 раза выше по сравнению с численным значением, полученным для цитрусового пектина.

Таблица 1

Физико-химические характеристики цитрусового и лопухового пектинов

Сырье	Содержание звеньев в пектине, %			СЭ, %	$\eta_{кин}$, мм ² /с	M
	ГК-Н	ГК-CH ₃	ГК-Са			
цедра апельсина	35,72	46,32	17,95	56,45	6,05	17000
лопух	38,36	33,27	28,37	46,45	7,28	20300

Одним из основных показателей пектина является степень этерификации. Установлено, что в отличие от высокометоксилированного цитрусового пектина, полисахарид, полученный из биомассы лопуха имеет СЭ более 50% и относится к низкоэтерифицированным. Большая доля звеньев в форме ГК-Н обуславливает лучшие ионообменные свойства, что подтверждено результатами оценки комплексообразующей способности отдельных структурных компонентов пектина по отношению к ионам меди ($C_{Cu^{2+} исх.} = 0,117$ г/100 мл) при pH 3,8. Результаты приведены в табл. 2.

Таблица 2

Влияние изменения состояния карбоксильных групп полиуронидов на комплексообразующую способность препаратов при рН 3,8

Образец	КС, мг/г пектина			
	исходный пектин ГК–Са GK–CH ₃ GK–H	пектинат кальция ГК–Са GK–CH ₃	пектовая кислота ГК–H	пектат кальция ГК–Са
25 °С				
ПЦ	261	-	251	-
ПЛ	281	-	270	-
35 °С				
ПЦ	362	161	804	-
ПЛ	389	155	863	-
45 °С				
ПЦ	402	207	905	60
ПЛ	432	170	971	98

Как видно из представленных данных, комплексообразующая способность полисахарида изменяется в зависимости от состояния мономерных звеньев в главной цепочке макромолекулы пектина. Основной вклад в величину показателя КС полисахарида вносит пектовая кислота, что характерно как для ПЦ, так и для ПЛ. Выявлено, что при комнатной температуре пектинат и пектат кальция не проявляют металлосвязывающей способности. Повышение температуры способствует дополнительному увеличению показателя КС, что может быть объяснено частичным гидролизом замещенных форм карбоксильных группировок. Вместе с тем для анализируемых препаратов зафиксировано снижение вязкости гидрогелей в 1,6 раза, что свидетельствует о частичной деструкции α -1,4-глюкозидных связей и образовании дополнительных концевых альдегидных групп.

Таким образом, выделенный из лопуха пектин по своим физико-химическим свойствам превосходит аналог из пищевого сырья и может быть рекомендован для применения в медицинских целях, в частности, в качестве загущающего компонента в составе лекарственных композиций, наносимых на перевязочные материалы.

ПРИМЕНЕНИЕ АМИНОКИСЛОТ В КАЧЕСТВЕ ИНТЕНСИФИКАТОРА ПРИ КРАШЕНИИ ШЕРСТЯНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Пыркова М.В., Корнев Б.Б.

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

Шерстяные материалы обладают уникальными потребительскими свойствами. Однако объём потребления шерстяных тканей составляет около 4% от объёма производства всех тканей, что связано с климатическими

особенностями местности и ограничением пастбищ. Для повышения объема производства и сохранения уникальных свойств шерстяного волокна выпускают полушерстяные ткани. Шерстяные волокна выпускают в смеси с полиамидным, полиэфирным, полиакрилонитрильным, вискозным, и хлопковым волокном. Наибольший интерес представляет смесь шерсти с вискозой. Поэтому в работе использовали наряду с шерстяной тканью и полушерстяную ткань. Первоначально распознавали волокна в смесовой ткани и их количественное определение.

Результаты определения показали, что смесовая ткань представляет собой смесь двух волокон. Содержание шерстяного волокна составляет 75%, вискозного 25%.

Колорирование смесовой ткани представляет большой интерес. Позволяет закрашивать оба волокна равномерно и однотонно. Выполнение данных требований проще всего при использовании красителей различных групп, которые не влияют друг на друга и не закрашивают вторую составляющую. Для сокращения длительности технологического процесса целесообразно использовать один класс красителей, который фиксируется на обоих. Активные красители способны фиксировать как на гидрат целлюлозных, как и на белковых волокнах с образованием ковалентной связи, обеспечивающих высокую устойчивость окрасок к физико-химическим воздействиям. В настоящее время активные красители постоянно совершенствуются и развиваются. Для получения ровных, насыщенных окрасок, соответствующих требованию моды, устойчивых к мокрым обработкам большую роль играет качество подготовки ткани к крашению.

Текстильные материалы представляют собой типичный пример капиллярно-пористых тел, характеризующихся способностью смачиваться водой и водными растворами. Смачивание текстильного материала является важной стадией любого процесса связанного с пропиткой технологическими растворами и диффузией красителя в волокно. Поэтому была определена капиллярность. Капиллярность ткани оценивали по высоте подъема жидкости в течение 30 минут. Определение капиллярности проводили согласно, общепринятой методики. Максимальную капиллярность имеет вискозная ткань, у которой данный показатель составляет 54 мм за 30 минут. Наименьшую – шерстяная, у которой, за 30 минут окрашенная жидкость поднимается только на 29 мм, что связано с наличием у шерстяного волокна гидрофобного чешуйчатого слоя. Таким образом, для повышения диффузии красителя в волокно необходимо разрушить поверхностный слой шерстяного волокна.

Целью работы является разработка рациональной технологии колорирования шерстяной и полушерстяной ткани по периодическому способу активными красителями с использованием аминокислот, обеспечивающих лучшую сорбцию красителей, что позволит уменьшить температуру кра-

шения и получить яркие, чистые окраски с высокими прочностными показателями.

Важной проблемой при крашении шерстяных материалов активными красителями является получение ровных и ярких окрасок. В традиционной технологии это достигается за счёт введения электролита в качестве конкурента, который диссоциирует на ионы конкурирующие с красителем за место на волокне за счёт образования ионной связи между отрицательно заряженной группой и положительно заряженной аминогруппой волокна. Введение аминокислоты создаёт дополнительный эффект конкуренции, но только в одностороннем порядке, так как в кислой среде она заряжается положительно и взаимодействует с красителем, там самым ещё больше замедляя процесс сорбции.

Шерстяные волокна в виду особенности гистологического строения, наличие гидрофобной кутикулы, препятствующей проникновению больших молекул активных красителей вглубь волокна, а так же присутствие воскообразных веществ требует высокотемпературных способов обработки, т.е. процесс крашения целесообразно проводить при 100°C, однако, длительная обработка при этой температуре вызывает деструкцию волокна и его пожелтение, например кипячение в течении двух часов уменьшает прочностные показатели на 3%, поэтому целесообразно снизить температуру крашения без ухудшения колористических и прочностных показателей. Одним из способов интенсификации процесса является воздействие на поверхностный слой различных химических веществ, что подчас экологически не безопасно, либо физических методов, что требует дополнительных энергетических затрат. Использование биологически безвредного компонента – аминокислоты, для модификации поверхностного слоя кератина экологически целесообразно, поскольку она, вероятно, повышает время сорбции красителя, тем самым повышает ровноту окраски. Возможно, аминокислоты как ферменты частично разрушают поверхностный слой волокна, тем самым облегчая диффузию красителя вглубь волокна. Таким образом, аминокислоты приводят к изменению поверхностных свойств волокна, смачиваемости.

Первоначально исследовали крашение текстильных материалов активными красителями при различной концентрации аминокислоты, от 0.01 до 0.1 грамма/литр. Качество выкрасок оценивали визуально и путём количественного определения фиксированного на волокне красителя, результаты представлены в табл.1.

Исследование показало, что наибольший эффект увеличения окрашиваемости наблюдается у образцов, окрашенных в присутствии аминокислоты с концентрацией равной 0.01 г/л, возможно это объясняется тем, что при такой концентрации аминокислота проявляет себя как фермент с большей стороны, чем конкурент.

Таблица 1

Количество фиксированного красителя при крашении (60°C) красителем Reactive blue 19 с использованием аминокислоты - цистин

Показатели	Сырьевой состав ткани	Концентрация аминокислоты, г/л					
		0	0.01	0.02	0.04	0.07	1
D	Шерсть	0.12	0.8	0.4	0.36	0.27	0.21
масса, г		0.1170	0.1100				
S _{красителя} , мг/100мл		0.18	1.37	0.65	0.57	0.4	0.3
Сорбция, мг _{крас} /г _{волокна}		1.5	12.5	5.9	5.1	3.6	2.7
Фиксация, %		9	65	30	26	19	15
D	Шерсть с вискозой	0.053	0.22	0.12	0.10	0.09	0.08
масса, г		0.0500					
S _{красителя} , мг/100мл		0.01	0.32	0.16	0.15	0.13	0.12
Сорбция, мг _{крас} /г _{волокна}		0.2	6.4	3.2	3	2.6	2.4
Фиксация, %		10	32	16	15	13	12

В дальнейшем исследовано влияние различных факторов на сорбцию Reactive blue 19 в присутствии аминокислоты, таких как концентрация и природа нейтрального электролита, температура крашения. Исследование показало, что оптимальная концентрация аминокислоты – 0.01 г/л. Крашение целесообразно проводить в присутствии сульфата натрия 10 г/л при температуре 50°C.

Поскольку целью работы являлась не только разработка рационального способа крашения активным красителем, но и достижение окрасок с высокими показателями устойчивости к физико-химическим воздействиям, образцы ткани подвергались испытанию на устойчивость окрасок к сухому и мокрому трению и стирке в растворе мыла при температуре 40°C, результаты представлены в табл.2.

Таблица 2

Показатели устойчивости окрасок к физико-химическим воздействиям

Сырьевой состав	Аминокислота	Показатели устойчивости в баллах		
		К сухому трению	К мокрому трению	К стирке
Шерсть	-	5/5	5/4	3/5/4
	+	5/5	5/5	4/5/4
Смесовая	-	5/4	5/3	4/3/3
	+	5/4	5/4	4/3/4
Вискозное	-	4/5	5/3	4/3/4
	+	5/5	5/4	4/3/4

Из таблицы видно, что образцы, окрашенные по традиционному режиму, имеют меньшие показатели устойчивости, чем образцы, окрашенные по новому режиму с использованием аминокислоты.

Вышеприведённые исследования свидетельствуют о повышении эффективности крашении текстильных материалов с использованием амино-

кислоты цистин. При этом можно снизить температуру крашения до 50°C без изменения колористических характеристик. Это позволит в отдельных случаях сохранить и повысить устойчивость окрасок к физико-химическим и физико-механическим воздействиям, что позволит улучшить качество выпускаемой продукции.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ТРИКОТАЖА С БАКТЕРИЦИДНЫМИ СВОЙСТВАМИ

Козлова О.В., Асхабова З.А., Одинцова Л.С.

Ивановский государственный химико-технологический университет, Россия

Кожа человека выполняет ряд важных функций - защищает организм от внешних воздействий и проникновения вредных веществ и патогенных микроорганизмов, осуществляет транспортные функции при выделении пота и жировых веществ. Разрушение кожного покрова помимо крайне болезненных ощущений, оголяя подкожные участки, делает человека беззащитным перед проникновением инфекций, открывает возможности для бесконтрольного испарения воды.

В настоящее время важнейший путь в профилактике кожных заболеваний – использование одежды и материалов, несущих не только функции защиты от атмосферных воздействий, но и целенаправленно предотвращающих возникновение и развитие бактерий в пододежном пространстве.

Целью данной работы явилась разработка текстильных материалов, находящихся применение при производстве товаров здорового образа жизни (бактерицидные салфетки, носки, белье и др.)

В ИГХТУ на кафедре ХТВМ одним из направлений научных исследований является создание текстильных материалов медицинского назначения на основе биологически активных веществ, наносеребра, а также материалов для изготовления больничного, железнодорожного и армейского белья при использовании полимерных композитов природного происхождения.

Применение лекарственных средств на основе веществ природного происхождения в настоящее время становится все актуальнее и перспективнее. В связи с этим во всем мире расширяются поиски новых природных источников сырья, проводится анализ путей их использования.

Проведен цикл работ, позволивший отобрать эффективные биологически активные вещества, природные полимерные носители, минеральные функциональные добавки и определить оптимальные условия их применения, позволяющие эффективно реализовать процессы нанесения, закрепления на текстильный объект лечебных препаратов и обеспечить их свободное извлечение из текстильного субстрата в водные и/или спиртовые растворы, а также на раневой объект или кожу.

При создании медицинских аппликатов использован препарат «Томед-аква» и в качестве связующего носителя – альгинат натрия. Перспективность работы предопределена тем, что у базового объекта исследования – препарата на основе гумусовых кислот торфа – выявлены выраженные лечебные эффекты при использовании его в качестве стимулятора регенерации кожных покровов.

Совместно с учеными ИГМА показано, что эти вещества не только не мешают проявлению индивидуального действия каждого компонента, а, напротив, взаимно усиливают положительное действие друг друга.

Достижением разрабатываемых технологий является возможность целенаправленного варьирования свойств медицинских изделий (сорбционные свойства, пролонгация действия и др.) путем выверенного подбора текстильной подложки, полимерного загустителя и функциональных добавок.

Показано, что наилучшими свойствами обладают трикотажные аппликаты (рис.1) на основе «Томед-аква», альгината натрия, включающие минеральный наполнитель – каолин. По кривым десорбции гумата из подложки в раствор (рис.2) отмечен наиболее длительный и максимальный сход бактерицидного препарата при использовании каолина в сравнении с другими добавками.

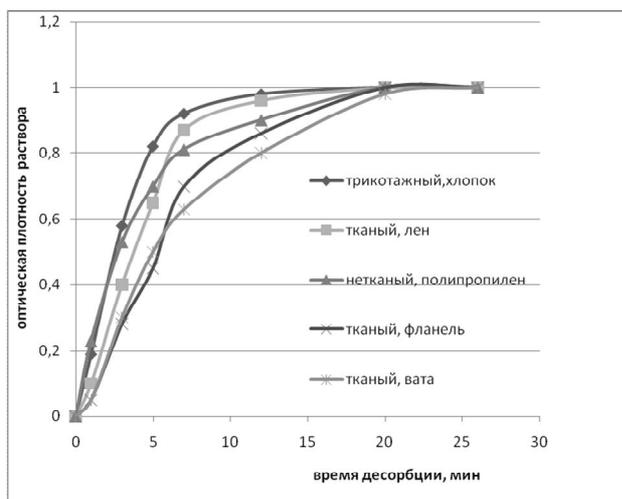


Рис. 1

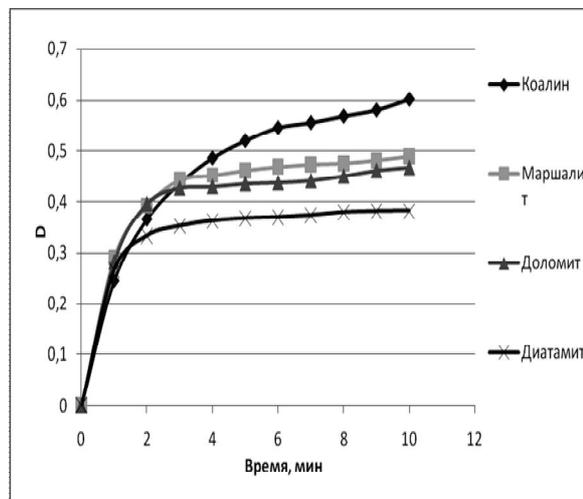


Рис. 2

Одновременно с созданием лечебных и косметических аппликатов сотрудниками лечебно-профилактических заведений и лабораторией медицинской академии ИГМА проводятся клинические испытания. Оценена антимикробная и антибактериальная активность полученных в работе бактерицидных трикотажных материалов к следующим микроорганизмам: грамм-положительным (*Staphylococcus aureus*), грамм-отрицательным (кишечной палочки *Escherichia coli*) и грибов рода *Condida* (см. рис.3).

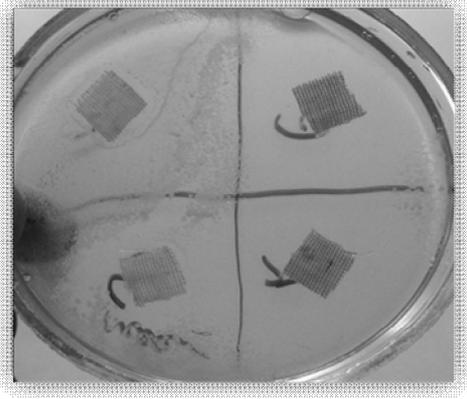


Рис. 3

Исследовано поведение культур микроорганизмов на предмет выявления динамики их развития на модифицированных (образцы верхние, правые и нижние) текстильных материалах и на необработанном образце (левый верхний образец). Результаты свидетельствуют о чрезвычайно высокой антибактериальной активности полученных образцов.

Полученные трикотажные материалы обладают высокой комфортностью, привлекательной колористикой в бежево-коричневых тонах и высокими бактерицидными свойствами, что позволяет использовать их при производстве функционального трикотажа.

Актуальность научного исследования связана с тем, что его результаты ориентированы на решение проблем в сфере рационального природопользования, экологии, а также на создание бактерицидных материалов, применение которых не будет сопровождаться негативными побочными действиями на организм человека.

АКТИВНЫЕ ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ КРАСИТЕЛИ В КОЛОРИРОВАНИИ ХЛОПЧАТОБУМАЖНЫХ ТКАНЕЙ

Меньшова И.И., Крысанова В.А., Руссков В.А.

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

В настоящее время в мире производится около 15 типов активных красителей, различающихся строением активных групп. Строение полифункционального красителя более компактное, чем у красителей с двумя активными группами, расположенными в разных местах молекулы, оно позволяет объединить преимущества обеих активных групп, а использование триазинового звена обуславливает, с точки зрения химии, более широкий выбор хромофоров, устойчивых к физико-химическим воздействиям [1]. В работе исследования проводились со следующими полифункциональными красителями: Активный Красный 120 С.І., Активный Синий 171 С.І. Активный Желтый 186 С.І. Определение цветовых характеристик ок-

рашенной хлопчатобумажной ткани проводили на спектрофотометре с программным обеспечением.

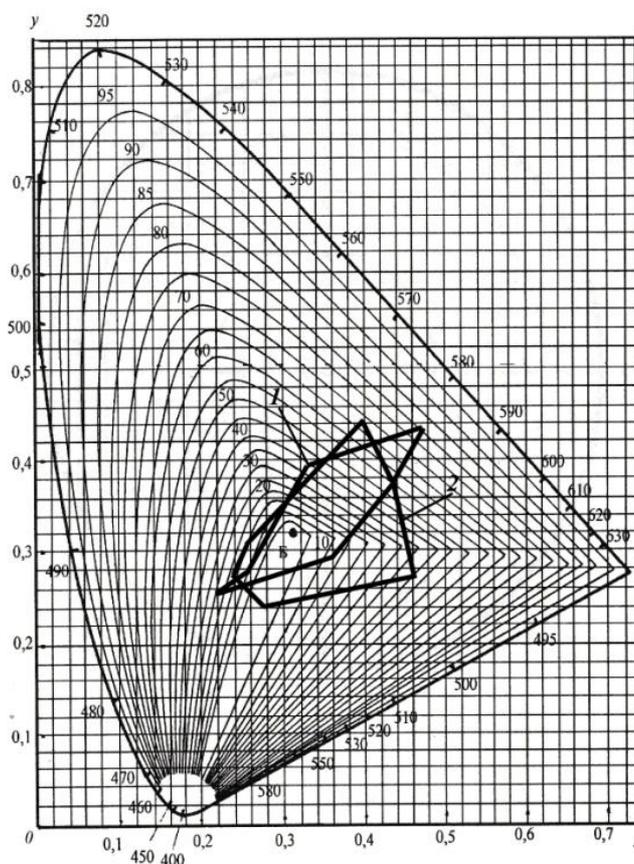
Таблица 1

Цветовые характеристики образцов, окрашенных полифункциональными красителями

Красители	Концентрация красителя в % от массы волокна	Цветовые характеристики		
		Светлота	Насыщенность	Цветовой тон
Активный Желтый 186	3	82,422	67,607	94,259
Активный Красный 120	3	40,664	59,515	12,149
Активный Синий 171	3	25,874	17,776	261,74

Оценку совместимости красителей проводили по методу определения аддитивности светопоглощения. Исследования показали совместимость исследуемых полифункциональных активных красителей. Таким образом, из исследуемых красителей может быть составлена триада.

На цветовом графике отображен цветовой охват исследуемой триады полифункциональных активных красителей (рис. 1).



**Рис. 1. Цветовой охват исследуемых активных красителей:
1 - цветовой охват триады монофункциональных активных красителей;
2 - цветовой охват триады полифункциональных активных красителей**

На цветовых графиках видно, что цветовой охват полифункциональных красителей больше, со смещением в красно-синюю область. Это обусловлено тем, что красители Активный Красный 120 С.І. и Активный Синий 171 СІ. имеют одинаковую маркировку и рекомендации по выбору технологического режима. Цветовой охват монофункциональных красителей меньше.

Демонстрация колористических эффектов, окрашенных полифункциональными красителями, проведена методом построения цветового круга.

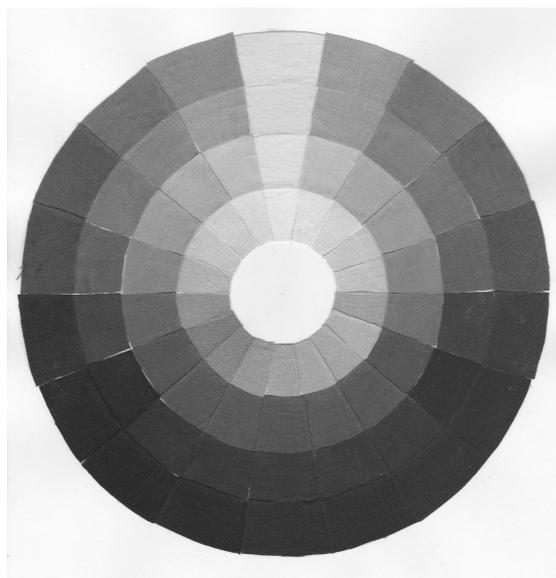


Рис. 2. Цветовой круг из выкрасок, выполненных полифункциональными активными красителями по хлопчатобумажной ткани по предлагаемой технологии

Таким образом, описаны колористические свойства полифункциональных активных красителей и показана возможность создания триады, определен цветовой охват исследуемой триады полифункциональных активных красителей в сравнении с триадой монофункциональных активных красителей. Показано, что цветовые возможности активных полифункциональных красителей выше, чем у монофункциональных активных красителей.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Uygun Ayse, Hail Michael.* Идентификация продуктов гидролиза бифункционального активного красителя // *Melliand Textilberichte.* – 1996. – № 3. – С.148 - 152.

ИЗУЧЕНИЕ МОДИФИЦИРУЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ УЛЬТРАЗВУКА НА ГИГРОСКОПИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛИМЕРОВ

Шибашова С.Ю.

Ивановский государственный химико-технологический университет, Россия

В области подготовки текстильных материалов создание прогрессивных, высокоэффективных и экологических технологий является актуальной задачей. В настоящее время одним из возможных путей решения данного вопроса представляют работы, направленные на создание современных технологий с использованием физических методов интенсификации процессов подготовки текстильных материалов. Огромный интерес в этой области вызывает использование ультразвуковых колебаний, которые ускоряют теплообменные процессы, оказывают активирующее воздействие, инициируют и ускоряют протекание химических реакций.

Настоящая работа посвящена изучению влияния низкочастотного ультразвукового поля на гигроскопические свойства полимеров. Для оценки изменения гигроскопических свойств изучено влияние низкочастотного ультразвукового поля на капиллярность природных и синтетических волокон. В качестве объекта исследования выбраны волокна: природные – хлопок, шерсть и искусственные – вискоза, лавсан, нитрон. Обработку волокна проводили на лабораторной ультразвуковой установке ИЛ-100-6/6 с частотой 22 кГц в течение 1-10 мин. Оценку гигроскопичности волокон осуществляли по определению капиллярности и поглотительной способности.

С целью выяснения влияния поверхностно-активных веществ на капиллярность хлопкового волокна при ультразвуковом воздействии обработку волокна проводили на лабораторной ультразвуковой установке ИЛ-100-6/6 с частотой 22 кГц в течение 60 мин раствором поверхностно-активного вещества концентрацией 1 г/л. В качестве ПАВ был использован смачиватель ЭМ, представляющий собой смесь оксиэтилированных производных синтетических жирных кислот и динатриевой соли алкилполиоксиэтиленгликолевого эфира сульфоянтарной кислоты.

Выявлено, что значительное увеличение капиллярности хлопкополиэфирной ткани под действием ультразвука происходит за счет разрушения поверхностных пленок в жидкости благодаря тому, что при прохождении через жидкость звуковой волны большой интенсивности, возникает акустическая кавитация. В интенсивной звуковой волне во время полупериодов разряжения возникают кавитационные пузырьки, которые резко схлопываются при переходе в область повышенного давления и в кавитационной области возникают мощные гидродинамические возмущения в виде микроударных волн и микропотоков. Микроударные нагрузки характеризуются резким возрастанием давлений до значительной величины, за кото-

рым следует столь же быстрое уменьшение нагрузки. Распределение напряжений, вызванных такими нагрузками, отличается локальностью и сильной неравномерностью, что приводит к появлению в пленке загрязнений трещин, а так же её отслоению с поверхности материала. Газовые пузырьки, имеющиеся в толще пленки, пульсируя в звуковом поле и перемещаясь под действием акустических течений, увлекают за собой часть окружающего вещества. Одновременно кавитационные пузырьки, которые являются своеобразным источником ультразвуковых колебаний распыляют мельчайшие капли воды на поверхности пленки, обволакивающей газовый пузырек, что приводит к эмульгированию загрязнений.

Представленные данные по изменению капиллярности волокон различной природы до и после обработки ультразвуком, показывают, что изменение капиллярности для различных волокон характерно отличается друг от друга. Хлопковое волокно имеет исходную капиллярность равную 0 мм, в процессе обработки ультразвуком она очень незначительно растет и достигает 1 мм за 10 мин. Объясняется такой незначительный рост капиллярности для хлопка тем, что хлопок является природным волокном с очень большим количеством трудноудаляемых сопутствующих примесей, таких как воскообразные, пектиновые, лигнинсодержащие и другие вещества. Для получения высокой капиллярности для хлопкового волокна требуется более длительное ультразвуковое воздействие и введение в раствор поверхностно-активных веществ.

Анализируя данные по изменению капиллярности шерстяного волокна можно видеть, что кривая имеет экстремальный характер. Исходное волокно имеет капиллярность 20 мм, воздействие ультразвука в течение 3 мин приводит к росту капиллярности до 43 мм, однако увеличение продолжительности обработки ультразвуком до 10 мин снижает капиллярность до 30 мм. Это связано с тем, что в процессе обработки шерстяного волокна температура раствора повышается до 55°C и ударное воздействие ультразвуковой волны приводит к свойлачиваемости и уплотнению шерстяного волокна. Ультразвуковое воздействие на вискозное и лавсановое волокно благоприятно влияет на их капиллярность, так обработка ультразвуком в течение 10 мин повышает капиллярность вискозы с 23 до 60 мм, а лавсана с 18 до 27 мм.

Изучено влияния низкочастотного ультразвукового поля на поглощательную способность природных и синтетических волокон. Экспериментальные данные показали, что хлопковое волокно имеет исходную поглощательную способность равную 3,5%, в процессе обработки ультразвуком она очень незначительно падает и достигает 2,9% за 10 мин. Некоторое снижение поглощательной способности хлопка объясняется тем, что воска и жиры расположенные на поверхности очагами под действием ультразвука растекаются, образуя тонкую пленку. Анализ данные по изменению поглощательной способности шерстяного волокна, показал, что исходное во-

локно имеет поглотительную способность 10%, воздействие ультразвука в течение 3 мин не изменяет поглотительную способность шерсти, а при более длительном воздействии даже снижает ее, что связано с уплотнением поверхностного слоя шерстяного волокна. Ультразвуковое воздействие на вискозное волокно положительно влияет на его поглотительную способность, так обработка ультразвуком в течение 10 мин повышает поглотительную способность вискозы с 14% до 18%. Исходное лавсановое волокно имеет поглотительную способность 22%. После обработке ультразвуком лавсанового волокна в течение 10 минут происходит снижение поглотительной способности волокна до 10%, что связано с уплотнением поверхностного слоя волокна.

Обобщая полученные результаты по изменению капиллярности и поглотительной способности волокон различной природы, можно сделать вывод, что каждое волокно нуждается в индивидуальном подходе к его обработке и продолжения исследований свойств природных и синтетических волокон после воздействия ультразвукового низкочастотного поля.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ БИОПОЛИРОВКИ ЛЬНЯНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ПРОЦЕССЕ ПОДГОТОВКИ К КРАШЕНИЮ ВОДОРАСТВОРИМЫМИ КРАСИТЕЛЯМИ

Павлицев Н.Н., Третьякова А.Е., Сафонов В.В.

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

Лен – уникальное волокно, обладающее рядом ценных свойств: высокая гигиеничность, природная биоцидность, прочность и шелковистость.

Для России это волокно перспективно с точки зрения производства, поскольку агротехника льна позволяет его выращивать в достаточно суровых условиях средней полосы, включая регион Сибири, с относительно укороченным сезоном летнего тепла (Ярославль, Кострома, Новосибирск и др.). Это очень важно для развития текстильной промышленности, т.к. другое более распространенное волокно целлюлозного происхождения – хлопок является привилегией стран более южного региона и для РФ представляет собой импортное сырье, что повышает стоимость выпускаемой текстильной продукции.

Кроме того, в настоящее время лен занимает лидирующие позиции и с точки зрения индустрии моды – уже несколько сезонов подряд выпускаются модные тренды на основе льна.

Несмотря на ряд достоинств, лен имеет и недостатки, связанные со сложностью его подготовки к колорированию. По строению льняное лубяное волокно отличается от хлопкового семенного не только с точки зрения морфологии, но и по содержанию примесей, которых в льняном волокне

примерно в 4-5 раз больше: лигнин, воскообразные, пектины, минеральные, протеины, пигменты и др.

В основе подготовительных процессов лежит удаление этих примесей и придание текстильному материалу стабильной смачиваемости и белизны. Состав примесей льна включает в себя бóльшее содержание лигнина, трудноудаляемое в технологических процессах отварки-беления. Следует отметить, что строение лигнина весьма сложное, представляет собой полимер, нерастворимый в растворе 72%-ной серной кислоты. Богатый набор красящих веществ (пигменты) до 15-16% от общего объема по химическому строению малоизученны, предполагается, что они относятся к катехинам, производным кверцетина и флавоноида. Такие пигменты весьма сложно обесцветить, в связи с этим часто лен оставляют серым или неокрашенным, чтобы не только удовлетворить традиции, но и сохранить ряд свойств льняного волокна.

Чтобы достичь высоких показателей белизны лен часто белят в ровнице, что не всегда является удобным для производителя, т.к. необходимо дополнительное специальное оборудование. Это также связано с особенностью строения льняного волокна, которое находится в паренхимном слое стебля, и его трудно извлечь. По этой причине беление ткани на имеющемся достаточно универсальном оборудовании периодического или поточного характера часто не дает удовлетворительных результатов. В то же время расширенный выпуск отбеленных текстильных льняных материалов расширяет возможности производителя с позиции колорирования, т.е. можно удовлетворить запросы заказчиков и покупателей в соответствии с учетом моды, выпуская окрашенные полотна. Крашение «серого» льна не дает ценного колористического ряда выкрасок, получаются достаточно приглушенные тона специфических цветов.

Чтобы удалить вышеперечисленные примеси с тканого материала простым путем можно считать стехиометрический, т.е. необходимо обеспечить доступность этих примесей для облегчения их десорбции. Перспективным является использование биохимических методов, позволяющих разрушать первичные стенки волокна при помощи энзимов. На стадии расшлихтовки для удаления, как правило, нерастворимой в воде крахмальной шлихты такую операцию уже проводят с применением тех же энзимов. Однако следует отметить, что применение этой операции не может гарантировать оптимальные параметры белизны, поскольку проводится практически в начале технологической цепочки подготовительных операций - после газоопаливания, но перед отваркой и белением.

В работе предложена технология, предполагающая биополировку льна энзимами, которые частично разрушают внешнюю стенку волокна, облегчая тем самым десорбцию окрашенных загрязнений в последующей операции беления. Преимущество обработки ферментами заключается в том, что можно сохранить достаточную механическую прочность воло-

на. Проведенные эксперименты показали, достигаются сопоставимые показатели белизны, обеспечивающие оптимальные колористические характеристики окрашенной льняной ткани на примере прямых красителей.

В качестве критических параметров поставлены степень белизны, степень окрашиваемости прямыми красителями на примере чистоты цвета и цветового тона и механическая прочность отбеленных и окрашенных льняных образцов. За эталон при оценке белизны и прочности принимался «серый» лен после расшлихтовки и отварки.

Увеличение содержания ферментов в биополировочной ванне приводит к повышению степени белизны и окрашиваемости. При этом необходимо помнить, что компоненты биополировочной ванны являются достаточно агрессивными для целлюлозы, т.к. фермент частично деструктурирует первичную стенку льняного волокна. Поэтому проведенные работы по оценке состояния обработанных образцов льняной ткани показали однозначную прямую зависимость между увеличением содержания ферментов и повышением разрывной нагрузки льна. После крашения прямыми красителями сохраняется такая же закономерность. Представлялось интересным, что при крашении различными по строению красителями получались разные по прочности результаты, например прочность растет в ряду прямой фиолетовый > прямой желтый К > прямой чисто-голубой. Несомненно, что природа фермента играет ключевую роль в сохранении прочности льняного волокна, и в данной работе наиболее «мягким» из исследуемых энзимов является амилосубтилин.

Основная характеристика любой получаемой окраски – это ее прочность к внешним условиям эксплуатации (стиркам, трению сухому и влажному, поту, свету и пр.). Наиболее чаще встречающимся критерием является устойчивость к стиркам, и с этой позиции все окрашенные образцы подвергли соответствующему испытанию.

Показано, что биополировка перед белением влияет на конечную прочность окраски, при этом наблюдается увеличение устойчивости окраски на 0,5-1 балл с охранением того же ряда красителей: прямой фиолетовый > прямой желтый К > прямой чисто-голубой. По-видимому, это связано с тем, что частично деструкция вызванная ферментами, способствует более глубокой диффузией, сопровождающейся фиксацией красителя. Следует отметить, что в данном случае природа фермента не играет существенной роли.

На основании проведенных экспериментальных работ авторами разработана и предложена технология применения операции биополировки в подготовке льняных тканых текстильных материалов, обеспечивающая получение оптимальных параметров белизны, сохранение прочности волокна и получение высоких колористических характеристик в дальнейшем процессе крашения.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНО-ВЛАЖНОСТНОГО РЕЖИМА ОТМОЧНО-ЗОЛЬНЫХ ЦЕХОВ И СРАВНЕНИЕ ЕГО РЕЗУЛЬТАТОВ С ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМИ

Тихонова Н.С., Свищев Г.А., Седяров О.И.

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

Проектирование новых предприятий кожевенного производства, реконструкция и перевооружение существующих заводов, осуществляется на основе требований нормативов. Действующие нормативы в части обеспечения требуемого температурно-влажностного состояния воздуха внутри цехов содержат усредненные данные: оптимальные или допустимые. Однако, отмочно-зольные цеха кожзаводов характерны тем, что температура и влажность неравномерны по площади цехов и могут отличаться на 3-10°C и 15-30% соответственно.

Для оценки состояния воздушной среды и прогнозирования его изменений используются различные способы моделирования процессов теплопереноса. Одним из наиболее распространенных методов моделирования в настоящее время является численное математическое моделирование.

Для моделирования микроклимата в цехе была применена компьютерная программа FDS (Fire Dynamics Simulator), которая численно решает уравнения Навье-Стокса в частных производных, для низкоскоростных температурно-зависимых потоков.

FDS позволяет вычислять температуру, влажность, скорость и другие параметры внутри каждой ячейки трехмерной регулярной расчетной сетки на каждом отдельном временном шаге. Дополнительно, FDS считает на поверхности твердых тел температуру, тепловой поток, величину потери массы и различные другие величины.

Отображение результатов моделирования FDS осуществляется специальной программой визуализации - Smokeview, позволяющей наглядно увидеть распространение влажности, движение воздуха, поля температур и других параметров.

Моделирование дает возможность получить полную картину течения в любой искомой точке пространства, что принципиально невозможно при экспериментальном исследовании, а результаты вычислений позволяют визуально представить процесс тепловыделения на рабочих местах отмочно-зольного цеха.

На основе натурных замеров в цехе определены зоны влаговыделения, повышения или понижения температуры, а также скорости движения воздуха. В результате построена модель отмочно-зольного цеха, в котором происходит распространение влаги и температуры.

На основе численного расчета тепломассопереноса были получены подробные поля распространения влаги в воздухе рабочей зоны, а так же температур и скоростей движения воздуха.

Сравнение результатов численного моделирования с экспериментальными данными показали достоверность разработанной модели тепло-влажноперееноса внутри помещений отмочно-зольного производства (рис.1 и рис.2).

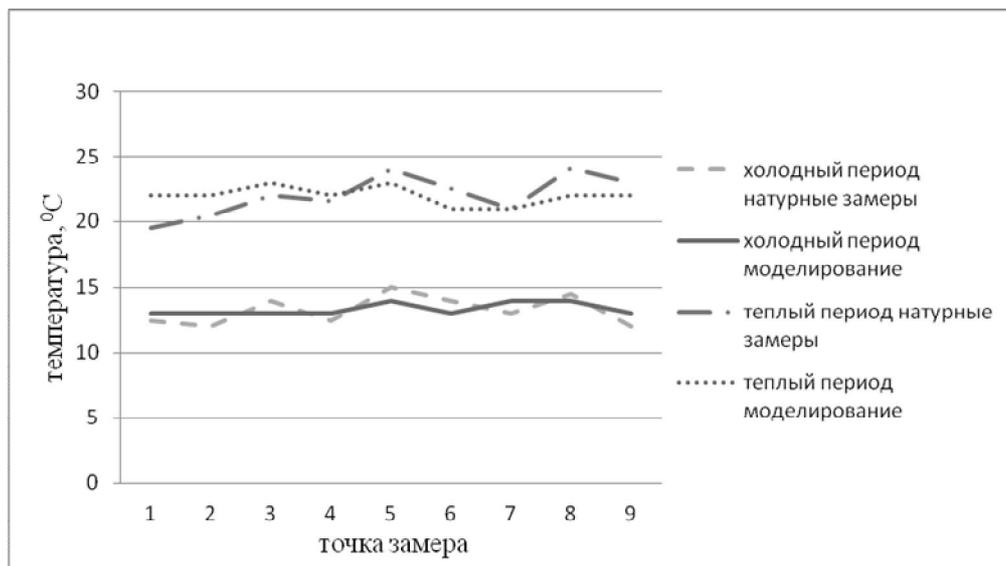


Рис. 1. Результаты сравнения параметров температуры в отмочно-зольном цехе. Теплый и холодный периоды

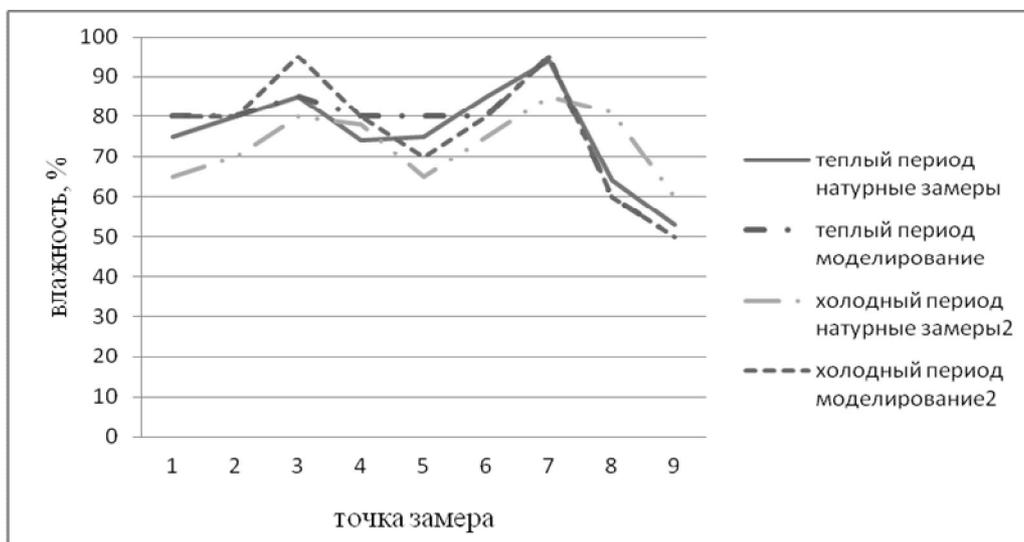


Рис. 2. Результаты сравнения параметров влажностного режима в отмочно-зольном цехе. Теплый и холодный периоды

Таким образом, моделирование процессов формирования воздушно-го режима выявить зоны повышенных тепло или влаговывделений и разработать наиболее целесообразную компоновку технологического оборудования и расположения инженерно-технических устройств по отоплению вентиляции и кондиционированию.

АРОМАТНАЯ ОТДЕЛКА ТЕКСТИЛЯ НА ОСНОВЕ СИНТЕТИЧЕСКИХ ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТОВ

Кузьменко В.А., Русанова А.И., Малышева К.А.

Ивановский государственный химико-технологический университет, Россия

Популярным направлением в области легкой промышленности является работа над созданием технологий получения косметического текстиля, обладающего способностью благоприятно воздействовать на здоровье человека. Так, например, ароматерапевтический текстиль, выделяющий с поверхности текстильного материала приятный запах, обладающий лечебными свойствами. Поэтому актуальной является разработка отечественной технологии придания текстильным материалам, трикотажным полотнам и изделиям из них ароматических свойств.

Известно, что эфирное масло бергамота обладает широким спектром действия на организм человека. Оно имеет приятный свежий аромат и считается лучшим из всех эфирных масел, получаемых из цитрусовых. Масло бергамота находит применение в народной медицине в качестве общего антисептика, противогрибкового средства, а также оказывает либо тонизирующее, либо расслабляющее действие в зависимости от конкретной ситуации.

При создании косметического текстиля, содержащего эфирное масло бергамота, использовали методику послойного синтеза синтетических полиэлектролитов («Layer-by-Layer») на поверхности хлопчатобумажной ткани.

Существует значительное число методов получения тонких пленочных покрытий: нанесение на вращающуюся подложку, термическое осаждение, метод Ленгмюра-Блоджетт, послойная сборка полиионов. Одним из наиболее простых и дешевых способов создания наноразмерных поверхностных структур с функциональными свойствами является метод мультислойной сборки [1].

Электростатическая самосборка нанослоев, именуемая также послойной сборкой («Layer-by-layer» синтез), способна придать поверхности обрабатываемого материала уникальные дополнительные функции. Универсальность данной методики позволяет получать нанослои на подложках различной природы: как органической, так и неорганической. Процесс обычно проводят при комнатной температуре без использования органических растворителей, способных нанести вред экологии. Среди прочих преимуществ данной технологии является простота конструкции для ее осуществления, устойчивость полученных наноансамблей различного рода физическим воздействиям, а также возможность управления количеством и толщиной осажденных нанослоев.

Технология электростатической самосборки нанослоев синтетических полиэлектролитов на текстильном материале, используемом в качестве подложки, заключается в его поочередной пропитке в ваннах, содержащих водные растворы противоположно заряженных полиэлектролитов. Предварительная пропитка материала в ванне с функциональным веществом позволяет «привить» подложке дополнительные, желаемые свойства [2].

Метод позволяет получать тонкие пленки (5–500 нм) заданной толщины и состава из большого количества разнообразных систем, причем сборка может проводиться на любой заряженной поверхности. Несомненным его достоинством является простота технологии: процесс можно проводить на воздухе и при комнатной температуре [3].

Оценена эффективность нанесения душистых веществ на целлюлозные текстильные материалы методом «Layer-by-layer». С помощью ИК-Фурье спектроскопии показана возможность модификации пленки на основе целлюлозы синтетическими полиэлектролитами, закрывающими функциональное вещество.

Для осуществления контроля формирования самоорганизованных слоев полиэлектролитов на плоских подложках применяли метод атомно-силовой микроскопии, позволяющий исследовать рельеф поверхности в нанометровом масштабе и определить размеры нанесенного слоя полиэлектролитов. Анализ полученных изображений показывает, что размер нанесенного на целлюлозную подложку (пленку) слоев полиэлектролитов, обеспечивающих эффективную степень иммобилизации душистого вещества, составляет 18-22 нм.

Кинетику выделения душистого вещества с текстильного материала, обработанного по методу «Layer-by-Layer», определяли методом газовой хроматографии. Изучено влияние концентраций полиэлектролитов в пропиточной ванне.

Разработанная технология модификации поверхности текстиля проста в применении и может быть реализована на существующем текстильном оборудовании периодического действия. Кроме того, отсутствие токсичных веществ и органических растворителей, делает технологию экологичной и безопасной для окружающей среды и человека.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Utochnikova V. Kalyakina A. Kuzmina N.* // Inorganic Chemistry Communications, 2012. – N 16. – P. 4-7.
2. *Gulrajani M.L., Gupta D.* // Indian Journal of Fibre and Textile Research, 2011. –V. 36. – P. 388-397.
3. *Lvov Y.M.* / lectures 1-2 for course Nanotechnology, 505, Institute for Micromanufacturing, Louisiana Tech University, Ruston, LA 71272, 51 p.

СНИЖЕНИЕ МИГРАЦИИ ПЕРО – ПУХОВОЙ СМЕСИ В УТЕПЛЕННОЙ ОДЕЖДЕ

Дьяконова Е.В., Метелева О.В., Баранов А.В., Бондаренко Л.И.
Ивановский государственный политехнический университет, Россия

Перспективным теплозащитным утеплителем становится перо – пуховая смесь (ППС). Главные непревзойденные достоинства пуха – легкость; гигроскопичность, высокие теплоизоляционные характеристики; способность сжиматься, а затем восстанавливать объем, долгий срок службы. Малейшее несоответствие в качестве изделий на ППС отражается на их потребительских свойствах. Значительно снижает качество этих изделий миграция ППС налицевую поверхность через элементы ниточного соединения в процессе изготовления и при эксплуатации изделия. Сложность проведения настоящих исследований состояла в том, что в НД не предусмотрены управление выбором и корректировка режимов получения качественных соединений с учётом степени миграции пухового утеплителя в результате перфорации. Качество ниточных соединений пуховой одежды в настоящее время оценивают визуальными методами.

На кафедре ТШИ ТИ ИГПУ (г.Иваново) разработаны метод для оценки миграции ППС и прибор его реализующий. Метод заключается в формировании образцов пакетов узлов швейного изделия и заправке их в зажимы прибора с учетом особенностей испытания (циклические трепание и (или) сжатие), циклическое воздействие деформирующей нагрузки в течение заданного времени, фотографирование образца в процессе исследования и расчет показателей миграции. Для оценки проникновения ППС на поверхность изделия через ниточные соединения деталей разработан коэффициент сквозной миграции $K_{см}$, который определяется после влияния механических воздействий – трепания и сжатия, а также после мокрой обработки (стирки) или аквастирки, и характеризуется отношением суммарной длины всех мигрировавших ППС через элементы ниточного соединения исследуемого образца к общей длине строчки.

Метод позволяет исследовать влияние структурных характеристик материалов пакета швейного изделия и их свойств, параметров швов и режимов образования ниточных соединений, интенсивности эксплуатации одежды на снижение качества изделия, что позволяет прогнозировать сохранение его качества на всех стадиях жизненного цикла.

Установлено также, что с какой бы точностью не была «настроена» технология на снижение миграции ППС (рациональный подбор швейных игл – номера, заточки, покрытия; швейных ниток – линейная плотность, состав, крутка, структурные характеристики; материал верха и качественный состав ППС (различное процентное соотношение пера и пуха в пакете) и др.), избежать ее невозможно. Благодаря предложенному в работе ме-

тоту были проанализированы и статистически обработаны результаты исследований интенсивности миграции ППС для различные варианты швов и строчек, различных материалов верха, различных видов воздействий (У.О. – уменьшение объема – сжатие, А.С. – аквастирка, Б.С. – бытовая стирка). Погрешность измерений составляла менее 5 %. На рис.1 представлены результаты оценки миграции ППС через швы различной конструкции в изделиях (материал верха Jordan), изготовленных по существующей технологии.

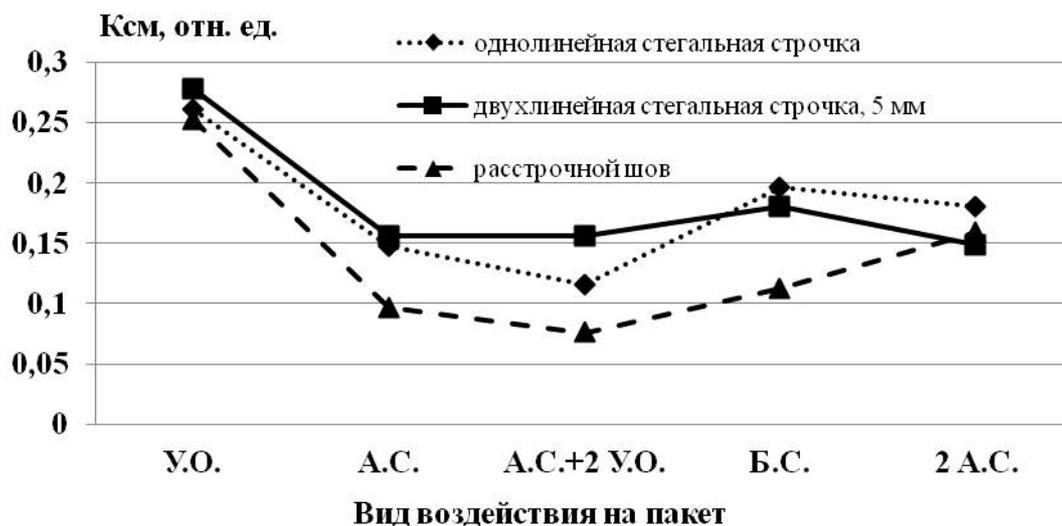


Рис. 1. Результаты оценки миграции ППС через различные швы, выполненные по существующей технологии

Целью исследований являлись также разработка технологии предотвращения проницаемости ниточных соединений для ППС химическим методом и оценка качества получаемых комбинированных соединений. Существует множество технологических и технических решений, направленных на повышение непроницаемости швов: специальная обработка швейных ниток, подготовка герметизирующих композиций – обработка проколов строчки композицией, изготовление специальных материалов и их приклеивание, герметизация готовых швов детали, узла или изделия и др.

Разработанная технология предусматривает образование непроницаемого для ППС ниточного соединения за счет применения клеевого многослойного пленочного материала специального назначения. Адгезионная способность без дополнительного активирования обеспечивается постоянной остаточной липкостью герметизирующего материала. Технология нанесения пленочного материала не требует дополнительных воздействий, производится либо вручную, либо с помощью специального устройства, аналогичного диспенсеру.

Использованы различные по структурным характеристикам материалы верха, при этом материалы чехла и наполнителя ППС, а также парамет-

ры их образования оставались постоянными. Перспективными пленкообразующими композициями являются водные дисперсии акриловых полимеров (акрилатные латексы). Воднодисперсные полимеры являются маловязкими, но высоко концентрированными. Разработанные вспомогательные материалы были изготовлены наносным способом на наносно-переносной линии “Spooner” (Япония) в условиях опытно-экспериментального производства ФГУП «Ивановский научно-исследовательский институт пленочных материалов и искусственных кож».

В работе использованы акрилатные латексы, отсутствие двойных связей в основной цепи которых определяет высокую устойчивость пленок из этих латексов к различным видам старения, высокую устойчивость к атмосферным воздействиям, к действию ультрафиолетовых лучей, озона, тепла и другим. Наличие карбоксильных групп улучшает адгезионные свойства акрилатных латексов и физико-механические показатели пленок.

Исследования позволили осуществить выбор рациональной толщины вспомогательного материала (армирующего и клеевого слоя), оценку кинетики блокирования проколов от иглы, а также оценку влияния условий физико-химических воздействий на состояние полученных соединений. На рис.2 представлены результаты оценки миграции швов, проклеенных по разработанной технологии с применением специально подработанного пленочного материала. Варианты пленки отличаются химическим составом и толщиной. Измерения миграции проведены в период и после воздействия десяти аквастирок в условиях предприятия химической чистки одежды.

Сравнительный анализ полученных результатов позволяет сделать вывод о том, что уровень значений коэффициента сквозной миграции необработанных соединений (0 вариант) в 6-8 раз превышает значение сквозной миграции соединений с использованием предложенного вспомогательного пленочного материала. Особенно высокую адгезионную прочность и заметное снижение миграции ППС через структуру ниточных соединений достигнуто при применении пленки варианта № 4. Он обеспечивает оптимальные условия образования ниточно-клеевого соединения – не затрудняет процесс стежкообразования, обеспечивает высокую адгезию к материалам изделия, превышающую когезионную прочность вспомогательного материала. Достигнутый эффект является очень устойчивым к воздействию эксплуатационных факторов ухода за изделием и механическим деформациям. Исследования показали, что прочное адгезионное соединение формируется в течении определенного времени после проклеивания шва и по истечении 30 суток имеет сопротивление расслаиванию 19 Н/см.

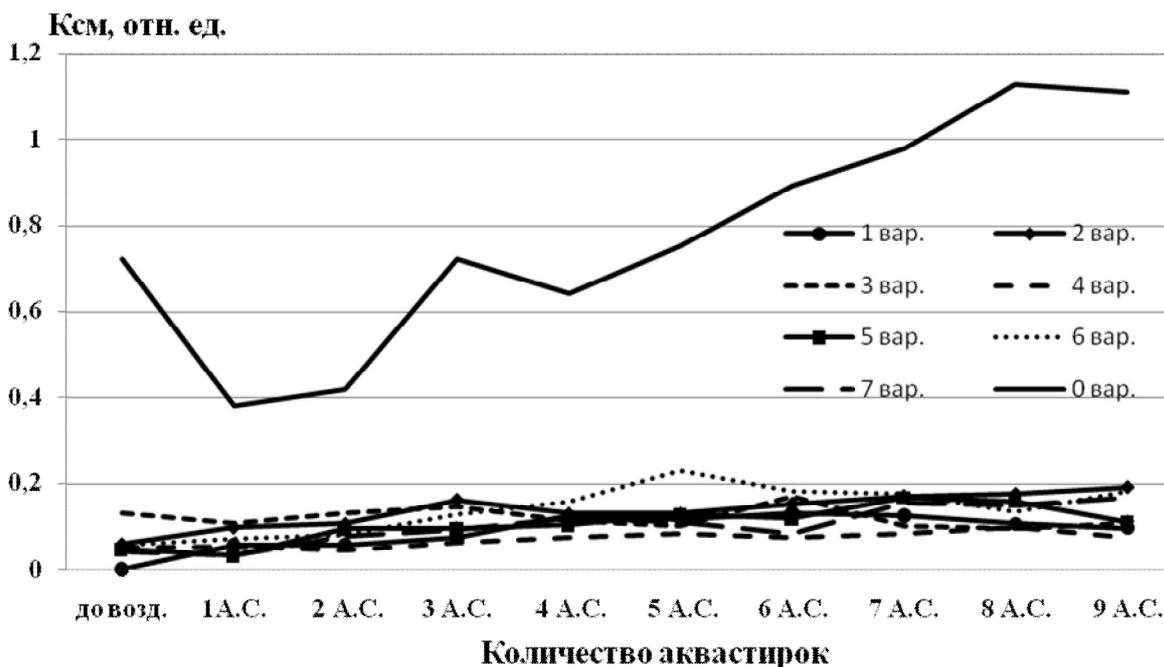


Рис. 2. Результаты оценки миграции швов, проклеенных по разработанной технологии

Разработанная технология получения непроницаемых для ППС ниточно-клеевых соединений не влияет на внешний вид швейных изделий на перопуховом утеплителе, не требует для реализации дорогостоящего оборудования и эффективна.

ВЛИЯНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТАВА ВОЛОКНИСТЫХ СОРБЕНТОВ НА СОРБЦИЮ ИОНОВ СЕРЕБРА

Кудёлко Ю.Н., Дружинина Т.В.

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

Благородные металлы широко используются в электронике, каталитических процессах, медицине и ювелирной промышленности. Высокая стоимость и низкое содержание в природных и промышленных материалах обуславливают необходимость использования эффективных способов их извлечения. Среди методов их выделения перспективным является концентрирование комплексообразующими сорбентами [1-4]. Особое место среди благородных металлов занимает серебро интерес к которому в последние годы существенно вырос.

В данной работе для сорбции ионов серебра использованы аминокислотосодержащие волокнистые хемосорбенты на основе привитых сополимеров поликапроамида, строение функционально-активных групп которых и данные сорбционной емкости приведены в таблице. Сорбцию ионов серебра проводили из водных растворов AgNO_3 (в 0,5 М растворе HNO_3) при pH

раствора 2 в статических условиях. Количество сорбированного серебра определяли по изменению концентрации ионов серебра в рабочем растворе до и после сорбции [5].

При исследовании сорбции ионов серебра из растворов с концентрацией 40 ммоль/л показано, что процесс извлечения ионов серебра используемыми хемосорбционными волокнами характеризуется относительно небольшим временем достижения равновесия. Уже через 10 минут хемосорбционные волокна сорбирует до 70% от равновесного значения, а через 60 минут степень сорбции достигает 0.89-0.98. Более высокая продолжительность установления равновесия для хемосорбционного волокна, содержащего первичные и вторичные аминогруппы, (образец 2) связано с замедлением процесса диффузии комплексообразователя, вследствие сшитой структуры сорбента, которая образуется в результате использования в качестве ионогенного модификатора полифункционального амина.

Показано, что процессы сорбции ионов серебра с использованием аминоксодержащих волокнистых сорбентов характеризуются скоростями на уровне $0,6 \cdot 10^{-5} - 1,63 \cdot 10^{-5}$ моль/л*с. Такая разница в начальных скоростях в основном обусловлена содержанием функционально – активных (лигандных) групп и структурой сорбента и в меньшей степени их химическим строением.

Процесс сорбции ионов серебра хемосорбционным волокном, содержащим третичные аминогруппы, описывается в логарифмических координатах уравнения Фрейндлиха

$$\lg CE = \lg \alpha + \frac{1}{n} \lg C_p,$$

где $\alpha=0.05$, $n=3.35$, с величиной достоверности $R^2=0.997$.

Исходя из природы химически-активных групп, используемых волокнистых хемосорбентов (первичные, вторичные и третичные аминогруппы), обладающих электронодонорными свойствами, сорбция ионов серебра протекает по механизму комплексообразования. Вследствие линейных sp гибридных орбиталей ионов серебра образуются полимерные комплексы линейной стехиометрии. Несмотря на более низкую энергию связи комплексов серебра по сравнению с комплексами двухвалентных ионов металлов устойчивость комплексов серебра выше. Это связано с тем, что формирование комплексов линейной стехиометрии с полимерными сорбентами энергетически выгоднее, чем формирование комплексов, например, тетраэдрической структуры с sp^3 гибридными орбиталями двухвалентных ионов переходных металлов.

Исследуемые хемосорбционные волокна в зависимости от статической обменной емкости сорбента, улавливают до 190 мг ионов серебра на грамм волокна.

Таблица 1

Влияние функционального состава аминоксодержащих волокнистых хемосорбентов на сорбцию ионов серебра

Образец №	Сорбционно – активные группы	CE _{Ag+}		R*, %
		ммоль/г	мг/г	
1	— NH	1,77	191	44
2	$\begin{array}{c} \diagdown \\ \text{NH} \\ \diagup \\ \text{— NH}_2 \end{array}$	0,72	78	18
3	$\begin{array}{c} \text{— N —} \\ \end{array}$	0,48	52	14

Условия проведения сорбции: концентрация AgNO₃ 40 ммоль/л, модуль обработки 100, температура 20 °С; * R – степень извлечения ионов серебра, %

Низкая степень извлечения ионов серебра из высоконцентрированного раствора предполагает и относительно небольшие значения коэффициентов распределения ионов серебра между жидкой и твердой фазами. Для 100% -го улавливания ионов серебра из такого типа растворов требуется снижение модуля обработки в статических условиях или установка последовательно соединенных модулей систем фильтрации.

Таким образом, проведенные исследования показали, что кинетические характеристики процессов сорбции ионов серебра хемосорбционными волокнами, содержащими аминоксодержащие группы, определяются содержанием функционально – активных групп сорбентов и структурой волокнистого сорбента, а показатели степени извлечения ионов серебра и коэффициент распределения условиями проведения процесса (концентрацией раствора и модулем обработки).

В то же время, показано, что функционально-активные тиамидные группы проявляют более высокую активность при сорбции ионов серебра, чем аминоксодержащие группы. Так, хемосорбционное волокно на основе гидратцеллюлозы и полиакрилонитрила, содержащее тиамидные группы, сорбируют до 280 мг/г ионов серебра. Полученные нами результаты исследования оформлены в виде заявки на патент.

ЛИТЕРАТУРА

1. Салдадзе К.М., Копылова-Валова В.Д. Комплексообразующие иониты. М.: Химия, 1980. – 336 с.
2. Анпилогова Г.Р., Ахмедиев Н.С., Хабибулина Г.Р., Ахметова В.Р. Сорбционные свойства комплексообразующего сорбента бис-1,3,5-

дитиазинан-5-ил-этана по отношению к палладию, серебру и ртути// ЖПХ. – Т4. – 2011. – № 5. – С. 756 – 761.

3. *Дружинина Т.В.* Получение и свойства хемосорбционных волокон. Учебное пособие – М.: МГУДТ, 2013. -52 с.

4. *Безрукова Ж.Н., Захарова В.И., Стрижко Л.С.* Новые сорбенты для извлечения серебра // Тезисы доклада Международной научно-практической конференции «Стратегические приоритеты и инновации в производстве цветных металлов и золота», Красноярск, июль 2006 г.

5. *Васильев Г.Р.* Аналитическая химия. – ч.1. – М: Высшая школа. – 1989.– 320 с.

ПОЛУЧЕНИЕ УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ЦЕЛЛЮЛОЗОСОДЕРЖАЩЕГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Щекочихин И.В., Середина М.А.

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

Перспективным направлением при создании продуктов с сорбирующими свойствами является поиск и внедрение в производство углеродных сорбентов на основе растительного сырья, направленно влияющих на технологические и потребительские показатели готовой продукции. Актуальность поисковых исследований обусловлена необходимостью расширения ассортимента углеродных сорбентов с более эффективными свойствами для защиты окружающей среды.

Нетрадиционным сырьём, которое еще не нашло широкого применения в промышленности, могут быть косточки различных видов плодовых деревьев - абрикоса, персика, сливы, вишни, винограда и скорлупы различных орехов, которые в настоящее время являются отходами производства.

Основным компонентом растительных материалов, используемых для получения активных углей, является целлюлоза. В связи с этим необходимо изучение процесса термодеструкции целлюлозы, включающее исследование элементного и функционального состава, а также структурно – химических и физико – химических свойств карбонизованного остатка.

Исследовано влияние параметров процесса термолиза вишнёвой косточки и скорлупы лесного ореха на воздухе на выход карбонизованного остатка (КО). Наиболее высокий выход КО термолиза при температуре 350°C в течение 30 минут наблюдается для скорлупы лесного ореха (36%), по сравнению с КО вишнёвой косточки (20%).

Экспериментальные данные можно сравнить с результатами термолиза и химического состава кедровых орехов. При одинаковой температуре (350°C) КО термолиза скорлупы кедрового и лесного орехов примерно одинаковы (40,7 и 36%), однако скорлупа кедрового ореха содержит по-

вышенное содержание лигнина, который способствует усилению карбонизации в процессе термолиза в защитной среде. Содержание целлюлозы в скорлупе кедрового ореха и вишнёвой косточки примерно одинаковое (32,4 и 32,6%), но благодаря повышенному содержанию лигнина в скорлупе кедрового ореха (52,8%) по сравнению с вишнёвой косточкой (23,3%), выход КО термолиза скорлупы кедрового ореха в 2 раза больше (40,7 против 20% у вишневой косточки).

На основании проведённых исследований наиболее оптимальным сырьём для получения углеродных материалов является скорлупа лесного ореха, так как её выход КО термолиза в воздушной среде примерно одинаков с выходом КО термолиза скорлупы кедрового ореха в среде аргона.

Исследование материалов методом ТГА показало, что термическая деструкция целлюлозных материалов протекает в две стадии. Первая стадия разложения вишнёвой косточки характеризуется наличием двух максимумов при температурах 299,48°C и 360,16°C. Термическая деструкция скорлупы лесного ореха имеет аналогичный характер с двумя пиками при температурах около 290°C и 345°C. Следует отметить, что термолиз обоих целлюлозных материалов на первой стадии протекает примерно в одинаковом температурном интервале. Однако при термолизе скорлупы лесного ореха происходит смещение первого температурного максимума в область более низких температур на 10°C по сравнению с термолизом вишневой косточки. При этом КО термолиза обоих материалов одинаковы (80,38 и 80,7%), а скорость разложения скорлупы лесного ореха на 3% меньше скорости разложения вишнёвой косточки.

При температуре около 300°C заканчивается стадия дегидратации, приводящая к формированию фрагментов с карбонильными группами и

C = C связями. Более низкая скорость разложения лесного ореха при этой температуре обусловлена повышенным содержанием лигнина в этом материале. В этих условиях происходит расщепление алкил-арильных простых эфирных связей в лигнине, однако присутствие углерод – углеродных связей между звеньями в лигнине приводит к снижению образования летучих продуктов термолиза скорлупы лесного ореха.

На второй стадии разложения (у вишнёвой косточки $T = 360,1^\circ\text{C}$, а у лесного ореха $T = 345,4^\circ\text{C}$), характеризующейся постепенным завершением термического расщепления, которое происходит по двум направлениям. Во – первых, может идти расщепление гликозидных связей с формированием ангидроциклов, с последующими превращениями которых связано образование левоглюкозана. Во – вторых, частично дегидратированные элементарные звенья целлюлозных материалов могут претерпевать более глубокую дегидратацию. В результате происходит формирование системы конденсированных гексагональных сеток. В данном температурном интервале завершается основная стадия деструкции целлюлозы. Термолиз лесного ореха проходит при более низкой температуре, потому что

скорлупа лесного ореха имеет в своём составе повышенное содержание пентозанов, которые являются термически нестабильными соединениями.

Последующие реакции деструкции связаны с разрывом нетермостойких связей С – С и С – О внутри кольца, сопряженных с двойными связями, и приводит к выделению CO₂, СО и Н₂О и образованию остатков из четырёх атомов углерода, являющихся основой для формирования углеродного «скелета» в ходе дальнейшей карбонизации.

Определено содержание двойных связей в КО термолиза исследуемых материалов. Результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1

Термические характеристики карбонизованных остатков термолиза растительных материалов при 350°С

Материалы	КО,%, при продолжительности термолиза, мин.				Содержание двойных связей (C _{двс} *10 ⁻³)			
	10	20	30	40	10	20	30	40
Вишнёвая косточка	33,0	29,7	19,4	11,3	-	4,5	6,9	13,6
Лесной орех	40,2	37,2	35,2	29,1	-	8,9	9,5	14,3

Как видно из представленных данных, содержание двойных связей в косточке вишни при продолжительности термолиза 30 минут, составляет $6,9 \cdot 10^{-3}$ моль двс/г при КО = 19,4%, в этих же условиях содержание двойных связей при термолизе лесного ореха повышается до $9,5 \cdot 10^{-3}$ моль двс/г при КО = 37,2%. Данные по содержанию двойных связей в КО термолиза исследуемых материалов согласуются с результатами выхода КО термолиза и данных ТГА растительных материалов. Увеличение содержания двойных связей при термолизе полимерного материала свидетельствует об образовании полисопряжённых С – С связей, что обеспечивает повышение выхода карбонизованного остатка деструкции.

Наиболее распространенный метод получения активных углей включает две стадии: карбонизацию исходного материала и последующую активацию полученного полукокса газообразными реагентами. На стадии карбонизации отдельные фрагменты органической массы твердого сырья переходят в газообразное состояние с образованием пор в получаемом углеродном материале. Как правило, чем больше летучих веществ выделяется из исходного материала в процессе его карбонизации, тем выше пористость карбонизованного продукта.

Изучен процесс карбонизации исследуемых материалов. Наибольший выход продуктов карбонизации наблюдается при выдерживании материалов в течение 30 минут - 57,1% у скорлупы лесного ореха и 32,6% у косточки вишни. Высокий выход КО карбонизации скорлупы лесного ореха обусловлен завершением процесса дегидратации и началом трансформации структуры углеродного материала при более низких температурах, чем у косточки вишни. Анализ результатов термолиза растительных материалов показывает, что наиболее высокий выход карбонизованного

остатка наблюдается при деструкции скорлупы лесного ореха, что связано с высоким содержанием лигнина и целлюлозы в данном материале.

Пиролитические реакции, протекающие при карбонизации углеродных материалов при температуре выше 400^oC, связаны с превращениями сформировавшихся к этому моменту структурных элементов, отличающихся большим разнообразием. Изменяя условия карбонизации, можно изменять соотношение между скоростями конкурирующих процессов конденсации и деструкции и тем самым влиять на свойства конечного продукта.

Определены сорбционные характеристики исследуемых материалов. Результаты представлены в табл.2.

Таблица 2

Основные показатели карбонизованных материалов

Материалы	КО, %	Сорбционная ёмкость по йоду, г/г	S _{уд.} , м ² /г
Вишнёвая косточка	32,6	0,6347	660,5
Лесной орех	57,1	0,3427	656,5

Сорбционная активность полученных углеродных материалов зависит не только от величины удельной поверхности и размеров пор адсорбента, но и от природы адсорбата. Карбонизат вишнёвой косточки обладает намного более высокой сорбционной ёмкостью, чем карбонизат скорлупы лесного ореха, (0,6347 г/г) к (0,3427 г/г). Это объясняется наличием в надмолекулярной структуре целлюлозы вишнёвой косточки элементов, приводящих в образованию больших пустот в образовавшейся пористой структуре КО. Полученные материалы обладают высокой сорбционной ёмкостью по йоду и удельной поверхностью на уровне активных углей.

В результате проведенных исследований установлено, что природа исходного сырья и условия проведения пиролиза оказывают существенное влияние на выход твёрдых, газообразных продуктов и пористую структуру полученных углеродных материалов.

Методом атомно-силовой микроскопии показано, что структура поверхности карбонизованных образцов косточки вишни и скорлупы лесного ореха по своей неоднородности повторяет структуру исходных целлюлозных материалов, то есть обладает «эффектом памяти».

Сорбционно-активные углеродные материалы на основе отходов растительного сырья могут быть использованы для очистки сточных вод и газовоздушных выбросов промышленных предприятий.

НИЗКОТЕМПЕРАТУРНАЯ ПЛАЗМА В НЕПРЕРЫВНЫХ ПРОЦЕССАХ КРАШЕНИЯ ТРИКОТАЖА

Азанова А.А., Мухаметшина Г.Н., Абдуллин И.Ш.

Казанский национальный исследовательский технологический университет,
Россия

Изготовление трикотажных изделий на сегодняшний день является достаточно востребованным производством: доля трикотажных изделий на современном рынке составляет более 40 %. Конкуренция между производителями трикотажа ведет к появлению новых технологических и технических решений производства. В этом плане особого внимания заслуживает совершенствование отделочных технологий, которые характеризуются широким использованием красителей, текстильно-вспомогательных веществ, воды, пара и электроэнергии. Наиболее перспективными являются отделочные процессы, которые имеют минимальную продолжительность, малый объем сточных вод и газовых выбросов в атмосферу [1]. К таким отделочным процессам текстильных материалов относятся, в первую очередь, непрерывные, которые отличаются высокой производительностью и меньшим количеством промышленных выбросов.

Для трикотажных полотен непрерывные процессы используются значительно реже, чем периодические, причиной чего отчасти являются проблемы, связанными с малым временем пребывания материала в красильном растворе и недостаточной глубины прокраса. Одним из путей решения данных проблем может стать предварительная плазменная активация трикотажного полотна. Целью работы являлось исследование влияния плазменной обработки на крашение трикотажных полотен непрерывным способом.

В качестве объекта выбрано суровое хлопчатобумажное трикотажное полотно производства Ульяновской трикотажной фабрики «Русь» фабричного артикула М200. Плазменную обработку проводили на высокочастотной емкостной (ВЧЕ) плазменной установке пониженного давления с использованием в качестве плазмообразующего газа воздуха. После ВЧЕ плазменной активации определяли капиллярность и смачиваемость трикотажного полотна (табл.1) по стандартной методике [2]. Выявлено, что ВЧЕ плазменная обработка придает способность смачиваться водой суровому трикотажному полотну в той же мере и даже выше, что и отваривание [3].

Следующим этапом работы являлось крашение плазмообработанных трикотажных полотен активными и прямыми красителями. Крашение проводили по плюсовочно-запарному способу в режиме: крашение при выдерживании образца в красильной ванне 1-7 мин., запаривание в течение 3-10 мин., промывка, мыловка, закрепление.

Таблица 1

Влияние плазменной обработки на капиллярность и смачиваемость трикотажного полотна

Трикотажное полотно	Капиллярность, мм	Смачиваемость по времени растекания капли воды, с
Исходное суровое	0-5	более 3600
После отваривания	168	3
После ВЧЕ плазменной обработки	196	1

Окрашиванию подвергали образцы, подготовленные предварительным отвариванием и ВЧЕ плазменной обработкой. Для сравнения так же проводили крашение по периодическому методу. В табл. 2 представлены характерные результаты определения цветовых показателей окрашенных образцов.

Таблица 2

Цветовые характеристики трикотажных полотен, окрашенных прямым красителем «Фиолетовый»

Способ крашения	Трикотажное полотно	Цветовые характеристики			Равномерность окраски (коэффициент вариации)
		Светлота окраски, L	Насыщенность, C	Цветовой тон, h	
Непрерывный	Без предварительной ВЧЕ активации	12,87	11,47	325,08	0,043
	С предварительной ВЧЕ активацией	11,43	9,01	335,95	0,038
Периодический	Без предварительной ВЧЕ активации	6,78	12,72	311,13	0,010

Сравнительный анализ полученных результатов показал, что полученные окраски характеризуются равномерностью, хорошими цветовыми характеристиками. Образцы, подготовленные с помощью плазменной обработки, имеют высокие цветовые показатели и значения равномерности окраски. Несмотря на то, что непрерывный способ все же не во всех случаях позволил получить цветовые показатели образцов, аналогично с периодическим способом, устойчивость к дистиллированной воде, поту и мокрому трению у всех образцов соответствует требованиям стандартов.

Определены эффективные режимы пропитки трикотажного полотна в красильном растворе и продолжительность запаривания. Таким образом, плазменная обработка является эффективным инструментом придания су-

ровым трикотажным полотнам высоких сорбционных свойств, что позволяет успешно применять непрерывные способы крашения.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Епишкина В.А.* Совершенствование технологий отделки текстильных материалов – как путь улучшения экологической ситуации в красильно-отделочном производстве / В. А. Епишкина, А. М. Киселев // Вестник СПГУТД. – 1999. – № 3. – С.101-110.

2. ГОСТ 3816—81 «Полотна текстильные. Методы определения гигроскопических и водоотталкивающих свойств».

3. *Азанова А.А.* Исследование гигроскопических свойств суровых трикотажных полотен после обработки в потоке плазмы ВЧЕ-разряда пониженного давления / А.А. Азанова, И.Ш. Абдуллин, Г.Н. Нуруллина, Г.Н. Кулевцов // Текстильная промышленность. – 2011. – № 6. – С. 34-37.

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ СИНТЕЗА АРОМАТИЧЕСКИХ ПОЛИАМИД-ИМИДНЫХ СИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОЛОКОН НА ИХ ОСНОВЕ

Новикова Л.А.¹, Шаблыгин М.В.², Скларова Г.Б.¹

¹ОАО «Каменскволокно»,

²Московский государственный университет технологии и дизайна, Россия

Развитие химических волокон третьего поколения было начато в Советском Союзе в конце пятидесятых — начале шестидесятых годов прошлого века. Наиболее перспективными из них представляются волокна и нити с высокими показателями механической прочности и модуля упругости; органические волокна с высокой степенью устойчивости к действию повышенных температур и открытого пламени, созданные научно-технологической школой профессора Георгия Ивановича Кудрявцева отечественные арамидные нити из ароматических полиамидов и полиимидов.

Авторскими коллективами Токарева А.В., Глазунова Ю.Б., в составе Авроровой Л.В., Маниной О.В., Щетинина В.М., Оприц З.Г., Сугака В.Н. созданы технологии промышленного производства нити и волокна товарных знаков СВМ, Армос, Русар, которые в настоящее время не только не уступают арамидным нитям импортного производства на основе полипарафенилентерефталамида, но и по многим показателям превосходят нити торговых марок Кевлар, Тварон, Номекс, Технора. Еще в 1974 г. появились первые работы, посвященные получению арамидных систем ВНИИВЛОН, СВМ. При разработках технологии ароматических полиамидов были изучены стадии синтеза [1], характер взаимодействия мономеров с амидосоединением [2], условий осаждения гомополимера при получении во-

локон СВМ [3], особенностей его структуры [4], условий проведения термообработки [5] для улучшения ориентационного порядка. В 1977 была осуществлена попытка получения волокон арамидного типа из смеси термостойких полимеров [6]

Новые технологические разработки Тихонова И.В., Слугина И.В. Складной Г.Б. позволили расширить номенклатуру арамидных нитей, улучшить их прочностные и термомеханические параметры для новых областей применения отечественных материалов.

Однако многие вопросы в химии и технологии получения арамидных систем требуют дальнейшего их изучения. К их числу можно отнести:

- проблемы улучшения стабильности свойств готовых нитей,
- проблемы снижения себестоимости и повышения механических свойств новых нитей торговой марки серии Руслан,
- проблемы снижения потерь механических свойств арамидных нитей в результате перемоточных операций при изготовлении тканей.

Для решения проблемы повышения качества арамидных систем, в том числе эластичности арамидных нитей, специалистами ОАО «Каменск-волокно» и ГОУ ВПО МГТУ им А. Н. Косыгина был проведен ряд исследовательских работ в лабораторных условиях; опытные образцы нитей получены в условиях малотоннажной установки на ОАО "Каменскволокно". Особое внимание было уделено повышению стабильности свойств готовой продукции в части эластических свойств. Удалось получить прядильный раствор, содержащий полиамидные и полиамидокислотные группировки и сформовать арамидную нить с повышенным удлинением при сохранении её прочностных свойств.

Нами отработана схема, при которой полиамидокислота получалась взаимодействием диангирида пиромеллитовой кислоты с диаминами в амидосолевом растворителе (рис.1) и вводилась в реакцию поликонденсации полимера Руслан.

Циклизацию полиамидокислоты в полиимид (рис.1) осуществляли путем двухстадийного нагревания. На первой стадии поликонденсационные растворы формуют в виде нити «мокрым» или «сухо-мокрым» способами подвергают промывке и сушке. Вторая стадия термообработки сформованного изделия проводится при температурах $(150\div 400)^\circ\text{C}$ [7].

Присутствие полиимидной добавки в растворе полимера и в нити можно наблюдать на ИК-спектрах поглощения пленок, полученных из раствора полимера по появлению полос в области $1780, 1720\text{ см}^{-1}$ (рис.2).

На рис.2,3 представлены ИК-спектры поглощения образцов, содержащих разное количество полиимидной составляющей.

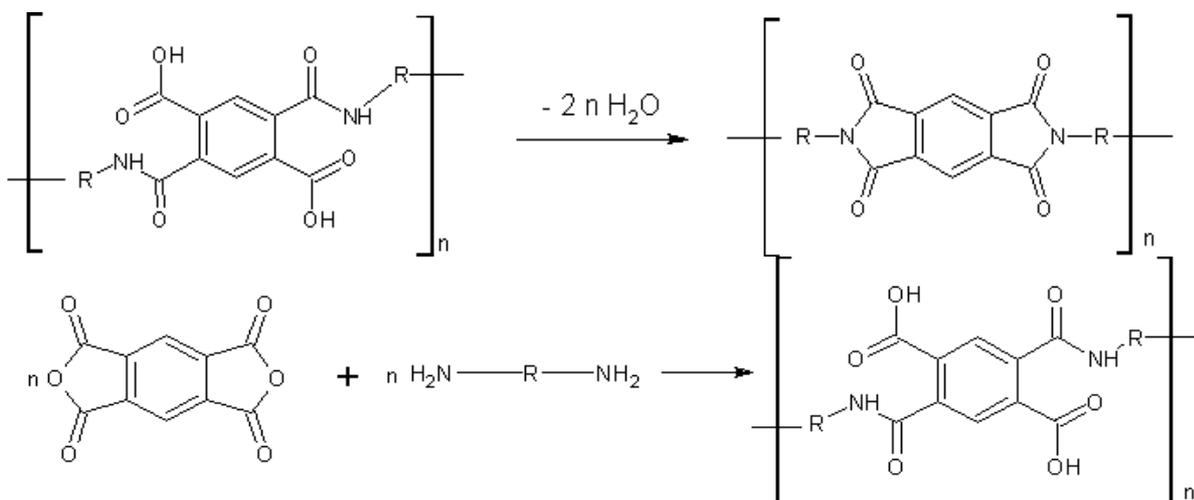


Рис. 1. Схема циклизации полиамидокислоты в полиимид

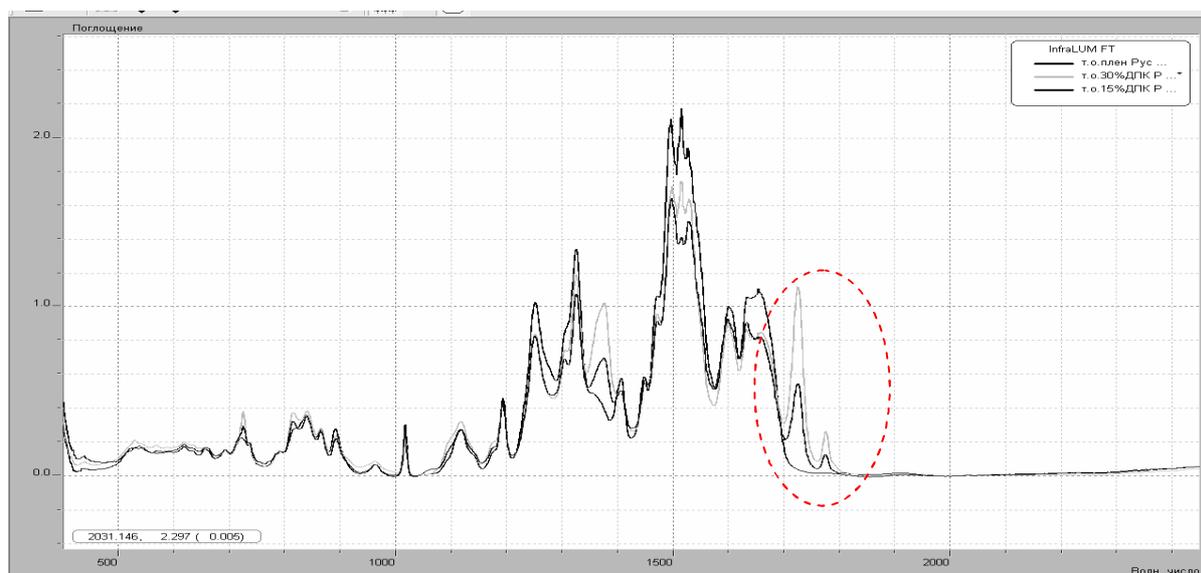


Рис. 2. ИК-спектры термообработанных пленок из растворов серийного полимера и полимера с введенными полиимидными звеньями

В ИК-спектрах термообработанных пленок и нитях в интервале частот $2000 - 4000 \text{ см}^{-1}$ наблюдается набор широких полос поглощения, отвечающим валентным колебаниям N-H связей в полиамидных и полибензимидазных группировках.

Получение полиимидных циклов в системе полиамид-полиимид дает возможность регулировать энергетику водородных связей как в сторону общего ее увеличения, так и появление молекулярных группировок с ослабленными N-связями. Их присутствие облегчает проведение процессов текстильных переработок, а также способствует получению более стабильных свойств композитов.

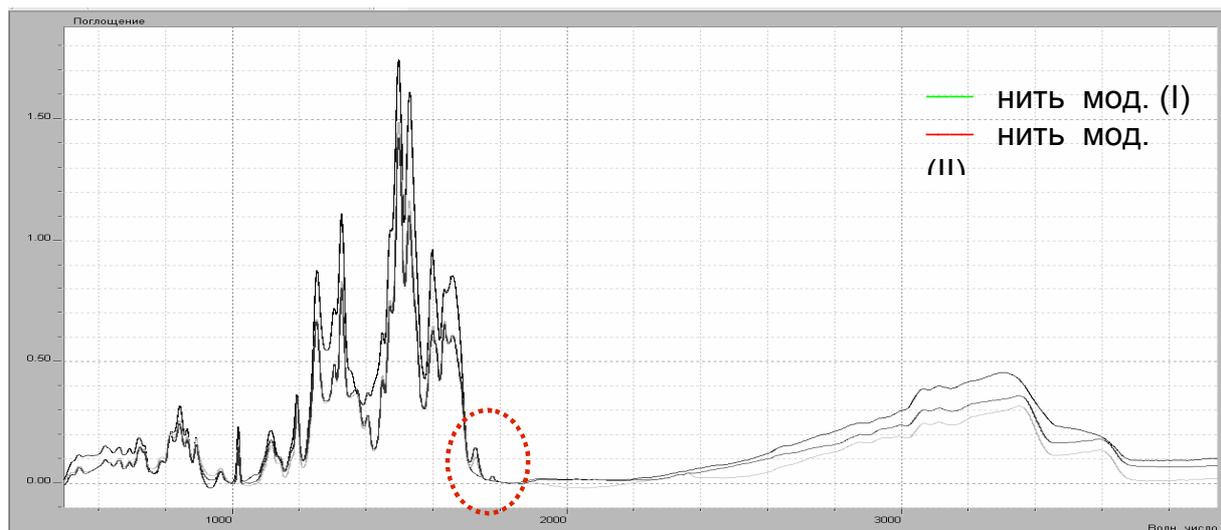


Рис. 3. ИК-спектры термообработанных пленок из свежесформованной нити с разным количеством модифицирующей добавки

Для подтверждения стабильности физико-механических характеристик полученной нити проведены наблюдения за изменением их во времени. Испытания проводились раз в месяц. Результаты измерений за 2 года показывают, что прочностные свойства нити остались на том же уровне.

В результате были определены исходные данные для составления технологического регламента получения нового вида арамидных нитей согласно патента РФ № 2409710.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шаблыгин М.В., Константинов В.М., Токарев А.В. Исследование кинетики синтеза ароматических диаминов и дихлорангидридов// Сборник под ред. Кудрявцева Г.И. «Термостойкие волокна» 1974. – вып.1. – ч.2.
2. Файнберг Э.З., Шаблыгин М.В., Константинов В.М., Токарев А.В. Взаимодействие ароматического диамина в амидо-солевых системах// Сборник под ред. Кудрявцева Г.И. «Термостойкие волокна», 1974. – вып.1. – ч.1. – С.137-142.
3. Авророва Л.В., Шаблыгин М.В., Диброва А.К. «ИК-спектроскопическое исследование процесса осаждения полимера при получении волокон СВМ»// Сборник под ред. Кудрявцева Г. И. «Термостойкие волокна», 1974. – вып.2. – ч.1. – С.99-106.
4. Рассолова Э.А., Авророва Л.В., Токарев А. В., Шаблыгин М.В., Кудрявцев Г.И. Особенности получения и структура волокон СВМ // Сборник под ред. Кудрявцева Г. И. «Термостойкие волокна», 1974. – вып.2. – ч.1. – С.182-186.
5. Щетинин В.М., Никитина О.А., Шаблыгин М.В., Матвеев В.С. Влияние параметров непрерывной термообработки на ориентационные яв-

ления в волокне СВМ// Сборник под ред. Кудрявцева Г. И. «Термостойкие волокна», 1977. – ч.1. – С.70-76.

6. *Никитина О.А., Шаблыгин М.В., Федорова Р.Г., Кудрявцев Г.И.* Структурные особенности волокон из смеси термостойких полимеров // Химические волокна, №1. – С.34-36.

7. *Васильева И.А., Оприц З.Т. и др.* пат. РФ №1197517. Способ получения полиимидного волокна.

ВЛИЯНИЕ ПОЛИ-N-ВИНИЛПИРРОЛИДОНА НА ПРОЦЕСС КРАШЕНИЯ МЕХОВОЙ ОВЧИНЫ КИСЛОТНЫМИ КРАСИТЕЛЯМИ

Заускин С.Г., Репин А.Г.

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

В настоящее время для крашения меха широко используются индивидуальные и смесовые кислотные красители, которые позволяют получать окраску волосяного покрова с широкой гаммой цветов от ярких фантазийных до традиционно темных оттенков.

Недостатком многих кислотных красителей является неравномерность окраски волосяного покрова, как по площади шкурки, так и по длине волоса. Это, главным образом, связано с высокой степенью агломерации молекул красителя в растворе, а также с высокой активностью кислотных групп молекул красителя. В результате стадия диффузии красителя внутрь волоса затрудняется, а быстрое связывание красителя с группами основного характера кератина волоса приводит к неравномерному окрашиванию.

Для повышения равномерности окраски волосяного покрова используют специальные материалы, называемые выравнивателями [1]. Механизм действия выравнивателей достаточно сложен. Главным образом он заключается в выравнивании средства красителя и окрашиваемого материала.

В данной работе была исследована возможность использования поли-N-винилпирролидона (ПВП) в качестве выравнивателя при крашении волосяного покрова меховой овчины кислотными красителями.

Многообразием свойств водорастворимого полимера ПВП являются его высокая адсорбирующая способность, склонность к комплексообразованию с биологическими материалами, поверхностно-активными веществами и красителями [2], что может оказать влияние на все стадии крашения волокнистых материалов.

Объекты и методы исследований.

В работе использованы образцы дубленого полуфабриката меховой овчины, ПВП с молекулярной массой $9,0 \cdot 10^3$, кислотные красители для меха желтого, красного и синего цветов.

Крашение проводили окуночным способом по следующей методике:

- жидкостной коэффициент – 40;
- температура рабочего раствора – $52 \pm 2^{\circ}\text{C}$;
- концентрация красителя – 2 г/л;
- общее время крашения – 3 ч.

Поскольку ПВП не обладает поверхностной активностью, для повышения набухания волосяного покрова в воде и диффузии красителя образцы меховой овчины предварительно обрабатывали раствором неионогенного поверхностно-активного вещества (НПАВ) Неонол 9,9.

Для оценки интенсивности и равномерности окраски волоса использовали спектральные характеристики, полученные на спектрофотометре SPECORD M-40. Были исследованы спектры отражения верхней и нижней половин окрашенного волоса.

В работе применяли три схемы крашения. По первой схеме образцы меховой овчины, обводненные в растворе НПАВ и отжатые, окрашивали в растворе кислотных красителей. По второй схеме образцы меховой овчины, обводненные в растворе НПАВ и отжатые, обрабатывали раствором ПВП, отжимали излишки раствора и подвергали крашению. По третьей схеме образцы меховой овчины, обводненные в растворе НПАВ и отжатые, также обрабатывали раствором ПВП, и, не сливая раствор ПВП, добавляли раствор красителя. Во всех схемах начинали крашение в нейтральной среде, а через 0,5 часа от начала крашения добавляли раствор муравьиной кислоты до pH 3,5-4.

Прежде всего, была изучена зависимость интенсивности и равномерности окраски волосяного покрова от концентрации ПВП при его использовании в предварительной обработке образцов (окраска по второй схеме) и непосредственно в красильной ванне (окраска по третьей схеме). Интенсивность окраски оценивали по коэффициенту отражения, измеренному при характеристической для данного красителя длине волны (табл. 1, 2).

Таблица 1

Зависимость коэффициента отражения волоса, окрашенного Кислотным желтым для меха, от концентрации ПВП в красильном растворе

Концентрация ПВП, %	Коэффициент отражения, %	
	верхней части волоса	нижней части волоса
0	3,9	4,5
2	3,7	4,0
5	3,7	3,8
10	3,7	3,8

Таблица 2

Зависимость коэффициента отражения волоса, окрашенного Кислотным красным для меха, от концентрации ПВП в красильном растворе

Концентрация ПВП, %	Коэффициент отражения, %	
	верхней части волоса	нижней части волоса
0	7,6	12,3
2	7,4	11,7
5	7,0	11,7
10	7,0	11,7

Как видно из данных табл. 1 и 2, использование ПВП в обоих случаях повышает интенсивность окраски волоса, однако в интервале концентраций ПВП от 2 до 10% коэффициент отражения остается практически. Для дальнейших исследований выбрана концентрация ПВП 5%.

На рис. 1-3 представлены фрагменты спектров отражения окрашенного волоса меховой овчины по разным схемам.

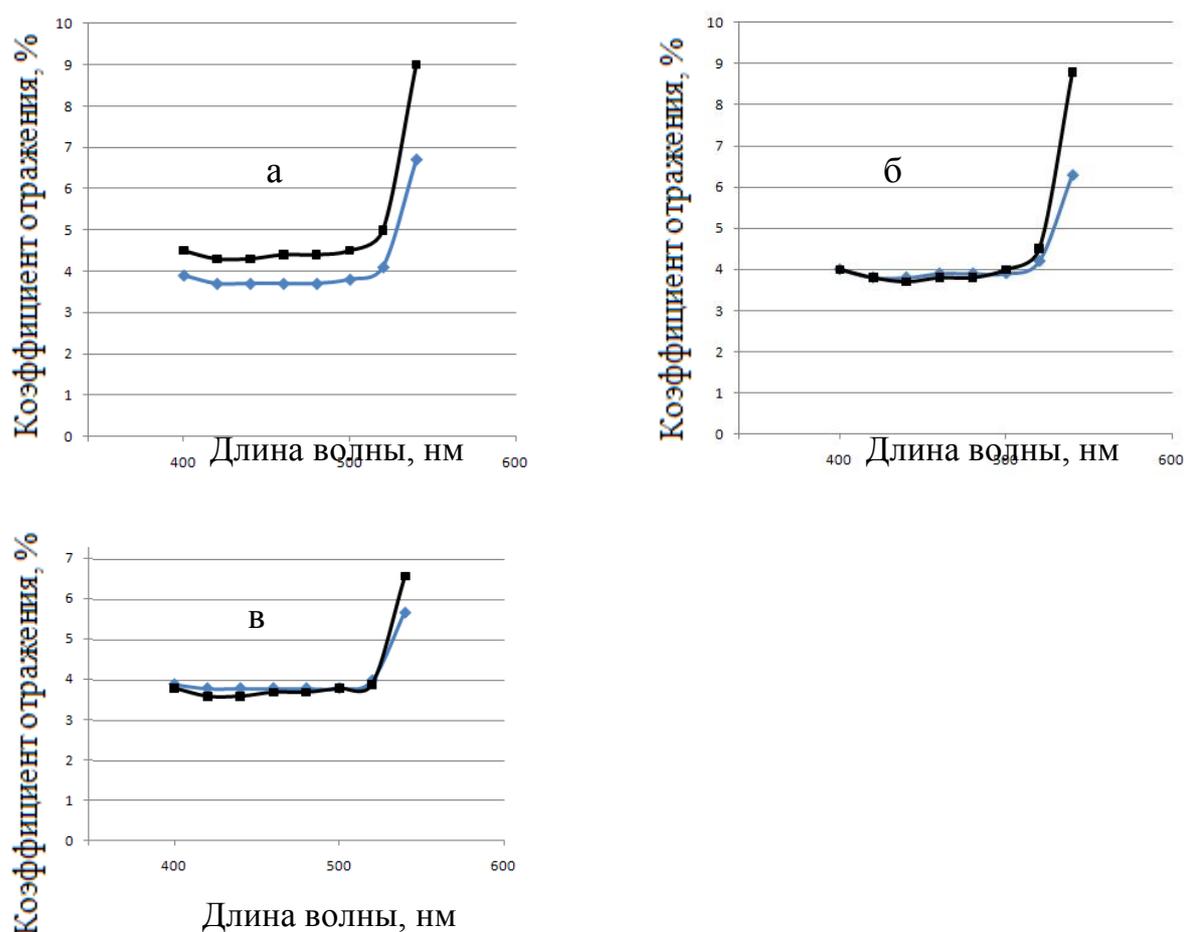


Рис. 1. Спектры отражения волосяного покрова меховой овчины, окрашенного Кислотным желтым для меха без обработки ПВП (а), после предварительной обработки ПВП (б) и в присутствии ПВП в красильной ванне (в). Верх волоса (◆), низ волоса (■)

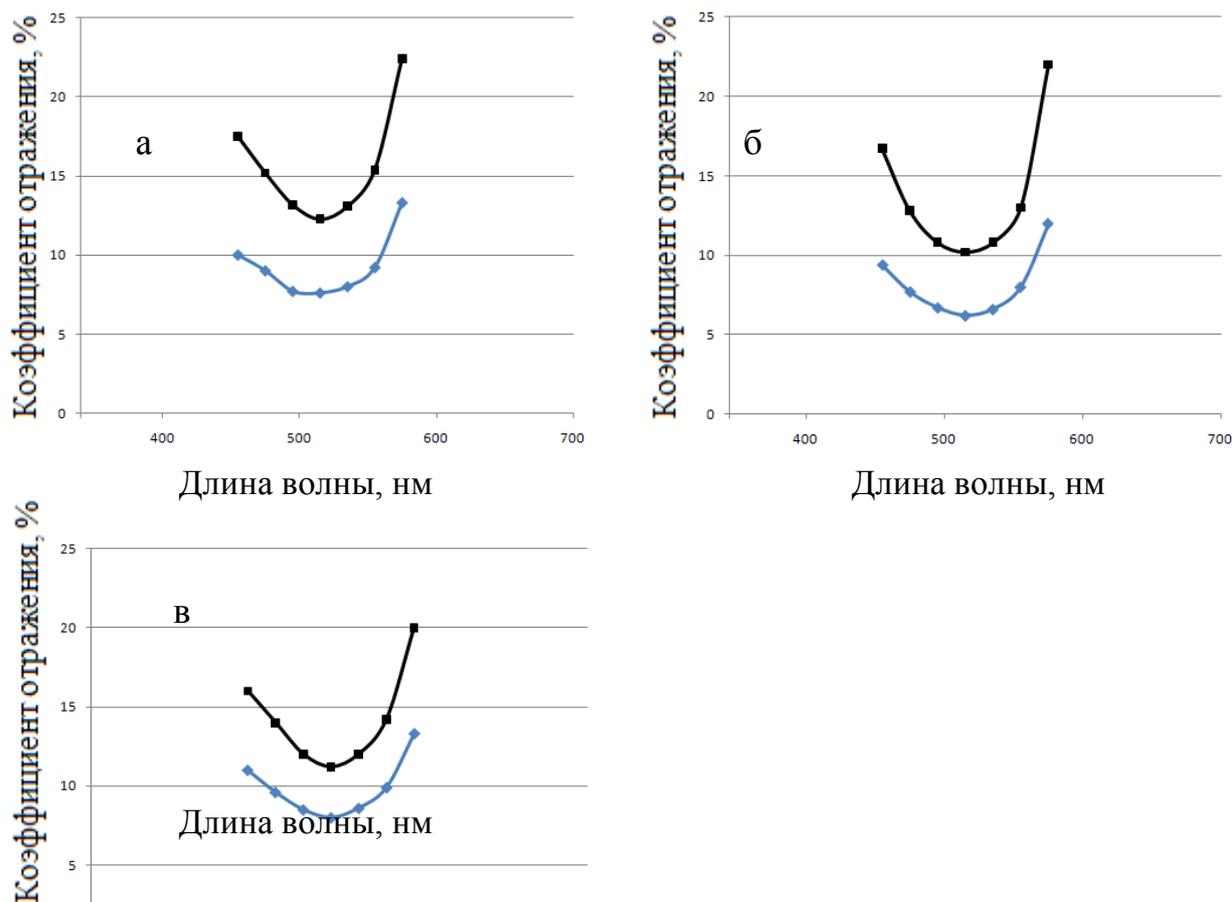


Рис. 2. Спектры отражения волосяного покрова меховой овчины, окрашенного Кислотным красным для меха без обработки ПВП (а), после предварительной обработки ПВП (б) и в присутствии ПВП в красильной ванне (в). Верх волоса (◆), низ волоса (■)

Исследования показали, что, несмотря на некоторые различия в сорбционной способности кислотных красителей, наблюдаются общие закономерности. Так, окраска волосяного покрова меховой овчины без обработки ПВП неравномерна по площади образца и по высоте волоса (рис. 1а, 2а, 3а). Верхняя половина волоса имеет более темную окраску, чем нижняя (чем ниже коэффициент отражения, тем темнее окраска материала).

При обработке волосяного покрова раствором ПВП перед крашением, окраска волоса становится более темной и более равномерной как по площади образца, так и по высоте. Спектры отражения верхней и нижней половин волоса либо практически полностью сливаются (рис. 1б, 3б), либо приближаются друг другу (рис. 2б). При этом для всех красителей спектры отражения волоса, окрашенного по второй схеме, несколько ниже, чем по первой схеме.

В том случае, когда крашение волосяного покрова меховой овчины проходило в присутствии ПВП (окраска по третьей схеме), окраска волоса получалась несколько светлее, чем по второй схеме. Однако равномерность окраски была самой высокой (рис. 1в, 2в, 3в).

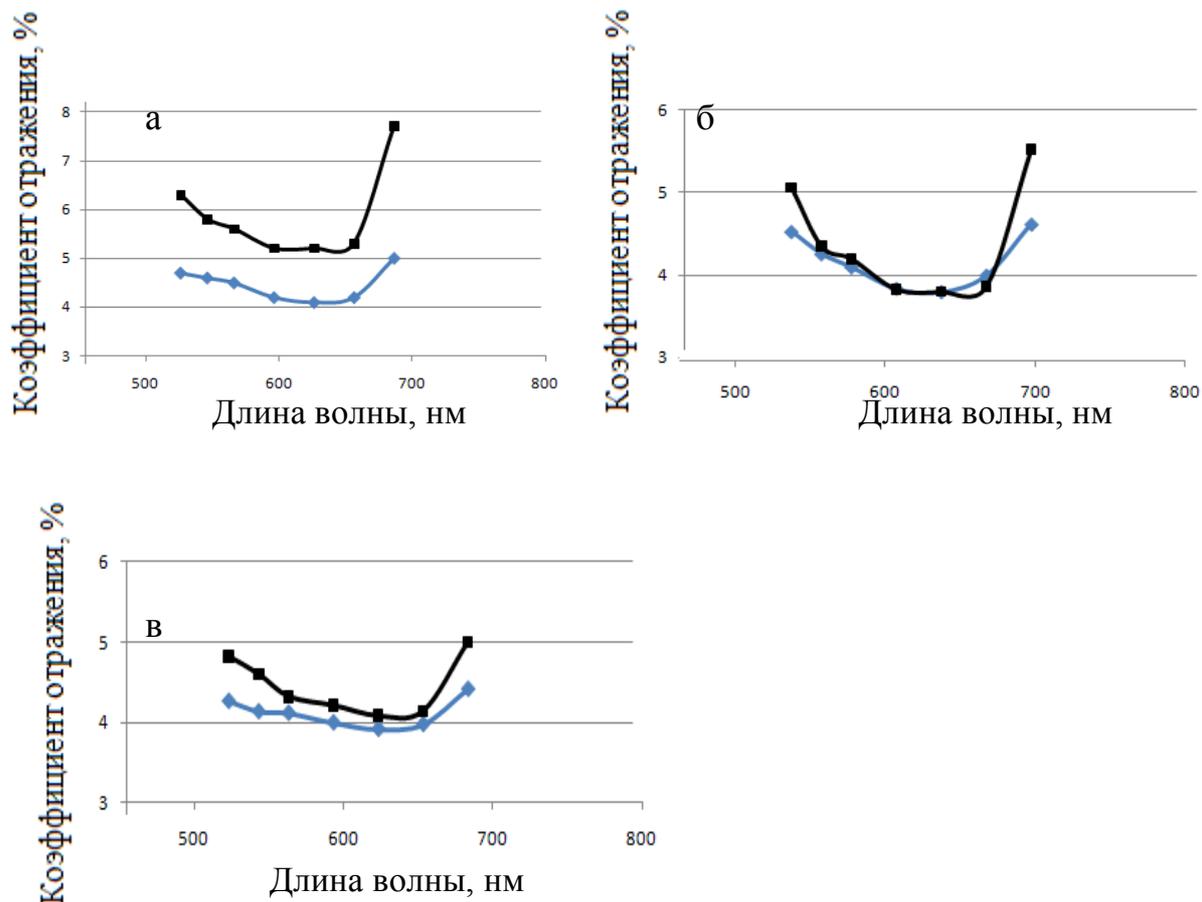


Рис. 3. Спектры отражения волосяного покрова меховой овчины, окрашенного Кислотным синим для меха без обработки ПВП (а), после предварительной обработки ПВП (б) и в присутствии ПВП в красильной ванне (в). Верх волоса (◆), низ волоса (■)

На основании проведенных исследований можно предположить следующий механизм действия ПВП при крашении меховой овчины кислотными красителями. При обводнении волоса НПАВ происходит частичное разрыхление кератинового волокна и структура волоса становится достаточно открытой для проникновения в нее макромолекул ПВП и структурных агломератов красителя. В нейтральной среде благодаря высокой гидрофобной адгезии молекулы ПВП равномерно распределяются на поверхности волоса и удерживаются на белковом материале за счет координационных связей. Кроме того, третичный азот молекул ПВП способен взаимодействовать с кислотными группами кератина волоса, тем самым, открывая доступ молекулам красителя к группам основного характера. После подкисления молекулы кислотного красителя, будучи анионами, достаточно активно связываются с положительно заряженными аминоклупами белка. Адсорбированный ПВП также может принимать участие в связывании кислотного красителя, образуя систему кератин волоса-ПВП-краситель. Благодаря ПВП окраска волосяного покрова меховой овчины

получается более интенсивной, и, самое главное, более равномерной по площади образца и высоте волоса.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Закускин С. Г.* Использование текстильных препаратов в технологии крашения меховой овчины // В сб.: Инновационные и наукоемкие технологии в легкой промышленности: – М., МГУДТ, 2008.– С. 5-9.
2. *Кирш Ю.Э.* Поли-N-винилпирролидон и другие поли-N-виниламиды: Синтез и физико-химические свойства / Ю.Э. Кирш. – М.: Наука, 1998. – 252 с.

ИЗУЧЕНИЕ МОДИФИЦИРУЮЩЕГО ВЛИЯНИЯ МЕТАЛЛ-ПОЛИМЕРНЫХ КОМПЛЕКСОВ НА ПОКАЗАТЕЛИ СВОЙСТВ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Романенко А.А., Репин А.Г.

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

Актуальность данной темы обусловлена изучением свойств металл-полимерных комплексов, поведения и свойств металла в этих комплексах, что является приоритетным направлением в области химии полимеров, а также влияние металл-полимерного комплекса на показатели свойств текстильных материалов.

Цель данной работы - выбор оптимального способа синтеза металл-полимерного комплекса, изучение возможности его применения в качестве модифицирующего вещества для текстильных материалов, а также изучение свойств модифицированных материалов.

В качестве основных объектов исследования использовали поливинилпирролидон, тетраакватированный хлорид хрома (III), неонол, металл-полимерный комплекс, полученный на основе поливинилпирролидона, соли $\text{CrCl}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ и ненола в спиртоводной смеси, материал из натурального волокна – хлопка, материалы из искусственного волокна – полиэфирного и полипропиленового, а также материалы, пропитанные полученным комплексом. Предварительно были разработаны условия получения металл-полимерного комплекса и изучены структура и показатели свойств полученного комплекса.

В работе были получены образцы модифицированных комплексом материалов. Для анализа структуры и свойств комплекса и модифицированных материалов были использованы традиционные методы исследования. Термические характеристики материалов исследовали методом термогравиметрического анализа, были определены физико-механические

характеристики, показатели гигроскопичности, паропроницаемости образцов.

В результате проведенных исследований показано модифицирующее влияние металл-полимерного комплекса на исследованные характеристики свойств материалов.

Изучение металл-полимерного комплекса и его влияния на показатели свойств текстильных материалов предполагает дальнейшие исследования, поэтому будущие испытания могут быть направлены на изучение дополнительных показателей и характеристик металл-полимерного комплекса.

СЕКЦИЯ 5

**Автоматизация и информационные технологии
в управлении и производственных процессах
текстильной и легкой промышленности**

МЕТОДЫ СЕГМЕНТАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Разин И.Б., Миронов В.П., Муртазина А.Р.

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

В настоящее время компьютеры стали мощным средством быстрого и экономичного создания изображений. Фактически нет ни одной области, где не было бы определенного преимущества в использовании графических демонстраций, поэтому не удивительно, что компьютерная графика получила такое широкое распространение. И хотя при первых попытках применения компьютерной графики в науке и технике обязательным условием было наличие дорогого и громоздкого оборудования, современные достижения компьютерных технологий сделали компьютерную графику практически инструментом. Сегодня использование компьютерной графики стало довольно обычным явлением в таких разнообразных сферах, как наука, искусство, техника, промышленность, медицина, реклама, образование, обучение и быт.

Большинство систем автоматизированного проектирования в обувной промышленности используют ручной способ ввода информации о чертежах. Применение автоматизированных методов позволит сократить работу конструктора в два раза.

Четкое отделение границ относят к методам сегментации изображений. Необходимо отметить, что он является сложным и главным в процессе распознавания образов. Неточности, допущенные на этом этапе, приводят к не правильной классификации объектов, и как следствие, к ошибочным результатам [1]. Разработано несколько алгоритмов сегментации, но ни один из них не является универсальным, поэтому в разных областях применяют их модификации. Гонсалес и Вудс выделяют подходы, основанные на:

- резком изменении яркости на границе объекта и фона;
- допустимом изменении в пределах определенного значения.

В алгоритмах первой группы используют теорию математической морфологии. Она была сформулирована в 1964 году в совместной работе Жоржа Матерона и Жана Серры. В последующие годы эту теории корректировали и дополняли. В течение 1960-х и большей части 1970-х годов, в морфологии рассматривались только чёрно-белые изображения [2]. В этот

период создано большое количество бинарных операторов и методов: расширение, эрозия, открытие, закрытие, скелетизация. С середины 1970-х до середины 1980-х годов, морфологию обобщили на изображения в оттенках и разработали новые операторы, такие как морфологические градиенты и водоразделы [3].

В 1986 году был разработан детектор границ Кенни. На первом этапе удаляют помехи с помощью фильтра Гаусса. Далее вычисляют градиент, определяют значения первой производной по x и y , а потом рассчитывают угол наклона $Q = \arctan(G_x/G_y)$. После этого проходят по всему изображению и удаляют пиксели, яркость которых больше определенного порога. В конечном результате получают скелет объекта, описанный с помощью параметрической кривой.

Второй класс алгоритмов сегментации, основан на объединении групп пикселей в пределах определенного значения: методы кластеризации (K-средних, K-медианных, генетический алгоритм), разрез графа.

В 1950-х годах Гуго Штейнгаузом и Стюарт Ллойд создали методы K-средних и K-медианных. Они рассматривают множество пикселей, относящихся к разным классам. На начальном этапе определяют количество классов (обычно задает пользователь) и в случайном порядке назначают центры класса. Для каждой точки рассчитывают Евклидово расстояние:

$$r(x, y) = \left(\sum_{i=1}^m (x_i - y_i)^2 \right)^{1/2}, \text{ где } x_i, y_i - \text{координаты центра класса. Если по-}$$

лученное значение меньше допустимого, то пиксели объединяют и рассчитывают координаты центра по среднему арифметическому (для K-медианных по медиане). Следует отметить, что в качестве критерия принадлежности к одному классу необязательно брать Евклидово расстояние. Например, можно использовать расстояние Махаланобиса [1]. Итерации повторяют до тех пор, пока можно объединять точки. Недостатки этих алгоритмов: результат сильно зависит от исходных центров кластеров, не гарантирует оптимального разбиения, число классов нужно знать заранее.

В 1975 Джон Холланд применил эволюционные подходы в искусственных системах, а к середине 80-х был разработан генетический алгоритм. Суть его заключается в следующем: на начальном этапе по специальным критериям выбирают наиболее приспособленных кандидатов, далее их скрещивают и выбирают наилучшие результаты для следующей итерации. Алгоритм повторяют пока допустимо скрещивание (не истекло время, отведенное на вычисление; не превышен порог поколений).

Из теории графов был заимствован метод сегментации, основанный на построении разреза. Пиксели изображения рассматриваются как вершины графа, а расстояния между ними – его ребра. Пропускную способность ребра рассчитывают таким образом, чтобы её величина была большой для непохожих пикселей. Построение разреза требует поиска максимального

потока в графе. Существует несколько таких алгоритмов, различающихся степенью сложности и временем выполнения. Ребра, в которых поток равен пропускной способности, образуют разрез графа – границы фона и объекта.

Таким образом, рассмотренные методы дают представление о разнообразных способах сегментации изображений. Использование того или иного алгоритма зависит от поставленной задачи и требует эмпирических исследований. В результате экспериментов выявлено, что наиболее подходящим является детектор границ Кенни. Однако этот метод не учитывает толщину линии, поэтому необходима его доработка для корректного распознавания чертежей конструкций верха обуви. Возможна модернизация волнового алгоритма с использованием поиска «дыр». Суть метода заключается в следующем: по изображению проходят квадратом произвольного размера. В захваченной области определяют количество «дырок» (зона, ограниченная линией). Затем находят координаты границ – место пересечения линии и квадрата. Описанный метод позволяет получать линии необходимой ширины и классифицировать развилки. Предварительные эксперименты по обработке чертежей конструктивных основ верха обуви показали положительные результаты. Кроме того, намечен ряд направлений по сочетанию перечисленных подходов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. – М.: Издательство Техносфера, 2005.
2. Фурман Я. А, Кревецкий А. В., Передреев А. К и др. Введение в контурный анализ; приложения к обработке изображений и сигналов – 2-е изд., испр. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003.
3. http://masters.donntu.edu.ua/2010/fknt/tsibulka/library/article2_r.htm, Manisha Bhagwat, R. K. Krishna & Vivek Pise, Упрощенный алгоритм водораздела, 2010.

ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАСТЯЖЕНИЯ И РАЗРЫВА ТКАНЫХ ПОЛОТЕН И МАТЕРИАЛОВ НА ИХ ОСНОВЕ

Севостьянов П.А., Забродин Д.А., Дасюк П.Е.

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

В конце 20 века был сделан прогноз, что 21 век будет веком волокнистых материалов и изделий на основе материалов, вырабатываемых из волокон различной природы. Этот прогноз, сделанный более двух десятилетий назад, вполне оправдывается. Наряду с натуральными волокнами все большую долю в потребительских и технических изделиях занимают ис-

кусственные и синтетические волокна, в том числе нановолокна различного происхождения и структуры, причем их синтез становится все более целенаправленным и управляемым, с целью получать волокна с заранее заданными свойствами. Взамен традиционным конструкционным материалам – металлам и сплавам – приходят композиционные материалы (КМ), стоимость которых уже такова, что допускает производство из них предметов широкого потребления.

Основой для получения этих материалов в большинстве случаев являются ткани и тканые структуры. Наиболее распространенным способом изучения прочностных характеристик КМ, в частности, их сопротивления растяжению и изгибу до разрушения, является натурный эксперимент, проводимый с опытными образцами материалов. Однако, такие эксперименты весьма дорогостоящи и продолжительны, причем не всегда приводят к желаемым результатам.

Другой подход, основанный на математическом компьютерном моделировании [1, 2, 3], представляет немалые трудности. Они вызваны необходимостью учета анизотропности КМ и неоднородностью их структуры, которые обусловлены именно наличием основы КМ из ткани. Эти трудности моделирования вызвали к жизни несколько подходов, в основном, развитых из уже хорошо изученных и зарекомендовавших себя моделей разрушения материалов, которые можно рассматривать как сплошную среду. С одной стороны, это модели образования и развития трещин [4], с другой стороны, модели, в которых прочностные характеристики материала описываются случайными полями, флуктуации которых приводят к возникновению областей концентрации напряжений и деформаций и являются источниками разрушения материала [5]. Однако, учесть в таких моделях структурную неоднородность КМ, связанную с наличием в нем основы из ткани, достаточно сложно и противостоит по отношению к тем исходным предположениям, которые лежат в основе этих моделей. В отличие от материалов «типа сплошной среды», развитие деформации, нарушение целостности и разрушение в тканях, трикотажных полотнах и КМ на их основе происходит перманентно, в разных локальных областях – дислокациях, в течение достаточно долгого периода времени и не носит катастрофического характера.

Поэтому задача поиска новых подходов к моделированию КМ, учитывающих не только особенности их строения, но особенности механизма и динамики деформации и разрушения, является актуальной. Авторами была исследована и реализована в виде комплекса алгоритмов и соответствующего программного обеспечения система моделирования растяжения и разрыва тканей и КМ на их основе. В ее основу положены следующие составляющие, объединенные в одной модельной системе:

- геометрическая модель расположения нитей основы и утка в ткани. При этом учитываются случайные вариации в толщине, положении, пло-

щади перекрытия нитей на разных участках переплетения нитей основы и утка. Сделано отступление от широко распространенного в моделях представления о нитях утка и основы в ткани как круговых цилиндров с искривленной осью;

- задание механических прочностных характеристик этих нитей, значения которых также случайным образом варьируют для разных участков перекрытий нитей;

- математическая модель взаимодействия нитей основы и утка на участке их перекрытия друг другом и сухого трения между ними;

- математическая модель взаимодействия участков нитей основы и утка в соседних перекрытиях с учетом фазы строения ткани;

- математическая модель динамики развития деформации в образце материала под действием внешней нагрузки. При этом учитываются вероятностные вариации свойств нитей и их взаимодействия и условия разрыва элементов нитей при достижении в них предельных напряжений. Модель также допускает включение усталостных эффектов и эласто-пластических составляющих деформации. В процессе развития деформации в ткани меняются не только ее геометрические параметры, но и прочностные свойства нитей;

- математическая модель распространения по материалу областей дислокации, в которых возникают местные нарушения целостности материала и которые по мере развития деформации приводят к разрушению всего образца. При этом для разработки алгоритма использован известный механизм перколяции, уже с успехом применявшийся для описания многих подобных явлений, а также эвристические алгоритмы развития и распространения повреждения ткани.

Разработанный моделирующий программный комплекс показал свою эффективность по сравнению с известными программными системами, ориентированными на решение аналогичных задач, по критерию затрат времени на моделирование. Его преимущество заключается также в том, что в его основе лежат очевидные и закономерные представления о физической природе моделируемого процесса деформации, нарушения целостности и разрушения тканых полотен, что делает модель пригодной для моделирования широкого класса тканей и КМ на их основе и дает основу для адекватного развития модели и учета различных дополнительных факторов, влияющих на данный процесс.

ЛИТЕРАТУРА

1. Севостьянов А.Г., Севостьянов П.А. Моделирование технологических процессов (в текстильной промышленности). Учебник для вузов / – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 344 с.

2. *Севостьянов П.А.* Компьютерные модели в механике волокнистых материалов: монография – М.: "Тисо Принт". 2013. – 254 с. - ISBN 978-5-9904852-1-1.

3. *Севостьянов П.А., Забродин Д.А., Дасюк П.Е.* Компьютерное моделирование в задачах исследования текстильных материалов и производств. – М.: "Тисо Принт". 2014. – 264 с. ISBN 978-5-9904852-2-8.

4. *Плювинаж Г.* Механика упругопластического разрушения: Пер. с франц. – М.: Мир, 1993. – 450 с., илл. ISBN 5-03-002508-1.

5. *Овчинский А.С.* Процессы разрушения композиционных материалов: имитация микро и макромеханизмов на ЭВМ / А.С. Овчинский. – М.: Наука, 1978. – 278 с. ISBN 5-02-005986-2.

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК

Бузик Т.Ф.

**Дмитровградский инженерно-технологический институт – филиал
НИЯУ МИФИ, Россия**

Стремительный рост и дифференциация спроса на все виды информации, а также повышение требований к содержанию и формам представления данных являются важными стимулами развития рынка информационных технологий. Владение достоверной и актуальной информацией и умение эффективно применять современные методы и средства ее сбора, преобразования и передачи является основой успешной деятельности предприятий и организаций независимо от их организационно-правовой формы.

В настоящее время метод экспертных оценок широко применяется для формирования решения по различным неформализуемым проблемам, возникающих в различных отраслях, объединениях и на предприятиях. Для большого числа неформализуемых проблем в различных областях деятельности экспертные процедуры являются необходимыми, а иногда и единственным средством их решения.

Обработка результатов экспертизы представляет собой трудоемкий процесс, в результате выполнения которого необходимо провести обработку материалов экспертных оценок, позволяющую выявить обобщенное мнение и степень согласованности индивидуальных оценок экспертов. Выполнение операций вычисления оценок и показателей их надежности вручную связано с большими трудовыми затратами даже в случае решения простых задач упорядочения. В связи с этим целесообразно использовать вычислительную технику и соответствующее программное обеспечение.

Целью данной работы является разработка автоматизированной системы обработки экспертных оценок, решающей задачу преобразования

информации, получаемой от экспертов, в форму, удобную для дальнейшего анализа, а также направленной на подготовку и принятие рационального решения. Для достижения поставленной цели решены следующие задачи:

- проанализированы различные подходы к реализации метода экспертной оценки на практике с применением компьютерной обработки данных;
- выявлены основные этапы реализации экспертного метода с применением компьютерной обработки данных;
- разработана автоматизированная система обработки экспертных оценок.

Автоматизация метода экспертной оценки показателей основывается на организационном, техническом, программном и информационном обеспечении, реализация которых в совокупности и составляет автоматизированную технологию экспертной оценки показателей качества. Разработана автоматизированная система экспертного метода оценивания на языке C# в среде разработки Visual Studio 2010. Язык программирования C# имеет большие возможности по реализации различных методов программирования.

Необходимо отметить, что среда разработки Visual Studio 2010 удобна и проста для разработчика, имеет компоненты Windows form, позволяющие создать интерфейс на том уровне, к которому привыкли все пользователи ОС Windows. Данная среда имеет возможность создавать и подключать сторонние дополнения для расширения функциональности практически на каждом уровне, включая добавление поддержки систем контроля версий исходного кода.

При организации новой экспертизы ее руководитель вносит в автоматизированную систему информацию о названии экспертизы, перечень показателей, на основании которых система автоматически формирует бланк анкеты для последующего его заполнения экспертами. Видом опроса является анкетирование, при котором предполагается индивидуальная работа эксперта, обладающим специальными (профессиональными) знаниями. В этом случае для оценки степени значимости каждого показателя объекта экспертом предпочтение отдается методу простой ранжировки. Выполнение всех данных действий соответствует первому этапу проведения экспертизы.

На втором этапе все данные из анкет автоматически импортируются в систему, сохраняются и подготавливаются к третьему этапу – анализу и обработке данных. Полученные данные формируются в сводную таблицу, в результате обработки которых автоматически производятся следующие операции: выявление согласованности мнений экспертов; оценивание значимости коэффициента согласованности; выявление и исключение сомнительных экспертов; определение весомости каждого показателя.

Собранные мнения экспертов обрабатываются как количественно (численные данные), так и качественно (содержательная информация). На четвертом этапе формируется отчет о результате проведенного анализа, который хранится в системе.

Соблюдение всех основных принципов построения интерфейса позволило создать систему, использование которой не составляет больших временных затрат, а также позволяет повысить эффективность работы пользователя.

Разработанный программный продукт реализует все необходимые задачи, а именно:

- автоматизированный ввод данных в программный продукт;
- выполнение обработки и анализа экспертных оценок;
- получение результатов анализа в виде гистограммы;
- хранение данных в базе данных.

В дальнейшем, при работе с программой, пользователь имеет возможность посмотреть бланк анкеты, оценки экспертов и отчет об экспертизе, вызвав соответствующее контекстное меню.

К видам задач, которые решаются с помощью автоматизированной системы экспертных оценок, необходимо отнести:

- определение решения какой-либо задачи с оценкой показателей по их степени значимости;
- выбор вариантов принятия решений в определенной ситуации с оценкой их предпочтительности;
- определение целей и задач с упорядочением их по степени важности.

Экспертный метод оценки уровня качества текстильной продукции используется в тех случаях, когда невозможно или очень затруднительно применить методы объективного определения значений единичных или комплексных показателей качества такими методами как инструментальный, эмпирический или расчетный. Следовательно, актуально применение автоматизированной системы обработки экспертных оценок при:

- обобщенной оценке качества продукции;
- разработке классификации продукции;
- определении номенклатуры показателей качества продукции;
- определении коэффициентов весомости показателей качества продукции;
- выборе базовых образцов и безразмерных значений базовых показателей качества;
- аттестации продукции и сертификации.

Практическая значимость работы заключается в том, что использование автоматизированной системы обработки экспертных оценок позволяет повысить качество и эффективность процедур сбора, обобщения и

анализа мнений специалистов и преобразовать их в форму, наиболее удобную для принятия обоснованного решения. Разработанный программный продукт может использоваться в различных сферах деятельности, где применяются экспертные оценки при формировании и принятии необходимых решений.

ДЕФОРМАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА НАСТИЛОВ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Абрамов В.Ф., Литвин Е.В., Соколов В.Н.

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

В лёгкой промышленности раскрой текстильных материалов производится в многослойных настилах с использованием механического режущего инструмента – лезвий. Резание лезвием – процесс направленного разрушения материалов, который в общем случае включает этап сжатия настилов до возникновения в месте контакта режущей кромки лезвия с материалом разрушающего напряжения, а также этап разделения слоёв материала.

Большинство раскраиваемых в настилах материалов обладает вязкоупругими свойствами, которые проявляются в различной степени в зависимости от скорости резания и времени силового взаимодействия лезвия с материалом.

Основной характеристикой этого взаимодействия является усилие резания – сила сопротивления слоёв материала внедрению в них лезвия. Знание величины усилия резания необходимо для разработки конструкции, определения рациональных параметров раскройных ножей и установления режимов раскроя, что в конечном итоге определяет конструкцию и характеристики раскройного устройства в целом.

Для оценки усилия взаимодействия режущего инструмента и материала в настиле необходимо знать деформационно-прочностные свойства этого материала, и прежде всего характер зависимости между напряжением и деформацией во взаимосвязи с продолжительностью воздействия на него лезвия.

Актуальность этой задачи значительно возросла с момента создания автоматизированных раскройных комплексов и до настоящего времени не является полностью решённой.

При раскрое взаимодействие лезвия и настила материала происходит в плоскости резания, которая может быть расположена под различными углами к плоскости настила. Поэтому оценку деформационных свойств настила необходимо производить с учетом его анизотропии, а также вида, режимов резания и параметров рабочего инструмента.

Авторами проведено исследование по общей оценке релаксационных свойств и анизотропии настиллов ткани. Исследование проводилось на установке «Relax», разработанной профессором Бурмистровым А.Г.

Установка была приспособлена для испытания настиллов ткани на сжатие стержнем (индентором) длиной 120 мм, диаметром 6 мм. Индентор укладывался на настил в различных направлениях относительно утка и основы ткани: в направлении оси x (вдоль утка), оси y (вдоль основы) и под углом 45° к этим осям. Для каждого направления проводили пять измерений, а статистическая обработка полученных данных выполнялась специальной компьютерной программой. Были исследованы настиллы из 32 слоёв шерстяной костюмной ткани, хлопчатобумажного сатина и трикотажа при напряжении 0,1 МПа.

При испытании материала программное обеспечение установки фиксировало начальное положение h_0 индентора, максимальный ход h_m под нагрузкой, установившееся положение h_n после разгрузки и рассчитывала соответствующие относительные деформации: $\varepsilon_m = (h_m - h_0)/\delta$ – полную, $\varepsilon_n = (h_n - h_0)/\delta$ – пластическую, $\varepsilon_u = (h_m - h_n)/\delta = \varepsilon_m - \varepsilon_n$ – упругую суммарную, где δ – толщина настила; h_u – суммарная упругая деформация.

Среднее напряжение в образце перед разгрузкой рассчитывалось по формуле:

$$\sigma = k P/dl,$$

где k – поправочный коэффициент, учитывающий краевой эффект при деформации материала; P – нагрузка на индентор; d и l – диаметр и длина индентора.

Для дальнейших вычислений кривая упругого восстановления $h(t)$ аппроксимировалась суммой двух экспонент:

$$h(t) = K_1(e^{-\frac{t}{T_1}}) + K_2(e^{-\frac{t}{T_2}}), \quad K_1 + K_2 = 1,$$

где K_1 и K_2 – коэффициенты экспонент быстрого и медленного процессов восстановления упругой деформации; T_1 и T_2 – соответственно постоянные времени этих процессов.

По результатам аппроксимации вычисляли постоянные времени T_1 и T_2 быстрого и медленного процессов восстановления упругой деформации соответственно и коэффициенты K_1 и K_2 экспонент. После чего определяли составляющие упругой деформации (мгновенная упругая $\square_{mu} = K_1 \square_u$, и высокоэластическая $\square_{ve} = K_2 \square_u$) и рассчитывали параметры релаксационной модели (модуль мгновенной упругости $E_1 = \sigma/\square_{mu}$; модуль высокоэластичности $E_2 = \sigma/\square_{ve}$; равновесный модуль упругости $E_3 = \sigma/\square_u$; коэффициенты высокоэластической вязкости $\eta_1 = T_1 E_1$ и $\eta_2 = T_2 E_2$ быстрого мед-

ленного процессов релаксации соответственно; коэффициент пластической вязкости $\eta_3 = \Delta t \sigma / \square_n$, где Δt – время нагружения; пластичность $\Pi = \frac{\varepsilon_n}{\varepsilon_m} 100$.

Итоговые результаты испытаний после статистической обработки приведены в табл.1.

Физический смысл полученных показателей следующий:

E_1 – мгновенный модуль упругости, характеризует упругие свойства наиболее подвижных структурных элементов образца, проявляется при быстром нагружении и восстановлении деформации с постоянной времени T_1 ;

Таблица 1

Результаты испытаний

Направление положения оси индентора	Значения величин										
	E_1 , МПа	E_2 , МПа	E_3 , МПа	η_1 , МПа·с	η_2 , МПа·с	η_3 , МПа·с	T_1 , с	T_2 , с	K_1 , с	Π , %	X
Костюмная ткань (шерсть)											
X	1,960	22,050	1,792	0,104	83,300	1710	0,051	3,720	0,920	10,600	11,200
Y	0,690	64,450	0,674	0,058	101,300	3909	0,093	15,700	0,980	2,220	47,500
45 ⁰	2,040	37,000	1,918	0,086	132,400	2632	0,042	3,490	0,950	8,950	17,100
Сатин (хлопок)											
X	3,290	47,010	3,067	0,282	226,500	217	0,084	4,630	0,930	37,500	13,700
Y	3,220	47,820	3,004	0,273	225,200	155	0,085	4,550	0,930	38,600	14,100
45 ⁰	3,080	19,770	2,662	0,226	85,700	115	0,073	4,190	0,860	43,800	6,200
Трикотаж											
X	8,420	436,520	8,16	0,935	2217	1058	0,114	5,720	0,970	24,700	35,700
Y	8,270	258,780	7,97	0,653	1840	1329	0,074	7,290	0,960	15,800	27,900
450	9,350	201,650	8,85	0,833	1413	1028	0,082	6,670	0,960	25,400	21,800

E_2 – модуль высокоэластичности, характеризует упругие свойства менее подвижных структурных элементов с постоянной времени T_2 ;

E_3 – равновесный модуль упругости, являющийся суммарной характеристикой упругих свойств всех элементов структуры, проявляется при достаточно большом времени нагружения:

$$E_3 = 1/(1/E_1 + 1/E_2);$$

η_1 – коэффициент вязкости быстрого процесса восстановления деформации, характеризует внутреннее трение более подвижных структурных элементов;

η_2 – коэффициент вязкости медленного процесса восстановления деформации, характеризует внутреннее трение менее подвижных структурных элементов;

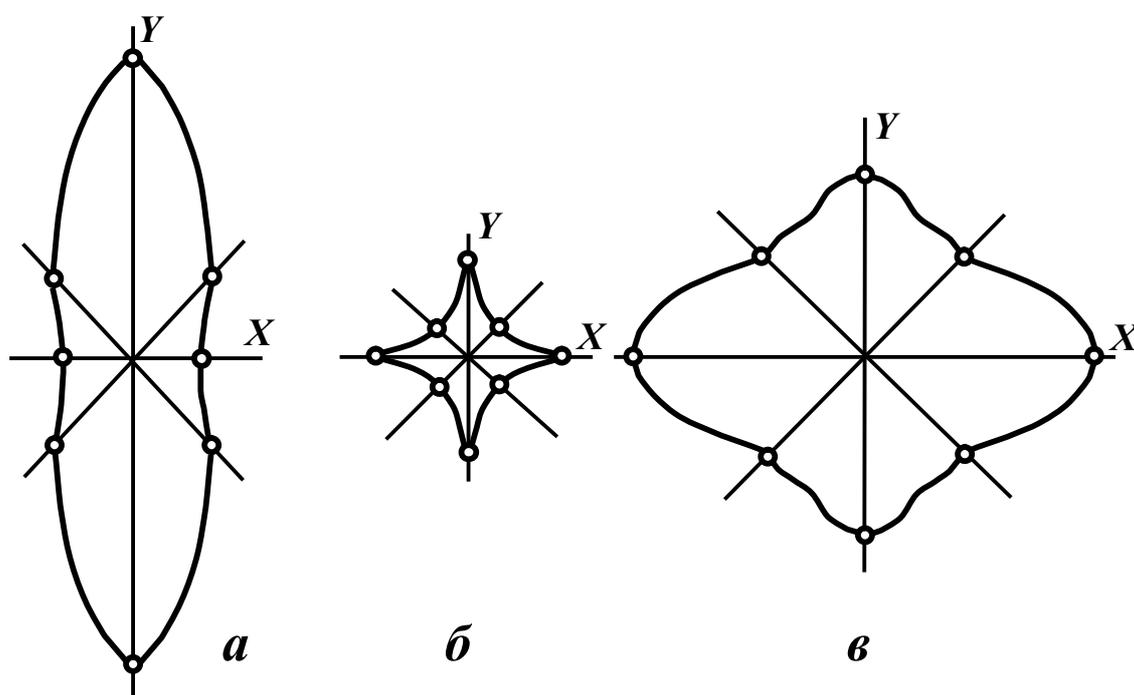
η_3 – коэффициент пластической вязкости, характеризует внутреннее трение при пластической необратимой деформации образца, коррелирует-

ся с пластичностью $\Pi = \varepsilon_n / \varepsilon_m$, показывающей отношение остаточной деформации образца к полной;

X – характер подвижности структуры, определяется как отношение быстрой составляющей упругого восстановления K_1 к замедленной K_2 , (отношение мгновенно-упругой деформации к высокоэластической):

$$X = \frac{K_1}{K_2} = \square_{mu} / \square_{ve}.$$

Этот показатель является наиболее информативным для оценки анизотропии релаксационных свойств настилов текстильных материалов. На рис.1 показаны годографы изменения характера X подвижности структур настилов для трёх типов исследованных материалов.



**Рис. 1. Годографы анизотропии характера подвижности настилов:
а – костюмной ткани, б – сатина, в – трикотажа**

Таким образом, настилы текстильных материалов проявляют существенную анизотропию релаксационных свойств, в особенности это характерно для плотных тканей.

В процессе релаксации деформации настилов преобладает быстрая мгновенно-упругая деформация с постоянной времени от 0,04 до 1,15 с. Доля высокоэластической составляющей с постоянной времени от 3 до 16 с в этом процессе незначительна и определяется характером подвижности X . При расчете длительности силовых воздействий на настилы материалов менее 0,5 с следует учитывать модуль упругости E_1 , постоянную времени T_1 и явную анизотропию материала.

В результате проведенного исследования получены характеристики материалов, необходимые для построения адекватных физико-математических моделей процесса технологического резания применительно к настилам текстильных материалов.

ВЫБОР СРЕДСТВ РАСПРЕДЕЛЁННОЙ 3D-ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ УЧЕБНЫХ ДИЗАЙН-ПРОЕКТОВ

Борзунов Г.И., Фирсов Д.А., Хаяльдинов Р.Р.

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

На осуществление визуализации трёхмерных сцен, дизайнеры, архитекторы, аниматоры и другие пользователи, тратят значительное количество времени при использовании высокопроизводительных вычислений. Визуализация 10-минутного видеоролика в высоком разрешении (1920×1080), в зависимости от сложности сцены, может потребовать от нескольких дней до недели [1]. При этом надо учесть: если в проект вносятся изменения, то все расчёты повторяются. Следовательно выполнение 3D-визуализации (3D-рендеринга) является одной из самых ресурсоёмких задач, которая требует больших вычислительных затрат и соответствующего специализированного программного обеспечения. Эти требования затрудняют широкое применение трёхмерных изображений в учебных дизайн-проектах. Одним из возможных способов преодоления этих трудностей является распараллеливание процесса визуализации на доступной программно-аппаратной базе. Ниже рассматриваются возможности реализации указанного подхода.

Анализ доступных источников информации показал, что наиболее популярными программными средствами трёхмерной визуализации среди дизайнеров, архитекторов и аниматоров являются MentalRay и V-Ray. Оба программных пакета поддерживают рендеринг с использованием алгоритмов трассировки луча (ray tracing) и построения фотонных карт (photon map), а также расчет и визуализацию глобального освещения (irradiance map). В комплект поставки обоих программных пакетов входит средство программирования (SDK) шейдеров (shader), визуализирующих эффекты сложных поверхностей и специальных материалов, что позволяет адаптировать систему 3D-визуализации к решению специфических задач. Важной особенностью этих систем 3D-визуализации является возможность работы в распределенном режиме, который позволяет существенно сократить время обработки трёхмерных сцен.

Из-за высокой стоимости пакет MentalRay (MR) используется, как правило, при реализации больших проектов. Примерами таких проектов являются фильмы: «Человек паук 3», «Особо опасен», «Загадочная история Бенджамина Баттона» и др. Следует отметить, что MR имеет формат

файлов 3D-сцен, обеспечивающий эффективное применение этого продукта, как для визуализации научных расчетов, так и для представления результатов дизайн-проектов.

Благодаря хорошему соотношению скорости расчета 3D-визуализации и качества полученного изображения, а также большим функциональным возможностям он активно применяется в архитектурной 3D-визуализации, успешно используется в кинопроизводстве и на телевидении [1, 2]. V-Ray является продуктом более доступным для пользователей благодаря своей относительно невысокой стоимости. Он работает как плагин для Autodesk 3ds Max, Cinema 4D, SketchUp, Rhino, TrueSpace, Autodesk Maya, как отдельный модуль Standalone, Blender (через Standalone - модуль) [3]. Важным преимуществом V-Ray является его функциональная совместимость с системой трёхмерного моделирования Autodesk 3ds Max, для которой имеется бесплатная академическая лицензия [4].

Существует ряд свободно распространяемых программных систем 3D-визуализации: Blender, Orge3D и IRender nXt и т.п. Для некоторых свободно распространяемых систем 3D-визуализации возможно использование SDK для расширения их функциональных возможностей. Но в целом большинство этих продуктов не имеют таких функциональных возможностей, какими обладают MentalRay или V-Ray, и не поддерживают возможность распределенной визуализации.

Учитывая приведённые выше результаты анализа состояния развития средств трёхмерной визуализации для использования в учебном процессе было выбрано комплексное решение (студия), основанное на пакете трёхмерного моделирования Autodesk 3ds Max и системе трёхмерной визуализации V-Ray. Ниже приводятся результаты исследования возможностей указанного комплекса при выполнении распределённой 3D-визуализации с использованием компьютеров, объединённых в локальную сеть.

Вычислительный эксперимент проводился последовательно с использованием одного, двух и трёх компьютеров. Все компьютеры имели одинаковые характеристики: процессор - Intel Core™2 Duo CPU, 2.67 GHz; ОЗУ – 2.0 GB. 3D-визуализация выполнялась для трёх сцен разной сложности: простой, средней и высокой сложности. Сцены средней и высокой сложности были получены из простой сцены путём добавления источников освещения и заменой материалов. Результаты вычислительного эксперимента приводятся на рис.1.

Данные, представленные на рис.1 свидетельствуют, что разница во времени 3D-визуализации растёт при усложнении сцены и при увеличении числа используемых компьютеров. Эта разница во времени была оценена в виде стандартного показателя – коэффициента ускорения (см. табл. 1). Среднее значение коэффициента ускорения при использовании трёх компьютеров оказалось равным 1,68 (см. табл. 1). Аналогично было опре-

делёно среднее значение коэффициента ускорения при использовании двух компьютеров (1,32). При этом разница между средними значениями коэффициентов ускорения составила 0,36. Следовательно, при увеличении числа используемых компьютеров среднее значение коэффициента ускорения возрастает примерно на 30%.

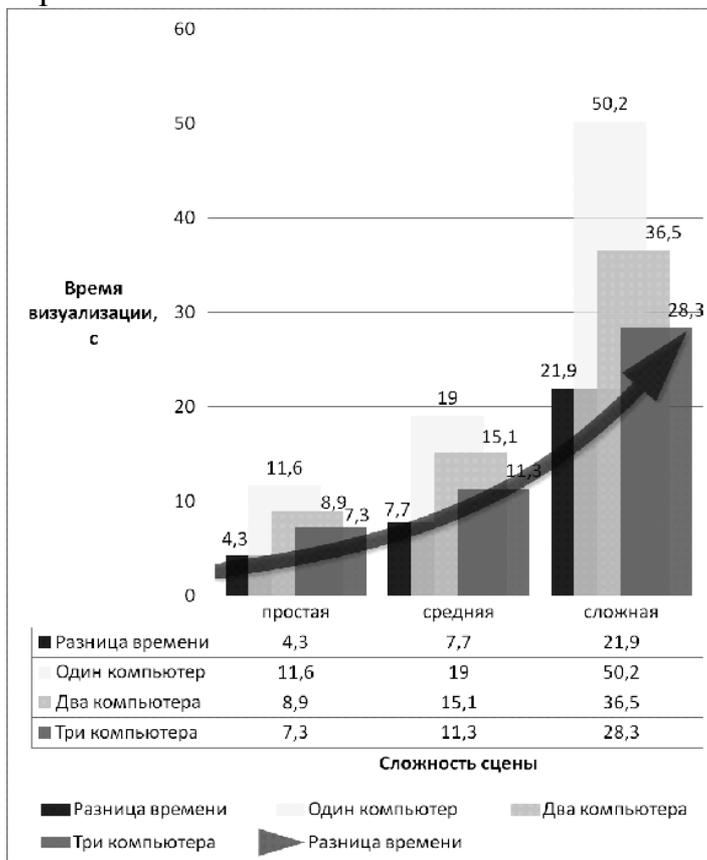


Рис. 1. Время, затраченное на 3D- визуализацию простой, средней и сложной сцены с использованием 1, 2, 3 компьютеров, объединённых локальной сетью

Таблица 1

Значение параметров времени рендеринга на 3-х машинах

Сложность сцены	Время визуализации с использованием одного компьютера	Время визуализации с использованием трёх компьютеров	Коэффициент ускорения	Среднее значение коэффициента
простая	11,6	7,3	1,59	1,68
нормальная	19	11,3	1,68	
сложная	50,2	28,3	1,77	

ВЫВОДЫ

Комплексное объединение пакета трёхмерного моделирования Autodesk 3ds Max и системы трёхмерной визуализации VRay позволяет сократить время 3D - визуализации за счёт использования распределённых вычислений в условиях учебных лабораторий. Указанная платформа мо-

жет быть рекомендована для выполнения лабораторных работ и учебных проектов: дизайн интерьера, архитектуры, графики для рекламы, визуализации научных расчетов, визуализации текстильных изделий и легкой промышленности.

ЛИТЕРАТУРА

1. *А.И. Панасюк, С.В. Маколов, Д.Ю. Астриков, Д.А. Кузьмин* Визуализация трехмерных моделей на суперкомпьютерных ресурсах// Научный сервис в сети Интернет: поиск новых решений: Труды Международной суперкомпьютерной конференции (17-22 сентября 2012 г., г. Новороссийск).- М.: Изд-во МГУ, 2012. – С. 69-74.

2. *Kuhlo Markus, Eggert Enrico.* Architectural Rendering with 3ds Max and V-Ray: Photorealistic Visualization. -Taylor & Francis, 2010. - 213 с.

3. V-Ray for 3ds Max Manual [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.vray.com/vray_for_3ds_max/manual/index.shtml.

4. 3D design, modeling, and visualization software [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.autodesk.com/products/3ds-max-design/overview>.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА КОНФЕКЦИОНИРОВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ В ПАКЕТ ДЛЯ ЖЕНСКИХ ЖАКЕТОВ РАЗНЫХ ЦЕНОВЫХ ГРУПП

Курсанова Е.А., Квасова А.А.

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

В условиях постоянно меняющейся конъюнктуры рынка результаты работы швейных предприятий зависят от того, насколько точно и правильно выбран сегмент рынка для проектирования одежды. В связи с усложнением структуры потребностей населения адресный подход к процессу проектирования одежды является важнейшим условием обеспечения сбыта продукции. В этом случае при проектировании одежды предприятия должны выявлять четко определенный сегмент рынка, его потребности и ожидания.

На сегодняшний день в области конфекционирования решаются различные вопросы, связанные с методами оценки свойств материала, его качества, автоматизацией процесса подбора материалов для изделий по тем или иным критериям. Однако не исследован вопрос о научно обоснованной дифференциации материалов по ценовым категориям и автоматизации данного процесса.

Исходя из актуальности проблемы, разработан программный продукт, позволяющий выполнять конфекционирование материалов с использованием различных баз данных.

На первом этапе работы в программе производится выбор изделий из базы данных, ориентированной на разные ценовые группы. Для наполнения данной базы были установлены модельные особенности, по которым можно дифференцировать модели по ценовым сегментам: силуэт, покрой рукава, сложность конфигурации рельефных швов и членений, типы воротников и уровень их сложности, степень унификации деталей, наличие оригинальных деталей и т.п. Однако некоторые элементы конструкции нельзя отнести только к одной ценовой группе, так как они встречаются в изделиях двух или трех ценовых сегментов. Несмотря на это, те конструктивные элементы (клапан, воротник, втачной рукав, и др.), которые встречаются в жакетах низкого, среднего и высокого ценовых сегментов и внешне похожи, в действительности отличаются разным уровнем качества (используемые материалы, технология изготовления).

На следующем этапе осуществляется работа по конфекционированию материалов, где с учетом выбранных модельных особенностей изделий происходит выбор и оценка материала на соответствие заданной ценовой категории.

Выбор материала изделия является одним из важнейших этапов проектирования модели изделия (жакета), так как материал не только существенно влияет на стоимость изделия, но и во многом определяет его потребительские свойства.

Материалы во многом определяют стоимость изделия. В свою очередь на стоимость материала влияют: волокнистый состав, страна и фирма-производитель, использование специальных отделок, применение инновационных разработок, эстетические показатели и степень надежности. Следовательно, от свойств материала зависит его принадлежность к высокой, средней или низкой ценовой группе.

Было установлено, что для потребителей женских жакетов разных сегментов те или иные свойства материала имеют разный приоритет. Так, например, для покупателей дорогих жакетов «инновационность», бренд и страна производитель более важны, чем показатели надежности и цена изделия; для низкого ценового сегмента наоборот.

Отнесение материала к той или иной ценовой группе осуществляется посредством оценки показателей качества (свойств) материала с учетом его цены. Полученные данные образца материала заносят в базу (рис.1).

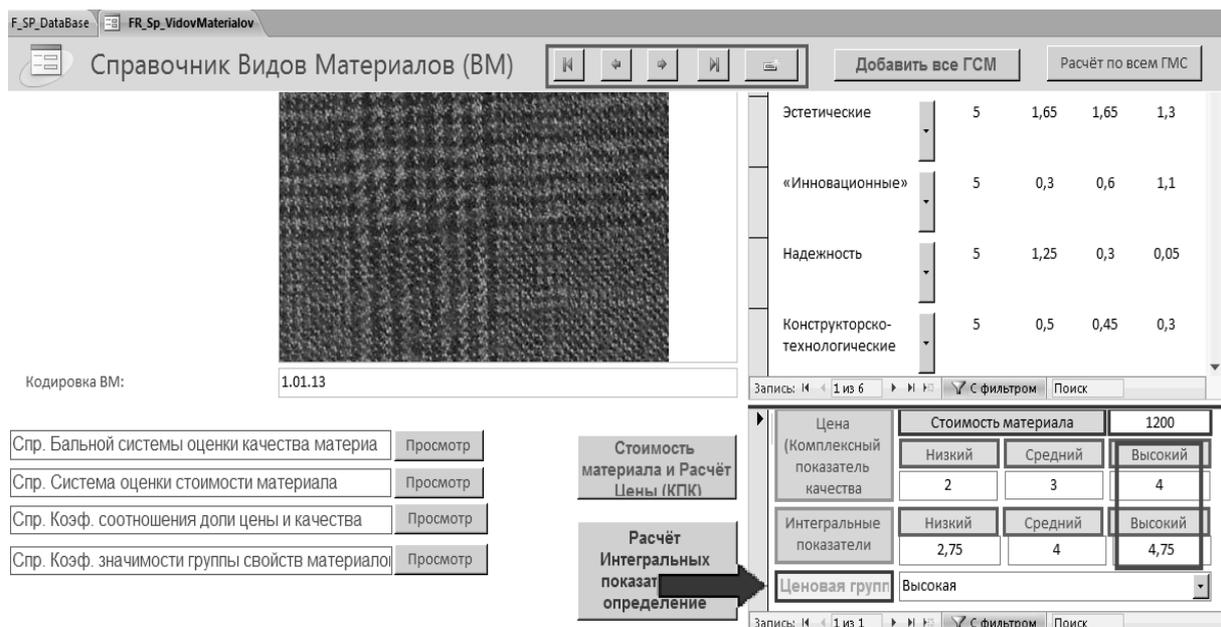


Рис. 1. Диалоговое окно определения ценовой группы материала

При конфекционировании материалов производится выбор материала верха из базы, после чего система определяет допустимые значения свойств подкладочного и прокладочного материала, тем самым уменьшая количество образцов выводимых из базы, затем производится их выбор (рис.2).

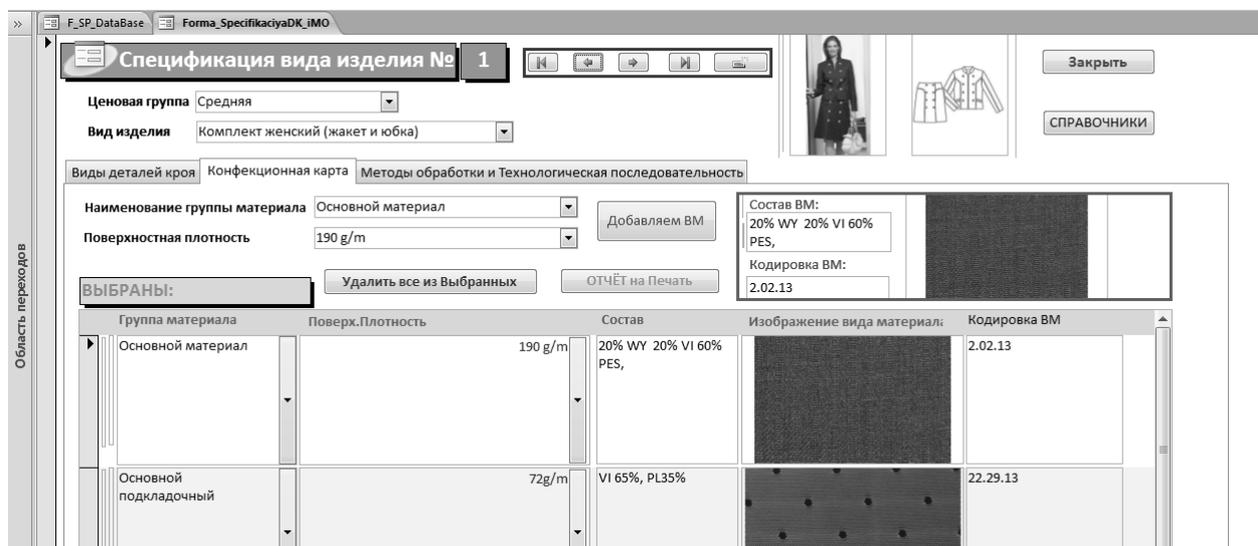


Рис. 2. Диалоговое окно конфекционирования материалов в пакет изделия

На следующем этапе с учетом выбранных свойств материалов производится выбор методов технологической обработки из базы данных, ориентированной на разные ценовые группы изделий. Было установлено, что для потребителей высокой, средней и низкой ценовых групп исполь-

зуются принципиально разные методы обработки узлов изделий, имеющие разную трудоемкость. Для недорогих изделий применяются типовые методы обработки, с максимальным использованием машинных операций, по возможности на полуавтоматах, при этом акцент ставится на сокращении времени на производство. При изготовлении дорогостоящих изделий наиболее важным критерием является качество, в связи с чем, выполнение большого числа операций происходит вручную, используется индивидуальная сборка; это в свою очередь значительно влияет на время изготовления и стоимость.

Таким образом, было установлено, что автоматизированный процесс конфекционирования материалов в пакет изделия (жакетов) для разных ценовых групп необходимо осуществлять с учетом модельных особенностей изделия и технологии его изготовления, которые оказывают влияние на выбор в пользу тех или иных характеристик свойств материалов.

СХЕМА СИНХРОННОГО ДЕТЕКТИРОВАНИЯ, ИНТЕГРИРОВАНИЯ И ХРАНЕНИЯ СИГНАЛА ДЛЯ ЗАПИСИ В КОМПЬЮТЕР

Шампаров Е.Ю., Григорян М.П.

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

Чувствительность измерительной техники – это ее важнейший параметр, определяющий качество и диапазон доступных измерений. Синхронное детектирование сигналов стандартно используют в тех случаях, когда чувствительность прямых измерений недостаточна [1]. При этом действие источника сигнала модулируют с некоторой опорной частотой. Ее же используют и при детектировании, перемножая сигнал с приемника с опорным. При перемножении возникает пропорциональная амплитуде принимаемого сигнала постоянная компонента, которую интегрируют в течение некоторого времени. В результате значение полученного сигнала оказывается намного больше, чем амплитуда принимаемого. В то же время шумовая компонента сигнала не интегрируется, а усредняется. На выход схемы интегрирования проходит шум в полосе равной обратной величине времени интегрирования. Чувствительность синхронных измерений растет обратно пропорционально их скорости [2].

Обычно для синхронных измерений используют готовую стандартную технику. Однако для универсальности построения входную цепь синхронного детектора делают высокоомной. В большинстве случаев выход приемника сигнала и вход синхронного детектора остаются несогласованными. Обладающий высоким входным сопротивлением синхронный детектор имеет не самые лучшие шумовые характеристики, что существенно ограничивает чувствительность измерений.

Другой немаловажной проблемой использования стандартного оборудования является сложность передачи регистрируемых параметров сигнала для записи в компьютер. Соответствующая техника, как правило, либо уже устарела и не обладает требуемыми характеристиками, либо имеет совсем уж неприличную стоимость. Стандартный универсальный прибор передает в компьютер всю массу информации о регистрируемом сигнале, тогда как на самом деле необходима лишь зависимость амплитуды принимаемого сигнала от времени. А с этим может справиться, например, сравнительно простой и недорогой USB-вольтметр.

Поэтому нами была разработана простая схема синхронной обработки (рис.1), обеспечивающая и согласование с выходом приемника сигнала, и хранение проинтегрированного сигнала для записи с помощью аналого-цифрового преобразователя USB-вольтметра в компьютер.

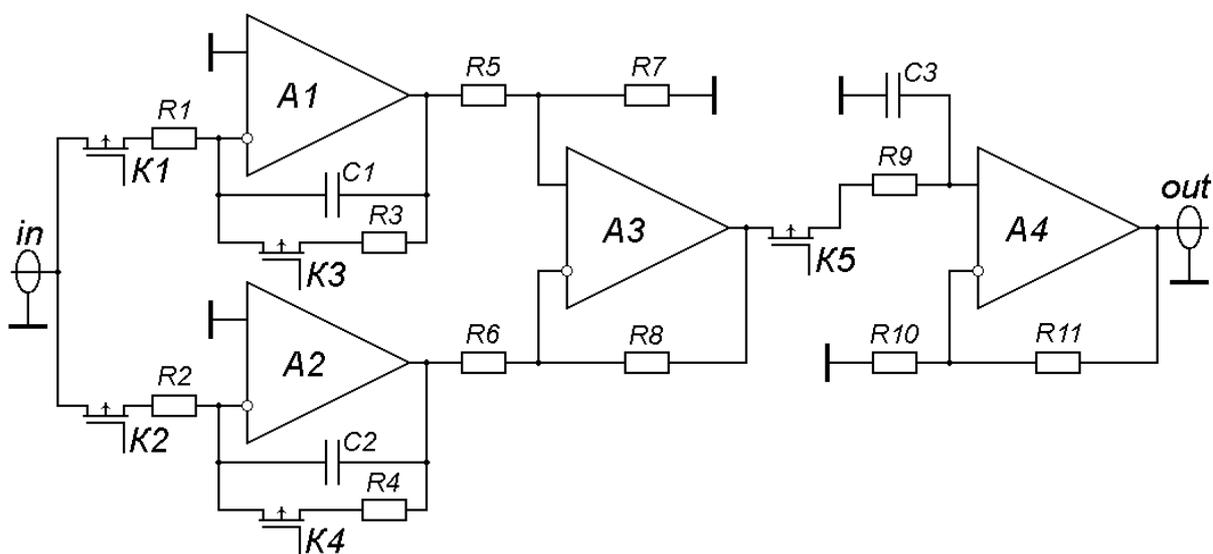


Рис. 1. Схема синхронного детектирования сигнала

В процессе детектирования положительную и отрицательную части сигнала синхронно коммутируем ключами K1 и K2 и подаем соответственно на входы симметричных интеграторов ($R_1=R_2$, $C_1=C_2$), построенных на операционных усилителях A1 и A2. После интеграторов сигнал поступает на вход симметричной схемы вычитания ($R_5=R_6$, $R_7=R_8$), построенной на операционном усилителе A3. После интегрирования на выходе схемы вычитания постоянная составляющая напряжения примерно равна

$$U \approx U_{in} R_7 \tau / (R_5 R_1 C_1),$$

где U_{in} – амплитуда переменной составляющей входного сигнала, а τ – время интегрирования.

Следует отметить, что если на вход схемы кроме полезного переменного сигнала проходит еще и паразитная постоянная составляющая, то на выходе интеграторов она дает одинаковые добавки, которые при вычита-

нии взаимно уничтожаются. Симметричность построения схемы обеспечивает подавление постоянной составляющей во входном сигнале.

Для оптимального согласования схемы с приемником сигнала входные сопротивления R_1 и R_2 необходимо выбирать в 2÷4 раза большими, чем выходное сопротивление приемника.

После интегрирования для считывания полученного значения ключи К1 и К2 размыкаем и одновременно замыкаем ключ К5. Постоянная времени цепочки C_3R_9 должна быть выбрана таким образом, чтобы за время записи конденсатор C_3 мог практически полностью перезарядиться до напряжения, равного U . Затем размыкаем ключ К5 и одновременно замыкаем ключи К3 и К4. Благодаря высокому входному сопротивлению выходного операционного усилителя А4 сигнал на его входе за период одного измерения существенно измениться не успевает. Поэтому при разомкнутом ключе К5 постоянное напряжение на выходе схемы составляет

$$U_{out} = R_{11}U/R_{10}.$$

Выбирая значения сопротивлений R_{10} и R_{11} , можно в значительных пределах менять динамический диапазон выходных напряжений, обеспечивая, таким образом, оптимальное согласование схемы с входом USB-вольтметра.

Через ключи К3 и К4 разряжаются конденсаторы C_1 и C_2 . Постоянные времени цепочек подбираем так, чтобы за выделенный промежуток напряжения на выходе интеграторов стали практически равными нулю.

Далее ключи К3 и К4 размыкаем и вновь запускаем схему синхронной коммутации, пока снова не закончится время интегрирования.

Для управления схемой достаточно использовать соответствующие логические сигналы. В качестве ключей лучше всего взять аналоговые коммутаторы с цифровым управлением. Вся коммутация может быть построена на базе всего двух микросхем К561КП1 [3].

Для усиления необходимо применить малошумящие усилители с полевыми транзисторами на входе. Из доступной в настоящее время элементной базы подходят, например, микросхемы AD822ANZ. Ориентировочная стоимость полного набора элементов, составляющих схему – 500 рублей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники. М.: Мир, 1993.
2. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника. М.: Мир, 1982.
3. Цифровые и аналоговые интегральные микросхемы: Справочник под редакцией С.В. Якубовского. М: Радио и связь, 1990.

МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПОДОШВЫ СПОРТИВНОЙ ОБУВИ В ПРОГРАММЕ Solid Works

Черенкова С.С., Беляков А.Н., Ключева И.В.

Новосибирский технологический институт (филиал) МГУДТ, Россия

В ходе изучения конструкций моделей-аналогов, а также видов повреждений деталей низа, была поставлена задача спроектировать новые рифления подошв с целью улучшения физико-механических свойств деталей низа и повышения комфортности во время занятий спортом. Средством для достижения поставленной задачи, была выбрана программа 3D моделирования «SolidWorks». Программа «SolidWorks» предоставляет все возможности для проектирования деталей низа обуви и при необходимости обуви в целом. Так как программа является относительно недорогой среди аналогичных, имеет доступный интерфейс, применяется в образовательном процессе НТИ (филиал) «МГУДТ», то было решено воспользоваться данной системой моделирования с целью использования имеющегося потенциала данной программы.

В начале проектирования происходит выбор плоскости для проектирования. Для выбора предлагаются плоскости: «спереди, сверху, справа». В данном случае выбирается плоскость «сверху». Следующим этапом посредством сплайнов рисуют на выбранной плоскости стелечную грань. После, для построения бокового изображения подошвы выбирается другая плоскость, выбирается плоскость «спереди». Далее на плоскости «спереди» проектируется боковое изображение подошвы. Следующий шаг – это преобразование двух эскизов 2D в 3D заготовку с помощью такой функции программы как «вытянутая бобышка» или как по-другому она называется «основание». С помощью этой функции, вытягивается стелечная грань, что делает ее объемной. Аналогичная процедура проводится с боковым 2D чертежом подошвы (рис.1). После, с помощью функции «скомбинировать тела» обрезаются излишки. Далее, с помощью функции «оболочка» убираются внутренние излишки. Следующий этап – с помощью функции «вытянутая бобышка» вытягиваются элементы рельефа подошвы на нужную величину. После вытягивания, посредством функции «линейный массив», увеличивается количество необходимых элементов рифления подошвы их повторением. Далее производится сглаживание необходимых элементов подошвы функцией «скругление». В данном случае скругляются элементы повышенной нагрузки находящиеся в носочной и пучковой частях, элемент для улучшения поворота находящийся в пучковой части и некоторые элементы типа «елочка». На данном этапе модель готова, но не имеет цвета. Далее с помощью вкладки «внешние виды» выбираются материалы модели и расцветка. Материал и цвет можно выбирать как индивидуально для каждой части подошвы, так и для подошвы в целом. убирать

ются лишние линии, которые были необходимы при проектировании, выбирается стиль отображения, выбирает фон. Готовый эскиз подошвы представлен на рис.2.

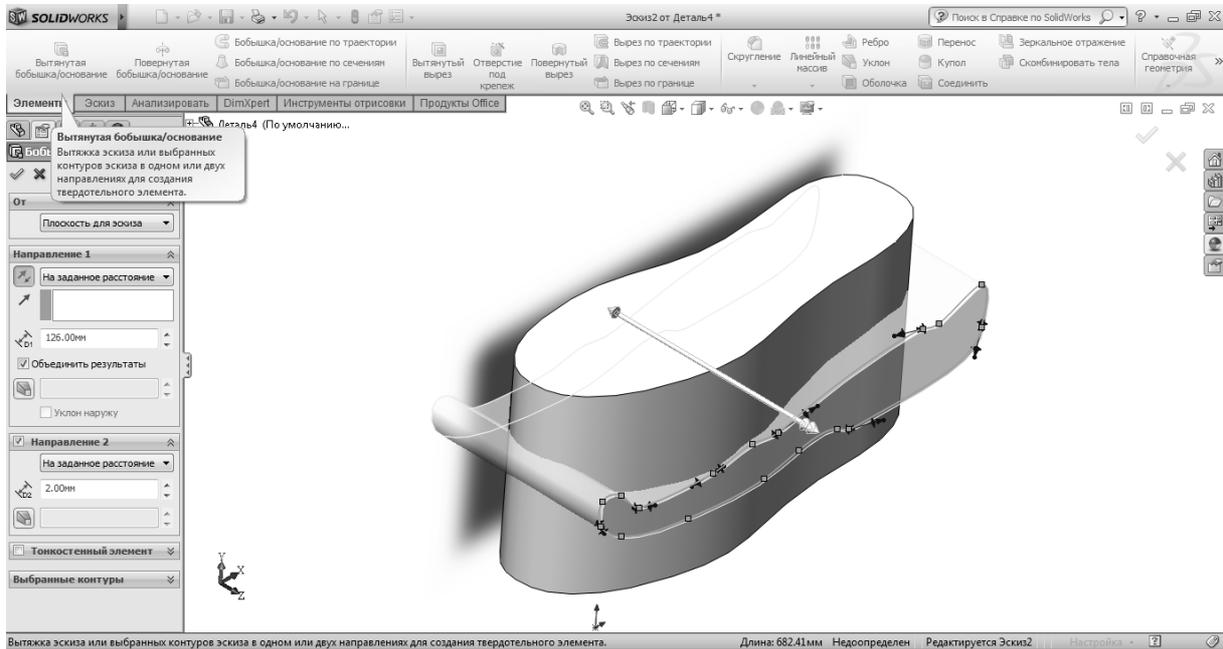


Рис. 1. Преобразование стелечной грани

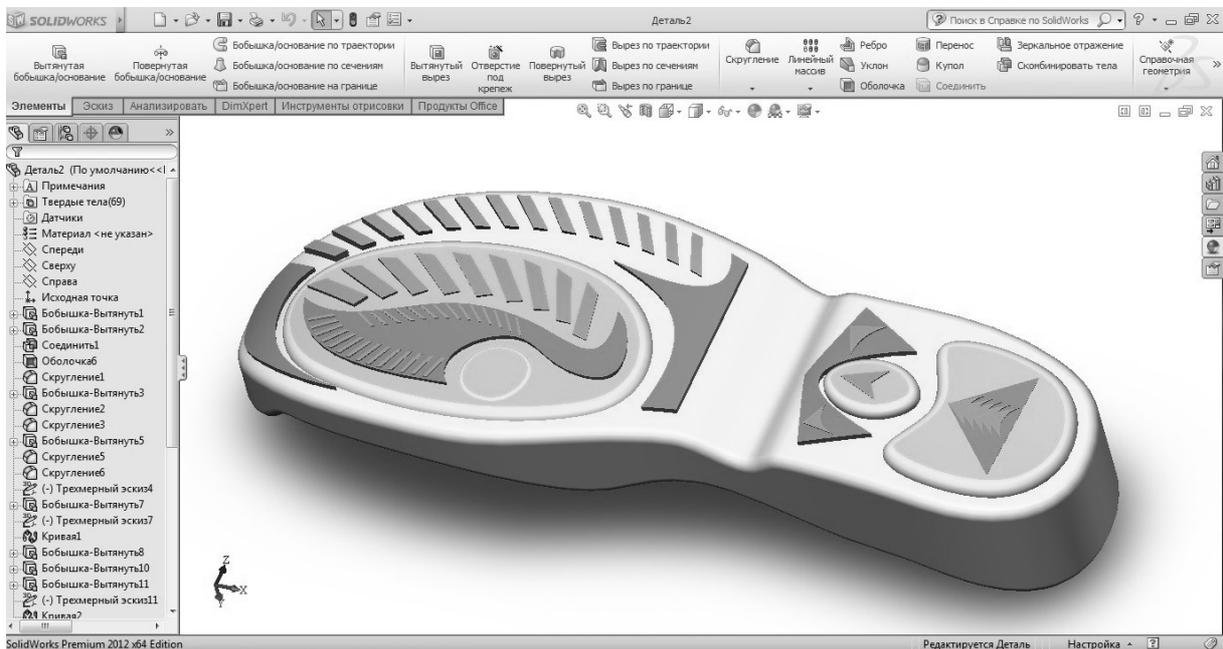


Рис. 2. Эскиз подошвы

МОДЕЛЬ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРИАЛЬНЫХ ПОТОКОВ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ

Севостьянов П.А., Самойлова Т.А., Ветрова О.А., Пучкова Н.М.
Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

Большое число технологических процессов в разных отраслях промышленности имеет целью изменение закона распределения некоторой важной характеристики обрабатываемого материального потока. К таким процессам можно отнести смешивание и перемешивание, дробление, сепарацию, обогащение компонентов, разрыхление, измельчение и выделение сорных составляющих и пустой породы, изменение цветового и частотного состава и др. Сам процесс при этом может быть непрерывным или порционным. Как правило, измерению или оценке в лучшем случае поддаются распределения на входе и выходе машины, осуществляющей технологический процесс.

Для прогнозирования эффективности работы машины и автоматизации управления необходима математическая модель преобразования распределения представляющей интерес характеристики [1]. Значения этой характеристики обозначим X , а ее распределения на входе и выходе машины $f_0(x)$ и $f_1(x)$. При наиболее типичном для технологических процессов стационарном режиме эти распределения не зависят от времени. В линейном приближении взаимосвязь между распределениями описывается соотношением

$$f_1(x) = \int_0^{\infty} a(x, x_1) f_0(x_1) dx_1, \quad x \geq 0. \quad (1)$$

В этом интегральном уравнении [2] неизвестной искомой функцией является ядро преобразования распределений $a(x, x_1)$. При этом сами распределения $f_0(x)$ и $f_1(x)$ являются неотрицательными функциями, для которых должно выполняться условие нормировки

$$f_{1,2}(x) \geq 0; \quad \int_0^{\infty} f_{1,2}(x) dx = 1.$$

Функция ядра $a(x, x_1)$ описывает долю продукта со значением характеристики x_1 , которая в ходе технологического процесса приобретает значение этой характеристики, равное x . Физически функция ядра определяет интенсивность перехода составляющих поступающего в машину потока со значением характеристики x_1 в составляющую выходящего из машины потока со значением этой характеристики, равным x .

С учетом приведенного выше условия нормировки распределений получаем общее условие нормировки для функции ядра

$$\int_0^{\infty} a(x, x_1) dx_1 = 1, \text{ для всех } x_1 \geq 0.$$

Возможность оценки функции ядра зависит от наличия дополнительной информации об особенностях протекания технологического процесса и моделируемого преобразования распределений в этом процессе. Так, например, если процесс отвечает условию однородности преобразования, то интенсивность преобразования $x_1 \rightarrow x$ зависит только от разности между этими значениями $\Delta x = x_1 - x$. При этом изменения односторонни и все разности Δx одного знака, например, $\Delta x \geq 0$. В этом случае преобразование (1) преобразуется к виду

$$f_1(x) = \int_0^x a(x - x_1) f_0(x_1) dx_1, \quad x \geq 0. \quad (2)$$

Интегральное уравнение (2) является сверткой функций ядра и распределения $f_0(x)$. Его решение может быть найдено, например, с помощью преобразования Лапласа [3]. Изображение ядра в этом случае равно отношению изображения распределения $f_1(x)$ к изображению распределения $f_0(x)$

$$L\{a(x)\} = L\{p_1(x)\} / L\{p_0(x)\}. \quad (3)$$

Здесь оператор $L\{\}$ означает преобразование по Лапласу соответствующей функции.

Оценки распределений и их аналитические аппроксимации с соответствующими изображениями по Лапласу могут быть получены по имеющимся результатам измерений и экспериментальным данным.

К сожалению, в большинстве технологических процессов упомянутое свойство однородности преобразования не соблюдается. Кроме того, оценки распределений $f_0(x)$ и $f_1(x)$ представлены сгруппированными данными. Поэтому интегральное уравнение (1) целесообразно переписать в дискретной форме

$$p_1(i) = \sum_{j=1}^m p_0(j) a(j, i), \quad i = 1, \dots, m \quad (4)$$

Здесь $p_{0,1}$ – дискретные в результате группировки распределения $f_0(x)$ и $f_1(x)$, $a(j, i)$ дискретное ядро преобразования, индексы i и j нумеруют группы значений x дискретного распределения. Матрица $a(j, i)$ – дискретное ядро преобразования, m – число групп, на которые при дискретизации разделяется диапазон варьирования переменной x . Дискретные распределения и матрица ядра должны удовлетворять очевидным условиям нормировки

$$\sum_{i=1}^m p_{0,1}(i) = 1; \quad p_{0,1}(i) \geq 0, \quad i = 1, \dots, m; \quad \sum_{i=1}^m a(j, i) = 1, \quad j = 1, \dots, m \quad (5)$$

Выражение (4) совместно с условиями нормировки (5) является системой линейных уравнений для получения оценок элементов матрицы

$a(j,i)$. Число уравнений и условий нормировки меньше, чем количество неизвестных. Оценку элементов матрицы можно осуществить с использованием метода наименьших квадратов, избрав в качестве критерия минимизации функционал

$$W(a) = \sum_{i=1}^m \left(p_1(i) - \sum_{j=1}^m p_0(j)a(j,i) \right)^2 \rightarrow \min_a$$

при дополнительных ограничениях (5). Получение оценок элементов матрицы ядра в этом случае приводит к решению системы линейных уравнений, число которых равно числу оцениваемых элементов матрицы [4, 5].

Во многих технологических процессах преобразование значений переменной x происходит в одну сторону, например, в сторону уменьшения. В этом случае количество неизвестных элементов $a(j,i)$ матрицы может быть уменьшено, поскольку для таких процессов матрица $\| a(j,i) \|$ ядра преобразования является треугольной или квазитреугольной. Это свойство матрицы позволяет также значительно упростить процедуру оценки ее элементов с применением рекуррентного алгоритма оценивания.

ВЫВОДЫ

1. Предложена модель преобразования распределения характеристики материального потока в технологическом процессе, описываемая линейным интегральным уравнением.
2. Предложены варианты оценивания функции преобразования по экспериментальным данным о распределениях характеристики потоков на входе и выходе технологической машины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Севостьянов А.Г., Севостьянов П.А. Моделирование технологических процессов (в текстильной промышленности). Учебник для вузов / - М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 344 с.
2. Методы оптимизации. Уравнения в частных производных. Интегральные уравнения: Учебное пособие /Э.А. Вуколов, А.В. Ефимов, В.Н. Земсков, А.Ф. Каракулин, В.В. Лесин, А.С. Пospelов, А.М. Терещенко. Под ред. А.В. Ефимова. – 2-е изд., перераб. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит. 1990. – 304 с.
3. Деч Г. Руководство к практическому применению преобразования Лапласа и Z-преобразования. Серия: физико-математическая библиотека инженера / – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит. 1971. – 288 с.
4. Севостьянов А.Г., Севостьянов П.А. Оптимизация технологических процессов текстильной промышленности. Учебник для ВУЗов. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1991.

5. Севостьянов П.А. Математические методы обработки данных: Учебное пособие. – М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2004. – 256 с.

КОМПЬЮТЕРНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ МНОГОЦВЕТНЫХ ДИАГОНАЛЬНЫХ УЗОРОВ

Летуновская Д.А.

**Димитровградский инженерно-технологический институт – филиал
НИЯУ МИФИ, Россия**

Использование геометрического орнамента является классическим приёмом при оформлении внешнего вида тканей мелкоузорчатых переплетений. В связи с этим, проектирование таких узоров, в том числе и в виде наклонных полос, не потеряло актуальности и в настоящее время.

Исследования, проведенные в работе [1] подтвердили тот факт, что формирование диагонального узора на поверхности однослойной ткани может осуществляться с помощью мелкоузорчатых репсов, основным узоробразующим элементом которых является не одиночное перекрытие, а рабочий настил. Данная группа переплетений обладает преимуществом по сравнению с саржевыми переплетениями, поскольку обеспечивает на поверхности однослойной ткани формирование двух-, трех или четырехцветного узора в виде диагональных полос чистого цвета. Необходимо отметить, что благодаря особой структуре репсовых переплетений возможно получить более широкие наклонные полосы, существенно не снижая прочностных характеристик ткани.

При проектировании текстильных тканых полотен всегда актуальной является задача расширения ассортимента тканей при использовании одной и той же заправки станка, поскольку процесс перезаправки является очень длительным и трудоемким. В связи с этим целью работы является:

1. Определение возможности формирования узоров различной цветности при использовании мелкоузорчатых репсов на одной и той же заправке ткацкого станка.

2. Разработка программного обеспечения для построения многоцветных узоров с целью сокращения времени на их проектирование.

Для реализации поставленной цели были решены следующие задачи:

– проведен анализ зависимости между числом цветов пряжи, используемой в основе и в утке, и количеством цветов узора, получаемой на лицевой поверхности однослойной ткани.

– разработан алгоритм построения многоцветных узоров с учетом того, что заправка станка остается неизменной.

Для образования многоцветных узоров, формируемых на базе мелкоузорчатых репсов, используются одновременно нити основы и утка. Ра-

нее было доказано, что число цветов пряжи, используемой для узорообразования, должно соответствовать числу цветов на лицевой поверхности ткани [3]. Так для образования двухцветного узора использовались одноцветные нити основы и утка, цвет которых различен. Для построения трехцветного узора – одноцветные нити основы и двухцветные нити утка, либо двухцветные нити основы и одноцветные нити утка. Формирование четырехцветного узора обеспечивалось двухцветными нитями основы и двухцветными нитями утка.

Однако, исследования показали, что один и тот же рисунок переплетения может обеспечить образование узора, не зависимо от числа цветов пряжи в основе и в утке [2]. Для этого необходимо выполнение главного условия, заключающегося в том, чтобы число цветов на лицевой поверхности ткани не превышало число цветов пряжи, используемой для узорообразования.

Выявлены зависимости между числом цветов пряжи, используемой в основе и в утке, и количеством цветов узора, получаемой на лицевой поверхности однослойной ткани, которые приведены в табл. 1.

Таблица 1

Количество цветов в узоре в зависимости от числа цветов пряжи

Основа	Уток	Количество цветов в узоре		
		Два	Три	Четыре
Одноцветная	Одноцветный	+	–	–
Одноцветная	Двухцветный	+	+	–
Двухцветная	Одноцветный	+	+	–
Двухцветная	Двухцветный	+	+	+

Данную зависимость можно описать математическим выражением:

$$1 < N \leq P,$$

где N – количество цветов в узоре; P – сумма числа цветов пряжи в основе и в утке.

$$P = V_O + V_U,$$

где V_O – число цветов пряжи, используемой в основе; V_U – число цветов пряжи, используемой в утке.

Алгоритм автоматизированного построения диагональных узоров различной цветности на одной и той же заправке ткацкого станка включает в себя:

1. Ввод числа цветов пряжи, используемой в основе и в утке.
2. Ввода количества цветов в узоре, формируемом на лицевой поверхности однослойной ткани.
3. Ввод числа цветных полос в узоре, формируемых нитями одной системы.

4. Ввод цвета полос, формируемых нитями каждой системы.

5. Определение ширины наклонных полос

6. Построение многоцветного узора

7. Графический вывод результата построения.

Для обозначения числа цветов пряжи в основе и в утке при автоматизированном построении диагонального узора используем переменные VO и VU , которые принимают значения: 1 – в случае одноцветной пряжи, либо 2 – в случае двухцветной пряжи.

Ввод количество цветов в узоре осуществляется с помощью вспомогательной переменной N , принимающей значения: 2 – для двухцветного узора; 3 – для трехцветного узора; 4 – для четырехцветного узора.

Количество цветных полос вводим с помощью переменной NS , минимальное значение которой соответствует единице для двухцветного узора, и двум – для остальных случаев. Максимальное число полос в узоре определяется технологическими возможностями зевобразовательного механизма ткацкого станка

Анализ многоцветных узоров на базе мелкоузорчатых репсов показал, что наклонные полосы, образованные нитями утка, чередуются с полосами, образованными нитями основы.

Применение одноцветной системы нитей обеспечивает формирование полос одного и того же цвета.

Если число цветов в узоре соответствует числу цветов пряжи в основе и в утке ($N=P$) и при этом в образовании узора участвует двухцветная система нитей, то цвет первой основной полосы соответствует цвету первой нити раппорта цвета по основе, а цвет первой уточной полосы – цвету второй нити в соответствующем раппорте по утку. Дальнейший порядок следования цветных полос, образованных нитями каждой системы, в раппорте узора может быть любым.

Если число цветов на лицевой поверхности узора меньше используемого числа цветов пряжи ($N < P$), то все полосы узора, образованные нитями двухцветной системы, будут совпадать с цветом первой нити основы или второй нити утка в раппорте цвета по основе или по утку соответственно.

При этом цвет пряжи, не участвовавший в узоробразовании, задействуется только на изнаночной поверхности ткани.

Таким образом, можно отметить, что ткани, формируемые на базе мелкоузорчатых репсов, являются двухлицевыми, что позволяет использовать их как ткани-компаньоны.

Методика расположения цветных полос в узоре в зависимости от вида пряжи представлена в табл.2.

Ширина наклонных полос определяется числом нитей в узоробразующем настиле, которое может быть либо нечетным, либо четным, минимальное число которых составляет, соответственно три или четыре нити.

Таблица 2

Закономерности расположения цветных полос в узоре

Расположение цветных полос в узоре											
Двухцветный узор			Трехцветный узор			Четырехцветный узор					
Основа одноцветная (белая); уток одноцветный (красный).											
По основе	№ полосы			-	-	-	-	-	-	-	
	1	2	3								
	бел.	бел.	бел.								
По утку	№ полосы			-	-	-	-	-	-	-	
	1	2	3								
	кр.	кр.	кр.								
Основа одноцветная (белая); уток двухцветный (1 кр., 1 син.)											
По основе	№ полосы			По основе	№ полосы			-	-	-	
	1	2	3		1	2	3				
	бел.	бел.	бел.		бел.	бел.	бел.				
По утку	№ полосы			По утку	№ полосы			-	-	-	
	1	2	3		1	2	3				
	син.	син.	син.		син.	?	?				
Основа двухцветная (1 бел., 1 чер.); уток одноцветный (красный)											
По основе	№ полосы			По основе	№ полосы			-	-	-	
	1	2	3		1	2	3				
	бел.	бел.	бел.		бел.	?	?				
По утку	№ полосы			По утку	№ полосы			-	-	-	
	1	2	3		1	2	3				
	кр.	кр.	кр.		кр.	кр.	кр.				
Основа двухцветная (1 бел., 1 чер.); уток двухцветный (1 кр., 1 син.)											
По основе	№ полосы			По основе	№ полосы			По основе	№ полосы		
	1	2	3		1	2	3		1	2	3
	бел.	бел.	бел.		бел.	бел.	бел.		бел.	?	?
По утку	№ полосы			По утку	№ полосы			По утку	№ полосы		
	1	2	3		1	2	3		1	2	3
	син.	син.	син.		син.	?	?		син.	?	?

Таким образом, доказана возможность формирования диагональных узоров различной цветности, на одной и той же заправке ткацкого станка, что позволяет расширять ассортимент ткани, вырабатываемой данным классом переплетений. Предложена таблица для выбора количества цветов в узоре в зависимости от числа цветов пряжи. Разработан алгоритм автоматизированного построения диагональных узоров, что позволит сократить сроки на проектирование и выработку тканых текстильных полотен.

ЛИТЕРАТУРА

1. Малецкая С.В. Автоматизированное построение многоцветного узора ткани на базе мелкоузорчатых репсов // С.В. Малецкая, Д.А. Шаталина // Изв. Вузов «Технология текстильной промышленности». – Иваново, 2009. – №1(313). – С. 56-60.

2. *Малецкая С.В.* Пути расширения ассортимента тканей, вырабатываемых на базе мелкоузорчатых репсов / С.В. Малецкая, Д.А. Шаталина // Науч.-произв. журн. «Вестник ДИТУД». – Вып. 3 (41). – ДИТУД УлГТУ. – Димитровград, 2009. – С. 15-18.

3. *Шаталина Д.А.* Разработка автоматизированных методов построения комбинированных репсовых переплетений : дис. ...канд. техн. наук : 05.19.02 : защищена 24.02.2010 : утв. 10.06.2010 / Шаталина Дарья Александровна. – М.: 2012. – 169 с.

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ДИЗАЙНА И ВИЗУАЛИЗАЦИИ ТКАНЕЙ В ИНТЕРЬЕРЕ

Никитиных Е.И., Попова Д.М.

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

Активное внедрение новых информационных технологий в сферу дизайна, современные рыночные отношения стимулируют к постоянному поиску новых эффективных технологий. Успешный бизнес базируется на использовании в производстве научных разработок и технических новшеств, а также новых материалов. Визуализация — один из наиболее важных разделов в компьютерной графике, и на практике он тесным образом связан с остальными. Для успешного решения этих задач и предназначена данная информационная система.

Съемка тканей для данной системы производилась в мастерской дизайнера. Система имеет удобный классификатор тканей, который может быть использован для демонстрации любых текстильных материалов на 3d-объектах. В разработанной системе созданы вкладки, которые позволяют просмотреть материалы и текстуры (рис.1), а так же увидеть их визуализацию на созданных 3D моделях (рис.2).

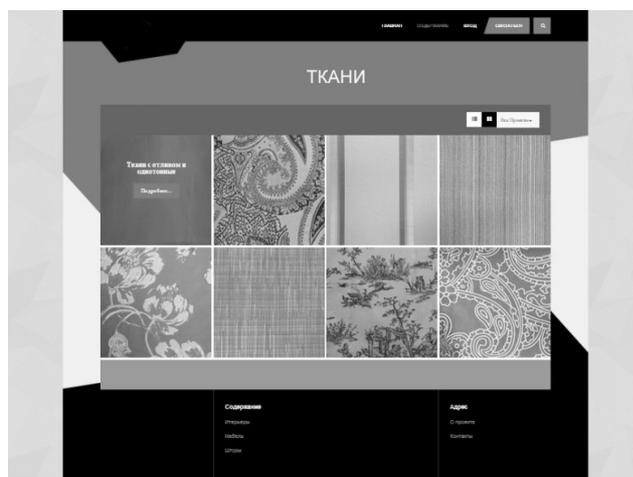


Рис.1. Созданные материалы



Рис.2. Визуализация ткани на 3D модели

Разработанная система с современным веб-интерфейсом предназначена для визуализации тканей в дизайнерских мастерских.. Данную систему можно дополнять новыми текстурами и моделями. Проект планируется дополнить информацией о тканях, для удобства выбора материалов на сайте.

Основная часть проекта выполнена с помощью информационной системы Joomla, текстуры разработаны с помощью съемки и отредактированы в программе Photoshop, 3D модели созданы в программе 3Ds MAX.

АЛГОРИТМЫ САМОНАСТРОЙКИ АДАПТИВНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ ГИБРИДНЫХ НЕЙРОРЕГУЛЯТОРОВ СОСТОЯНИЯ

Михайлов А.С.

Костромской государственной технологической университет, Россия

В настоящее время в научной литературе большое внимание уделяется вопросам синтеза адаптивных систем управления в целом и разработке новых алгоритмов самонастройки адаптивных регуляторов в частности. Как известно, применение адаптивных систем оправдано для управления объектами с нестационарными параметрами. В текстильной промышленности в качестве таких объектов можно рассматривать электроприводы некоторых текстильных машин, а также некоторые агрегаты, например, сушильные камеры.

На сегодняшний день разработан целый ряд методов самонастройки адаптивных регуляторов. Развернутая классификация этих методов приводится в работе [1]. В качестве основных следует выделить:

- временные методы;
- частотные методы;
- оптимизационные методы;
- методы «на правилах»;
- интеллектуальные методы.

Особенно перспективными из всех перечисленных являются интеллектуальные методы самонастройки. К ним относятся:

- нейросетевые алгоритмы;
- генетические алгоритмы;
- нечеткие алгоритмы.

Очевидно, что по мере углубления исследований в данной области классификация алгоритмов самонастройки будет расширяться.

В данной статье описываются алгоритмы самонастройки адаптивных систем управления на базе гибридных нейрорегуляторов состояния. Под гибридным нейрорегулятором состояния здесь понимается астатический динамический регулятор состояния с модулем нейросетевой настройки. На

рис.1 представлена структурная схема системы автоматического управления с гибридным нейрорегулятором состояния для объекта произвольного порядка. Подробное описание структуры системы, а также методика синтеза регулятора такого типа приводятся в работе [2].

На рис.1 приняты следующие обозначения: m и n – порядок полиномов числителя и знаменателя передаточной функции объекта управления; b_m, \dots, b_0 – коэффициенты полинома числителя; a_{n-1}, \dots, a_0 – коэффициенты полинома знаменателя; C – выходная матрица; K_{II} – коэффициент добротности интегратора в основном контуре управления; K_{n-1}, \dots, K_0 – коэффициенты жестких обратных связей по координатам состояния объекта управления, l_{n-1}, \dots, l_0 – коэффициенты подстройки наблюдателя состояния; $q_3(p)$ – сигнал задатчика; $U(p)$ – управляющее воздействие с выхода регулятора; $Y(p)$ – сигнал с выхода системы управления; $\hat{Y}(p)$ – сигнал с выхода модели объекта управления; $\varepsilon_n(p)$ – ошибка наблюдения; $\varepsilon(p)$ – ошибка управления.

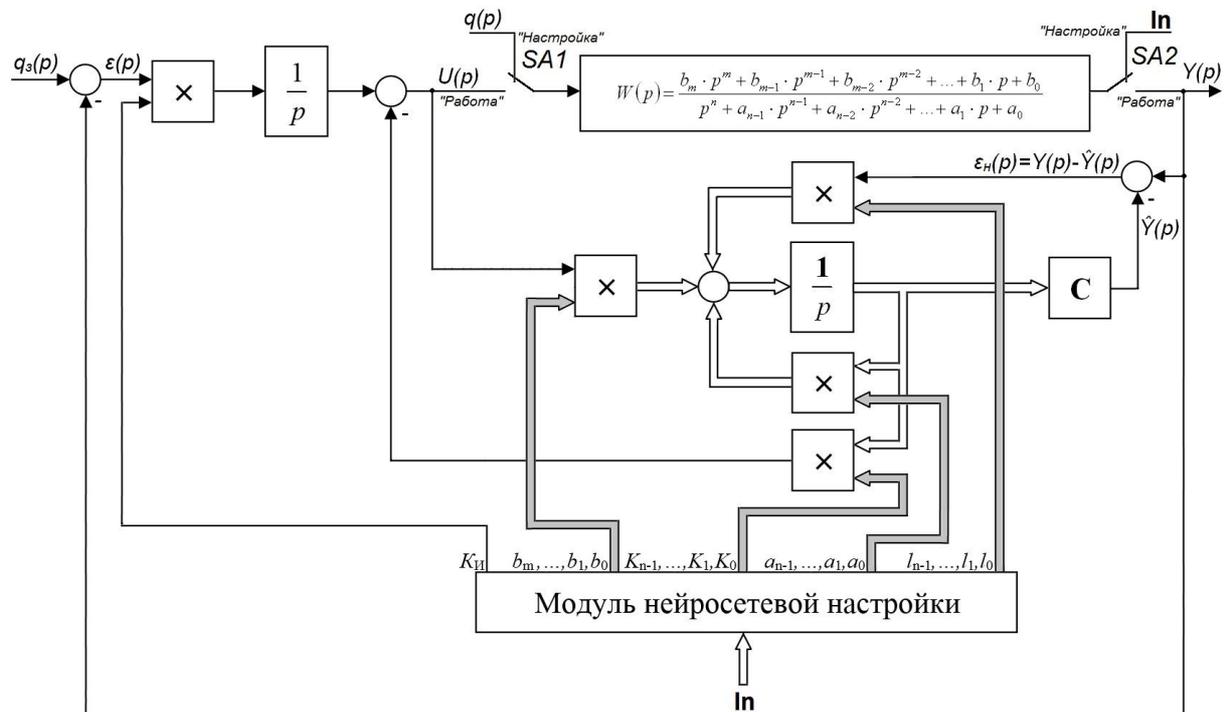


Рис. 1. Структурная схема системы автоматического управления с гибридным нейрорегулятором состояния для объекта произвольного порядка

Из рисунка видно, что настройка параметров регулятора осуществляется на основе некоторых исходных данных для модуля нейросетевой настройки (вектор \mathbf{In}). Исходные данные получают с выхода объекта управления в режиме «Настройка» путем перевода переключателей $SA1$ и $SA2$ в соответствующее положение. При этом на вход объекта управления подается специальный входной сигнал $q(p)$, позволяющий получить те или иные исходные данные для модуля нейросетевой настройки. В качестве

исходных данных могут выступать векторы отсчетов различных характеристик объекта управления.

По существующей классификации в предложенной адаптивной системе реализован нейросетевой метод самонастройки регулятора. Однако, под термином «нейросетевой метод» в данном случае объединяется несколько направлений, которые определяются характеристикой объекта управления, вектор отсчетов которой выступает в качестве исходных данных для модуля нейросетевой настройки. Таким образом, в рамках нейросетевого метода можно выделить:

1. Алгоритм нейросетевой самонастройки по переходной характеристике $h(t)$ объекта управления.

2. Алгоритм нейросетевой самонастройки по амплитудно-частотной характеристике объекта управления $A(\omega)$.

3. Алгоритм нейросетевой самонастройки по импульсной характеристике объекта $w(t)$.

4. Алгоритм нейросетевой самонастройки по фазовой траектории $y(x)$ объекта управления, где x – выходная величина объекта управления; $y = \frac{dx}{dt}$. Данный алгоритм может применяться в случае, если удастся кор-

ректно сформировать вектор отсчетов фазовой траектории, т.е. когда каждому значению x соответствует единственное значение $y(x)$.

5. Алгоритмы нейросетевой настройки по прочим зависимостям (комплексной частотной характеристике, фазочастотной характеристике, вещественной и мнимой частотным характеристикам и т.п.).

На рис.2 в качестве примера приведены графики перечисленных характеристик для колебательного звена второго порядка.

Все перечисленные выше характеристики объекта управления являются функциями его параметров и соответствующим образом изменяются при изменении параметров нестационарного объекта управления.

Вместе с тем, многочисленные эксперименты показали, что радиальные базисные нейронные сети с нулевой ошибкой на обучающем множестве при достаточном количестве примеров в обучающей выборке хорошо обучаются и устойчиво работают во всем диапазоне изменения параметров нестационарного объекта управления при использовании в качестве исходных данных векторов отсчетов любой из перечисленных характеристик.

Таким образом, решение о том, по какой из характеристик настраивать гибридный нейрорегулятор состояния, должно приниматься исходя из особенностей технологического процесса, допустимых режимов работы оборудования и из соображений простоты получения вектора отсчетов требуемой характеристики объекта управления.

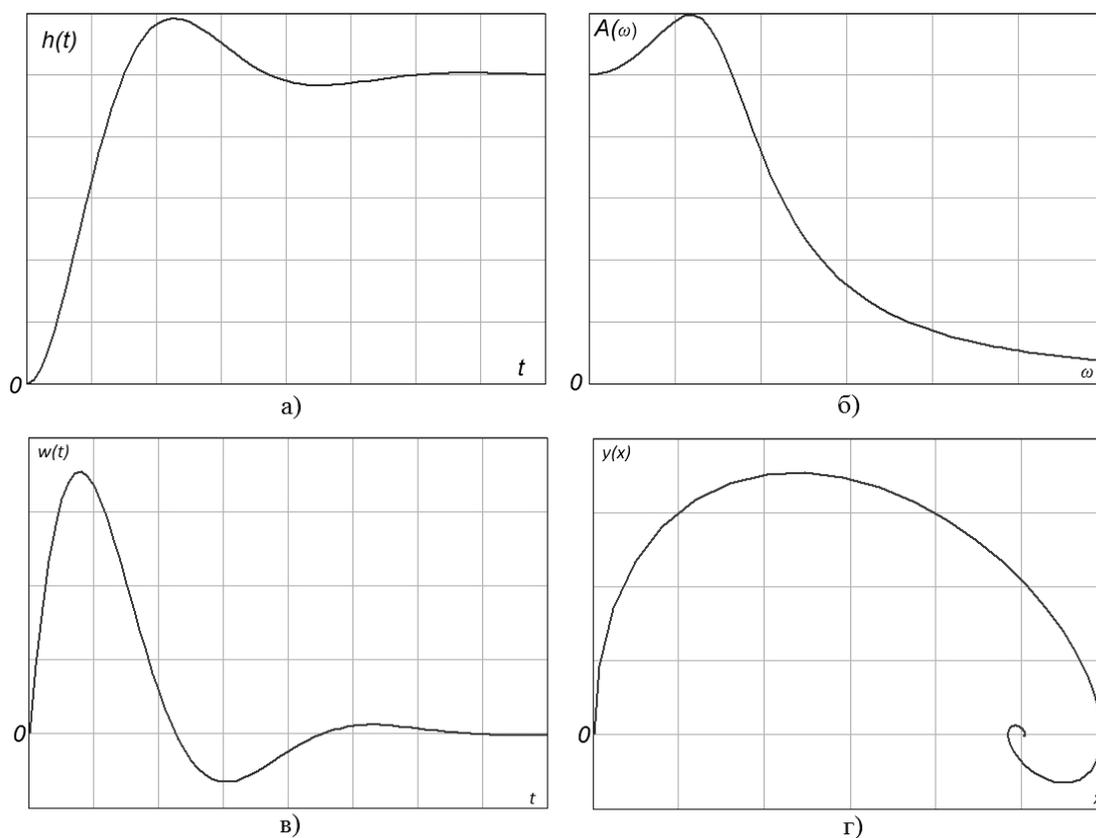


Рис. 2. Характеристики колебательного звена второго порядка:
а) переходная; б) амплитудно-частотная; в) импульсная; г) фазовая траектория

В этой связи возможность настройки гибридного нейрорегулятора состояния по таким «экзотическим» характеристикам, как, например, вещественная и мнимая частотные характеристики объекта управления, может быть использована преимущественно при имитационном моделировании систем управления, а также в образовательном процессе.

ВЫВОДЫ

1. Предложена классификация алгоритмов самонастройки адаптивных систем управления на базе гибридных нейрорегуляторов состояния.
2. В качестве признака классификации предлагается принять характеристику объекта управления, вектор отсчетов которой подается на вход модуля нейросетевой настройки.
3. Выбор характеристики объекта управления, по которой будет осуществляться настройка гибридного нейрорегулятора состояния, проводится исходя из особенностей технологического процесса, допустимых режимов работы объекта управления, а также из соображений простоты получения вектора отсчетов требуемой характеристики.
4. Возможность настройки гибридных нейрорегуляторов состояния по различным характеристикам объекта управления может быть использо-

вана для увеличения точности адаптивной системы управления путем применения каскадов нейронных сетей.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Смирнов М.А.* Разработка мультипроцессной системы адаптивного управления электрическими печами сопротивления: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.06 / М. А. Смирнов. – Кострома, 2012. – 130 с.

2. *Михайлов А.С., Староверов Б.А.* Синтез динамического регулятора состояния с контуром нейросетевой адаптации / А.С. Михайлов, Б.А. Староверов // Труды III Всероссийской научной конференции молодых ученых с международным участием «Теория и практика системного анализа». – Т. I. – Рыбинск: РГАТУ имени П. А. Соловьева, 2014. – С. 64–73.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА И УЧЕТА РЕАЛИЗАЦИИ ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ НА ТЕКСТИЛЬНОМ ПРЕДПРИЯТИИ НА БАЗЕ ПЛАТФОРМЫ 1С:ПРЕДПРИЯТИЕ 8

Монахов В.И., Сухарев В.В.

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

Проблема планирования производства актуальна для предприятий текстильной отрасли. Основными показателями, на основании которых осуществляется планирование производства, являются: загрузка производственных мощностей, спрос на продукцию, оптимизация складских запасов, график поставок сырья и материалов, сроки изготовления продукции. В статье рассматриваются подходы к решению поставленной задачи на базе одного из наиболее широко используемых программных комплексов, 1С:Предприятие 8, конфигурации Управление торговлей, редакция 10.

В качестве базового предприятия, для которого решалась задача автоматизации организации производства, выступало предприятие «Ларгус Текстиль», расположенное в Москве. Компания занимается заключительными стадиями производства готовых тканей (крашением и набивкой), оптовыми и розничными продажами готовых тканей. Кроме того, в целях расширения рынка сбыта продукции компания имеет собственное швейное производство в городе Иваново и занимается изготовлением постельного белья, пошивом других текстильных изделий из тканей.

Продукцию предприятия условно можно разделить на две группы: продукцию, спрос на которую носит сезонный характер, и продукцию, спрос на которую постоянен в течение года. При выпуске продукции первой группы также нужно учитывать предварительные заказы покупателей, наличие запаса продукции под будущие отгрузки с целью освобождения

производственных мощностей под выпуск сезонной продукции. Для производства продукции второй группы продукции нужно учитывать, что начало производства и его окончание имеют явно очерченные временные рамки. Кроме того, на объемы производства оказывают влияние такие факторы, как наличие договоров и предварительных заказов от покупателей, прогнозы по объему продаж от отдела маркетинга и сбыта, наличие свободных складских площадей и многие другие.

Типовая конфигурация 1С: Предприятие, Управление торговлей редакция 10 (далее – УТ) содержит механизмы, позволяющие организовать учет номенклатуры текстильного предприятия с использованием как видов отделки, цветовой гаммы, так и размерных показателей. Кроме того, типовая конфигурация УТ позволят формировать календарный план закупок сырья и материалов, график поставок; резервировать готовую продукцию на складе; указывать комплектность изделий с учетом фурнитуры, указывать различные единицы измерения готовой продукции. Все это делает конфигурацию УТ одной из наиболее приспособленных платформ для того, что бы на ее основе строить систему для автоматизации учета планирования производства и реализации готовой продукции на текстильном предприятии [1-3].

Вместе с тем, конфигурация нуждается в значительных доработках. Типовая конфигурация не позволяет учитывать производственные мощности; не учитываются временные затраты на производство продукции; нет возможности задать объем склада; указать детализацию склада по местам хранения. Все это в целом значительно снижает удобство от использования программы и делает выполнение некоторых задач просто невозможным [2-4]. Возможности, заложенные в конфигурацию УТ, позволяют решить ряд задач стандартными средствами. Например, можно использовать иерархичность справочника «Склады» для организации стеллажного хранения продукции. С одной стороны, использование штатных функций конфигурации значительно снижает затраты на адаптацию к использованию на конкретном предприятии. Но с другой стороны, отказ от доработок конфигурации и использование готовых, но не вполне подходящих решений со временем часто приводит к тому, что на определенном этапе развития предприятия и росте потребностей менеджмента приходится в срочном порядке переделывать всю учетную систему.

Для решения задач автоматизации процесса планирования поставок и выполнения заказов покупателей для предприятия «Ларгус Текстиль» были предложены проектные решения с учетом внесения следующих изменений типовой конфигурации УТ [3,4]:

- добавление возможности указания объема складских помещений и объема продукции. В типовой конфигурации УТ есть возможность указать объем складских помещений и единицы продукции, используя механизм

«Свойства». Дополнительно предложено реализовать механизм контроля заполненности склада;

- добавление справочника производственного оборудования. В состав реквизитов оборудования включены не только модель оборудования, но и срок его эксплуатации; дата следующего планового техобслуживания, его продолжительность; нормы выпуска продукции определенного вида в единицу времени;

- добавление справочника цехов. Предприятие имеет несколько цехов, оснащенных практически идентичным оборудованием, но имеющих специализацию по выпуску определенной продукции. При планировании объемов выпускаемой продукции учитываются производственные мощности цеха;

- добавление возможности оперативного изменения производственной программы в разрезе цехов. В случае выхода из строя оборудования осуществляется перевод производства партий изготавливаемой продукции в другой цех. При этом меняется производственная программа цехов, что необходимо учитывать при планировании производства. Большая часть оборудования является жестко «привязанной» к определенному цеху. Кроме того, документирование фактического расположения оборудования по цехам является требованием страховой компании, осуществляющей комплексное страхование предприятия, в том числе и от возможного простоя;

- разработка перечня отчетов, позволяющих оперативно получать информацию о загрузке производственных цехов каждый конкретный момент времени; прогнозировать загрузку складов готовой продукции с учетом планируемых сроков производства продукции и ее отгрузки контрагентам.

При планировании своей деятельности производственные предприятия стараются избегать ситуации, когда их производство работает «на склад». Тем не менее, в определенных случаях это является оправданным. Например, для выпуска сезонной продукции желательно высвободить производственные мощности. При этом нужно учитывать график поставок продукции с линейным спросом. Выход в этой ситуации - создание складского запаса продукции с постоянным спросом. При создании складского запаса важное значение имеет его оптимизация – гарантированное удовлетворение существующего спроса не должно приводить к затовариванию складов [3]. Одним из этапов адаптации конфигурации УТ для использования на предприятии «Ларгус Текстиль» как раз и являлось создание системы, позволяющей оптимизировать создание складских запасов.

При выборе программной платформы для автоматизации деятельности предприятия рассматривалась только система 1С:Предприятие. Причиной являлась широкая распространенность данной системы в России, наличие решений для ведения различных разрезов учета на одной плат-

форме, полная совместимость их между собой. Конкурирующие системы – Navision, Галактика – позволяют настроить обмен информацией программами ведения бухгалтерского и кадрового учета, но требуют привлечения дополнительных специалистов [3,4].

А вот при выборе конфигурации выбор был не столь однозначным. В линейке продуктов компании 1С есть конфигурация, изначально разработанная для автоматизации производств – 1С:Управление производственным предприятием (далее – УПП). С одной стороны, УПП содержит огромный функционал по управлению производством, также, как и УТ, полностью совместима с конфигурациями бухгалтерского и кадрового учета, с другой стороны – значительная часть мощного функционала УПП остается невостребованной. Невостребованность функционала чаще всего обусловлена отсутствием необходимости или невозможностью ведения учета по предлагаемым параметрам. Кроме того, сравнительный анализ возможностей конфигурации и требований заказчика показал, что конфигурацию УПП тоже придется дорабатывать [3].

Объем вносимых изменений в УПП значительно меньше, чем в УТ, но, учитывая начальную стоимость конфигурации УПП и то, что доработка, внедрение и сопровождение этой конфигурации обходятся дороже, целесообразнее использование конфигурации УТ.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Монахов В.И., Сухарев В.В.* Автоматизация управления продажами текстильной продукции на базе платформы 1С:Предприятие//Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2009. – №1. – С.6-9.

2. *Богачева Т.Г.* 1С:Предприятие 8. Управление торговыми операциями в вопросах и ответах, 3-е изд. – М.: Совместное издание «1С-Публишинг» и ИД «Питер», 2011.

3. *Гартвич А.* Планирование закупок, производства и продаж в 1С:Предприятии 8. -2-е изд. – М. Совместное издание «1С-Публишинг» и ИД «Питер», 2010.

4. *Макаренко О., Логинов А.* Управленческий учет для директора. Автоматизация управленческого учета в программе 1С:Управляющий, – М.: Совместное издание «1С-Публишинг» и ИД «Питер», 2010.

К ВОПРОСУ КАЧЕСТВА АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПАРА НА КОТЛЕ ТП-87

Кузнецов С.С., Рыжкова Е.А.

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

При регулировании температуры пара на современных энергетических котлах предъявляются жёсткие требования к точности поддержания параметра на заданном значении. Допустимые отклонения температуры от номинального значения для котлоагрегатов с высокими и повышенными параметрами лежат в пределах от +5 до -10°C. Превышение температуры пара над расчетным значением в течение 12 часов на 5°C приводит к потере ресурса поверхностей нагрева котла, эквивалентного нескольким месяцам эксплуатации при нормативных параметрах.

Зачастую политика предприятий преследует цель не продления срока службы оборудования, а получение экономической эффективности от генерируемой продукции, которая способна покрыть затраты на капитальные ремонты оборудования. Однако решение задачи качественного регулирования температуры пара позволит увеличить ресурс работы пароперегревателя и, как следствие, сократить затраты на ремонт.

Для оценки актуальности задачи автоматического регулирования температуры пара на котлах, в условиях современной рыночной экономики, проводилось исследование существующей системы регулирования котла ТП-87, осуществляемой по схеме, представленной на рис.1.

Пар из барабана котла, пройдя первые ступени перегрева, поступает в пароохладители 1 и 2 двумя потоками - по левому и правому пакетам пароперегревателя. После пароохладителей 1 и 2, где температура пара снижается за счёт впрыска собственного конденсата, проходя пакеты дополнительного перегрева, пар подаётся на вход пароохладителей 3 и 4, температура в которых также снижается подачей конденсата на впрыск. Далее пар поступает в нерегулируемый участок пароперегревателя, проходя который потоки объединяются в паросборной камере и далее идут в паропровод, где и должна поддерживаться заданная температура пара. Оба параллельных потока имеют индивидуальные узлы регулирования температуры. Каждый регулятор принимает по два импульса: по температуре пара за участком пароперегревателя и по температуре пара за пароохладителем. Для улучшения характеристик системы регулирования в схемы опережающих участков введены дифференциаторы, корректирующие действие регуляторов в переходных режимах.

При отклонениях температуры пара от заданного значения, установленного задающими устройствами, регулятор формирует сигнал управления регулирующей арматурой в ту или иную сторону, сокращая или увеличивая подачу охлаждающей среды.

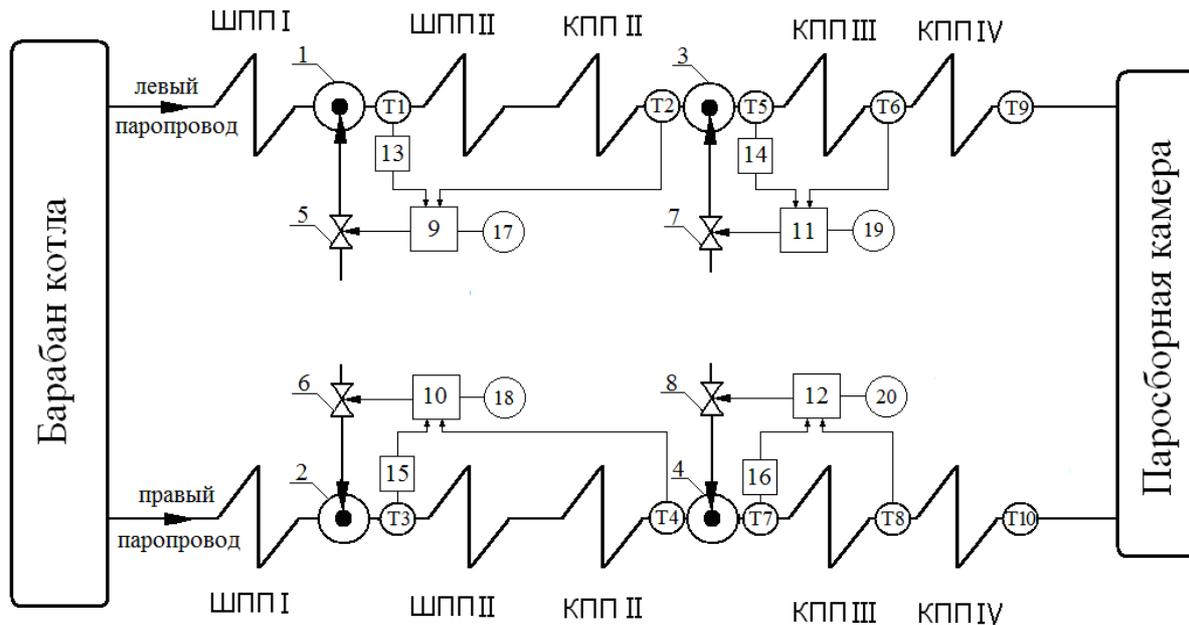


Рис. 1. Схема регулирования температуры пара на котле ТП-87:
1 - 4 – парохладители, 5 - 8 – регулирующая арматура; 9 - 12 – регулирующие клапана; 13 - 16 – дифференциаторы; 17 - 20 – устройства задания, ШПП I - II - ступени ширмового пароперегревателя, КПП II - IV - ступени конвективного пароперегревателя, T1-T10 - датчики температуры

При поддержании температуры пара за котлом данная схема не исключает появления перекаса температур пара по ширине котла за впрысками. При нормальной эксплуатации котла путём наблюдения было выявлено, что температура пара на всём протяжении пароперегревателя по потокам варьируется в диапазоне от 5 до 20°C. Например, пар за котлом может иметь заданную температуру 550°C, однако с левой части пароперегревателя после парохладителя 1 он поступает с температурой 394°C а с правой стороны после парохладителя 2 - с температурой 417°C. Такой перекас температур влияет как на экономичность котла, так и на надёжность пароперегревателя, поскольку при повышенных температурах его металл оказывается в тяжёлых условиях.

Известно, что основным возмущающим воздействием, оказывающим недопустимые отклонения температуры пара от заданного значения, является изменение паропроизводительности (нагрузки) котла. При эксплуатации котлов с такими схемами регулирования температуры пара возникает необходимость выведения регуляторов впрыска в дистанционный режим управления и непрерывном контроле параметров пароперегревателя, что значительно усложняет процесс ведения других смежных параметров.

Для оценки влияния изменения паровой нагрузки на качество регулирования температуры пара на участках и на выходе последней ступени пароперегревателя проведено исследование динамики пароперегревателя

котла при нормальных условиях эксплуатации. Характер зависимости параметров пара от паровой нагрузки котла представлены на рис.2.

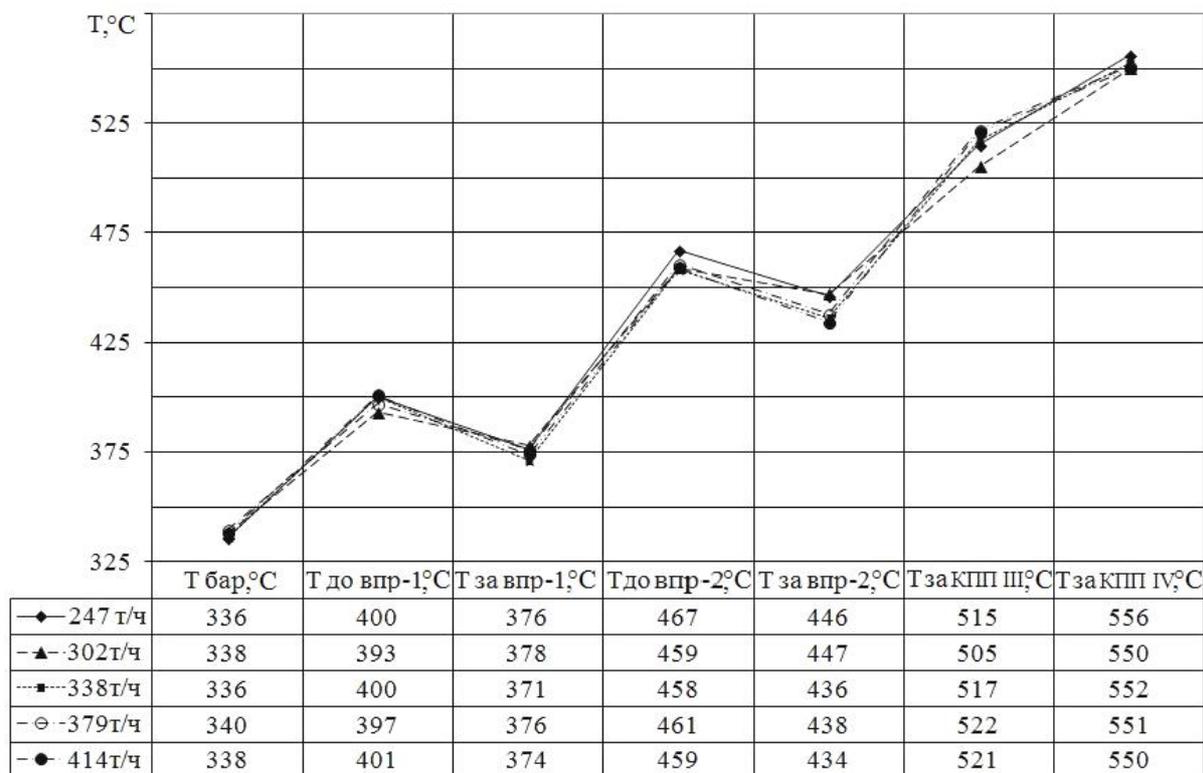


Рис. 2. Характер зависимости параметров пароперегревателя котла ТП-87 от паровой нагрузки

Из рисунка видно, что при различных режимах работы котла температура пара в промежуточных точках меняется в пределах от 5 до 15 °С, что негативно сказывается на внутренних поверхностях пароперегревателя.

На основе проведённых исследований пароперегревателя котла ТП-87 выявлено, что данная схема регулирования имеет существенные недостатки, по части качественного поддержания температуры пара на выходе пароперегревателя, а также перекоса температур пара по потокам не только в переходных режимах работы, но и при постоянной нагрузке. Данное заключение определяет цели, достижение которых позволит повысить эффективность и надёжность эксплуатации основного оборудования теплоэнергетических объектов.

ПРИМЕНЕНИЕ PERL И УТИЛИТ UNIX ДЛЯ СОЗДАНИЯ ТЕКСТОВЫХ ФАЙЛОВ И ОТЧЕТОВ ЗАДАННЫХ ФОРМАТОВ

Стрельников Б.А., Монахов В.И.

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

В производственной сфере на начальной стадии проектирования технологических процессов, производственного оборудования, при разработке баз данных, создании нормативно-справочных материалов информация накапливается в виде файлов. Впоследствии, при автоматизации указанных процессов может потребоваться процедура извлечения информации из текстовых файлов с целью экспортирования в базы данных информационных систем. Экспорт файлов, созданных текстовыми процессорами типа Word, сопряжен с определенными сложностями, а зачастую просто невозможен.

В работе рассматривается инструментальное средство обработки текстовой информации на базе языка Perl и его регулярных выражений для создания текстовых файлов и отчетов заданных форматов.

Введем определение текстового файла. Такой файл включает строки, состоящие из символов, и каждая строка завершается признаком newline. Пустой строкой является строка, содержащая только newline. Последняя непустая строка файла может не иметь в конце newline. Признак newline обычно кодируется 1 или 2 символами в зависимости от операционной системы. В UNIX newline – это 1 символ, кодируемый 1 байтом. В MACOS для кодирования newline используется символ CR с числовым кодом 13. В UNIX-подобных системах (LINUX, FreeBSD, Solaris, HP-UX и т.д.) – это символ LF с числовым кодом 10. В WINDOWS newline – это последовательность двух символов CR-LF [1].

В приложении на языке Perl признак newline определен в специальной переменной \$INPUT_RECORD_SEPARATOR (обычно используют ее короткий синоним \$/), по умолчанию этой специальной переменной присваивается значение newline, принятое в операционной системе [2]. В программе переменной можно присвоить другое значение и это часто используется. Например, чтобы прочесть целиком весь файл в скаляр, значение newline делается неопределенным (undef) на один оператор чтения:

```
$w= $/; $/ = undef; $fms = <FILEH>; $/ = $w;
```

где \$w - временный рабочий скаляр, FILEH - хандлер файла, открытого для ввода, \$fms - скаляр, в который за одну операцию ввода будет прочитан весь файл, длина переменной будет в точности равна длине файла. В теле этой строки в тех же позициях он начала файла находятся и признаки newline. Поэтому такую строку называют мультистрокой.

Мультистроку можно программно обработать регулярными выражениями, поэтапно выполняя необходимые замены и удаления. После обра-

ботки необходимо открыть файл для вывода и вывести в него многостроку. Полученный таким образом файл не содержит ничего лишнего, кроме данных для импорта в базу данных в коммуникативном формате в соответствии с требованиями конкретной СУБД.

Рассмотрим другие операции над многострокой `$fms`, полученной в рассмотренном выше примере.

Допустим, многострока содержит текстовый файл, созданный в среде WINDOWS, и его необходимо преобразовать в файл для работы в среде FreeBSD. Предположим, что в обеих системах текст представлен в Юникоде. В такой ситуации нужно только согласовать признаки `newline`:

```
$fms =~ s/\r\n/\n/g; print $fms.
```

Для такого согласования достаточно в строке запуска программы перенаправить `STDOUT` в файл и использовать его в FreeBSD.

В следующем примере регулярное выражение используется не для модификации текста, а для поиска. Пусть многострока `$fms` содержит многостраничный труд. Разделы и подразделы нумеруются в соответствии с ГОСТ для отчетов НИР, точка за последним уровнем номера иногда заменяется на двоеточие (так выделяются отдельные специальные подразделы). Следующий код Perl создает для этого текста оглавление:

```
while ( $fms =~ /^s*(?=((\d+\.)*\d+[.:.]+$))/gm )  
{printf "%.70s %7s\n", $1. " " . ".x60, pos($fms)++;}
```

В цикле производится последовательный поиск строк, являющихся заголовками разделов, в `STDOUT` выводится строка оглавления для каждого заголовка из двух полей: левые 70 позиций отводятся для номера и текста заголовка, правые 7 задают смещение заголовка раздела от начала файла в символах. Это удобно для подкачки текста на машинном носителе в окне вывода. Для получения файла оглавления достаточно в строке запуска программы перенаправить `STDOUT` в файл. Опция многостроки `/m` разрешает якорям `$` и `^` совпадения, соответственно, до и после внутренних признаков `newline`. Опция глобального поиска `/g` в скалярном контексте условия `while` обеспечивает для строки `$fms` создание и установку указателя глобального поиска `\G` сразу же за каждым совпадением. Чтобы смещение соответствовало началу заголовка, часть регулярного выражения, определяющая заголовок, заменена на проверку [2]. При этом для предотвращения повторной выдачи того же заголовка положение указателя явно инкрементируется. Код можно модифицировать для вывода смещения заголовков разделов не в символах, а в строках; а если задать число строк на странице, то в страницах.

Являясь основным инструментальным средством обработки текстовой информации, Perl поглотил возможности пакетных программируемых текстовых редакторов `sed` и `awk`, широко использовавшихся до создания Perl. Однако ряд утилит текстовой обработки остаются актуальными для

различных видов работ. Прежде всего - это перекодировка. Напомним стандарт ASCII для значений байтов 0..127 (т.е. с нулевым старшим битом), который является обязательным в любой операционной системе. Стандарт ASCII определяет 33 управляющих символа (с кодами 0 - 31, 127), каждый из которых имеет определенное имя, обозначение и назначение. В текстовых файлах используются управляющие символы с кодами: 9:Tab, 10:LF, 11:VT (вертикальная табуляция), 12:FF (прогон до следующего листа в принтере, скроллинг на полный вертикальный размер экранного окна), 13:CR. В ранних диалектах регулярных выражений пробел и эти 5 символов образовывали класс из 6 пробельных символов `[:space:]` [3]. Однако в Perl класс пробельных символов `\s` включает только 5 символов (символ VT исключен как устаревший и ныне неприменяемый в текстовых файлах). Если встречаются какие-то другие управляющие символы, автоматическое определение перекодировщиков будет считать такой файл бинарным. Кроме управляющих символов ASCII включает латинские символы верхнего и нижнего регистров, цифры, символы пунктуации, а также специальные символы, часто используемые в инструментальных средствах, например в Perl. Подробно история создания и развития ASCII изложена в [4].

Обработка байтов 128..255 (старший бит равен 1) в текстовом файле зависит от того использовался ли Юникод в приложении, создавшим этот файл, или же была использована локализация операционной системы на определенный национальный алфавит. В Юникоде стандартной кодировкой символов является UTF-8, где символы имеют переменную длину. В настоящее время эта длина составляет от 1 до 4 байт с максимальным числовым значением кода $2^{21} - 1$, но UTF-8 открыта для дополнений, и впоследствии максимальная длина может увеличиваться, не требуя никаких преобразований ранее накопленных файлов. [5]. Юникод позволяет создавать текстовые файлы многоязычных документов

Кодировка UTF-8 обладает полной совместимостью с ASCII. В ней байт с нулевым старшим битом представляет символ длиной 1 байт, значение которого определено стандартом ASCII, а любой символ, не входящий в ASCII имеет длину 2 или более байт, в каждом из которых старший бит равен 1. Например, прописная русская буква «Ц» в UTF-8 имеет длину 2 байта: 0xD0A6 в шестнадцатичном представлении или 11010000 10100110 в двоичном. Значащими битами являются 5 правых бит первого и 6 правых бит второго байта, в двоичной системе числовое значение кода представлено 11 значащими битами: 10000 100110 - десятичное числовое значение кода «Ц» равно 1062. Десятичные числовые значения 32 прописных букв русского алфавита находятся в диапазоне от 1040 до 1071 (от А до Я, кроме «Ё»), далее также в алфавитном порядке следуют коды 32 строчных букв от 1072 до 1103. Буква «Ё» имеет код 1025, «ё» - 1105 [6].

При побайтовой кодировке дополнить ASCII можно только 128 символами с кодами 128..255. Существует множество кодировок, по-разному

использующих эти дополнительные 128 кодов. Это буквы национального алфавита верхнего и нижнего регистров, псевдографика и еще некоторые символы (интеграл, квадратный корень и др.). В UNIX-подобных системах имеется свободно распространяемая универсальная утилита `iconv` для перекодировки текстовой информации из любой кодировки в любую другую. При запуске с опцией `-l` (это латинская буква `L` нижнего регистра) утилита выдаст в `STDOUT` наименования 139 различных кодировок, включая и UTF-8, с которыми утилита может работать. Некоторые наименования имеют синонимы, например ISO-8859-6 имеет 9 синонимов. Всего будет выдано 416 наименований.

Каждая кодировка выводится с новой строки, а в строке через пробел перечисляются все синонимы этой кодировки. При запуске команды для проведения перекодирования задаются три опции:

```
iconv -c -f КОДИРОВКА_ВВОДА -t КОДИРОВКА_ВЫВОДА [файл ...].
```

Если задан один или более аргументов-файлов, они будут последовательно открываться и читаться, образуя вводной поток текста. Если файлы-аргументы не заданы, читается `STDIN`. Перекодированный выводной поток в любом случае направляется в `STDOUT`. Опция `-c` устанавливает режим игнорирования тех символов ввода, для которых в выводной кодировке нет аналога. Для России наиболее актуальными являются кодировки UTF-8, KOI8-R (используется во всех UNIX-подобных системах), CP1251 (используется в MS WINDOWS), CP866(используется в MS DOS), ISO-8859-5 (использовалась во многих операционных системах), ACCYRILLIC (используется в Apple MACOS).

Актуальны утилиты, которые предоставляют удобные возможности для поиска и использования фрагментов имеющихся текстовых файлов при создании нового файла. Утилита `egrep` позволяет с использованием регулярных выражений в заданном множестве файлов или во всех файлах заданного поддерева UNIX находить подходящие фрагменты. Утилиты `head` и `tail` позволяют вырезать эти фрагменты, утилита `cat` - соединять фрагменты в заданном порядке. Утилита `cut`, вырезающая фрагменты строк, позволяет выделять и компоновать по-новому столбцы таблиц.

ЛИТЕРАТУРА

1. Newline .- <http://en.wikipedia.org/wiki/Newline>
2. Уолл Л., Кристиансен Т., Орвант Д. Программирование на Perl. - Пер.с англ. -СПб:Символ-Плюс, 2002.
3. Фридл Дж. Регулярные выражения. 3-е изд.-СПб:Символ-Плюс, 2008.
4. ASCII .- <http://ru.wikipedia.org/wiki/ASCII>.
5. UTF-8 .- <http://ru.wikipedia.org/wiki/UTF-8>.
6. Таблица символов Юникода.- <http://unicode-table.com/ru/#greek-coptic>.

АЛГОРИТМЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В УСЛОВИЯХ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОСТИ

Кузьмич И.В., Степанова О.П., Федина Л.А.

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

Принятие решений – это особый вид человеческой деятельности, направленный на выбор наилучшего способа достижения поставленной цели, который в большинстве случаев связан с учетом многих критериев, отражающих различные аспекты цели управления. Формализация условий такого выбора приводит к построению модели оптимизации с несколькими целевыми функциями, т.е. к многокритериальной задаче оптимизации, которая является основой для автоматизации задач управления.

Как правило, для сложных технологических объектов целевые функции являются противоречивыми, т.е. невозможно достижение оптимального значения одновременно по всем критериям. Обычно при проведении расчетов оказывается, что изменение параметров решения задачи приводит к улучшению значений одного или нескольких критериев, в то время как значения других критериев в этих условиях могут ухудшаться. Возникает сложная задача выбора окончательного решения, которое связано с разрешением неопределенности.

Рассмотрим задачу многокритериальной оптимизации. Пусть объект T характеризуется вектором входных факторов: $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ и набором показателей эффективности, являющиеся локальными критериями оптимизации (целевыми функциями):

$$F(X) = (y_1, y_2, \dots, y_k);$$

$$\{X\} = \{a_i \leq x_i \leq b_i\} \in R^n, i = 1, \dots, n - \text{область допустимых решений};$$

$y_j = f_j(X), j = 1, 2, \dots, k$ известные математические модели локальных критериев.

Требуется найти вектор значений факторов $X^0 \in \{X\}$, обеспечивающий наиболее предпочтительные значения локальных критериев, причем, в общем случае, некоторые локальные критерии требуется максимизировать, а другие – минимизировать $f_j(X) \rightarrow \max (\min), j = 1, 2, \dots, k$.

Формальная модель многокритериальной оптимизации недостаточна для нахождения оптимального решения. Она позволяет существенно сузить область допустимых решений, оставив лишь эффективные решения, претендующие на оптимальность, иначе Парето-оптимальные решения [1]. Понятие оптимального по Парето решения представляет собой обобщение понятия точки максимума (минимума) в случае нескольких функций и являет-

ся одним из основных понятий теории принятия решений при наличии многих критериев. Решение задачи векторной оптимизации $X^0 \in \{X\}$ называется эффективным, если не существует другого допустимого решения $X \in \{X\}$ такого, что $f_i(X) \geq f_i(X^0)$, $i = 1, \dots, k$ причем, хотя бы одно из неравенств является строгим (считаем, что $f_i(X) \rightarrow \max$, $i = 1, \dots, k$). Таким образом, эффективные решения не хуже остальных решений из множества $\{X\}$ по всем критериям, а по некоторым критериям лучше.

В данной работе рассмотрены наиболее часто используемые методы многокритериальной оптимизации [2]:

- метод аддитивной свертки;
- метод последовательных уступок;
- метод целевого программирования (ЦП)

Анализ этих методов показал, что каждый из них имеет свои преимущества и недостатки, их использование для решения конкретной задачи зависит от дополнительной информации в определенной проблемной области. С другой стороны, решение конкретной задачи разными методами позволяет получить информацию для глубокого анализа этой задачи.

Эти методы использовались в лабораторном комплексе учебного курса «Задачи оптимизации» по теме многокритериальная оптимизация, задачи решались итерационными алгоритмами средствами MS Excel на рабочем листе.

Также для этих методов разработаны алгоритмы принятия решений, основанные на формальных моделях методов с использованием диалога для уточнения условий решения задачи.

Рассмотрим метод ЦП. Основная идея метода: предварительно определяется вектор цели задачи многокритериальной оптимизации, например “идеальные” значения локальных критериев. Затем решается новая задача однокритериальной оптимизации. При этом в качестве новой задачи оптимизации рассматривается задача минимизации отклонения от *вектора цели* в некоторой заданной метрике. Полученный результат принимается за окончательное решение исходной задачи многокритериальной оптимизации.

В качестве *вектора цели* можно использовать совокупность оптимальных значений (c_1, c_2, \dots, c_k) отдельных целевых функций на исходном множестве допустимых решений: $c_1 = f_1^{\text{opt}}$, $c_2 = f_2^{\text{opt}}$, ..., $c_k = f_k^{\text{opt}}$ или значение “идеальной точки” вводить в режиме диалога.

В качестве метрики, используемой для расчета количественного отклонения от *вектора цели*, наиболее часто применяется метрика Евклида.

Основные этапы алгоритма принятия решений на основе метода целевого программирования

1. *Задание вектора цели.* В режиме диалога вводятся значения локальных критериев (например, нормативные значения), либо одним из методов решается совокупность однокритериальных задач оптимизации $f_i(x) \rightarrow \min (\max)$, $i=1,2,\dots,k$. Координаты вектора цели обозначим через (c_1, c_2, \dots, c_k) . Переход к шагу 2.

2. *Выбор новой целевой функции.* В качестве ЦФ рассматривается функция, которая является отклонением от идеальной точки по метрике Евклида: $F(x) = (f_1(x) - c_1)^2 + (f_2(x) - c_2)^2 + \dots + (f_k(x) - c_k)^2$. Переход к шагу 3.

3. *Решение задачи однокритериальной оптимизации.* Решается задача однокритериальной оптимизации: $F(x) \rightarrow \min$. Найденное оптимальное значение x_{opt} принимается в качестве результата решения исходной задачи многокритериальной оптимизации. Переход к шагу 4.

4. *Анализ решения.* В режиме диалога происходит анализ полученного решения. Принимается решение о завершении алгоритма, либо о переходе к шагу 1 для корректировки вектора цели.

Алгоритм реализован в среде Ms Excel на объектно-ориентированном языке программирования Visual Basic for Application (VBA), который позволяет использовать мощные инструменты Excel и гибкость VBA в реализации диалога для ввода дополнительных данных, необходимых для преодоления неопределенности.

Апробация алгоритма проводилась для оптимизации процессов на переходах хлопкопрядильного производства. А также алгоритм использовался в учебном процессе в курсе “Задачи оптимизации” для решения задач многокритериальной оптимизации.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Трахтенгерц Э.А.* Компьютерная поддержка принятия решений. – М.:СИНТЕГ, 1998. – 376 с.
2. *Леоненков А.В.* Решение задач оптимизации в среде MS Excel. - СПб.: БХВ-Петербург, 2005.– 704 с.

ПРИМЕНЕНИЕ РОЕВЫХ АЛГОРИТМОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ЗАДАЧ ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКИ

Беспалов М.Е.

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

Данная работа посвящена компьютерному моделированию много-агентной информационной системы, реализующей алгоритм роевого искусственного интеллекта применительно к решению задачи маршрутизации транспорта.

Многие задачи транспортной логистики (в частности, задачу маршрутизации транспорта) традиционно относят к категории NP-сложных, точное решение которых при количестве клиентов более 50 невозможно получить за полиномиальное время [1]. Поэтому на практике для решения подобных задач применяют приближённые методы – так называемые эвристики и метаэвристики. Такие методы позволяют найти приемлемое, но возможно далёкое от оптимального, решение за допустимое время.

Среди эвристических методов особого внимания заслуживают биоинспирированные или биоморфные алгоритмы – алгоритмы роевого искусственного интеллекта, в частности роевой оптимизации.

Яркими представителями этой категории алгоритмов являются муравьиные, пчелиные и стайные алгоритмы. Именно такие алгоритмы в полной мере раскрывают потенциал применения многоагентной концепции построения децентрализованных систем поддержки принятия коллективных решений. Программная реализация роевых алгоритмов предполагает применение существующих технологий параллельных вычислений, а в перспективе квантовых, иммуно- и нейрокомпьютеров.

Для формализованного представления задачи маршрутизации транспортных средств (ТС) обычно используют графы [3]. Представим в виде пронумерованных вершин графа набор клиентов ТС (от 1 до n) и места стоянки ТС ($0, n+1$). Множество клиентов обозначим как S . Каждый i -ый клиент характеризуется спросом $d(i)$. Дуги между вершинами отражают время $t(i,j)$ перемещения ТС от клиента i к клиенту j с учётом времени обслуживания клиента i . Множество всех дуг графа обозначим как A , тогда дуга, соединяющая вершины i и j представляется как (i,j) , принадлежащая A . Стоимость пути ТС от клиента i клиенту j обозначим как $s(i,j)$; множество ТС одинаковой грузоподъёмности q – как V . Верхний индекс k в последующих формулах соответствует порядковому номеру ТС. Для описания направления движения ТС от одного клиента к другому вводится переменная $X(i,j,k) = \{0,1\}$, где единичное значение означает направление от i к j , а нулевое значение – обратное направление.

С учётом введённых обозначений классическая задача маршрутизации формулируется как задача минимизации целевой функции (1), определяющей общую цену всех маршрутов всех ТС [3]:

$$F = \sum_{k \in V} \sum_{(i,j) \in A} c_{ij} * X_{ij}^k \quad (1)$$

Таким образом, основной целью решения задачи маршрутизации транспорта является составление минимальных по общим ценовым затратам маршрутов ТС. В качестве решения этой задачи рассматриваются: во-первых, разбиение множества клиентов на подмножества – маршруты; во-вторых, определение порядка обхода клиентов в пределах каждого выделенного маршрута. Можно считать такую постановку обобщением классической задачи коммивояжёра. Основные отличия транспортной задачи: 1) наличие нескольких ТС; 2) наличие спроса у клиентов; 3) наличие начальной и конечной стоянок ТС; 4) все маршруты должны удовлетворять по крайней мере следующим ограничениям:

$$\sum_{k \in V} \sum_{j \in N} X_{ij}^k = 1, \forall i \in C. \quad (2)$$

т.к. каждый клиент обслуживается только одним ТС и только один раз;

$$\sum_{i \in C} d_i \sum_{j \in N} X_{ij}^k \leq q, \forall k \in V. \quad (3)$$

т.к. число обслуживаемых клиентов определяется грузоподъёмностью ТС;

$$\sum_{j \in N} X_{oj}^k = 1, \forall k \in V. \quad (4)$$

т.к. каждое ТС покидает начальную стоянку только однажды;

$$\sum_{i \in N} X_{ih}^k - \sum_{j \in N} X_{hj}^k = 0, \forall h \in C, \forall k \in V. \quad (5)$$

т.к. ТС может покинуть вершину h только в случае нахождения в этой вершине.

Кроме перечисленных основных ограничений в зависимости от выдвигаемых логистической задачей требований уравнение (1) дополняется ограничениями по времени доставки; по разбиению заказа на несколько ТС; по наличию разнородных ТС и др. Полный перечень возможных вариантов постановки данной задачи представлен в [3]. Примечательно, что среди прочих выделяется вариант динамической маршрутизации (Dynamic VRP), отличительной особенностью которого является уточнение предлагаемого решения по ходу реализации начального транспортного плана, принятого в качестве первого приближения в условиях неопределённости [1].

Понятие роевого интеллекта (Swarm intelligence) введен Херардо Бени и Ван Цзином в 1989 году [4]. Этот термин отражает общие представ-

ления человека о способностях самоорганизующихся колоний биологических видов (муравьёв, пчёл, стай рыб и птиц) проявлять сложную коллективную целенаправленную деятельность на основе простейших правил поведения отдельных экземпляров. При этом необходимым оказывается требование обязательного низкоуровневого информационного взаимодействия между экземплярами колоний.

В середине 90-х годов XX века Марко Дориго [5,6] выдвигает идею муравьиных алгоритмов оптимизации. Такие алгоритмы основаны на том, что отдельный экземпляр колонии в своём движении исходит не из желания пройти наикратчайший путь, но из опыта своих собратьев, зафиксированный в форме уровня специального вещества, феромона, оставленного на каждом участке маршрута [1].

К разряду роевых относят также пчелиные алгоритмы поиска экземплярами-разведчиками наиболее перспективных областей целевой функции, подлежащих последующей проработке рабочими экземплярами колонии (фуражирами) [2]. Применение подобных метаэвристик позволяет повысить вероятность обнаружения решений, близких к оптимальным.

Наконец, к этой же категории относится метод так называемого “роя частиц” (Particle Swarm Optimization). Под частицами здесь понимается популяция возможных решений. В пространстве параметров задачи оптимизации в каждый момент частицы характеризуются некоторым положением и вектором скорости. На основе рассчитанного для каждой частицы значения целевой функции положение и скорость частицы в пространстве поиска изменяются подобно тому, как при формировании стаи скорость отдельных особей снижается при “притяжении” к некоторому центру стаи.

Представленная задача маршрутизации ТС в динамической постановке исследовалась путём компьютерного моделирования средствами агентной платформы ИАС 5. Поведение программных агентов, подчиняющихся в ходе взаимодействия роевому алгоритму оптимизации выбора маршрута движения, описывалось на дескрипторном языке агентного программирования JADL++. В результате проведённых экспериментов обоснована возможность применения выбранной платформы для отладки алгоритмов “природных вычислений” при решении задач транспортной логистики.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Гладков Л.А., Гладкова Н.В.* Решение динамических транспортных задач на основе гибридных интеллектуальных методов и моделей // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2013. – № 7 (144). – С.102-107.

2. *Курейчик В.М., Кажаров А.А.* Использование роевого интеллекта в решении NP-трудных задач // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2011. – № 7 (120). – С. 30-37.

3. *Эйрих С.Н.* Обзор различных видов задачи маршрутизации транспорта // *New Magenta Papers*. Сборник научных трудов. Выпуск №1. Труды международного семинара по интеллектуальному планированию – Самара. Издательство Самарского научного центра РАН, 2012. – С.11-21.

4. *Beni G., Wang, J.* Swarm Intelligence in Cellular Robotic Systems // *Proceed. NATO Advanced Workshop on Robots and Biological Systems*, Tuscany. Italy, June 26–30 (1989).

5. *Bonavear F., Dorigo M.* Swarm Intelligence: from Natural to Artificial Systems. Oxford university Press. 1999.

6. *Corne D., Dorigo M., Glover F.* New Ideas in Optimization. McGraw-Hill. 1999.

КОМПЬЮТЕРНАЯ ПОДГОТОВКА ИЗОБРАЖЕНИЯ ДЛЯ ВЫШИВКИ

Синеок А.Б., Фирсов А.В., Кавецкая Н.Б., Кудрявцева Е.А.
Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

Вышивка всегда была модным элементом украшения любого предмета одежды или интерьера. Поэтому использование вышивальных машин с автоматизированным управлением позволяет значительно ускорить процесс получения вышивки. Возможности современных компьютеров, графических редакторов и прилагаемого к вышивальной технике программного обеспечения открывают большие возможности для переноса желаемого рисунка на материал при помощи вышивки.

Графические редакторы позволяют получить любое изображение на экране компьютера. Специализированное программное обеспечение, прилагаемое к вышивальным машинам, значительно упрощают работу специалиста переводящего желаемый рисунок в файл, отправляемый на вышивку. Однако, пользователь, купивший вышивальную машину и решивший отшить понравившуюся ему картинку, на практике сталкивается с затруднениями.



Для работы с такими компьютерными программами нужен специалист в области информационных технологий и художественного проектирования. В настоящее время на кафедре ИТ и КД готовят инженеров именно такого профиля.

Что бы получить высокохудожественное изображение, вышитое на ткани нужно учесть все особенности и ограничения, накладываемые на рисунок.

Спектр существующей вышивальной техники очень широк: от ножных машинок с механическим управлением, выстрачивающих несколько вышивальных строчек до полностью автоматизированных машин, выполняющих все операции без участия человека. Каждая машина накладывает свои технологические ограничения на изображение, подготавливаемое к вышивке. Это зависит от функциональных возможностей и операций, предлагаемых этой вышивальной машиной, комплектации и набора дополнительных аксессуаров. Примером таких ограничений может служить: размер поля вышивки, ширина вышиваемой строчки, направление стежков, частота шага при заполнении поля вышивки, натяжения нити на отдельных участках.

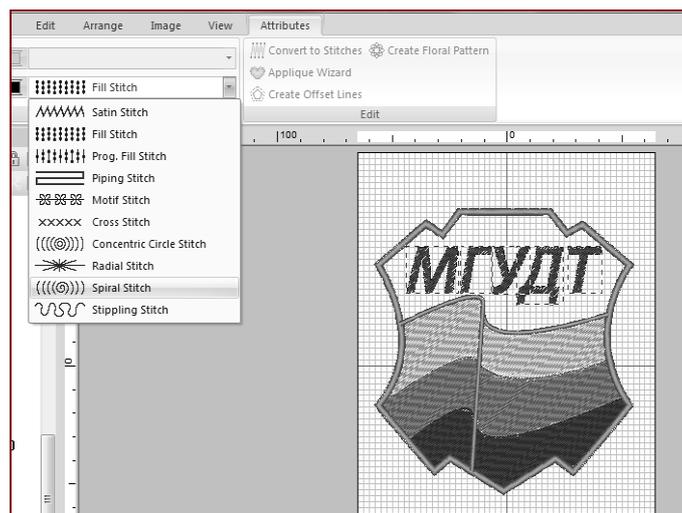
Помимо этого, добавляются ограничения на используемые материалы: выбор ткани по составу, виду и плотности; использование дублирующего материала нужной толщины и жесткости, выбор сырьевого состава и линейной плотности (номера) нитей для вышивки, дающих наилучший вариант.

На саму картинку тоже накладываются определенные ограничения. Это векторная форма, минимальный размер отдельного объекта на изображении, плавность линий и т.д.

Кроме этого, большое значение имеет художественная подготовка специалиста. Так, внешний вид изделия с вышивкой, который зависит от многих компонентов, таких как: правильный подбор цветов, толщина отстроченных линий, художественная композиция и прочие, может иметь решающее значение при выборе потребителем одного из нескольких вариантов вышивки, полученных на основе одного и того же рисунка.

Не существует специальной литературы и готовых алгоритмов, как подготовить идеальное изображение для вышивки на компьютере. Также не существует готовых решений по технологическим параметрам, используемым для конкретной вышивальной машины.

Любая вышивальная машинка работает только с определенной компьютерной программой, которая разрабатывалась специалистами фирмы, создавшей оборудование. Такие программы создают файлы с изображениями в собственной кодировке и со своим расширением, открываемые только в этой программе. Другие программы не смогут работать с такими файлами.



Универсальной компьютерной программы, позволяющей подготовить файл с командными кодами, который можно запустить на любой вышивальной машине, пока не существует. Поэтому специалист привязан к имеющемуся оборудованию и программному обеспечению, на котором работает эта техника.

Исследовательская работа проводилась в Центре технологической поддержки образования на швейно-вышивальной машине-полуавтомате BROTHER NV-1e с компьютерным управлением.

Наилучшие решения были получены экспериментальным путем с использованием многофакторного анализа получаемых результатов.

Авторами разработана методика получения готовой вышивки, начиная со стадии эскиза и заканчивая отшивкой образца. Даны общие рекомендации по выбору определенных параметров в используемых компьютерных программах и последовательно перечислены шаги по получению готовой продукции. Результаты внедрены в учебный процесс.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ИНТЕРНЕТ САЙТА ТЕКСТИЛЬНОЙ КОМПАНИИ

Никитиных Е.И., Струк Д.О.

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

В настоящее время на рынке продвижения коммерческих предложений с некоторых пор доминирует именно интернет и его влияние только усиливается. Реклама и продажа услуг с помощью глобальной сети дает возможность предпринимателям знакомить людей с новинками и проводить рекламу, не требуя при этом больших затрат.

Успешный сайт при этом является основным фактором динамичного развития в интернете. Разработка грамотной компоновки страниц, логиче-

ской структуры сайта и маршрутов навигации ложится в основу web-дизайна. Дизайн web-страницы должен, как минимум, отвечать следующим требованиям: интегрированность статической и динамической составляющих, логическая взаимозависимость графики, видео и текста, эксклюзивность решения – фирменный стиль.

Основной задачей проекта было разработать индивидуальный стиль компании, и в соответствии с ним создать визуально привлекательный, функциональный и современный сайт с удобным и понятным интерфейсом, с обязательным наличием системы заказа услуг и добавления отзывов об услугах с возможностью их последующей модерации.

Разработанный сайт изобилует визуальными элементами в виде фотографий и, тем не менее, не перегружен ими, т.к. они отнесены на задний план с нейтральным серым фоном с текстурой дерева, так же добавлена возможность перетаскивать фотографии мышкой и просматривать их при нажатии, что добавляет сайту интерактивности и необычности (рис.1).

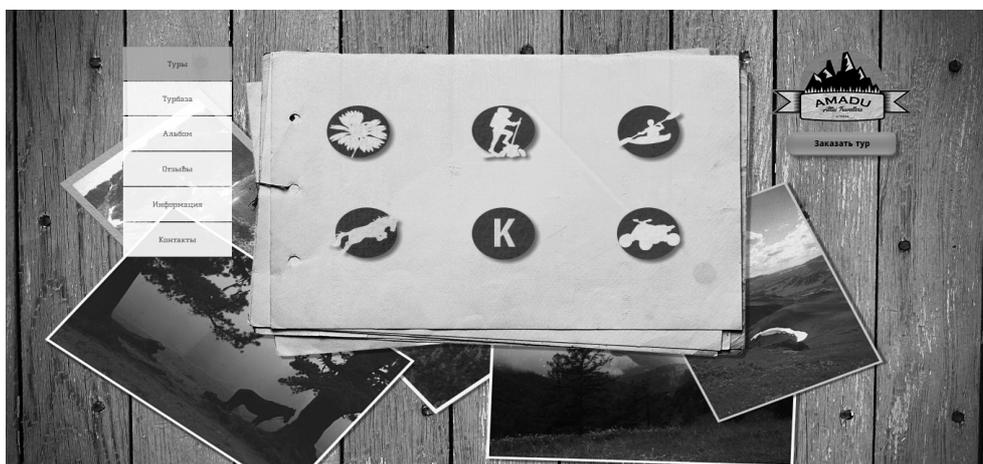


Рис. 1. Вид страницы услуги

Для удобства клиентов компании в проекте предусмотрена загрузка фотографий из папок, поэтому их легко можно заменять при необходимости. Замена устаревших фотографий на новые выполняется в соответствующей директории на сервере, без внесения изменений в код сайта.

Фотографии оформлены по подобию почтовых карточек, как и основная центральная форма сайта и присутствуют на всех страницах, что позволяет передать ощущение путешествия и приключения пользователю и создать яркий и запоминающийся визуальный образ.

Система заказа услуг компании осуществлена с помощью удобной формы, в которой использованы зависимые выпадающие списки. Такая система дает возможность пользователю быстрее найти нужную ему услугу, а программисту установить специфические даты для каждого из них. Форма отправляется на почту к менеджерам по продаже, которые уже сами связываются с клиентами.

Создана система отзывов, которая связана с базой данных на сервере и позволяет администратору сайта модерировать оставляемые отзывы.

Для пользователей сайта разработан удобный инструментарий для публикации актуальной информации и новостей, получения необходимых данных о потенциальных покупателях, размещения рекламы и продвижения своих услуг.

Сайт отличается оригинальным дизайном, создающим у пользователя устойчивое представление о фирме, высокой функциональностью и простотой в использовании.

Разработанный проект рассчитан на повышение уровня продаж, создание постоянной клиентской базы и на рост доходов компании за счет рекламы.

Сайт был разработан с использованием HTML5 и CSS3. Основным средством разработки сайта стал Adobe Dreamweaver CC, в котором предусмотрена интеграция с мобильными устройствами. Adobe Muse CC использовался в проекте для создания шаблона для всех страниц, и верстки. так как программа идеально подходит для этого проекта, концентрируясь именно на дизайнерской составляющей сайтов.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ СПОСОБ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СУМОК И РЮКЗАКОВ СЛОЖНЫХ ФОРМ

Черенкова С.С., Давыдова М.С., Миненко М.П.

Новосибирский технологический институт (филиал) МГУДТ, Россия

Мода на кожгалантерейные изделия, в частности, сумки и рюкзаки, меняется с каждым годом. Соответственно, производителям для поддержания конкурентоспособности необходимо постоянно разрабатывать и внедрять новые модели, многие из которых могут иметь достаточно сложную форму. Сумки и рюкзаки сложных форм подразумевают конструкции, содержащие в себе элементы не развертываемых поверхностей.

Для получения лекал деталей сумок и рюкзаков сложных форм можно использовать различные методики, например, макетирование, ручные способы построения приближенных развёрток не развёртываемых поверхностей, 3D-моделирование. Макетирование и ручные способы построения приближенных развёрток являются трудоемкими и материалоемкими. Таким образом, 3D-моделирование – это наиболее подходящий способом проектирования сумок и рюкзаков сложных форм.

Оптимизировать временные затраты на проектирование позволяет применение систем автоматизированного проектирования. В последнее время все активнее развиваются средства трёхмерного проектирования, так как 3D-модели наглядны и удобны в использовании. На данный момент САПР предоставляют широкие возможности проектирования самых слож-

ных объектов, работу в 3D, широкие возможности визуализации и анимации. Для проектирования кожгалантерейных изделий могут использоваться практически любые доступные пакеты САПР с широким спектром применения, привычные для модельера-конструктора. Примерами могут послужить следующие программные обеспечения: Rhinoceros, SolidWorks, AutoCAD, КОМПАС-3D. Зачастую они оказываются более приемлемыми для проектирования различных промышленных изделий, чем узкоспециализированные программы.

Практическим путём было выявлено, что среди перечисленных программных комплексов SolidWorks наиболее подходящий для проектирования сумок и рюкзаков сложной формы. Так как его параметрическое проектирование 3D-моделей любой сложности на сегодняшний день является наиболее совершенным.

Ниже рассмотрены возможности проектирования сумок и рюкзаков сложной формы на примере модели городского рюкзака сложной пространственной формы и объёмными карманами, представленной на рис. 1.

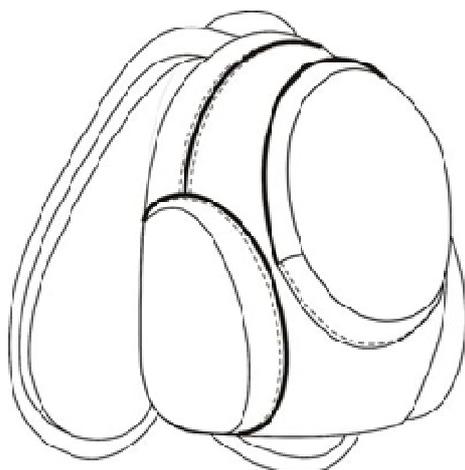
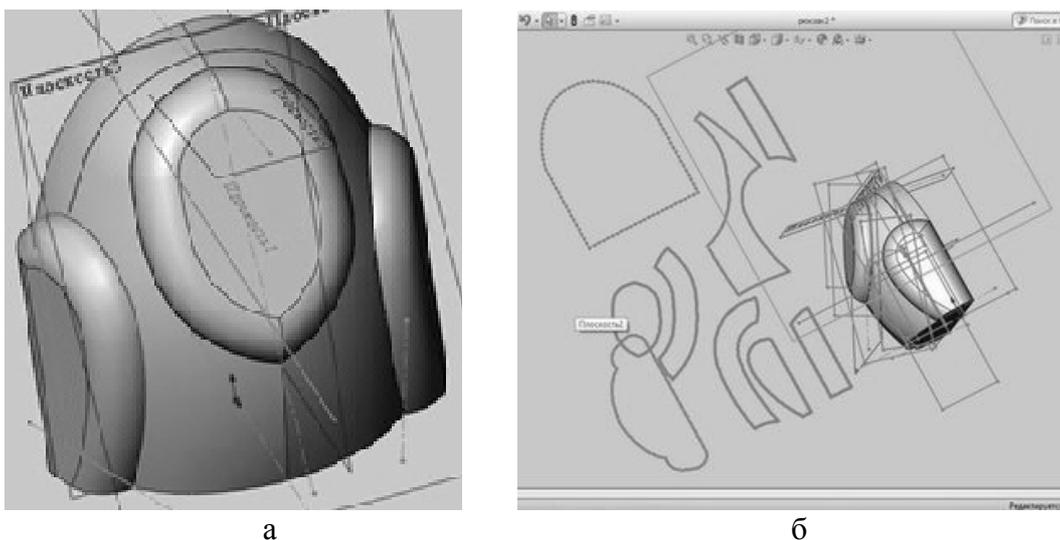


Рис.1. Модель городского рюкзака

Для проектирования 3D-модели данного рюкзака применялись стандартные инструменты SolidWorks для работы на плоскости и в объеме: линия, сплайн, копирование, вытягивание, скругление, создание дополнительных плоскостей и другие. Фрагмент 3D-моделирования демонстрируется на рисунке 2а. С помощью дополнительных функций программы возможно получение развёрток деталей рюкзака (рис. 2б).

На этом этапе работа с 3D-моделью закончена. Далее необходимо в режим двухмерного чертежа, где возможно добавить развёрткам припуски и гофры, указать наименование и количество штук деталей, тем самым подготовить лекала рюкзака. Весь процесс проектирования рюкзака занял около двух часов. В то время как макетирование, ручное и автоматизированное двухмерное проектирование заняли бы в несколько раз больше.



**Рис. 2. Проектирование рюкзака в SolidWorks
(а – фрагмент 3D-моделирования, б – развёртки деталей рюкзака)**

В SolidWorks можно создавать и использовать библиотеку проектирования, в которую можно добавлять элементы в ходе проектирования, а также готовые модели. Из элементов библиотеки проектирования в дальнейшем можно создавать сборки деталей, комбинируя различные формы сумок и рюкзаков с разными видами клапанов, карманов и других деталей.

Кроме этого SolidWorks идеально подходит для визуализации 3D-моделей сумок и рюкзаков, задавая им необходимые цвета и фактуры. Это даёт возможность увидеть будущую модель и выявить возможные недостатки, не дожидаясь изготовления опытного образца.

Таким образом, применение программного комплекса SolidWorks в проектировании кожгалантереи позволят в значительной мере сократить время разработки и внедрения в производство сумок и рюкзаков сложных пространственных форм.

ВЛИЯНИЕ НЕРАВНОМЕРНОСТИ В ПОДАЧЕ СМОЛЫ ЧЕРЕЗ ДРЕНАЖНУЮ СИСТЕМУ НА ПРОЦЕСС ФОРМИРОВАНИЯ НЕТКАНОГО МАТЕРИАЛА

Булыга В.В.

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

Одним из распространенных способов формирования композиционного материала является помещение исходной матрицы в форму с последующей подачей связующих смол под давлением через систему дренажных отверстий, до тех пор, пока не будет заполнено все свободное пространство формы. Смолы находятся в гелеобразном состоянии и под действием температуры, катализаторов или временного фактора затвердевают, вследствие чего формируется композитное изделие. Поскольку при таком

способе изготовления в технологическое оборудование подача смолы осуществляется через большое количество дренажных отверстий, важное значение имеет одновременность и однородность подачи этих смол через все отверстия, а также одновременное и равномерное отвердевание этой смолы.

Поэтому в данной работе рассматривается влияние вариаций параметров, т.е. различие в дренажных отверстиях, в скорости подачи, в характеристиках смолы и характеристиках этих отверстий на процесс затвердевания.

Процесс затвердевания описывается экспоненциальным уравнением вида:

$$z(t) = z(0) + e^{-\frac{t}{T}},$$

где $z(0)$ - начальная степень, при которой гелиевый материал перешел в жидкое состояние. t – время, затраченное на превращение жидкого компонента в твердое, время полимеризации.

Будем считать, что изделие находится в готовом состоянии, если величина $z(t)$ достигает, например, $z(p)$ – предельного состояния. Подставляя в это уравнение $z(p) + e^{-\frac{t}{T}}$ можно найти t :

$$t_p = T \ln \frac{z(0)}{z(p)},$$

где T – постоянная времени, определяющая скорость затвердевания.

Второй фактор, влияющий на эффективность застывания - неравномерность в скорости подачи материала, которая характеризуется расходом гелеобразного материала через сечение. Если расход материала через единицу сечения в единицу времени $g_i(t)$ через i -ое отверстие, а отверстий m , тогда суммарных расход будет равен сумме этих $g_i(t)$:

$$g_1(t) + g_2(t) + \dots + g_m(t)$$

В этом случае, если подача материала обладает некоторой неравномерностью, связанной либо с непостоянством сечений, либо с неодинаковой плотностью материала, вязкостью, скоростью ее продвижения по каналам, то общая дисперсия этих величин по всем каналам будет равна сумме дисперсий по каналам. Если будет N на дисперсию этих колебаний, т.е. дисперсия увеличится в N раз, следовательно, возрастет дисперсия по времени. Эта дисперсия отображается на времени застывания, т.е. на T . Можно считать, что время обратно пропорционально расходу, но вариации малы, то в малом приближении дисперсия T будет пропорциональна дисперсии разброса по числу каналов, отсюда получаем дисперсию времени застывания:

$$DZ_p = DT \ln^2 \frac{z(0)}{z(p)}, \text{ в то же время } DZ_p = nDg \ln^2 \frac{z(0)}{z(p)},$$

где g - дисперсия расхода через каждое отверстие.

Эта формула позволяет оценить степень разброса этих величин. Поскольку прочность и неравномерность композитного материала определяется крайними точками этих характеристик, нами было проведено статистическое моделирование величины разброса с учетом найденных характеристик.

Исследование влияния этих случайных вариаций в свойствах связующих веществ и влияние неравномерности подачи этих связующих по всей площади нетканых материалов на неравномерность по времени его затвердевания, которое может сказаться на неоднородности материала и на неоднородности его свойств по площади.

Для того чтобы снизить погрешность, связанную с такими факторами, мы предлагаем провести моделирование процесса регулирования подачи материала. С этой целью можно установить датчики, измеряющие температуру, давление и расход материала. Проблема усугубляется тем, что расчет проводится в статистическом виде, но на самом деле на процесс влияет и динамика. Все изменения происходят в динамике. Чтобы снизить разброс, связанный с этими динамическими эффектами и неравномерностью, предлагается измерять температуру раствора и расход смолы.

На основании этого мы можем сказать, что контроль параметров подачи связующего, регулировка расхода связующего, а также регулировка давления подаваемой смолы и полный контроль температуры связующего от $z(0)$ до $z(t)$ (время полимеризации), позволяет спрогнозировать появление «сухих зон», образование утолщений, неполной пропитки вследствие застывания смолы, пористости и других дефектов. Контроль параметров позволяет достичь более высокого качества регулирования, поскольку данная система, с точки зрения управления является многоканальной и многофазной динамической системой, работающей в условиях широкого изменения возмущающих воздействий и режимов работы.

Преимуществом использования датчиков является сокращение и контроль связующих, создание более лучших и прочных изделий за счет качественной пропитки материала.

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗРЫВНОЙ НАГРУЗКИ С ПОМОЩЬЮ АВТОМАТИЗАЦИИ РАСЧЕТОВ ПРОЧНОСТИ РАЗРЫВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КАНАТА

Байчоров Т.М.

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

На данный момент отсутствуют методы расчета канатов из текстильных нитей, учитывающих неравномерность механических характеристик (кривых нагрузки – удлинение), неравномерность их свойств вдоль нити, и, тем более автоматизированных систем их расчета.

Разработка технологии автоматизированного расчета прочности каната, требует системного представления большого объема знаний из предметной области, наличия соответствующих методик и алгоритмов, создания новых активных информационных ресурсов и их использования для решения практических задач и должна базироваться на научных основах. Это, в свою очередь, не возможно без проведения глубоких теоретических и экспериментальных исследований процессов получения, структуры, параметров и свойств канатов из текстильных материалов.

Основными требованиями, предъявляемыми к канатам в подобных условиях эксплуатации, являются: прочность, гибкость, равновесность (отсутствие внутреннего крутящего момента относительно оси каната при различных внешних воздействиях), высокая износоустойчивость, малый вес, высокий коэффициент использования волокна в готовом каната и др. Не менее высокие требования предъявляются к крученым изделиям, применяемым в других отраслях народного хозяйства.

Между качеством продукции и качеством процесса измерения существует непосредственная связь. Проблема обеспечения высокого качества текстильной продукции в значительной степени определяется решением задачи измерений показателей качества исходных материалов (волокон), текстильно-вспомогательных веществ, параметров технологических процессов.

Для технологических процессов легкой промышленности критерием оценки эффективности работы оборудования являются такие показатели как, натяжение и деформация продукта, сила прибоя и обрывность нитей в ткачестве. В современных условиях на первый план выходят качественные показатели вырабатываемого продукта. Одним из главных показателей качества крученых изделий является прочность [1].

Прочность крученых изделий чаще всего характеризуется разрывной нагрузкой. На нагрузку нитей достаточно большое влияние оказывает количество механических и технологических факторов (состав сырья, технология переработки, оборудование и др.) [2].

Любое усложнение модели должно быть оправдано с точки зрения его проявления в результатах с учетом статистического разброса параметров. Для обеспечения преемственности между моделями и возможностей неограниченного усложнения целесообразно перейти от аналитических моделей к компьютерному моделированию поведения пучка [3].

Разрывные нагрузки и удлинение изделий из нитей определяются не только свойствами составляющих элементов, но и конструкцией изделия, параметрами этой конструкции, дефектами структуры изделий и т.д. Однако свойства нитей играют значительную, часто основную роль в качественных характеристиках изделия. Определение разрывной нагрузки изделия теоретическими методами возможно лишь для частных случаев и обычно требуют привлечения различного рода эмпирических коэффициентов и зависимостей. В результате уменьшается разница между расчётными и фактическими показателями изделия, зато теряется общность.

Актуальным представляется автоматизация расчетов прочности разрывных характеристик каната. Решение проблемы предполагает обязательное математическое моделирование структуры крученых изделий.

Реализация аналитических подходов для автоматизированного проектирования позволяет повысить точность расчетов, качество проектных решений и обеспечить повышение эффективности подготовки производства.

При проведении исследований использовались методы математического моделирования и оптимизации технологических процессов прядильного производства, корреляционного анализа, математической статистики, компьютерная техника, в частности программные продукты MS Excel и MS Visual Basic, при помощи которых была смоделирована кривая нагрузки-удлинения для всех нитей пучка при различных видах распределения и получены ряд положительных результатов.

Определены методы решения в среде Excel. С помощью языка программирования Visual Basic for Application (VBA) можно решать ряд задач:

- исследование влияния неравномерности механических характеристик одиночных нитей на разрывные характеристики пучка нити;
- оценка возможности неразрушающего определения средней длины волокна по спектрограмме ее линейной плотности;
- определение различительной способности показателей, оценивающих неравномерность распределения смеси волокон.

С помощью VBA поставленная задача может быть решена для более сложного случая, когда координаты точки разрыва одиночной нити являются двумерными случайными величинами, а любая реализация нестационарной случайной функции «нагрузка-удлинение» определяется некоторой неслучайной (базовой) функцией «нагрузка – удлинением» и случайными координатами точки разрыва.

Таким образом, выявлена необходимость создания автоматизированной системы для расчета прочности, разрывных характеристик пучков нити, канатов и фалов из текстильных материалов.

К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ О ПОЛОЖЕНИЯХ. КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОСТУПАТЕЛЬНО НАПРАВЛЯЮЩЕГО МЕХАНИЗМА ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ

Лысогорский А.Е, Глазунов В.А.

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

Рассмотрены механизмы параллельной структуры с тремя степенями свободы, тремя кинематическими цепями и вращательными приводами, которые могут совершать поступательные либо вращательные движения. Механизмы параллельной во многих случаях должны выполнять поступательные или вращательные движения с тремя степенями свободы [1-3].

Рассмотрим кинематический анализ поступательно направляющего механизма с тремя степенями свободы (рис.1).

Данный механизм с точки зрения структурного анализа и синтеза был рассмотрен в предыдущее главе. Здесь представим его некоторые геометрические параметры. Точки $A_1 A_2 A_3$ расположены на выходном звене вдоль осей подвижной системы координат $x' y' z'$. При этом координаты указанных точек в подвижной системе координат имеют следующие значения.

$$A1 = \begin{pmatrix} 0.1 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} \quad A2 = \begin{pmatrix} 0 \\ 0.1 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} \quad A3 = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0.1 \\ 1 \end{pmatrix}.$$

Точки $B_1 B_2 B_3$ расположены на неподвижном звене вдоль осей неподвижной системы координат $x y z$. При этом координаты указанных точек в неподвижной системе координат имеют следующие значения.

$$B1 = \begin{pmatrix} 0.15 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} \quad B2 = \begin{pmatrix} 0 \\ 0.15 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} \quad B3 = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0.15 \\ 1 \end{pmatrix}.$$

Как видно из рисунка, начало координат O и O' не совпадает, а направление осей $x y z$ и $x' y' z'$ параллельны.

Приведем решение задачи о положениях.

Пусть задано положение точки O' , а также положение точек $A_1 A_2 A_3$ в подвижной системе координат. Эти точки имеют координаты $x' y' z'$.

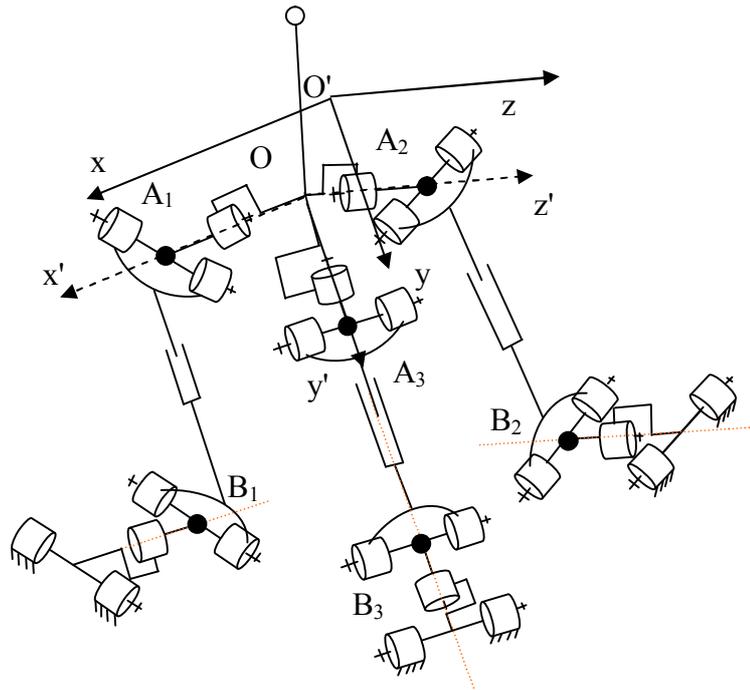


Рис. 1. Кинематический анализ поступательно направляющего механизма с тремя степенями свободы

Формально используем матрицу Динавита-Хартенберга, имеющую размер 4x4.

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & x \\ 0 & 1 & 0 & y \\ 0 & 0 & 1 & z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

Эту матрицу умножаем на четырехмерные векторы, характеризующие точки A_1 A_2 A_3 в подвижной системы координат.

$$A_1 = \begin{pmatrix} x+0.1 \\ y \\ z \\ 1 \end{pmatrix} \quad A_2 = \begin{pmatrix} x \\ y+0.1 \\ z \\ 1 \end{pmatrix} \quad A_3 = \begin{pmatrix} x \\ y \\ z+0.1 \\ 1 \end{pmatrix}.$$

Четвертая строка в данном случае всегда вспомогательная. После этого находим решение обратной задачи о положениях – расстояние между точками A_1 - B_1 A_2 - B_2 A_3 - B_3 .

$$L_1 = \sqrt{y^2 + z^2 + (x - 0.05)^2};$$

$$L_2 = \sqrt{x^2 + z^2 + (y - 0.05)^2};$$

$$L_3 = \sqrt{x^2 + y^2 + (z - 0.05)^2}.$$

Приведем пример:

Пусть $x = 0,1$ м; $y = 0,2$ м; $z = 0,3$ м

При этом $L_1 = A_1 * B_1 = 0,36$ м; $L_2 = A_2 B_2 = 0,35$ м; $L_3 = A_3 B_3 = 0,34$ м

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ СООТВЕТСТВИЯ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ ОДЕЖДЫ ФИГУРЕ ПОТРЕБИТЕЛЯ С ПОМОЩЬЮ ТРЕХМЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ

Петросова И.А., Шанцева О.А., Андреева Е.Г., Гусева М.А.

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

В настоящее время при выборе и покупке швейных изделий перед потребителем возникает множество проблем, в числе которых - большая затрата времени на подбор одежды, которая должна иметь не только хорошее качество посадки на фигуре, но и визуально корректировать ее недостатки, подчеркивая достоинства. С развитием информационных технологий и появлением интернета широко распространяются технологии удаленного изготовления одежды, как для индивидуального потребителя, так и в массовом производстве, а также востребована услуга покупки одежды через интернет-магазины. Значительным недостатком удаленного изготовления одежды и подбора одежды через интернет является невозможность оценить качество посадки приобретаемого швейного изделия, а также сложность определения верного размера из-за различий в маркировке одежды, принятых в разных странах.

Определение антропометрического соответствия одежды фигуре человека является важной и комплексной задачей. Для ее решения необходимы единые критерии сопоставления параметров одежды, лекал, эскиза и фигуры человека между собой. Возможности технологии 3D сканирования позволяют перенести контроль качества проектного решения одежды в виртуальную 3D среду, для чего следует систематизировать информацию о проектируемом изделии и сопоставить с антропометрическими характеристиками фигур, для которых она создается.

Разработана структурная схема и методика проведения оценки качества проектных решений одежды с помощью 3D сканирования, включающая следующие этапы: сканирование фигуры индивидуального потребителя или типового манекена; накопление цифровой антропометрической информации в базе данных или выбор ближайшего к фигуре потребителя виртуального 3D манекена из базы данных; накопление цифровой информации о лекалах изделий в базе данных; сканирование образца одежды и формирование его виртуальной 3D модели; сопоставление 3D модели отсканированного образца одежды с 3D

моделью фигуры потребителя и с конструктивными параметрами в лекалах изделия; контроль заданных параметров изделия; принятие решения о соответствии изучаемого образца одежды антропометрическим характеристикам фигуры.

Взаимосвязь антропометрических параметров фигуры, отраженных в виртуальной 3D модели фигуры, с параметрами готового изделия, его 3D модели, лекал и эскиза для проведения поэтапной процедуры оценки качества проектного решения представлена на рис.1.

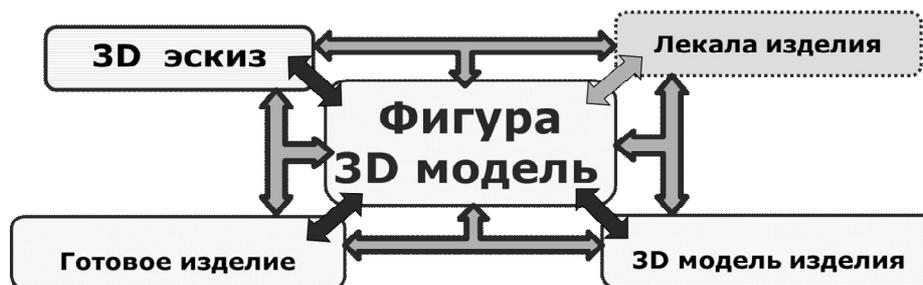


Рис. 1. Схема взаимосвязей между субъектом и объектами проектного решения швейного изделия

После формирования 3D модели фигуры потребителя измеряют ряд антропометрических характеристик, перечень которых определен с помощью экспертного опроса. В качестве экспертов выступили 110 человек, в том числе специалисты швейной промышленности по контролю качества продукции, ритейлеры и преподаватели кафедры «ХМКиТШИ» МГУДТ.

Ключевыми критериями оценки антропометрического соответствия для плечевой одежды стали: длина спинки, длина рукава, ширина спинки, ширина изделия на уровне талии, груди, бедер, ширина рукава, для брюк – ширина на уровне талии и бедер, длина брюк по шаговому шву, для юбки – ширина на уровне талии и бедер.

Совмещение 3D моделей эскиза, проектируемой одежды и фигуры человека между собой (рис.2) позволяет оценить соответствие проектируемого изделия параметрам фигуры.

Анализируются следующие данные; размерные признаки фигуры, полученные трехмерным сканированием; конструктивные параметры лекал; измерения готовых изделий как непосредственно по изделию, так и в трехмерной среде по 3D модели готового изделия.

Результаты оценки антропометрического соответствия проектируемой женской одежды конкретной фигуре могут быть отображены на лекалах изделия для их корректировки путем изменения контролируемых параметров в системе «3D лекала - 3D модель изделия - 3D модель фигуры».

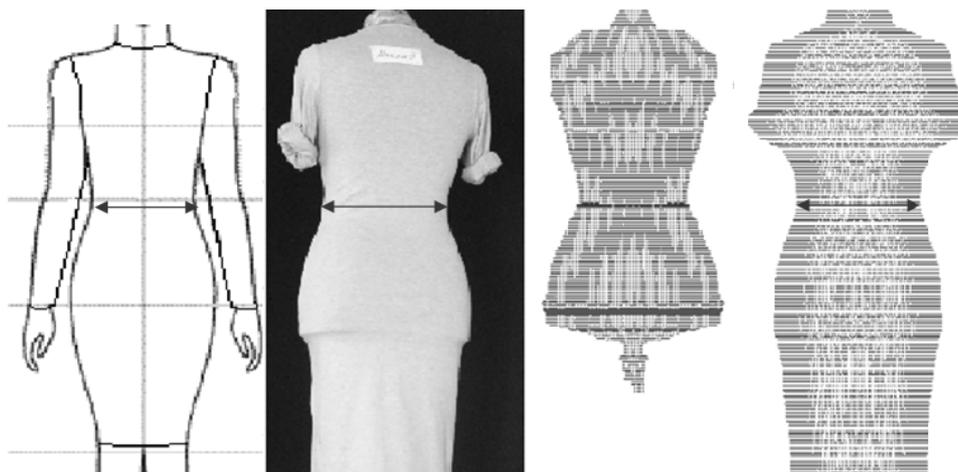


Рис. 2. Измерения параметров антропометрического соответствия по 2D эскизу, 2D изображению, 3D модели манекена, 3D модели проектируемого изделия на манекене

В процессе проведения исследования установлено, что ввиду активного развития технологий 3D сканирования и увеличения доли он-лайн шопинга, существует необходимость создания единой цифровой системы 3D маркировки изделий, которая значительно упростит выбор размера изделия для покупателя.

Таким образом, для оценки качества проектных решений одежды могут использоваться объективные количественные критерии для проведения автоматизированной процедуры контроля на основе 3D сканирования.

АНАЛИЗ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ПЕРЕМАТЫВАНИЯ ЗАПАРЕННОЙ ПРЯЖИ И СТАБИЛИЗАЦИИ НАТЯЖЕНИЯ

Зинченко Ю.В., Тимохин А.Н.

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

В разработке систем автоматического управления широкое применение нашли современные инструменты для программирования контроллеров. Одним из таких инструментов является среда программирования CoDeSys, которая была взята за основу при проектировании системы автоматического управления процессом перематывания запаренной пряжи.

В качестве элемента регулирования в системе точной подстройки скорости и натяжения был выбран функциональный блок «PID FUNCTION», который входит в состав основной библиотеки данной среды программирования.

Преимущество данного блока, по описанию разработчиков, это его универсальность при построении различных систем автоматического управления, а также наличие расчетных коэффициентов.

Так как основной задачей системы является согласование скоростей по заданному натяжению на различных скоростях, к настройке параметров ПИД-регулятора предъявляются повышенные требования.

Проведение анализа системы, позволяет оптимизировать параметры ПИД-регулятора, а также проверить систему на управляемость и наблюдаемость.

Для построения модели системы, с целью оптимизации параметров ПИД-регулятора, ранее были определены динамические характеристики процесса перематывания нити путем экспериментальной идентификации снятия переходных характеристик с их последующей аппроксимацией передаточными функциями.

После идентификации параметров объекта разработана система регулирования натяжения полиамидной нити при перематке, представленная на рис. 1.

С целью оптимизации параметров ПИД-регулятора по минимальному времени регулирования и без перерегулирования в программе Simulink применен блок NCD, в котором выполнены соответствующие настройки.

Результаты оптимизации показаны на рис. 2. Время регулирования равно 0,6 с. Параметры настроек ПИД-регулятора следующие:

$$k_p = 0.8414, \quad k_i = 1.5549, \quad k_d = 0.2306.$$

Воспользовавшись этими параметрами, исследуем систему регулирования натяжения при положительных и отрицательных возмущающих воздействиях на систему.

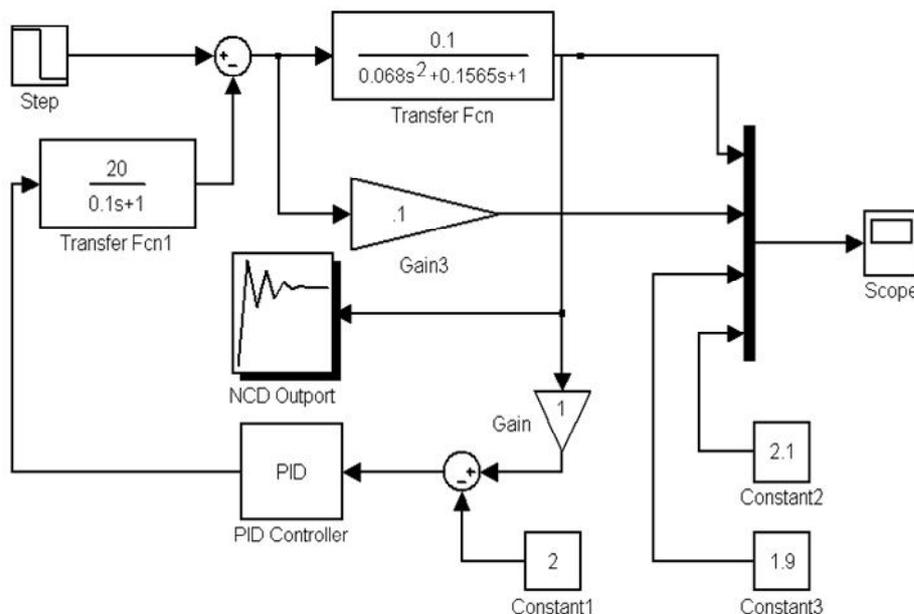


Рис. 1. Модель системы регулирования натяжения

Приложим возмущающие воздействия $\pm 10\%$ через 1,5 секунды, т.е. после установившегося значения переходного процесса. Результаты моделирования показаны на рис. 2 и 3.

Здесь: V – скорость исполнительного механизма в оборотах в секунду, N – натяжение полиамидной нити в граммах.

В обоих случаях натяжение полиамидной нити не выходит за пределы допустимых границ 5% зоны, также показанных на рис. 2 и 3.

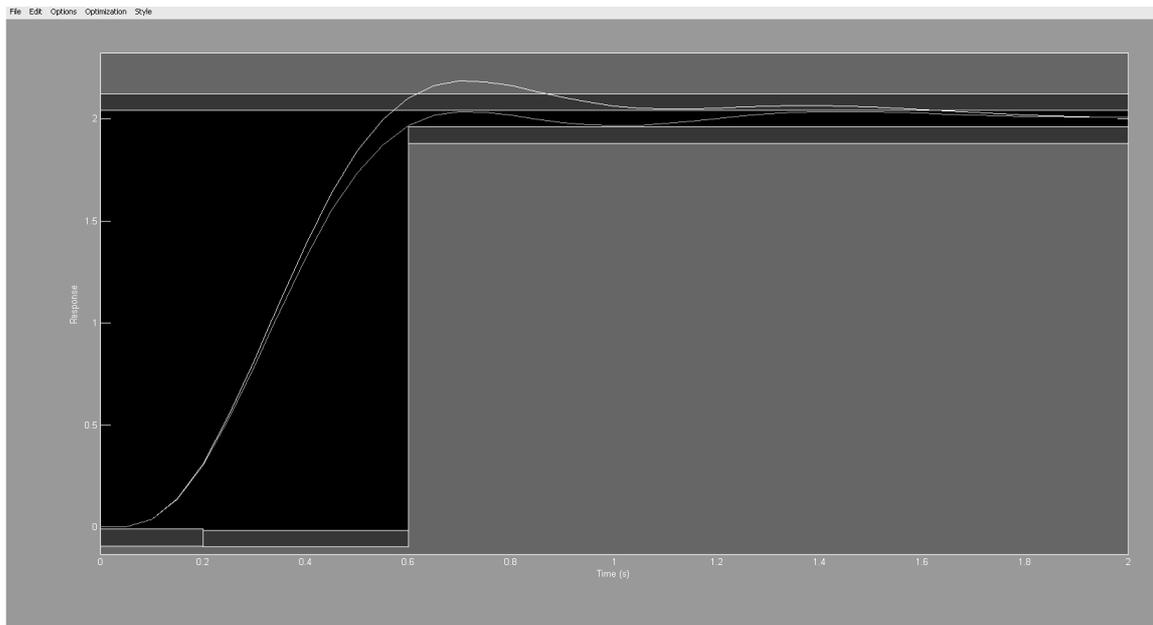


Рис. 2. Оптимизация настроек ПИД-регулятора

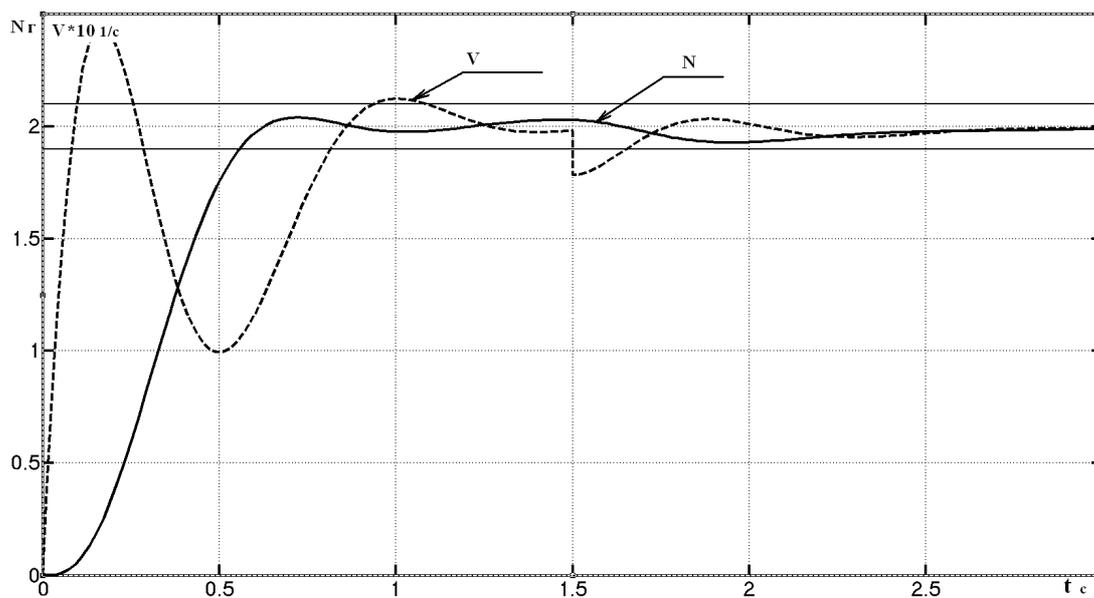


Рис. 3. Переходный процесс при отрицательном возмущающем воздействии

Проверим систему регулирования натяжения нити на управляемость и наблюдаемость. Для этого выполним описание системы в пространстве состояний. Напишем передаточную функцию ПИД-регулятора wr в системе Matlab с полученными настройками:

Напишем передаточную функцию объекта:

```
>> w0=tf(0.1,[0.068 0.1565 1])
```

Transfer function:

```
0.1
```

```
0.068 s^2 + 0.1565 s + 1
```

Напишем передаточную функцию привода:

```
>> wd=tf(20,[0.1 1])
```

Transfer function:

```
20
```

```
0.1 s + 1
```

Напишем передаточную функцию цепи обратной связи, состоящей из последовательно соединенных ПИД-регулятора и привода:

```
>> wr2=wr*wd
```

Transfer function:

```
4.6 s^2 + 16.8 s + 31.2
```

```
0.1 s^2 + s
```

Переводим полученную передаточную функцию цепи обратной связи в пространство состояний:

```
>> wr3=ss(wr2)
```

Переводим передаточную функцию объекта (цепь прямого канала) в пространство состояний:

```
>> w01=ss(w0)
```

Выполняем соединение прямого и обратного каналов в пространстве состояний в системе Matlab с помощью функции `feedback`:

```
>> wsys=feedback(w01,wr3)
```

Для вычисления ранга матриц необходимо определить матрицы A , B и C полученной системы:

```
>> A=wsys.a
```

```
A = -2.3015 -10.2941 9.1250 -2.4375
```

```
8.0000 0 0 0
```

```
0 5.8824 -10.0000 0
```

```
0 0 4.0000 0
```

```
>> B=wsys.b
```

```
B = 0.5000
```

```
0
```

```
0
```

```
0
```

```
>> C=wsys.c
```

```
C = 0 0.3676 0 0
```

Вычисляем ранг матрицы управляемости системы:

```
>> rank(ctrb(A,B))
```

```
ans = 4
```

Вычисляем ранг матрицы наблюдаемости системы:

```
>> rank(observ(A,C))
```

```
ans = 4
```

ВЫВОДЫ

Настройки параметров ПИД-регулятора выбраны оптимально, по минимальному времени регулирования и без перерегулирования. Результаты оптимизации, показанные на рис. 2, позволяют нам определить время регулирования системы, которое составляет 0,6 с, и является оптимальным для стабилизации скорости и натяжения при перематывании нити. Вычисленные значения матриц управляемости и наблюдаемости системы равны порядку самой системы, поэтому система наблюдаема и управляема.

СЕКЦИЯ 6

**Энергосбережение, повышение эффективности
и надежности оборудования, обеспечение
безопасности в производствах
текстильной и легкой промышленности**

**ПОВЫШЕНИЕ СРОКА СЛУЖБЫ НИТЕНАПРАВЛЯЮЩИХ
И РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА В КОЖЕВЕННО-ОБУВНОМ
ПРОИЗВОДСТВЕ**

Беляев В.И., Прокопенко А.К., Иванов И.С.

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

В раскройно – подготовительных цехах кожевенно-обувных производств широкое распространение получил процесс скользящего резания материалов, которое осуществляется с помощью передвижных и стационарных машин лезвийным инструментом в виде дисковых или ленточных ножей. Для раскроя заготовок используются также и вырубные ножи. Режущий инструмент изготавливается из качественных углеродистых сталей У8, У8А, У10, У10А, с твердостью до 45 HRC.

Основным способом поддержания режущей способности инструментов процессе скользящего резания в большинстве случаев является шлифование абразивным инструментом во время работы. В результате постоянной перезаточки длительность работы ножей скользящего резания составляет 8 - 100 часов, после чего они заменяются на новые.

Одной из причин быстрого износа режущей кромки инструмента скользящего резания являются механохимические процессы, происходящие в зоне фрикционного контакта его с обрабатываемым материалом. Поскольку текстильные и кожевенные материалы имеют в своем составе полимеры, которые в результате трибодеструкции могут выделять водород, водородное изнашивание материала инструмента является определяющим [1].

Для упрочнения режущей кромки лезвийного инструмента и нитенаправляющих нами была применена комбинированная технология обработки: электроискровое легирование твердым сплавом ВК8 с последующим нанесением пористого композиционного покрытия, содержащего медь, алюминий и цинк высокоскоростным воздушным потоком и пропиткой полученного поверхностного слоя в медьсодержащей поверхностно-активной среде.

Легирование проводили с помощью электроискровой установки ЭЛИТРОН 22 А при частоте колебаний инструмента 100 гц со скоростью

2 см²/мин. При этом была получена средняя шероховатость Ra 8,9 мкм и микротвердость 700 кг/мм².

Нанесение композиционного покрытия производили на установке для газодинамического напыления ДИМЕТ. Толщина покрытия составляла 1-5 мкм.

Для смазывания использовали индустриальное масло И20 с 0,1 % добавки на основе маслорастворимых медьсодержащих соединений.

При движении нити на швейных и обувных машинах происходит очень быстрое разрушение поверхности нитенаправляющих: появляется повышенная шероховатость, наблюдаются выровы металла и образуются раковины.

Нить, двигаясь по таким направляющим, начинает терять свои свойства: волокон перетирается, прочность нити в целом падает.

Анализ изношенных поверхностей направляющих (наличие глубоких рисок, выровов) указывает на то, что здесь имеет место водородное изнашивание металла. Среди продуктов деструкции материала нити при трении ее о направляющие, вероятно, образуется атомарный водород, который проникая в поверхностные слои металла направляющих способствует их быстрому разрушению и изнашиванию. Аналогичное явление наблюдается и в нитенатяжителе швейной или обувной машины. Там разрушение поверхности прижимаемых нить деталей приводит к повышенному трению между нитью и металлическими поверхностями, нестабильности натяжения нити, что сказывается на качестве шва.

При наличии металлоплакирующего смазывающего материала трение нити о направляющую создает условия формирования защитной пленки на металлической поверхности, препятствующей проникновению водорода в поверхностные слои металла, их разрушению и износу. Шероховатость и износ этих поверхностей уменьшается, что положительно сказывается на сохранении первоначальных свойств нити.

Если нитенаправляющие изготовлены из керамики покрытие, наносится только газодинамическим способом [2].

Производственное применение технологий показало возможность уменьшения износа деталей узлов трения не менее чем в 1,5...2 раза, снижения потерь на трение до 30 %, повышения стойкости режущего инструмента не менее чем в 2 раза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гаркунов Д.Н. Триботехника. – М.: Машиностроение, –1985. – 424с.
2. Инновационные производственные технологии для малых предприятий: процессы, инструменты и устройства: / Под ред. Белгородского В.С., М.: РИО МГУДТ, – 2011. – 149 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ МЕХАНИЗМА ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ С ПЯТЬЮ СТЕПЕНЯМИ СВОБОДЫ МЕТОДОМ ВИНТОВ

Носова Н.Ю., Палочкин С.В.

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

Винтовой метод является одним из эффективных методов исследования пространственных механизмов. Применение данного метода позволяет оперировать с винтами – геометрическими образами более высокого порядка, чем обычные векторы, что даёт возможность делать глубокие обобщения, а при анализе особых положений, например, получить результат, не прибегая к сложным расчётам.

Начало теории винтов положил Р. Болл [1]. Целью работы было нахождение возможности движения некоего твёрдого тела, которое опирается на основание с помощью нескольких кинематических цепей. Два альтернативных исследовательских подхода были основаны на концепции декартовых координат и на анализе винтовых движений. В работе было показано, что все возможные движения относятся к винтовым пересечениям или представляют комбинацию этих винтов. Теория винтов также была развита в трудах таких учёных, как А.П. Котельников [2], Д.Н. Зейлигер [3], П.О. Сомов [4], Ф.М. Деминтберг [5-7], В.А. Глазунов [8].

Винт R – это геометрический образ, к которому приводится произвольная система скользящих векторов. Характеризуется вектором r и моментом r° , а также осью винта, для всех точек которой направления вектора и момента совпадают. Винт нулевого параметра – вектор, винт бесконечного параметра – момент. Воспользуемся методом винтов для определения работоспособности механизма параллельной структуры с пятью степенями свободы (рис.1).

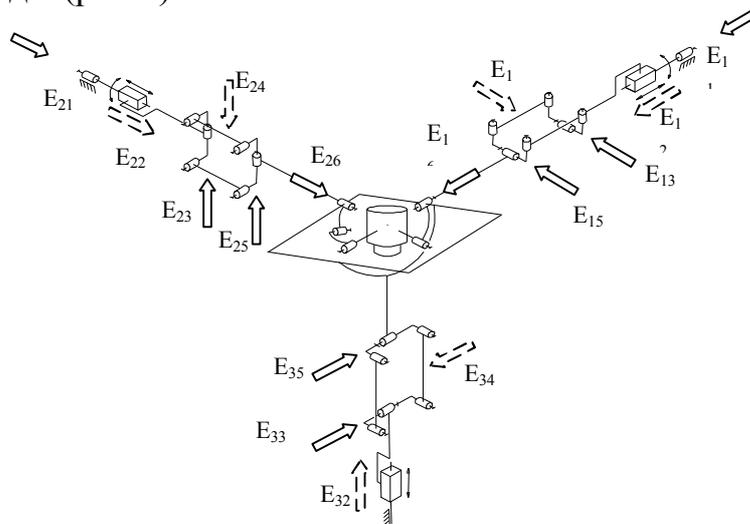


Рис. 1. Механизм параллельной структуры с пятью степенями свободы

Необходимо рассмотреть плюккеровы координаты ортов осей кинематических пар. Этот метод позволяет выявить возможные особые положения (сингулярности), а также неуправляемую подвижность.

Каждой кинематической паре ставится в соответствие орт её оси и составляется матрица плюккеровых координат этих ортов. Соответствующее построение приведено на рис.1.

Рассмотрим плюккеровы координаты единичных винтов осей кинематических пар механизма, который находится в исходном положении (рис.°1). Единичные винты E_{ij} , характеризующие положения осей кинематических пар, имеют координаты:

$E_{11} (1, 0, 0, 0, 0, 0)$, $E_{12} (0, 0, 0, 1, 0, 0)$, $E_{13} (0, -1, 0, 0, 0, e^o_{13z})$, $E_{14} (0, 0, 0, 0, 1, 0)$, $E_{15} (0, -1, 0, 0, 0, e^o_{15z})$, $E_{16} (1, 0, 0, 0, 0, 0)$; $E_{21} (0, 1, 0, 0, 0, 0)$, $E_{22} (0, 0, 0, 0, 1, 0)$, $E_{23} (0, 0, 1, e^o_{23x}, 0, 0)$, $E_{24} (0, 0, 0, 0, 0, -1)$, $E_{25} (0, 0, 1, e^o_{25x}, 0, 0)$, $E_{26} (0, 1, 0, 0, 0, 0)$; $E_{32} (0, 0, 0, 0, 0, 1)$, $E_{33} (-1, 0, 0, 0, e^o_{33y}, 0)$, $E_{34} (0, 0, 0, 1, 0, 0)$, $E_{35} (-1, 0, 0, 0, e^o_{35y}, 0)$.

В первой кинематической цепи единичные векторы E_{11} и E_{16} лежат на одной оси, поэтому единичный вектор E_{16} в расчёт не берём. В этом случае имеем пять единичных векторов. Условия взаимности плюккеровых координат единичных и силовых винтов можно записать в виде системы уравнений, из которой необходимо найти одно неизвестное и, следовательно, получить один силовой винт:

$$\begin{aligned} r_x \cdot e^0_{11x} + r_y \cdot e^0_{11y} + r_z \cdot e^0_{11z} + r_x^0 \cdot e_{11x} + r_y^0 \cdot e_{11y} + r_z^0 \cdot e_{11z} &= 0, \\ r_x \cdot 0 + r_y \cdot 0 + r_z \cdot 0 + r_x^0 \cdot 1 + r_y^0 \cdot 0 + r_z^0 \cdot 0 &= 0, \\ r_x \cdot e^0_{12x} + r_y \cdot e^0_{12y} + r_z \cdot e^0_{12z} + r_x^0 \cdot e_{12x} + r_y^0 \cdot e_{12y} + r_z^0 \cdot e_{12z} &= 0, \\ r_x \cdot 1 + r_y \cdot 0 + r_z \cdot 0 + r_x^0 \cdot 0 + r_y^0 \cdot 0 + r_z^0 \cdot 0 &= 0, \\ r_x \cdot e^0_{13x} + r_y \cdot e^0_{13y} + r_z \cdot e^0_{13z} + r_x^0 \cdot e_{13x} + r_y^0 \cdot e_{13y} + r_z^0 \cdot e_{13z} &= 0, \\ r_x \cdot 0 + r_y \cdot 0 + r_z \cdot e^0_{13z} + r_x^0 \cdot 0 + r_y^0 \cdot (-1) + r_z^0 \cdot 0 &= 0, \\ r_x \cdot e^0_{14x} + r_y \cdot e^0_{14y} + r_z \cdot e^0_{14z} + r_x^0 \cdot e_{14x} + r_y^0 \cdot e_{14y} + r_z^0 \cdot e_{14z} &= 0, \\ r_x \cdot 0 + r_y \cdot 1 + r_z \cdot 0 + r_x^0 \cdot 0 + r_y^0 \cdot 0 + r_z^0 \cdot 0 &= 0, \\ r_x \cdot e^0_{15x} + r_y \cdot e^0_{15y} + r_z \cdot e^0_{15z} + r_x^0 \cdot e_{15x} + r_y^0 \cdot e_{15y} + r_z^0 \cdot e_{15z} &= 0, \\ r_x \cdot 0 + r_y \cdot 0 + r_z \cdot e^0_{15z} + r_x^0 \cdot 0 + r_y^0 \cdot (-1) + r_z^0 \cdot 0 &= 0, \end{aligned}$$

где e_{ijx} , e_{ijy} , e_{ijz} , e^o_{ijx} , e^o_{ijy} , e^o_{ijz} – векторная и моментная части единичного винта, соответственно, $(i - 1, 2, 3; j - 1, 2, 3)$; r_{ijx} , r_{ijy} , r_{ijz} , r^o_{ijx} , r^o_{ijy} , r^o_{ijz} – векторная и моментная часть силового винта, соответственно, $(i - 1, 2, 3; j - 1, 2, 3)$.

Решая систему уравнений получаем один силовой винт с координатами $R_I (0, 0, 0, 0, 0, 1)$.

Для второй и третьей кинематических цепей имеем один силовой винт с координатами $R_2 (0, 0, 0, 1, 0, 0)$ и два силовых винта с координатами $R_3 (0, 0, 0, 0, 1, 0)$ и $R_4 (0, 0, 0, 0, 0, 1)$, соответственно, для каждой из цепей.

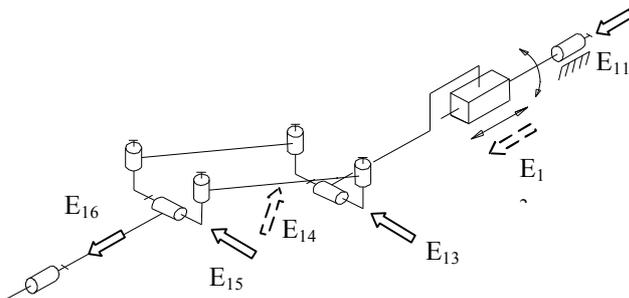
Координаты силовых винтов можно представить в виде соответствующей матрицы (R) 6x4:

$$(R) = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

Из этой матрицы следует, что имеют место лишь три независимых силовых винта. Это винты бесконечно большого параметра (моменты), ограничивающие вращения.

Далее, рассматривая отдельно, например, первую кинематическую цепь, сместим её относительно оси координат и найдём для данной цепи плюккеровы координаты.

Плюккеровы координаты единичных винтов осей кинематических пар



механизма (рис.2), характеризующие положения осей кинематических пар, имеют координаты: $E_{11} (1, 0, 0, 0, 0, 0)$, $E_{12} (0, 0, 0, 1, 0, 0)$, $E_{13} (0, -1, 0, 0, 0, 0, e^o_{13z})$, $E_{14} (0, 0, 0, e^o_{14x}, e^o_{14y}, 0)$, $E_{15} (0, -1, 0, 0, 0, 0, e^o_{15z})$, $E_{16} (1, 0, 0, 0, 0, 0, e^o_{16z})$.

Рис.2. Кинематическая цепь механизма

Составим матрицу из полученных координат единичных винтов:

$$(E) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & e^o_{13z} \\ 0 & 0 & 0 & e^o_{14x} & e^o_{14y} & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & e^o_{15z} \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & e^o_{16z} \end{pmatrix}.$$

Уберём из полученной матрицы один столбец, в котором получили нули. Выпишем матрицы размера 5x5, вычеркивая по одной строке. Проанализируем эти матрицы с точки зрения возможности внутренней подвижности в данной цепи.

Можно показать, что частичная цепь, включающая четыре кинематических пары за исключением поступательного привода, имеет подвиж-

ность [8], а это свидетельствует о возможности передачи вращения с вращательного привода на вращательную пару, сопряженную с выходным звеном, и подтверждает работоспособность механизма.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ball R.S.* A Treatise on the Theory of Screws. – Cambridge: Cambridge University Press, 1900. – 544 p.
2. *Котельников А.П.* Винтовое счисление и некоторые приложения его к геометрии и механике. Казань, 1895. – 216 с.
3. *Зейлигер Д.Н.* Комплексная линейчатая геометрия. – М.: Гостехиздат, 1934. – 196 с.
4. *Сомов П.О.* Векториальный анализ и его приложения. – С.-Пб.: Тип. Стасюлевича, 1907. – 263 с.
5. *Деминтберг Ф.М.* Об особенных положениях пространственных механизмов. //Машиноведение. – 1977. – №5. – С. 53-58.
6. *Деминтберг Ф.М.* Теория винтов и её приложения. – М.: Наука, 1978. – 327 с.
7. *Деминтберг Ф.М.* Теория пространственных шарнирных механизмов. – М.: Наука, 1982. – 336 с.
8. *Глазунов В.А.* Пространственные механизмы параллельной структуры / В.А. Глазунов, А.Ш. Колискор, А.Ф. Крайнев – М.: Наука, 1991. – 95 с.
9. *Носова Н.Ю.* Определение работоспособности механизма параллельной структуры с четырьмя степенями свободы методом винтов / Н.Ю. Носова, С.В. Палочкин // Сб. Новое в технике и технологии текстильной и лёгкой промышленности: материалы международной научно-технической конференции. Витебск, ноябрь 2013 г. / УО «ВГТУ». – Витебск: ВГТУ, 2013. – С. 338-340.

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПЕРСПЕКТИВНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ УПРАВЛЯЕМЫХ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Филимонова Е.М., Поляков А.Е., Чесноков А.В.

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

Важным резервом энергосбережения является оптимальное управление динамическими объектами по минимуму затрат энергии в условиях реальной эксплуатации, т.е. когда меняются параметры объектов, режимы работы, ограничения, задание на конечное состояние. Применение регули-

руемого электропривода в управляемых электротехнических комплексах обеспечивает энергосбережение и позволяет получать новые качества систем и объектов. Значительная экономия электроэнергии обеспечивается за счет регулирования технологических параметров (натяжения, вытяжки, линейной плотности). Автоматизация производства текстильных материалов выдвинула ряд проблем, связанных с улучшением качества управления электромеханическими системами технологического оборудования, основным видом регулируемого электропривода которого служат комплектные системы постоянного и переменного тока. Высокие требования технологического регламента к процессу формирования, транспортирования и наматывания волокнистого материала тесно связаны со скоростными режимами и точностью их реализации, обеспечивающими синхронизацию движений рабочих органов машин и аппаратов при оптимальных энерготехнологических показателях и заданных ограничениях. Автоматизация электромеханических систем технологического оборудования для производства текстильных материалов требует расширения и усложнения функций управления в связи с необходимостью осуществлять обмен информацией с устройствами управления различных уровней, обеспечивать непрерывный контроль и диагностику состояния, а также надежную защиту от нарушений нормального режима эксплуатации [1].

Имеется большое количество оборудования, в котором требуется создать определенный оптимальный скоростной режим при осуществлении технологических процессов. В одних случаях необходимы поддержание или синхронизация скоростей вращения узлов и механизмов, в других - изменение частоты вращения по заданному закону или регулирование ее в широких пределах.

В текстильной отрасли для общезаводского оборудования преимущественное применение находят нерегулируемые асинхронные короткозамкнутые двигатели как наиболее простые по конструкции, экономичные и надежные в работе.

Снижение энергозатрат при эксплуатации сложных динамических систем технологического оборудования достигается выбором рациональных (в отдельных случаях оптимальных) скоростных режимов его электромеханических систем, определяемых энергетическими показателями и требованиями к технологическим процессам.

Основной задачей энергохозяйств по производству текстильных материалов является обеспечение надежной и бесперебойной работы технологического оборудования. Последнее может быть достигнуто как за счет реализации малозатратных технических решений, так и за счет частичной модернизации энерготехнологического оборудования.

Исследования авторов по вопросам повышения эффективности эксплуатации сложных управляемых электромеханических систем технологи-

ческого и общефабричного оборудования проводилось по следующим основным направлениям.

Первым направлением является разработка и внедрение на технологическом и вспомогательном оборудовании специальных технических средств, обеспечивающих в электроприводе минимизацию влияния отклонения нагрузки и качественных показателей электроэнергии от номинальных значений на энергетические показатели. Для реализации данного направления предложена методика внедрения микропроцессорных регуляторов напряжения МРН000 для низковольтных АД, которые кроме выполнения функций энергосбережения управляют режимами пуска, торможения, в отдельных случаях в небольших диапазонах регулируют частоту и момент вращения, а также осуществляют защиту и диагностику, т.е. повышают технический уровень привода в целом, увеличивают его надежность.

Вторым направлением энергосбережения является переход от нерегулируемого электропривода к регулируемому для отдельных видов технологического оборудования с транспортирующими, наматывающим и крутильно-мотальными механизмами. Этот объективный процесс, обусловленный повышением технического уровня технологического оборудования, в котором используется автоматизированный электропривод, часто ставит задачу рационального и (или) оптимального управления скоростными режимами.

Как правило, при переходе к регулируемому электроприводу экономия энергии достигается как за счет применения самого автоматизированного привода, так и за счет совершенствования технологического процесса, который привод обслуживает.

Третьим перспективным направлением энергосбережения является разработка и применение интеллектуальных систем и, в первую очередь, создание для них математического и программного обеспечения, что возможно лишь на базе современных информационных технологий, позволяющих в полном объеме использовать базу знаний экспертной системы.

В последние годы наиболее перспективным направлением признаны технологии искусственного интеллекта в системах управления электроприводами, где находят применение так называемые нечеткие алгоритмы регулирования [2]. Нечеткое управление (на основе методов теории нечетких множеств) используется при недостаточном знании объекта управления, наличии опыта управления им, в нелинейных системах, идентификация которых слишком трудоемка, а также в случаях, когда по условию задачи необходимо использовать знания эксперта. Регуляторы, построенные на базе этой инновационной концепции, в ряде случаев способны обеспечить наиболее высокие показатели качества переходных процессов по сравнению с классическими регуляторами. Кроме того, используя технологию синтеза нечетких алгоритмов управления, возможно провести оптимизацию сложных контуров регулирования без проведения всесторонних ма-

тематических исследований. Широкому распространению fuzzy-систем управления способствует программная система Matlab, в составе которой имеется пакет программ по fuzzy-логике. Fuzzy Logic Toolbox позволяет создавать и редактировать fuzzy-системы управления с нечеткой логикой, называемые в терминах программной системы Matlab – Fuzzy Inference System или FIS. Эти системы можно создавать используя как графические инструменты так и команды рабочего окна Matlab. Кроме того, указанная система включает в себя пакет моделирования динамических систем Simulink, который в свою очередь позволяет при помощи стандартных блоков, входящих в библиотеку, сформировать одноконтурную или многоконтурную систему управления с аналоговым или fuzzy-регулятором [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Дубовицкий В.А., Поляков А.Е., Поляков К.А., Чесноков А.В., Филимонова Е.М. Технические решения для оптимального управления сложными динамическими объектами при производстве нетканых материалов.// Хим. волокна. – 2013. – №.2 – С. 59-61.

2. Дубовицкий В.А., Успенский А.А., Поляков А.Е., Поляков К.А., Филимонова Е.М., Бычков В.В., Степанова М.С. Модернизированный способ управления процессом холстообразования и наматывания нетканых материалов.// Хим. волокна. – 2012. – №1. – С. 45-48.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБЪЕМНОЙ ТЕПЛОТДАЧИ ПРИ ДВИЖЕНИИ ВОЗДУХА В НЕТКАНОМ МАТЕРИАЛЕ

Жмакин Л.И., Иваненко М.В.

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

Для солнечного нагрева воздуха перспективы транспирационные коллекторы, т.е. радиационно-конвективные теплообменники, в которых организована фильтрация воздуха через пористый абсорбер [1]. Такой абсорбер может быть выполнен, например, из нетканого текстильного материала, полотно которого натянуто внутри корпуса и с одной стороны обогрывается солнечным излучением. Поглощенное тепло переносится вглубь пористого слоя теплопроводным каркасом (волокнуистой матрицей) и передается движущемуся в нем воздуху. Поскольку площадь контакта воздушного потока с развитой поверхностью микроканалов абсорбера обычно не определена, то интенсивность теплообмена в порах принято описывать с помощью объемного коэффициента теплоотдачи, имеющего размерность $Вт/м^3гр$. Найти же этот коэффициент можно только экспериментально.

На рис.1 приведена схема опытной установки для исследования объемной теплоотдачи в плоском слое нетканого материала при фильтрации через него воздуха.

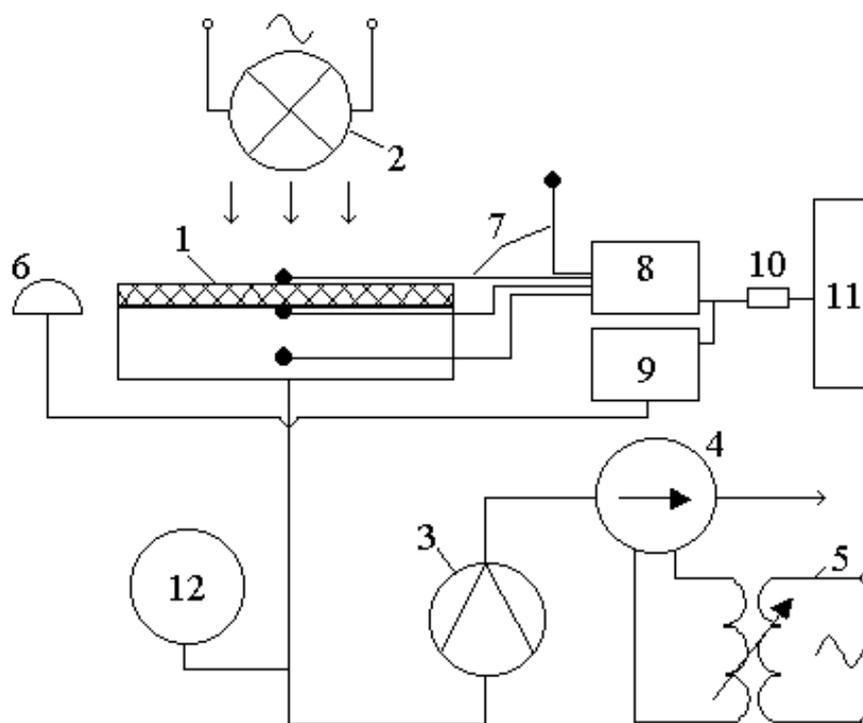


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

Рабочий участок 1 выполнен из тонкой жести и имеет форму цилиндра диаметром 190 мм и высотой 60 мм. В его верхней части имеется сетка, на которой закреплен образец нетканого материала, а в днище цилиндра смонтирован патрубок для отвода воздуха. Радиационный тепловой поток создавался инфракрасной лампой 2, установленной на кронштейне. Фильтрацию воздуха обеспечивал вытяжной вентилятор 4, обороты которого регулировались автотрансформатором 5. Расход воздуха измерялся ротаметром 3, а перепад давления на образце находился с помощью микроманометра с наклонной трубкой 12 серии ММН-2400. Для измерения температур на поверхностях образца, а также температур воздуха до и после пористого слоя использовались хромель-копелевые термопары 7. Плотность лучистого потока определялась пиранометром 6 марки М-80. Сигналы с термопар и пиранометра поступали на промышленные контроллеры 8 и 9 типа ТРМ 138 и ТРМ 201. Эти контроллеры через преобразователь интерфейсов 10 АСЗ-М-220 были подключены к персональному компьютеру 11. Такая автоматизированная система измерений позволяла получать и архивировать большие массивы опытных данных с заранее заданным шагом по времени.

Эксперименты проводились на образцах нетканого материала с пористостью 96%. Они имели форму диска диаметром 170 мм и толщиной 5

и 8 мм, были изготовлены из полиэфирных волокон с линейной плотностью 0,82 текс и окрашены в черный цвет. Степень черноты образцов составляла 0,9. Плотность теплового потока на поверхности образцов и скорость фильтрации воздуха изменялись в диапазонах 440...670 Вт/м² и 0,002...0,007 м/с, соответственно.

Коэффициенты объемной теплоотдачи находились обратным методом теории теплообмена. Для этого привлекалась математическая модель, описывающая распределения температур в пористой матрице и движущемся через нее газе в одномерном приближении [2]:

$$\lambda_1 \frac{d^2 t_1}{dx^2} - \alpha_v (t_1 - t_2) = 0$$

$$\rho_2 c_p w \frac{dt_2}{dx} = \lambda_2 \frac{d^2 t_2}{dx^2} + \alpha_v (t_1 - t_2) \quad (1)$$

Модель включает дифференциальное уравнение теплопроводности пористой матрицы и уравнение энергии для газа. В системе (1) использованы следующие обозначения: λ – коэффициент теплопроводности, ρ – плотность, α_v – объемный коэффициент теплоотдачи, c_p – изобарная теплоемкость, t – температура, w – средняя скорость движения воздуха в микроканалах, x – координата поперек нетканого материала; индексы 1 и 2 относятся к матрице и газу, соответственно.

В этих уравнениях выражение $\alpha_v (t_1 - t_2)$ можно рассматривать как некоторый источниковый член; он имеет размерность $Вт/м^3$ и описывает сток тепла от матрицы к газу за счет теплообмена между ними. Средняя скорость воздуха в микроканалах связана со скоростью фильтрации w_ϕ выражением $w = w_\phi / \Pi$, где Π – пористость.

Система дифференциальных уравнений (1) решалась численно конечно-разностным методом на равномерной сетке. В вариантных расчетах плотность лучистого потока, поступающего на образец, температура воздуха на входе и теплофизические параметры сред считались известными, а коэффициент объемной теплоотдачи выбирался так, чтобы расчетные значения температур на поверхностях нетканого материала совпадали с экспериментальными.

Полученные таким образом коэффициенты объемной теплоотдачи для образцов различной толщины показаны на рис.2 в зависимости от скорости фильтрации воздуха.

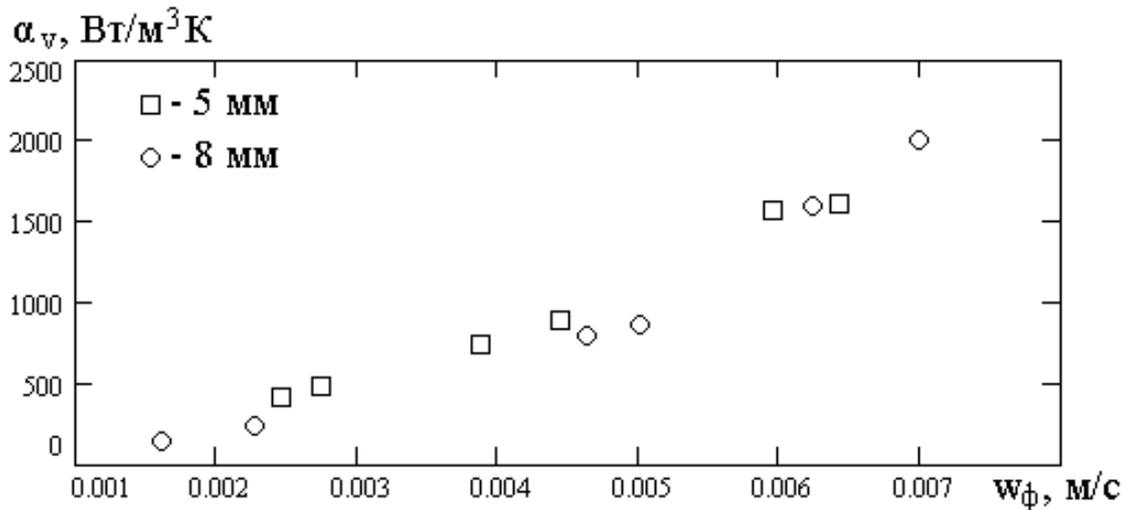


Рис. 2. Коэффициенты объемной теплоотдачи в нетканом материале

Обработка данных, приведенных на рис.2, в безразмерной форме позволила получить следующее критериальное уравнение

$$\overline{Nu}_d = 0,085 Re_d^{1,67}, \quad (2)$$

в котором числа Нуссельта и Рейнольдса определены по среднему диаметру волокон пористой среды, т.е.

$$\overline{Nu}_d = \frac{\alpha_v d^2}{\lambda_v}; \quad Re_d = \frac{w d}{\nu_v}. \quad (3)$$

Таким образом, уравнение (2) получено для условий внешнего теплообмена, когда в пористом теле рассматривается наружное обтекание воздухом его элементарных волокон.

ЛИТЕРАТУРА

1. Твайделл Дж., Уэйр А., Возобновляемые источники энергии, М.: Энергоатомиздат. – 1990. – 392 с.
2. Жмакин И.К., Жмакин Л.И., Иванов Д.Г. Моделирование теплопереноса в солнечном воздушном коллекторе транспирационного типа: Научный вестник национального университета биоресурсов и природопользования Украины, №194, ч. 1, Киев, Украина, С. 31-36.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЫЧАЖНОГО МЕХАНИЗМА С КВАЗИОСТАНОВКАМИ ВЫХОДНОГО ЗВЕНА ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ПРИВОДУ БАТАНА ТКАЦКИХ СТАНКОВ

Лушников С.В., Степнов Н.В.

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

Рычажные механизмы с квазиостановками выходного звена в крайнем положении используются в текстильных машинах и в частности в качестве батанных механизмов ткацких станков. Это ткацкие станки, предназначенные для выработки тяжелых тканей и высокоскоростные станки, где не требуется идеальная остановка батана в крайнем положении, например станки с гидравлическим и пневматическим способом прокладки утка. Значительную продолжительность остановки могут обеспечить шести-звенные рычажные механизмы, в которых используется симметричный, круговой направляющий четырехзвенник.

Разработана методика и алгоритм синтеза такого механизма. На первом этапе при синтезе кругового направляющего механизма используется теория приближения функций. В результате такого синтеза определяются предварительные размеры четырехзвенника, обеспечивающего перемещение шатунной точки по кривой максимально приближенной к дуге окружности на заданном угле поворота кривошипа. На втором этапе синтеза определяются размеры двухповодковой структурной группы, которая присоединяется к четырехзвеннику. Размеры звеньев этой структурной группы должны обеспечить перемещение выходного звена механизма на требуемый угол. На третьем этапе проектирования, используя оптимизационные методы, уточняются размеры звеньев кругового направляющего механизма с целью снижения угла малого качания выходного звена во время квазиостановки и достижения равномерного отклонения от положения идеального выстоя. На всех этапах проектирования дополнительным условием синтеза является обеспечение требуемых углов передачи движения.

При сравнении рычажных и кулачковых механизмов помимо анализа их кинематических свойств необходимо изучать и динамические характеристики этих механизмов, например их влияние на неравномерность вращения главного вала ткацкого станка и крутильные колебания подбатанного вала. Сравнивались характеристики кулачкового привода батана, выходное звено которого перемещается по трапециидальному закону и шести-звенного рычажного привода. При этом продолжительность выстоя батана составляла $\varphi_m = 220 \text{град.}$, угол качания $\psi_m = 24 \text{град.}$ Угол малого качания батана приводимого в движение рычажным механизмом на участке приближенного выстоя составляет $\Delta\psi = \pm 0.26 \text{град.}$

Исследование установившегося движения главного вала выполняли, используя метод последовательных приближений, используя статическую

характеристику электродвигателя. Характеристикой механизма, отражающей его динамические свойства при установившемся движении, является возмущающий момент, характеризующий внутреннюю виброактивность механизма. Возмущающий момент по абсолютной величине равен движущему моменту, который нужно приложить к главному валу станка, чтобы его вращение было равномерным. Внутренняя виброактивность механизма обусловлена переменностью приведённого момента инерции и зависимостью приведённого момента сил от положения главного вала. Выполнены расчёты по определению возмущающего момента для шестизвенного рычажного и кулачкового механизмов привода батана. Возмущающий момент, создаваемый рычажным механизмом, на всём участке перемещения батана имеет меньшие значения, чем момент, создаваемый кулачковым механизмом, что говорит о меньшей величине внутренней виброактивности рычажного механизма привода батана. Выполнен гармонический анализ возмущающего момента для кулачкового механизма, осуществляющего перемещение батана по трапецидальному закону и рычажного механизма. Возмущающий момент не содержит постоянной составляющей и может быть представлен в форме ряда Фурье. Результаты гармонического анализа показали, что наибольшее значение у кулачкового и рычажного механизмов с продолжительной квазиостановкой выходного звена имеют амплитуды высоких гармоник с 4-ой по 8-ую. Поэтому ряды Фурье достаточно медленно сходятся, и при гармоническом анализе приходится учитывать значительное количество гармоник до 11-13. Анализ показывает, что максимальные значения возмущающего момента у кулачкового механизма в 1,5 раза больше, чем у рычажного.

Для исследования движения главного вала с учётом динамической характеристики электродвигателя используем систему двух дифференциальных уравнений. Расчёты проводились для кулачкового механизма привода батана, у которого выходное звено перемещается по закону трапецидальному закону. Аналогии скорости батана и, как следствие, неравномерность вращения главного вала станка при кулачковом приводе батана выше, чем неравномерность вращения при рычажном приводе. Коэффициенты неравномерности составляют соответственно, $\delta = 23\%$ и $\delta = 15\%$. Некоторые авторы для оценки режима работы главного вала помимо коэффициента неравномерности предлагают использовать также динамический коэффициент неравномерности, представляющий собой максимальное значение аналога углового ускорения. Расчёты показывают, что у кулачкового и рычажного механизмов динамические коэффициенты неравномерности имеют примерно одинаковое значение $\chi = 20$. Снижение неравномерности главного вала позволяет уменьшить виброактивность ткацкого станка и усилия в кинематических парах.

Для исследования влияния закона движения батана на крутильные колебания подбатанного вала была использована одномассовая динамиче-

ская модель. На участке прибора максимальное значение аналога углового ускорения выходного звена рычажного механизма в 1,4 раза больше соответствующего значения аналога углового ускорения выходного звена кулачкового механизма при трапециидальном законе движения, что позволяет использовать такой механизм для выработки более тяжелых тканей и металлических сеток. Анализ кинематических функций рычажного механизма показывает, что не только функции аналога ускорения, но и функции пульса и его производной не имеют разрывов. Как показывают расчёты, колебания подбатанного вала с рычажным приводом, вызванные кинематическим возбуждением становятся заметными при высоких скоростях вращения главного вала $n > 1000 \text{ об/мин}$, то есть при скоростях вращения главного вала выходящих за диапазон рабочих скоростей ткацких станков. Как показали расчёты, динамические характеристики рычажных механизмов имеют более благоприятные значения в сравнении с кулачковыми механизмами, что способствует снижению неравномерности вращения главного вала и снижению уровня вибрации ткацкого станка.

ФАКТОРЫ, ОГРАНИЧИВАЮЩИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ТКАЦКИХ МАШИН

Макаров В.А., Хозина Е.Н., Борисов А.И., Журавлева О.С.

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

Бесчелночные ткацкие машины (ТМ) выпускаются с различными значениями заправочных ширин $L_{ТМ}$, причем наибольшее распространение получили ТМ с заправочной шириной 1,6 м, 1,8 м, 2,2 м, 2,5 м и 2,8 м. ТМ с малогабаритными прокладчиками утка имеют диапазон ширин в интервале 1,8 ÷ 5,1, машины с гибкими рапирами (СТР) выпускаются, в основном, с ширинами 1,6 ÷ 1,8 м, а пневматические (СТП) – с 1,6 ÷ 2,5 м.

По способу взаимодействия прокладчика утка с нитями основы челночные машины, ТМ с микропрокладчиком и СТП во многом аналогичны, а именно, рабочий орган (челнок, микропрокладчик, струя воздуха) имеет максимальную скорость в начальный момент прокладки, а в конце прокладки уточины в зеве затормаживается вне ткацкой заправки, теряя скорость до нуля.

На ТМ с жесткими и гибкими рапирами в отличие от остальных типов машин скорость рабочего органа (рапиры) изменяется от нуля до максимума и снова до нуля за время прокидки утка.

На процесс прокладывания уточной нити в зеве основы рабочим органом отводится определенный угол поворота главного вала машины (ГВМ) согласно цикловой диаграмме, обеспечивающей необходимое взаимодействие всех механизмов.

Теоретическая производительность ТМ определяется формулой:

$$P_T = 60L_{TM} \cdot n_{ГВМ}, \quad (1)$$

где L_{TM} - рабочая длина пути движения технологического органа, т.е. заправочная ширина ТМ по берду, м; $n_{ГВМ}$ - частота вращения главного вала машины (ГВМ), об/мин.

Как видно из формулы (1), производительность машины возрастает прямо пропорционально увеличению частоты вращения ее ГВМ и зависит от ее заправочной ширины, причем с увеличением заправочной ширины частота вращения падает практически по гиперболе (рис.1). Однако теоретическая производительность плавно возрастает с увеличением заправочной ширины (рис.2).

С другой стороны, взаимосвязь между основными параметрами ТМ выражается формулой Н.А. Васильева:

$$n_{ГВМ} = \frac{\varphi_{II} \cdot v_{II}^{CP}}{6L_{TM}}, \quad (2)$$

где φ_{II} - фазовый угол движения рабочего технологического органа (микропрокладчика, рапиры и т.д.), выполняющего прокладывание утка; v_{II}^{CP} - средняя скорость движения рабочего технологического органа машины, м/с.

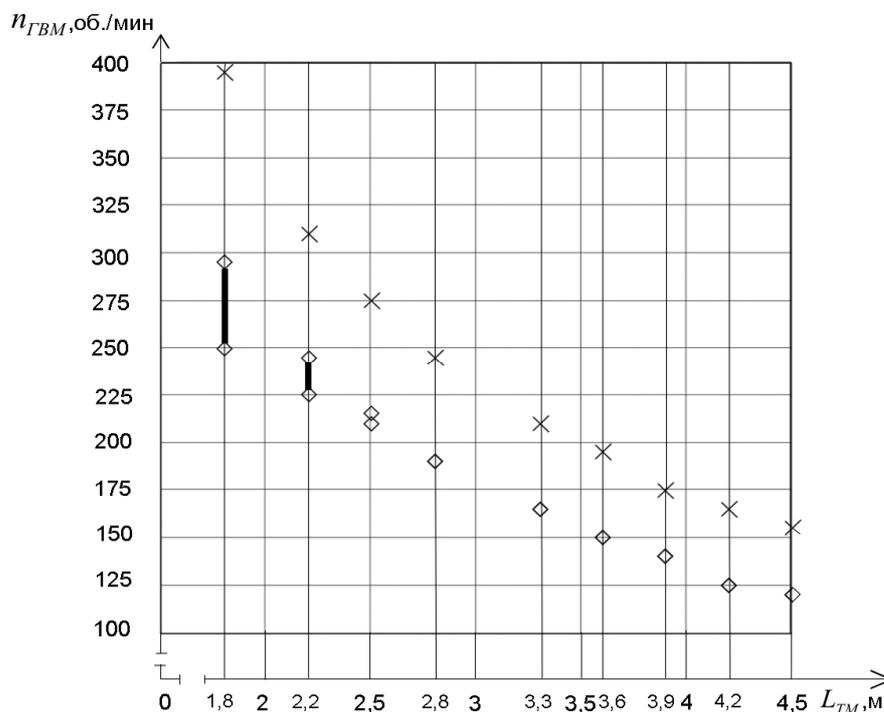


Рис. 1. Изменение частоты вращения $n_{ГВМ}$ ТМ типа СТБУ1 в зависимости от их заправочной ширины L_{TM} : × согласно рекламным проспектам; ◇ фактические данные $n_{ГВМ}$

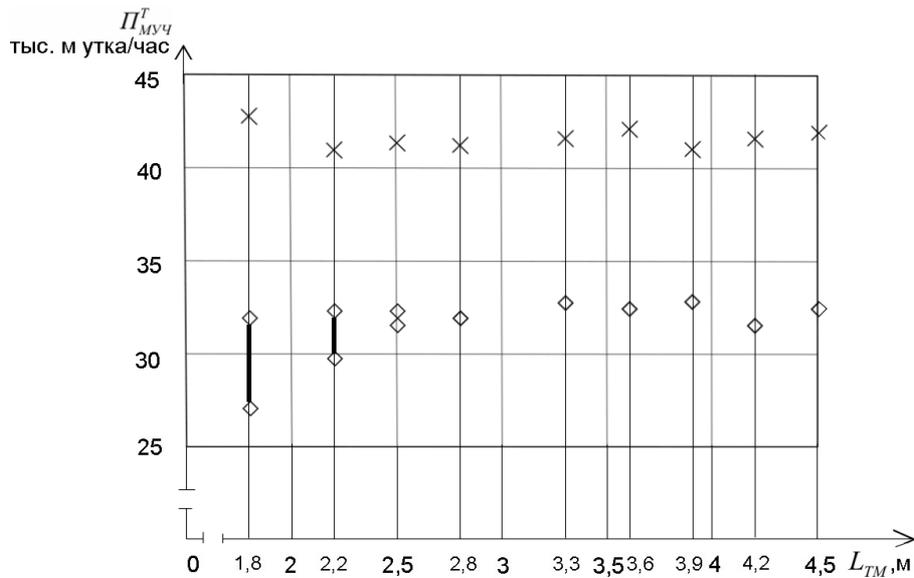


Рис. 2. Изменение теоретической производительности P_{MVCh}^T ТМ типа СТБУ1 в зависимости от их заправочной ширины L_{TM} : × согласно рекламным проспектам; ◇ фактические данные P_{MVCh}^T

Проанализируем влияние φ_{II} и v_{II}^{CP} на производительность ТМ на примере ТМ с микропрокладчиками.

Входящий в выражение (2) угол φ_{II} определяется видом цикловой диаграммы ТМ (табл. 1) как разность между величиной угла прилета рабочего органа в приемную коробку и значением угла вылета его из боевой коробки.

Таблица 1

Значения угла φ_{II} (в градусах) для различных типов ТМ

«Узкие» ТМ типа СТБ	«Широкие» ТМ типа СТБ	ТМ типа СТБУ	ТМ типа СТБУМ
155	195	170	185

На величину угла φ_{II} оказывает влияние настройка зевобразовательного механизма, а именно, установка определенной величины заступа в соответствии с видом кулачков или ремизоподъемной каретки. Установлено, что смещение момента заступа от его оптимального значения приводит к сокращению фазового угла движения прокладчика в зеве.

Поскольку прокладчик входит в открывающийся зев, а выходит из закрывающегося, то возможный фазовый угол его полета тем больше, чем больше высота зева (угол зева). Однако известно, что натяжение нити основы в зеве и ее обрывность возрастают пропорционально квадрату высоты зева.

Таким образом, для машины с определенной заправочной шириной частота вращения определяется величиной скорости v_{II}^{CP} .

Известно, что средняя скорость прокидки определяется формулой:

$$v_{II}^{CP} = 0,5(v_{II}^H + v_{II}^K), \quad (3)$$

где v_{II}^H - начальная скорость прокладчика, м/с; v_{II}^K - конечная скорость прокладчика, м/с.

Начальная скорость полета прокладчика может меняться в достаточно широких пределах как установкой предварительного угла закручивания торсиона, так и сменой торсионных валиков различных диаметров.

Повышение средней скорости полета прокладчика требует увеличения начальной скорости полета прокладчика v_{II}^H . Однако, повышение начальной скорости полета прокладчика приведет к увеличению скорости влета прокладчика утка в правую приемную коробку v_{II}^K .

В настоящее время ТМ типа СТБ и СТБУ оснащены механизмом торможения прокладчиков, конструктивные и технологические параметры которого одинаковы для ТМ с МП всех заправочных ширин. Настройка механизма достаточно сложна и проводится в соответствии с ожидаемой скоростью влета прокладчика в ППК. В связи с этим рекомендуется соблюдать постоянство скорости влета прокладчика в ППК v_{II}^K на ТМ всех типоразмеров. Это облегчит настройку механизма торможения прокладчика утка на ТМ различных заправочных ширин и обеспечит его настройку на оптимально возможную, с точки зрения надежности его работы, скорость влета прокладчика в ППК. Существующая конструкция тормозного устройства позволяет останавливать прокладчики, влетающие в ППК со скоростью не более 23 м/с.

Экспериментально установлена зависимость между v_{II}^H и v_{II}^K :

$$v_{II}^H = v_{II}^K + \Delta v \cdot L_{TM}, \quad (4)$$

где Δv - значение падения скорости полета прокладчика, которое является функцией линейной плотности уточной нити T и времени нахождения ТМ в эксплуатации $t_{эксп}$. Для нитей средней линейной плотности практически всех видов этот градиент составляет приблизительно 1 м/с на 1 м заправки.

Итак, в реальных условиях эксплуатации на скорость машин вне зависимости от способа прокладывания утка накладывается ряд конструктивных, технологических и эксплуатационных ограничений: цикловая диаграмма взаимодействия ее механизмов, предел выносливости механизма торможения, время нахождения машины в эксплуатации, а также плотностью и качеством перерабатываемой пряжи.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕПЛОТРАССЫ

Первак Г.И., Соколовский Р.И.

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

Централизованное производство тепловой энергии предполагает ее доставку к потребителю, расположенному иногда на расстоянии нескольких километров от производителя. Связь между ними осуществляется теплотрассами, в которых происходят потери энергии в результате теплообмена с окружающей средой. Ежегодно в тепловых сетях в России теряется свыше 150 млн. Гкал тепла! Экономия энергии при использовании тепловых сетей является одной из самых актуальных задач энергосбережения.

Решение проблемы минимизации потерь состоит как в создании новых теплоизолирующих материалов для тепловых трасс так и в выборе наиболее правильных графиков регулирования режимами работы сети, что позволит не внося больших капитальных затрат добиться существенного повышения эффективности теплоснабжения.

Цель настоящей работы – анализ критериальных зависимостей, описывающих работу тепловой сети, и их анализ, направленный на выработку методов повышения эффективности теплосетей.

Теряемая в единицу времени энергия Q_l в тепловой сети пропорциональна длине теплотрассы и носит название линейных потерь. Из отпущенной источником тепла мощности Q до потребителя доходит мощность Q_0 , составляющая часть Q . За меру эффективности тепловой сети естественно принять отношение [1].

$$\eta = \frac{Q_0}{Q}. \quad (1)$$

Величина потерь Q_l зависит как от физических свойств теплотрассы, так и от температуры окружающей среды и температурного графика тепловой сети.

В простейшей модели тепловой сети источник тепла связан с потребителем двухтрубной теплосетью. Температуры теплоносителя в подающей трубе обозначим через t_1 у источника тепла и t_1' - у потребителя. Соответственно через t_2 и t_2' обозначим температуры в обратной трубе. При передаче тепла от источника к потребителю температура теплоносителя вдоль сети меняется. Изменение температуры от t_1 до t_1' происходит в результате остывания теплоносителя при его распространении вдоль трубы. Законы изменения температур следуют из дифференциальных соотношений баланса энергии для участка трубы:

$$t_1' - t_0 = (t_1 - t_0)e^{-z}, \quad (2)$$

$$t_2 - t_0 = (t_2' - t_0) e^{-z}, \quad (3)$$

где

$$z = \frac{l}{c_p R G},$$

c_p - теплоемкость теплоносителя, R - сопротивление теплопередачи, G - массовый расход теплоносителя в единицу времени, l – длина теплотрассы.

Рассмотрим теплотрассу, вдоль которой теплоноситель движется от источника по падающей трубе к потребителю, который находится на расстоянии l . По мере движения температура теплоносителя уменьшается от t_1 до t_1' . Линейные потери тепла составляют

$$Q_{1l} = c_p G (t_1 - t_1'). \quad (4)$$

С помощью формулы (2), формулу (4) можно привести к виду:

$$Q_{1l} = c_p G (t_1 - t_0) (1 - e^{-z}). \quad (5)$$

Аналогичные рассуждения для обратной трубы приводят к формуле для линейных потерь при обратном течении теплоносителя

$$Q_{2l} = c_p G (t_2 - t_0) (e^z - 1).$$

Суммарные линейные потери тепла

$$Q_l = Q_{1l} + Q_{2l}. \quad (6)$$

Для учета потерь тепла, связанных с неизолированными участками сети, арматурой и пр., предлагается модифицировать [2] полученную формулу и записать линейные потери в виде

$$Q_l = (1 + \beta) (Q_{1l} + Q_{2l}), \quad (7)$$

где β - нормативный коэффициент [3].

С учетом законов падения температур теплоносителей (2),(3) формула (7) преобразуется в следующую:

$$Q_l = (1 + \beta) c_p G [(t_1 - t_0) (1 - e^{-z}) + (t_2 - t_0) (e^z - 1)]. \quad (8)$$

Отпущенная источником в единицу времени тепловая энергия выражается через теплоемкость c_p теплоносителя и его массовый расход G в единицу времени

$$Q = c_p G (t_1 - t_2). \quad (9)$$

Полученная потребителем тепловая энергия выражается формулой

$$Q_0 = c_p G (t_1' - t_2').$$

Из закона сохранения энергии для всей теплосети

$$Q = Q_0 + Q_l, \quad (10)$$

и определения (1) следует, что

$$\eta(z, t_0) = 1 - (1 + \beta) (1 - ch(z) + 2sh(z) \cdot \frac{\tau_0 - t_0}{t_1 - t_2}), \quad (11)$$

где $\tau_0 = \frac{t_1 + t_2}{2}$.

Формула (11) дает зависимость КПД теплотрассы η от температурного графика сети, безразмерного комплекса Z , и от температуры окружающего воздуха. Если положить η равным числу, рекомендованной стандартом СНиП, например, 0,92, то (11) превращается в уравнение, представляющее собой условие баланса, из которого находится секундный расход теплоносителя для данной температуры окружающей среды.

Для нахождения зависимости $G(\eta, t_0)$ строится система графиков $\eta(z, t_0)$ как функций от z при различных значениях t_0 . Затем проводится прямая $\eta = const$, причем константа выбирается близкой к рекомендованному значению коэффициента энергетической эффективности тепловой сети. В точках пересечения этой прямой с кривыми $\eta(z, t_0)$ находятся координаты $z(t_0)$, по которым находятся величины

$$G(\eta, t_0) = \frac{l}{c_p z(t_0) R}.$$

Зависимость удельного расхода $\frac{G}{l}$ в единицах $\frac{1}{c_p R}$ изображена на рис.1 для температурного графика сети $130^0 / 70^0$.

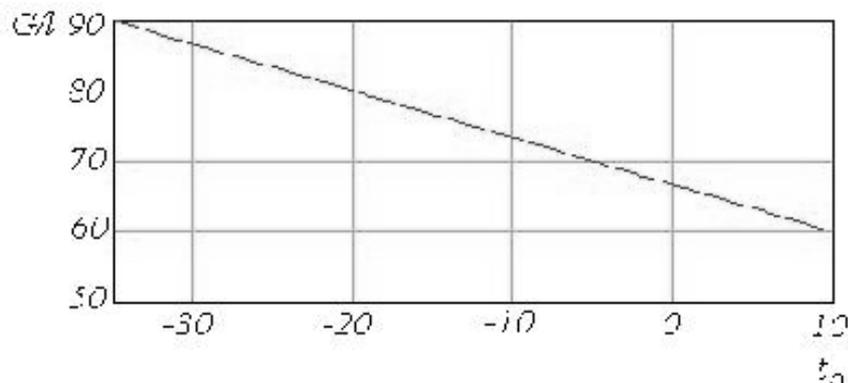


Рис. 1. Зависимость удельного расхода $\frac{G}{l}$ в единицах $\frac{1}{c_p R}$

Из рисунка видно, что расход теплоносителя падает практически линейно с темпом $d \cdot \frac{l}{c_p R}$, где $d = \frac{2}{3}$ на $1^0 C$. Получаемое потребителем в единицу времени тепло

$$Q_0 = \eta c_p G (t_1 - t_2)$$

также падает с ростом температуры окружающей среды с темпом

$$\bar{q}_d = \eta d \frac{l}{R} (t_1 - t_2).$$

Дифференциальные потери потребителя q_d определяются его теплоизоляцией. Если $\bar{q}_d > q_d$, то потребитель начнет получать больше тепла, чем нужно для поддержания прежней температуры. Чтобы сохранить преж-

ную температуру он вынужден ухудшать теплоизоляцию помещений, открывать, например, форточки, двери или окна. Если $\bar{q}_d < q_d$, то потребитель недополучает тепло. В этом случае в помещении либо устанавливается температура ниже прежней, либо используются автономные нагревательные приборы для компенсации недостаточного притока тепла. Только в случае $\bar{q}_d = q_d$ в помещении сохранится прежняя температура. Последнее равенство представляет собой требование, которому должна удовлетворять энергетическая эффективность теплотрассы в зависимости от температурного графика и дифференциальных потерь потребителя.

Таким образом, на основе найденной зависимости (11) можно решать целый комплекс задач, связанных с энергосбережением.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Поливода Ф.А.* КПД тепловой сети на примере трубопроводов в ППУ - изоляции.// Новости теплоснабжения, 2007. – №11. – С. 43-45.
2. *Соколов Е.Я.* Теплофикация и теплосети. 7-е изд. – М.: МЭИ, 2001.
3. **СНиП**

ИССЛЕДОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ОБЪЕМНОЙ ТЕПЛООТДАЧИ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ В УСЛОВИЯХ ВЫНУЖДЕННОЙ КОНВЕКЦИИ

Шарпар Н.М., Османов З.Н.

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

Нетканые материалы, и в том числе войлоки, представляют собой пористые среды, в которых возможна фильтрация воздуха. В этом случае нужно учитывать тепло, как подведенное к поверхности войлока, переносимое вглубь пористого слоя теплопроводным каркасом (волокнутой матрицей), так и переданное фильтруемому воздуху за счет объемной теплоотдачи. Благодаря большой поверхности теплообмена волокон и воздуха процесс теплопереноса в пористом материале заметно интенсифицируется. Аналогично происходит, при движении в порах холодного воздуха, войлок остывает быстрее.

Эксперименты в условиях вынужденной конвекции проводились при симметричном обдуве войлока воздухом с помощью вентиляторов. Установлено, что зависимость коэффициента теплоотдачи от температуры поверхности отсутствует, а темп охлаждения образца оставался постоянным в течение всего периода измерений. Таким образом, в условиях вынужденной конвекции можно гораздо точнее выдержать требование постоянства коэффициента теплоотдачи при охлаждении образца и получить более на-

дежные экспериментальные данные. Кроме того, здесь можно не вводить предположение о квазирегулярности охлаждения.

Объемная теплоотдача в порах войлока при фильтрации воздуха была изучена на установке, схема которой приведена на рис.1.

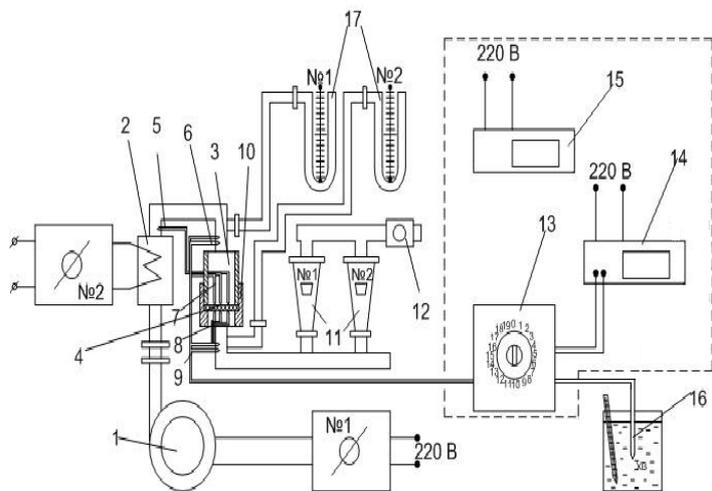


Рис. 1. Установка для исследования коэффициентов объемной теплоотдачи

Исследуемый образец войлока диаметром 50 мм был размещен в рабочей зоне установки 10. Температуры на верхней и нижней поверхностях образца измерялись в трех точках термопарами 7 и 8. Вентилятор 1 обеспечивал движение воздуха через нагревательный элемент 2. Затем горячий воздух поступал в рабочую зону и проходил через образец. Термопары 6 и 9, подключенные к милливольтметру 14, измеряли температуру воздуха перед образцом и после него.

Скорость воздушного потока определялась двумя ротаметрами 11 с различными диапазонами измерений, его расход контролировался также газовым счетчиком 12. Для измерения давлений воздуха до и после исследуемого образца служили жидкостные U-образные манометры 17. При различных скоростях фильтрации в экспериментах определялись температуры воздуха на входе в войлочный слой, на выходе из него, а также на поверхностях образца войлока.

Коэффициент объемной теплоотдачи в войлоке описывался в одномерном стационарном приближении дифференциальными уравнениями

$$\lambda_1 \frac{d^2 t_1}{dx^2} - \alpha_v (t_1 - t_2) = 0$$

$$\rho_2 c_{p2} w \frac{dt_2}{dx} = \lambda_2 \frac{d^2 t_2}{dx^2} + \alpha_v (t_1 - t_2)$$
(1)

где λ – теплопроводность, ρ – плотность, c_p – теплоемкость, α_v – объемный коэффициент теплоотдачи, t – температура, w – средняя скорость воздуха в микроканалах ($w = w_\phi / \Pi$, где Π – пористость и w_ϕ – скорость фильтрации), x – координата поперек войлочного слоя; индексы «1» и «2» относятся к волокнистому каркасу и газу, соответственно.

Решение системы (1) при граничных условиях 1-го рода на входе в образец (т.е. при $x=0$) дало следующие зависимости для избыточных температур сред, определенных как ($\theta_{1,2} = t_{1,2} - t_2^{6x}$):

$$\begin{aligned} \theta_1(x) &= \frac{r_2}{r_2 - r_1} \theta_1^* \exp(r_1 x) - \frac{r_1}{r_2 - r_1} \theta_1^* \exp(r_2 x) \\ \theta_2(x) &= \frac{\lambda_1}{g_2 c_{p2}} \frac{r_1 r_2}{r_2 - r_1} \theta_1^* [\exp(r_1 x) - \exp(r_2 x)] \end{aligned} \quad (2)$$

где $g_2 = \rho_2 w_\phi$ - удельный расход воздуха в войлоке, $\theta_1^* = t_1^{6x} - t_2^{6x}$, а параметры r_1, r_2 выражаются так:

$$r_{1,2} = -\frac{\alpha_v}{2g_2 c_{p2}} \pm \left[\left(\frac{\alpha_v}{2g_2 c_{p2}} \right)^2 + \frac{\alpha_v}{\lambda_1} \right]^{0,5} \quad (3)$$

Поскольку значения избыточных температур на выходе (при $x=\delta$) известны из эксперимента, то их подстановка в (2) дает систему уравнений относительно r_1, r_2 . Она решалась численно в среде «Mathcad», а затем из формулы (3) находилась коэффициент объемной теплоотдачи:

$$\alpha_v = -g_2 c_{p2} (r_1 + r_2).$$

В табл.1 приведены значения температур, измеренных при различных скоростях продува образцов тонкошерстного войлока горячим воздухом, и коэффициентов объемной теплоотдачи, рассчитанных по описанной выше методике. Эксперименты проводились на образцах войлока толщиной 4 мм в диапазоне скоростей фильтрации воздуха 0,01...0,05 м/с.

Таблица 1

Результаты измерений коэффициентов объемной теплоотдачи

W_ϕ , м/с	t_2^{6x} , °C	θ_1^{6x} , °C	θ_1^{6bx} , °C	θ_2^{6bx} , °C	α_v , Вт/м ³ гр
0,013	86,23	-0,36	-0,56	-0,38	5060
0,018	87,10	-0,34	-0,59	-0,35	7630
0,027	85,87	-0,31	-0,63	-0,32	9640
0,034	85,56	-0,26	-0,57	-0,26	8830
0,049	86,15	-0,21	-0,52	-0,19	10100

В качестве примера на рис.2 приведены данные, полученные на образцах войлока ТПрА.

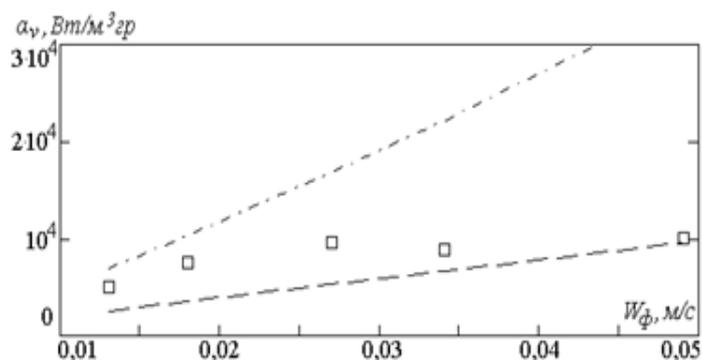


Рис. 2. Объемная теплоотдача в войлоке ТПРА $\delta=4$ мм

На этом же рисунке показаны и результаты расчетов по двум эмпирическим уравнениям, приведенным в технической литературе. Однако они рекомендованы для пористых структур из проволочных сеток и лишь иллюстрируют качественную сторону процесса объемной теплоотдачи в пористой среде.

Так, например, в [1] приведено следующее критериальное уравнение для числа Нуссельта при течении воздуха в порах материалов, изготовленных плетением проволочных сеток

$$\overline{Nu}_d = 0,26\Pi^{2,8} \text{Re}_d^{1,2} (\overline{\delta})^{-1}, \quad (4)$$

где $\overline{Nu}_d = \frac{\alpha_v d_n^2}{\lambda_g}$; $\text{Re}_d = \frac{w_n d_n}{\nu_g}$; $(\overline{\delta}) = \frac{\delta}{\delta_0}$.

При расчете числа Рейнольдса используется средняя скорость воздуха в порах w_n и средний диаметр поровых каналов d_n , а при определении безразмерной толщины стенки принят условный масштаб $\delta_0 = 1$ мм. Остальные обозначения в формуле (4) встречались выше и не нуждаются в пояснениях. Расчет объемной теплоотдачи был проведен для следующих условий: толщина слоя войлока $\delta = 4$ мм, эффективный диаметр пор $d_n = 31,8$ мкм; пористость $\Pi = 0,63$.

Другое критериальное уравнение для объемной теплоотдачи приведено в [2] и имеет более простой вид

$$Nu = 0,004 \text{RePr} . \quad (5)$$

Критерии Нуссельта и Рейнольдса определены здесь так же, как и в формуле (4); отличие лишь в том, что в качестве характерного размера принят не диаметр поровых каналов (d_n), а средний диаметр волокон (d_u), формирующих пористое тело. Таким образом, рассматривается не движение газа в поровых каналах тела (внутренний теплообмен), а наружное обтекание элементов его структуры (внешний теплообмен).

Как видно, коэффициенты объемной теплоотдачи, рассчитанные по различным уравнениям, существенно различаются (в 2,7...3,6 раз), причем с увеличением скорости фильтрации различие возрастает. Порядок вели-

чины этих коэффициентов $10^3 \dots 10^4$, т.е. при фильтрации газа через пористое тело теплообмен заметно интенсифицируется. Однако для получения надежных данных по объемной теплоотдаче необходимо проведение экспериментов на конкретных образцах пористых материалов, которые затем предполагается применять в теплоизоляционных конструкциях. Использование литературных данных других авторов может привести к некорректным результатам.

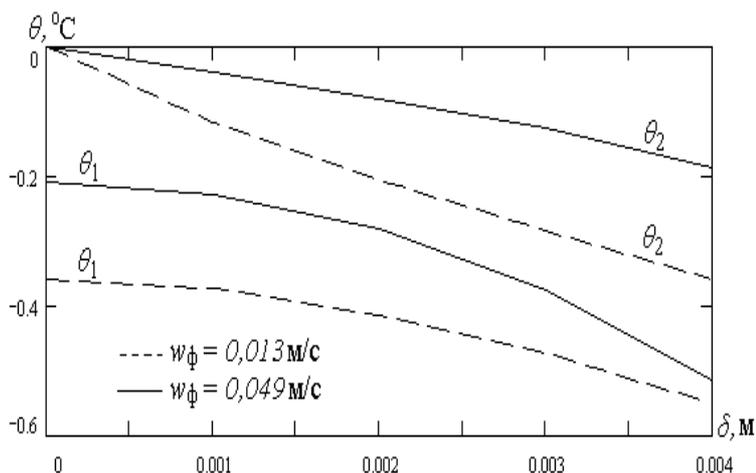


Рис. 3. Распределения температур при продувке тонкошерстного войлока воздухом

Экспериментальные данные по коэффициенту объемной теплоотдачи имеют большое практическое значение, т.к. позволяют рассчитать температурные поля в продуваемом образце войлока с помощью уравнений (3.22) и (3.23). На рис.3 показано, как изменяются избыточные температуры волокнистого слоя (θ_1) и воздуха (θ_2) по толщине для двух скоростей фильтрации.

ВЫВОДЫ

Разработана методика и создана экспериментальная установка для исследования коэффициентов объемной теплоотдачи при течении воздуха в войлочном слое. Полученные данные позволили рассчитать температурные поля при фильтрации воздуха в войлоке.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Корнюхин И.П.* Тепломассообмен в теплотехнике текстильных производств: Учебное пособие для вузов. – М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2004. – 598 с.
2. *Пелевин Ф.В.* Теплообмен и гидравлическое сопротивление в пористых сетчатых материалах: Труды 2-й Российской национальной конференции по теплообмену. – М.: 1998. – т. 5. – С. 254-257.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИСПЕРСНОГО СОСТАВА КАПЕЛЬ ЖИДКОСТИ В ЦЕНТРОБЕЖНЫХ СКРУББЕРАХ

Тюрин М.П., Бородина Е.С.

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

Большую сложность при теоретических следованиях таких аппаратов представляет необходимость определения поверхности раздела контактирующих фаз.

Изучению определения поверхности контакта фаз, получаемых в контактных аппаратах, в результате распыления жидкости в центробежных форсунках (центробежные форсунки нашли самое широкое применение в установках систем кондиционирования воздуха) посвящены работы многих авторов.

В этих работах в основном делается упор на определение дисперсного состава капель, распыленных центробежными форсунками. Для этой цели исследователи применяют методы математической статистики, указывается, что разброс капель в соответствии с их диаметром в поле распыления подчиняется общеизвестным законам распределения случайной величины.

Наиболее подходящим для описания распределения случайной величины является логарифмически – нормальный закон, предложенный и обоснованный Колмогоровым А.Н.:

$$p\{d\} = \frac{1}{\delta\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\lg d} \exp\left[-\frac{(\lg d - \lg d \zeta)^2}{2\delta}\right] d(\lg d), \quad (1)$$

где $p\{d\}$ – вероятность попадания капель размером меньше d ; δ – дисперсия или среднеквадратичное отклонение величины d ; ζ – медиана распределения.

Логарифмически – нормальный закон распределения в отличие от других зависимостей, предлагаемых для этих целей, позволяет легко получать различные характеристики совокупности, являющиеся функциями размера капель через начальные моменты соответствующих порядков.

Если обозначить объем распыляемой жидкости V , то поверхность всех капель

$$F = \frac{M_2(d_{\max}) 6V}{M_3(d_{\max}) \xi^3 \exp(13,25 \delta^2)}. \quad (2)$$

Число всех капель определяется из выражения:

$$N = \frac{6 V}{\pi M_3(d_{\max}) \xi^3 \exp(23.86 \delta^3)} . \quad (3)$$

Средний объемно – поверхностный диаметр

$$d_{3/2} = \frac{M_3(d_{\max}) \xi \exp(13.25 \delta^2)}{6 M_2(d_{\max})} . \quad (4)$$

В уравнениях (3, 4) δ, ξ и d_{\max} являются величинами экспериментальными и являются параметрами распределения.

Для центробежных форсунок Стефановым Е.В., Гольденбергом З.Е. и Коркиным В.Д. были получены следующие зависимости:

$$\xi = 2,152 \left(\frac{G}{\sqrt{p_0}} \right)^{1.72} p_0^{-0.32} ; \quad (5)$$

$$d_{\max} = 11,41 \left(\frac{G}{\sqrt{p_0}} \right)^{1.49} p_0^{-0.21} ; \quad (6)$$

$$\delta = 0,236 \left(\frac{G}{\sqrt{p_0}} \right)^{-0.24} p_0^{-0.005} , \quad (7)$$

где G - объемная производительность форсунки, м³/ч; p_0 - избыточное давление жидкости перед форсункой, ати.

Начальный момент n -го порядка определяется следующим образом:

$$M_n(d) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\lg d} \exp \left[-\frac{(\lg x - \lg \xi)^2}{2\delta^2} \right] x^n d \lg x , \quad (8)$$

где x – текущий диаметр.

В своих работах Стефанов Е.В. и Коркин В.Д. для характеристики качества распыления жидкости форсунками использовали методику измерения диаметра капель путем улавливания их в вязкую среду.

В тех же работах авторы исследовали зависимость характеристики распыла от различных факторов и дали обобщенное уравнение для определения среднего объемно – поверхностного диаметра капель:

$$d_{3/2} = 8.1 \cdot 10^{-2} \cdot d_c^{0.5} \cdot p_\phi^{-0.4} \left(\frac{d_{к.з}}{d_{вх}} \right)^{-0.35} , \quad (9)$$

где d_c – диаметр сопла форсунки; p_ϕ – давление перед форсункой; $d_{к.з.}$ – диаметр камеры закручивания форсунки; d_{ex} – диаметр входного канала форсунки.

Формула (9) с хорошей точностью (+7%) согласуется с экспериментальными данными других исследователей.

При известном коэффициенте орошения B и среднего объемно – поверхностного диаметра капли из уравнения:

$$F_{уд} = \frac{6B}{d_K \rho_{ж}}, \quad (10)$$

легко можно определить удельную поверхность распыления.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТЕПЛООВОГО НАСОСА НА ОСНОВЕ МАШИНЫ СТИРЛИНГА

Гудков И.И., Соколовский Р.И.

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

Машину Стирлинга [1-2], действующую по обратному регенеративному термодинамическому циклу, можно использовать в качестве теплового насоса (ТН). В этом случае в основе автономной системы теплоснабжения лежит использование энергии внешнего источника работы, например электромотора. Работа L внешнего источника энергии расходуется на изъятие у холодного источника некоторого количества теплоты Q_2 , которое затем в виде теплоты Q_1 передается более горячему источнику, роль которого выполняет отапливаемое помещение.

В качестве энергетической характеристики ТН выступает холодильный коэффициент $\varepsilon = \frac{Q_2}{L}$. Если воспользоваться первым началом термодинамики

$$Q_1 = Q_2 + L = (\varepsilon + 1)L,$$

где $w = \varepsilon + 1$ – энергетическая эффективность теплового насоса, показывающая насколько больше можно получить тепла из данного количества работы при обратимом преобразовании работы в теплоту, чем при необратимом преобразовании работы в теплоту, например, в электрических радиаторах, работающих на основе закона Джоуля.

Рассмотрим машину Стирлинга схемы альфа (рис.1):

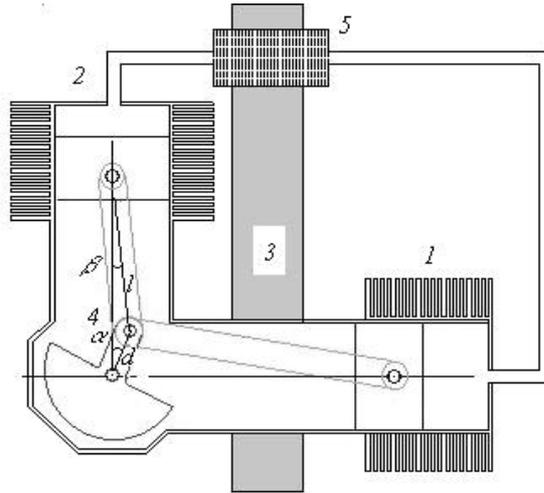


Рис. 1. Машина Стирлинга схемы альфа

Цилиндр 1 с горячим рабочим телом (РТ) помещен в отопляемом помещении. Цилиндр 2 с холодным РТ – за стеной 3 отопляемого помещения. Движение поршней осуществляется с помощью мотора и кривошипно-шатунного механизма 4. Регенератор тепла 5 располагается так, что его горячая часть соприкасается с отопляемым объемом, а холодная часть с холодным воздухом, окружающим помещение.

Относительно небольшой интервал изменения отношения T абсолютных температур отопляемого помещения к температурам окружающего воздуха накладывает на условия работы машин Стирлинга ряд существенных ограничений, анализу которых посвящен излагаемый ниже материал.

Объемы, занимаемые рабочим телом, в рабочем и вытеснительном цилиндрах зависят от угла поворота α . Из геометрических соображений, следующих из рис.1, объем рабочего тела в холодном цилиндре

$$V_c = F(l + d - l \cos \beta - d \cos \alpha),$$

где F – площадь поперечного сечения холодного цилиндра. Углы α и β связаны соотношением

$$l \sin \beta = d \cos \alpha,$$

где l – длина шатуна, d – размер выступа кривошипа. Введем $k = \frac{d}{l}$, и представим формулу в виде

$$V_c = V_{02} v_c(\alpha),$$

где V_{02} – полный объем цилиндра,

$$v_c(\alpha) = \frac{1}{2k} (1 + k - k \cos \alpha - \sqrt{1 - k^2 \sin^2 \alpha}). \quad (1)$$

Аналогичным образом получается формула для объема горячего цилиндра, занятого рабочим телом при данном угле α :

$$V_h = V_{01}v_h(\alpha),$$

где

$$v_h(\alpha) = \frac{1}{2k}(1 + k - k \sin \alpha - \sqrt{1 - k^2 \cos^2 \alpha}). \quad (2)$$

В частном случае $\alpha = 0$ объем рабочего тела в холодном и горячем цилиндрах соответственно равны:

$$V_c = 0, \quad V_h = V_{01}M$$

где $M = \frac{1}{2k}(1 + k - \sqrt{1 - k^2})$. В случае $\alpha = \pi/2$ наоборот

$$V_c = V_{02}M, \quad V_h = 0.$$

Когда один из цилиндров полностью заполнен рабочим телом, а другой – пустой, давление находящегося в них газа находится из уравнения состояния идеального газа:

$$p_h = \frac{mRT_1}{V_{01}M} (\alpha = 0), \quad p_c = \frac{mRT_2}{V_{02}M} (\alpha = \pi/2)$$

Отношение давлений является одним из параметров задачи:

$$Z = \frac{p_h}{p_c} = \frac{T_1}{T_2} \cdot \frac{V_{02}}{V_{01}} = T\zeta,$$

наряду с k и отношением абсолютных температур $T = \frac{T_1}{T_2}$ и объемов $\zeta = \frac{V_{02}}{V_{01}}$.

Применяя уравнение состояния идеального газа для каждого из объемов, занятых рабочим телом, и считая, что в каждый момент времени давление в них одинаково, найдем, что при данном угле поворота маховика давление в системе находится из уравнения:

$$p = \frac{mRT_1}{V_{01}} \frac{1}{Z \cdot v_c(\alpha) + v_h(\alpha)} \quad (3)$$

Введем безразмерную переменную

$$\bar{p} = \frac{p}{p_c},$$

и приведем найденную формулу для давления к виду

$$\bar{p} = \frac{Z \cdot M}{Z \cdot v_c(\alpha) + v_h(\alpha)}. \quad (4)$$

Индикаторные диаграммы горячего и холодного цилиндров, найденные с помощью формул (1), (2), (4), представлены на рис.2. Кривые построены при следующих значениях параметров: $\zeta=1,4$, $T = 1,13$, $k = 0,15$.

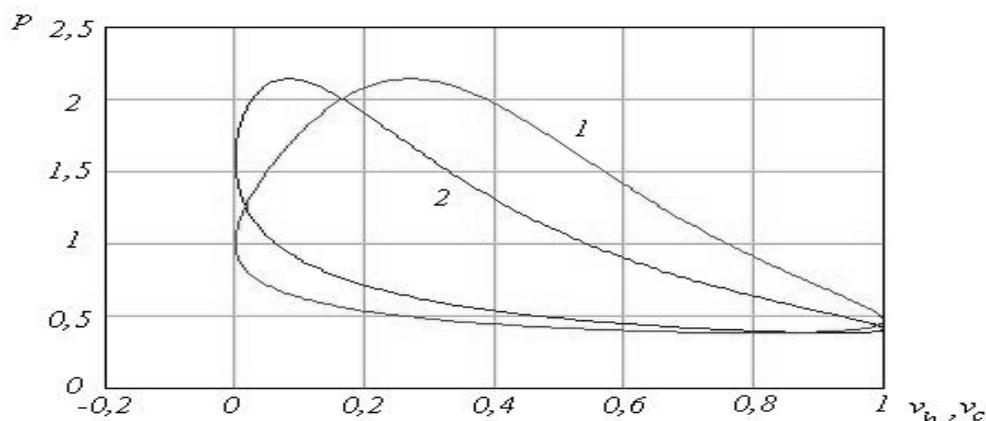


Рис. 2. Индикаторные диаграммы горячего (1) и холодного (2) цилиндров

Рассмотрим сначала случай, когда ТН имеет идеальный регенератор тепла. В этом случае рабочее тело, поступающее в холодный цилиндр, полностью отдает имеющееся тепло регенератору и выходит из него с температурой окружающего воздуха.. При обратном течении теплоносителя он нагревается до температуры, которую имеет рабочее тело в горячем цилиндре. Потерь тепловой энергии в процессах охлаждения и нагрева рабочего тела при прохождении рабочего тела через регенератор за цикл не происходит.

Тепло, забираемое рабочим телом у холодного источника тепла при изотермическом процессе в холодном цилиндра, равно совершаемой работе

$$Q_2 = \int_0^{2\pi} p dV = p_c V_{02} \int_0^{2\pi} \bar{p} dv_c .$$

Тепло, отдаваемое рабочим телом горячему источнику тепла, в изотермическом процессе

$$Q_1 = \int_0^{2\pi} p dV_h = p_c V_{01} \int_0^{2\pi} \bar{p} dv_h ,$$

также равно работе. Энергетическая эффективность теплового насоса

$$w = \frac{Q_1}{L} , \quad (5)$$

где $L = Q_2 + Q_1$ – суммарная работа.

Результаты расчетов, выполненные по формуле (5), приведены на рис.3. Температура горячего источника теплоты 35°C .

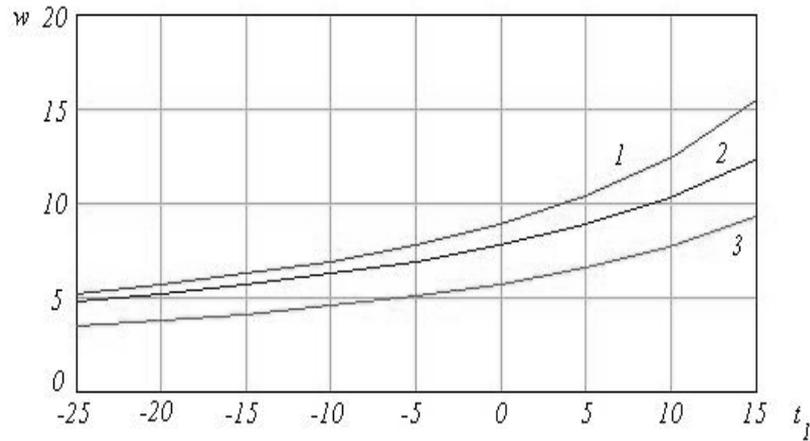


Рис. 3. Зависимость энергетической эффективности ТН от температуры окружающего воздуха в градусах Цельсия: 1 – для цикла Карно, 2 – для машины Стирлинга с идеальным аккумулятором, 3 – для машин Стирлинга с аккумулятором с КПД 0,8

Часть подводимой работы тратится на компенсацию потерь энергии в тепловом аккумуляторе. Эта величина $f = \frac{\Delta U}{L}(\eta_R - 1)$, где $\Delta U = c_v m(T_1 - T_2)$, c_v – теплоемкость рабочего тела, η_R – КПД регенератора, зависит от температур горячего и холодного источников тепла. На рис.4 приведена зависимость этой величины от температуры окружающего воздуха при температуре горячего источника тепла $t_1 = 35^\circ\text{C}$ и $\eta_R = 0,8$. Как видно из рисунка, чем выше температура холодного источника тепла, тем фактор f меньше. Он уменьшается при улучшении способности теплового аккумулятора накапливать тепло за время выполнения термодинамического цикла. Как видно из рисунка можно добиться существенного увеличения эффективности ТН на пути совершенствования аккумулятора, особенно при использовании ТН при отрицательных температурах окружающей среды.

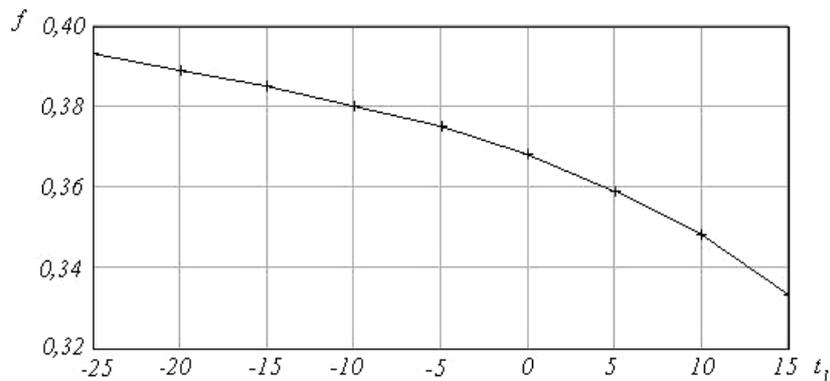


Рис. 4. Зависимость затрат работы на компенсацию потерь в тепловом аккумуляторе от температуры воздуха

ЛИТЕРАТУРА

1. Уокер Г. Машины, работающие по циклу Стирлинга. М.: Энергия. – 1978. – 151 с.
2. Allan J. Organ. Thermodynamics and gasodynamics of the Stirling cycle mashine. Cambrige, University press, 2010. – 415 p.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ПОЛЯ КОЛЬЦЕВЫХ ЭЛЕКТРОДОВ

Ташаев Ю.Н.

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

Применение плазмохимических технологий, основанных на использовании потоков плазмы высокочастотного разряда, разряда атмосферного давления, магнетронного разряда постепенно находит все большее применение в текстильной промышленности. Плазменное воздействие существенно улучшает свойства различных волокон, плёнок, рулонных материалов текстильных изделий. Обработка плазмой позволяет изменять поверхностные свойства материалов, не изменяя их объёмные характеристики. Плазмохимической обработке подвергаются целлюлозные и синтетические волокнообразующие полимеры. При этом отмечается увеличение капиллярности и смачиваемости хлопчатобумажных, синтетических и шелковых тканей, повышение окрашиваемости материалов, обработанных низкотемпературной плазмой. Применение низкотемпературной плазмы для обработки волокон позволяет расширять ассортимент волокнистых материалов и улучшить их физико-механические свойства. Во многих странах в настоящее время исследуются возможности использования плазмы магнетронного разряда (магнетронное распыление) для улучшения свойств текстильных материалов.

В магнетронном разряде силовые линии магнитного поля в разрядном объёме направлены поперёк линий тока. Если кольцевой анод расположить вокруг торцов стержневых электродов, то в присутствии осевого магнитного поля электрический разряд примет кольцеобразную форму. Представленная далее математическая модель электростатического поля системы электродов, используемых в магнетронах, будет применена для оптимизации энергозатрат в разрядной камере. Данная работа посвящена определению напряженности и потенциала электрического поля кольцевого электрода в разрядном промежутке до инициирования разряда. В электростатике можно выделить два вида задач: определение поля при неизвестном местоположении исходных зарядов, но заданном электрическом потенциале на границах рассматриваемой области и вычисление потенциала и компонент напряженности электрического поля в области, свобод-

ной от зарядов по известному пространственно - ограниченному распределению электрических зарядов. Предпочтение было отдано второй постановке, которая была дополнена принципом суперпозиции электрических полей.

В произвольной точке пространства, свободной от зарядов, рассчитано электростатическое поле, создаваемое равномерно заряженным однородным круглым тонким кольцом с зарядом q и радиусом R . Линейная плотность заряда кольца $\tau = q/2\pi R$. При вычислении потенциала предполагалось, что начало декартовой системы координат совпадает с центром кольца, расположенного в плоскости xOy так, что ось Oz является его осью симметрии. Ввиду симметрии поля относительно оси Oz , вектор напряжённости \vec{E} имеет лишь две компоненты: осевую E_z и поперечную E_x , связанные с потенциалом φ стандартными соотношениями $\vec{E} = -\nabla\varphi$, $E_x = -\frac{\partial\varphi}{\partial x}$,

$E_z = -\frac{\partial\varphi}{\partial z}$. Потенциал $\varphi(x,z)$ в произвольной, не принадлежащей нити кольца точке $P(x,0,z)$, в соответствии с принципом суперпозиции может быть представлен через $K(k)$ полный эллиптический интеграл первого рода $\varphi(x,z) = \frac{q}{4\pi^2\epsilon_0} \cdot \frac{k}{\sqrt{xR}} \cdot K(k)$, где $k = \frac{2\sqrt{xR}}{\sqrt{(x+R)^2 + z^2}}$, $K(k) = \int_0^{\pi/2} \frac{d\beta}{\sqrt{1-k^2\sin^2\beta}}$. Ком-

поненты напряжённости электростатического поля $\vec{E}(E_x, E_z)$ в декартовой системе координат могут быть представлены через полные эллиптические интегралы первого $K(k)$ и второго рода $EL(k) = \int_0^{\pi/2} \sqrt{1-k^2\sin^2\beta} d\beta$:

$$E_x = \frac{q}{4\pi^2\epsilon_0} \frac{k}{\sqrt{xR}} \frac{1}{2x} \left[K + \frac{x^2 - R^2 - z^2}{(x+R)^2 + z^2} \frac{EL}{1-k^2} \right] \quad E_z = \frac{q}{4\pi^2\epsilon_0} \frac{k}{\sqrt{xR}} \frac{z}{[(x+R)^2 + z^2]} \frac{EL}{1-k^2}$$

В окрестности оси симметрии разложением эллиптических интегралов по малому параметру $k = \frac{2\sqrt{Rx}}{\sqrt{(R+x)^2 + z^2}} < \frac{2\sqrt{Rx}}{|R+x|} \ll 1$, при $\frac{x}{R} \ll 1$ потенциал φ и

составляющие E_x, E_z можно представить в виде: $\varphi_0 = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R}$, $E_0 = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R^2}$:

$$\varphi = \varphi_0 \cdot \frac{R}{\sqrt{(R+x)^2 + z^2}} \cdot f_\varphi; \quad E_z = E_0 R^2 \cdot \frac{z}{\sqrt{[(R+x)^2 + z^2]^3}} \cdot f_E; \quad E_x = -E_0 \cdot R^2 \frac{3}{64} \cdot \frac{k^5}{x\sqrt{xR}}$$

Здесь $f_\varphi = 1 + \frac{k^2}{4} + \frac{9}{64}k^4 + \dots$; $f_E = 1 + \frac{3k^2}{4} + \frac{45}{64}k^4 + \dots$. При $x=0$ получим:

$$\varphi(0,z) = \varphi_0 \cdot \frac{R}{\sqrt{R^2 + z^2}}; \quad E_x(0,z)=0; \quad E_z(0,z) = E_0 R^2 \cdot \frac{z}{\sqrt{(R^2 + z^2)^3}}.$$

Как и следовало ожидать, на оси симметрии ($x=0$) составляющая E_x обращается в ноль. E_z , равная нулю при $z=0$, и стремящаяся к нулю при $z \rightarrow \infty$, достигает максимального значения $2E_0/\sqrt{27}$ в точке $z=R/\sqrt{2}$. На больших расстояниях от

центра кольца, на оси симметрии ($z \gg R$): $\varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{1}{z}$ и $E_z = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{1}{z^2}$, что

соответствует потенциалу и напряжённости поля точечного заряда. Поле вблизи нити кольца неограниченно возрастает по модулю при приближении к нити кольца: $z = 0$, $x \rightarrow R$, $r = |R-x| \rightarrow 0$, $k \rightarrow 1$,

$$k' = \sqrt{1 - k^2} = \frac{|R-x|}{R+x} \approx \frac{r}{2R} \rightarrow 0. K(k') \approx \ln \frac{4}{k'} = -\ln r + \ln 8R;$$

$$\varphi(x, 0)_{x \rightarrow R} = \frac{\tau}{2\pi\epsilon_0} \cdot \ln \frac{4}{k'} = -\frac{\tau}{2\pi\epsilon_0} \cdot \ln r + \text{const}; E_x(x, 0)_{x \rightarrow R} = -\frac{\tau}{2\pi\epsilon_0} \frac{1}{R-x};$$

$$E_z(R, z) = \frac{\tau}{2\pi\epsilon_0} \cdot \frac{1}{z} \text{ при } z \rightarrow 0, \text{ что соответствует напряжённости поля беско-}$$

нечно длинной заряженной нити с линейной плотностью заряда τ .

Найденная функция $\varphi(x, z)$ использовалась для определения формы эквипотенциальных поверхностей, во всех точках которых для фиксированного распределения зарядов потенциал имеет одно и то же значение. Оказалось, что эквипотенциальные поверхности представляют собой тороиды, внутри которых расположена нить кольца. Для графического изображения электростатического поля с помощью силовых линий определялись функции $x_i(z)$, удовлетворяющие уравнению силовых линий: $dx_i/dz = E_x/E_z$, $z > 0$ и начальным условиям: $x_i(0) = x_{i0}$, $x_{i0} \in (0, R)$, т.е. численно решалось дифференциальное уравнение первого порядка для задачи Коши. Визуализация силовых линий и эквипотенциальных поверхностей реализовывалась посредством функций двумерной графики системы Matlab. Иллюстрация одной из моделей электростатического поля вокруг кольцевого электрода приведена на рис.1.

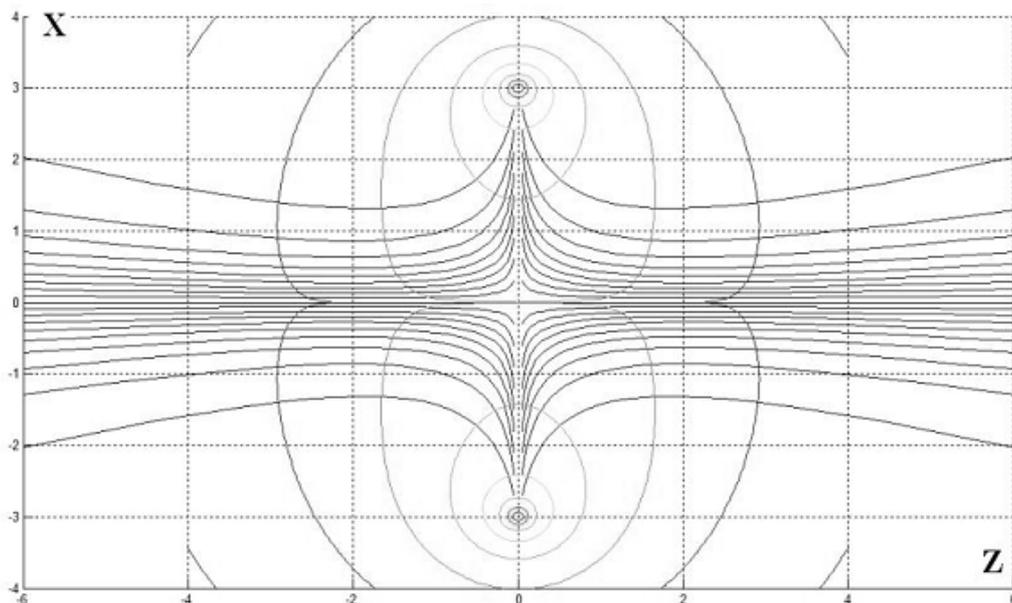


Рис. 1. Силовые и эквипотенциальные линии электростатического поля, создаваемого тонким кольцевым электродом радиусом 3ед . Центр электрода, расположенного перпендикулярно плоскости рисунка, совпадает с точкой $(0,0)$. Ось Z – его ось симметрии

Результаты расчета электростатического поля кольцевых электродов будут использованы при моделировании физических процессов, происходящих в плазме магнетронного разряда.

ЭКСПРЕСС - КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА МАСЕЛ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ

Голубев А.П., Голубев О.П., Шупляков В.С.

Российский государственный университет туризма и сервиса, Москва

Для энергосбережения, повышения эффективности и надежности технологического оборудования необходимо использовать только смазочные материалы того же поколения и качества, полностью соответствующие по эксплуатационным свойствам его конструктивным особенностям, условиям и режимам работы [1].

Использование несоответствующих действующим стандартам масел при техническом обслуживании и ремонте технологического оборудования снижает надежность и безопасность его эксплуатации, увеличивает трудозатраты, приводит к снижению эффективности и других характеристик.

Ассортимент смазочных материалов для технологического оборудования в Российской Федерации за последние годы претерпел существенные изменения. Отдельные сорта сняты с производства, появились новые марки смазочных масел, которые прошли государственные испытания и допущены к применению. Резко расширились возможности приобретения масел за счет зарубежных поставок. Непрерывно расширяется сфера бизнеса, непосредственно связанная с транспортировкой, хранением и реализацией смазочных материалов [2].

Однако следует заметить, что на рынке часто сбываются смазочные материалы не соответствующие действующим стандартам. Так по результатам проверок в центральном федеральном округе доля некачественной и поддельной продукции составляет около 30 % .

Определить возможность использования нового и работающего масла возможно лабораторными методами в стационарных физико – химических лабораториях, экспресс – лабораториях на месте эксплуатации технологического оборудования и экспресс – методами.

Анализ физико – химических, химических и вязкостных свойств смазочных материалов и методов их контроля показывает, что важнейшими характеристиками смазочных масел являются: вязкость, загрязненность и содержание влаги. Определение этих характеристик масел является достаточным для достоверного экспресс - анализа их качества.

На основании проведенных исследовательских и проектно – конструкторских работ разработан комплект приборов, позволяющий проводить как оперативный контроль смазочного масла, так и экспресс – анализ каче-

ства работающих масел в процессе эксплуатации, технического обслуживания и ремонта технологического оборудования.

В комплект входят пробоотборник и приборы индикаторы, контролирующие четыре основных показателя, по которым определяется сорт масла и его пригодность для дальнейшего использования:

- индикаторы вязкости масел (необходимое количество масла для анализа составляет не менее 2 миллилитров, продолжительность анализа – 10 минут);

- индикатор щелочного числа, позволяющий контролировать содержание присадок, определять группу масла и его пригодность для использования;

- индикатор «капельной пробы», позволяющий по виду капли масла оценить его загрязненность нерастворимыми присадками, установить сохранность в масле присадок и количества воды.

Пробоотборник выполнен в виде шприца с гибкой трубкой. Контроль вязкости заключается в сравнении скорости движения шарика в трубке с проверяемым маслом со скоростью движения аналогичного шарика в трубке с эталонным маслом. В комплект может входить любое количество индикаторов вязкости масла.

Для оценки щелочности масла выполняются следующие операции:

- в пробоотборник последовательно набирается определенное количество проверяемого масла и жидкого реактива;

- полученная жидкость смешивается в емкости пробоотборника;

- щелочное число определяется по величине столба жидкости в гибкой прозрачной трубке пробоотборника в сантиметрах.

Сравнительные испытания проводились по разработанной методике и спроектированных приборах и стандартным методам и соответствующем оборудовании (вязкость на капиллярном вискозиметре; щелочное число – методом потенциометрического титрования; содержание воды - методом разгонки).

Расхождение в результатах определения:

- вязкости при различных температурах не превышает 2.6 ССТ;

- щелочного числа до 2,1 мг КОН/г масла;

- количества воды не превышает 5 %;

- класса частоты масла не превышает единицу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Новые высокоэффективные производственные технологии: Справочное пособие / Под общ. ред. А.К. Прокопенко. – Мытищи, Талант, - 2008, - 80 с.

2. Голубев О.П., Голубев А.П., Деменев А.В. Современные тенденции в сервисе колесных транспортных средств./ Современные тенденции в

науке и образовании. Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции 3 марта 2014 г. В 6 частях. Часть III. М.: «АР-Консалт». - 2014. - 175 с.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ МОМЕНТОВ ИНЕРЦИИ ЗВЕНЬЕВ ТКАЦКОЙ МАШИНЫ НА ПАРАМЕТРЫ ИХ ДВИЖЕНИЯ

Мещеряков А.В., Корнев Б.И.

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

Механическая система многих ткацких машин имеет пространственную разветвленную схему с одной степенью подвижности. Исполнительные механизмы в ней соединены как последовательно, так и параллельно с помощью валов и разных передаточных механизмов. Основу механической системы составляют главный и батанный валы, имеющие большие продольные размеры. Значительные продольные размеры имеют и другие валы, некоторые цепные и ременные передаточные механизмы ткацких машин. Исполнительные механизмы, зубчатые передаточные механизмы, отдельные звенья имеют значительно меньшие продольные размеры при больших поперечных размерах. Это позволяет части привода, исполнительные механизмы и отдельно расположенные детали при изучении работы механической системы ткацких машин принимать как абсолютно жесткие звенья с одной степенью свободы, обладающие инерционными характеристиками, к которым приложены силы сопротивления движению и технологического сопротивления. Валы и передаточные механизмы, соединяющие исполнительные механизмы, целесообразно рассматривать как безынерционные упругодиссипативные связи, распределив их инерционные параметры между абсолютно жесткими звеньями. Таким образом, можно получить динамическую модель механической системы ткацкой машины, которая позволит моделировать движение входного звена интересующего исполнительного механизма. Эксперимент показывает, что удобно сводить механическую систему к линейной цепной модели, выбрав в качестве основной линии – линию от приводного электродвигателя до исследуемого исполнительного механизма, приведя ветви, отходящие от основной линии, известными методами редуцирования к местам ответвлений.

На рис.1 приведена линейная динамическая модель ткацкой машины, разработанная на основе высказанных положений. Модель разработана для машины, у которой пусковая муфта и тормоз расположены на главном валу машины; кулачковый батанный механизм с приводом, располагающимся в двух отдельных батанных коробках; остальные исполнительные механизмы получают движение с левой стороны главного вала. Звенья модели соответствуют следующим деталям и механизмам машины: 0 – ротор электродвигателя и шкив на его валу, 1 – ременные шкивы на главном валу, 2 –

фрикцион пусковой муфты, 3 – тормозной барабан, 4 – правая батанная коробка, 5 – левая батанная коробка; 6 – механизмы, получающие движение от конической передачи главный вал – распределительный вал; 7 – детали передаточного механизма между главным и верхним валами; 8 – механизмы, находящиеся на верхнем валу; 9 – механизмы, находящиеся на эксцентрикном валу.

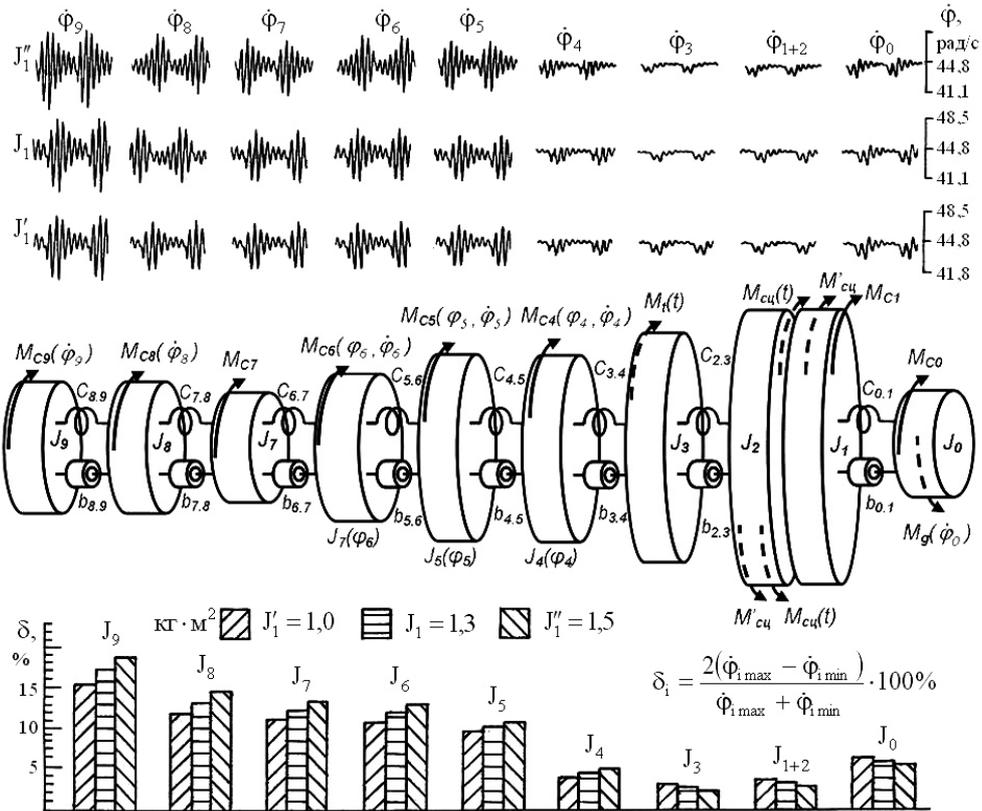


Рис. 1. Линейная динамическая модель ткацкой машины

Исследовать процессы, происходящие в такой модели, можно с помощью системы из десяти дифференциальных уравнений, составленных на основе уравнения Лагранжа второго рода. Для одного звена уравнение его движения имеет следующий вид:

$$J_i(\varphi_i)\ddot{\varphi}_i + \frac{1}{2} \frac{dJ_i(\varphi_i)}{d\varphi_i} \dot{\varphi}_i^2 = c_{i-1,i}(\varphi_{i-1} - \varphi_i) + b_{i-1,i}(\dot{\varphi}_{i-1} - \dot{\varphi}_i) + M_{дi}(\dot{\varphi}_i) + M_{сцi}(t) + M'_{сцi} - M_{тi}(t) - M_{сi}(\varphi_i, \dot{\varphi}_i) - c_{i,i+1}(\varphi_i - \varphi_{i+1}) - b_{i,i+1}(\dot{\varphi}_i - \dot{\varphi}_{i+1}),$$

где $J_i(\varphi_i)$ – момент инерции звена; $\ddot{\varphi}_i, \dot{\varphi}_i, \varphi_i$ – угловые ускорения, скорость, угол поворота звена; $M_{дi}(\dot{\varphi}_i)$ – движущий момент, развиваемый электродвигателем; $M_{сi}(\varphi_i, \dot{\varphi}_i)$ – момент сопротивления движению звена; $M_{сцi}(t)$ – момент, развиваемый пусковой муфтой при пуске машины;

$M'_{\text{сц}}$ – остаточный момент в пусковой муфте, развиваемый ее при пуске и останове; $M_T(t)$ – тормозной момент, развиваемый тормозом при останове; c_i – коэффициент жесткости связи; b_i – коэффициент рассеивания энергии в связи. В зависимости от звена в уравнении используются слагаемые, относящиеся к нему. Движущий момент приложен к звену 0. Момент, развиваемый пусковой муфтой при пуске, и остаточный момент в ней приложены к звеньям 1 и 2. Тормозной момент приложен к звену 3 (см. рисунок).

Анализ конструкций ткацких машин позволил принять следующие законы изменения механических параметров звеньев модели:

$$J_{0,1,2,3,7,8,9} = \text{const}, \quad J_{4,5,6} = \frac{\bar{J}_i}{2} + \sum_q^{q_{\max}} [a_i \cos q_i \varphi_i + b_i \cos q_i \varphi_i];$$

$$M_{\text{с}0} = \text{const}, \quad M_{\text{с}1,2,3} = 0, \quad M_{\text{с}7,8,9} = \bar{M}_{\text{с}i} + f_i \dot{\varphi}_i,$$

$$M_{\text{с}4,5,6} = \bar{M}_{\text{с}i} + f_i \dot{\varphi}_i + \sum_{q=1}^{q_{\max}} [a_{\text{с}i} \cos q_{\text{с}i} \varphi_i + b_{\text{с}i} \cos q_{\text{с}i} \varphi_i];$$

$$M_{\text{д}} = 2M_{\text{к}} (1 + a_{\text{д}} S_{\text{к}}) [S/S_{\text{к}} + S_{\text{к}}/(S + 2a_{\text{д}} S_{\text{к}})]^{-1};$$

$$M_{\text{сц}} = M_{\text{сц.н}} [\alpha + \sin(\gamma t + \beta)], \quad M'_{\text{сц}} = \text{const};$$

$$M_T = M_{\text{Т.н}} \left[(1 - y^{-kt})^h + (1/d - 1) e^{-nt} \beta \sin mt - \gamma t \right],$$

где \bar{J}_i – средний момент инерции звена; $\bar{M}_{\text{с}i}$ – средний момент сопротивления движению звена; $M_{\text{к}}$ – критический момент двигателя; S – скольжение; $S_{\text{к}}$ – критическое скольжение; $M_{\text{сц.н}}$ – номинальный момент, развиваемый пусковой муфтой; $M_{\text{Т.н}}$ – номинальный тормозной момент, развиваемый тормозом.

Проведенный вычислительный эксперимент позволил оценить влияние величин моментов инерции звеньев модели на параметры их движения, в частности при установившемся движении. На верхней части рисунка, в качестве примера, приведены графики изменения угловых скоростей звеньев модели при разных значениях момента инерции звена 1, а на нижней – диаграммы коэффициентов неравномерности движения этих звеньев.

Анализ результатов показывает, что изменение моментов инерции звеньев модели неоднозначно влияет на их движение. Так изменение моментов инерции всех звеньев модели в рассматриваемых пределах практически не влияет на характер изменения их углов поворота.

Увеличение момента инерции звена 0 ведет к уменьшению колебательных скоростей и ускорений всех звеньев модели.

Увеличение момента инерции объединенного звена 1, 2 (при установленном движении они движутся совместно) вызывает уменьшение колебаний скоростей и ускорений звеньев 0 – 3, а у звеньев 4 – 9 колебания этих параметров увеличиваются. Причем, чем дальше от звеньев 0 – 3 находится звено, тем больше увеличивается неравномерность изменения его скорости и ускорения.

Изменение момента инерции звена 4 практически не изменяет неравномерность движения нулевого звена. Все остальные звенья модели увеличивают неравномерность своего движения при увеличении момента инерции звена 4.

При увеличении момента инерции звена 5 незначительно уменьшается неравномерность его движения. Звено 0 неравномерность движения практически не изменяет. У всех остальных звеньев она увеличивается.

Если увеличивается момент инерции звена 6, то неравномерность движения звеньев 0 – 3 не изменяется. У всех остальных звеньев модели она увеличивается.

Увеличение момента инерции звена 8 не изменяет неравномерности движения звеньев 0 – 3. Звенья 4 – 7 уменьшают неравномерность своего движения. У звеньев 8, 9 она увеличивается.

Когда увеличивается момент инерции звена 9, увеличивается только неравномерность движения этого звена. Остальные звенья модели движутся без изменения.

Разработанная динамическая модель и математическое описание ее работы, позволяют проводить исследования работы ткацких машин и по другим параметрам работы машины.

ВЛИЯНИЕ УРОВНЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД, СОДЕРЖАЩИХ ХРОМОВЫЙ КРАСИТЕЛЬ, НА НОРМАТИВ ПРЕДЕЛЬНО-ДОПУСТИМОГО СБРОСА

Меньшова И.И., Пыркова М.В., Горбунова Ю.С.

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

Система, применяемых для охраны окружающей среды стандартов и нормативов - это комплекс ограничений и требований к качеству окружающей среды, а также требований к производственно-технологическим и организационно-управленческим процессам, производимой продукции и услугам, с помощью которых гарантируются экологическая безопасность населения и производства, а также рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов в условиях устойчивого развития хозяйственной деятельности.

Нормативы ПДК устанавливаются для каждого выпуска, проектируемых и действующих предприятий, исходя из условий недопустимости

превышения ПДК вредных веществ на участке водного объекта с учетом его целевого использования.

Установление нормативов ПДС определяет до какой степени надо очистить сточные воды, чтобы в расчетном контрольном створе не нарушилось условие $C_{\text{кк}} \leq \text{ПДК}$ и в какой степени необходимо разбавлять стоки в контрольном створе.

В работе исследовали стоки содержащие краситель хромовый бордо С, ПДК которого 0,1 мг/л.

Для расчета ПДС речного бассейна сточной воды, содержащей водорастворимый краситель рассчитываем допустимую концентрацию красителя хромового бордо С в сточных водах, мг/л:

$$C_{\text{ст}} = (\gamma \times Q/q) \times (\text{ПДК} - C_{\text{ф}}) + \text{ПДК} = (1 \times 30000/1000) \times (0,1 - 0,02) + 0,1 = 2,5 \text{ мг/л},$$

где $C_{\text{ст}}$ – предельная концентрация загрязняющего вещества в сточных водах, не приводящая при их сбросе в водные объекты к превышению фактической концентрации загрязняющего вещества в воде водного объекта в контрольном створе предельно допустимой концентрации этого загрязняющего вещества, [мг/л]; γ - коэффициент смешения; Q, q - соответственно расходы воды в водном объекте и сточных вод, [м³/год]; ПДК – предельно допустимая концентрация загрязняющего вещества с учетом категории водопользования объекта [мг/л]; $C_{\text{ф}}$ – фоновая концентрация загрязняющего вещества в водном объекте в зоне расположения сброса сточных вод [мг/л];

$$\gamma = 1, \quad C_{\text{ф}} = 0,02 \text{ мг/л}, \quad q = 1000 \text{ м}^3/\text{год}, \quad Q_{\text{бе}} = 1000 \text{ м}^3/\text{год}, \\ Q_{\text{пр}} = 3000 \text{ м}^3/\text{год}, \quad Q_{\text{хб.}} = 3000 \text{ м}^3/\text{год}; \quad Q = 30000 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Концентрация красителя хромового бордо С в контрольном створе:

$$C_{\text{кк}} = \frac{q \times C_{\text{ст}} + \gamma \times Q \times C_{\text{ф}}}{q + \gamma + Q} =$$

$$= (1000 \times 2,5 + 1 \times 30000 \times 0,02) / (1000 + 1 + 30000) = 6,4 \text{ мг/л},$$

где $C_{\text{кк}}$ – это концентрации веществ одного вида в сточных водах, до сброса сточных вод в контрольном створе.

Если $C_{\text{кк}} \leq \text{ПДК}$, то прогноз благоприятный и можно проводить сброс, если $C_{\text{кк}} > \text{ПДК}$, то сброс необходимо снизить или проводить очистку.

В данном случае значение $C_{\text{кк}}$ намного превышает значение ПДК, следовательно сброс рекомендуется значительно снизить, либо очистить.

Далее рассчитывали предельно-допустимый сброс сточной воды, содержащей краситель хромовый бордо С. Эта величина принимается за основу при проектировании мероприятий по снижению загрязнений.

Для этого необходимо рассчитать $Q_{\text{общ}}$:

$$Q_{\text{общ}} = (Q_{\text{хб.}} + Q_{\text{пр.}}) - Q_{\text{бе}} = (3000 + 3000) - 1000 = 5000 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Полученное значение подставляем в уравнение:

$$ПДС_{\text{общ.}} = Q_{\text{общ.}} \times C_{\text{ст}} = 5000 \times 2,5 = 12500 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Очистку сточной воды от красителя хромового бордо С проводили с помощью адсорбентов: цеопаг, цеопаг термообработанный, уголь ОУ, уголь БАУ-А, песок ПД-3, шунгит, гидроантрацит А, гидроантрацит А термообработанный (8). Далее рассчитали $C_{\text{кс}}$ для каждого случая.

Результаты расчета сведены в табл. 1.

Таблица 1

Нормативы сброса сточных вод, содержащих краситель хромовый бордо С до и после очистки различными адсорбентами

Наименование сорбента	$C_{\text{кс}}$, мг/л	ПДК, мг/л	ПДС, м ³ /год
-	6,4	0,1	781
Цеопаг	0,1	0,1	50000
Цеопаг термообр.	1,9	0,1	2631
Уголь ОУ	3,8	0,1	5262
Уголь БАУ-А	0,1	0,1	50000
Песок ПД-3	6,4	0,1	781
Шунгит	0,1	0,1	50000
Гидроантрацит А	4,5	0,1	1111
Гидроантрацит А термообр.	4,8	0,1	1041

Из расчета видно, что неочищенный сток от красителя хромовый бордо С намного превышает значение предельно-допустимой концентрации на 6,3 мг/л, а сточная вода, очищенная такими адсорбентами как цеопаг, уголь БАУ-А и шунгит не превышает значения ПДК. Остальные адсорбенты не показали высоких результатов, несмотря на это они значительно снижают концентрацию красителя в стоке.

Следовательно, перед сбросом сточной воды в водный объект очистка сорбентами позволяет повысить объемы сброса.

ЭЛЕКТРОГИДРОФИЛЬТРУЮЩАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ КОЛЛОИДНОГО КРЕМНЕЗЁМА

Козляков В.В., Кипнис М.А.

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

Основными тенденциями сформировавшимися в настоящее время в энергетике являются: повышение эффективности использования природных ресурсов, энергосбережение и снижения негативного воздействия на окружающую среду.

Тема использования возобновляемых источников энергии приобретает актуальность, одним из которых является прямое использование тепловой энергии земли (геотермальная энергетика).

На современных геотермальных электростанциях коэффициент использования мощности достигает 90 %, что в 3 – 4 раза выше, чем для технологий с использованием энергии ветра, солнца и приливов.

В России использование геотермальной энергии, в основном, освоено в таких регионах как Камчатка (Парутинское и Мутновское месторождение), Ставропольский край, а также на Северном Кавказе.

Геотермальный теплоноситель имеет многокомпонентный состав. В качестве примера можно привести химический состав жидкой фазы высокотемпературного теплоносителя Мутновского месторождения Камчатки (мг/кг): Na^+ – 239,4, K^+ – 42,0, NH_4^+ – 1,1, Ca^{2+} – 1,6, Mg^{2+} – 0,72, Li^+ – 0,71, Fe^{2+} – 0,1, Al^{3+} – 0,27, Cl^- – 198,5, SO_4^{2-} – 192,1, HS^- – 5,0, HCO_3^- – 81,0, CO_3^{2-} – 19,9, H_3BO_3 – 106,9, SiO_2 – 680,0, pH = 9,2, минерализация $M_h = 1638,9$ мг/кг, ионная сила раствора $I_s = 0,01422$ моль/кг.

Находящиеся в геотермальном теплоносителе кремнезём вызывает отложения в теплоэнергетическом оборудовании, которые приводят к следующим негативным последствиям: увеличивается гидравлическое сопротивление труб из-за уменьшения их диаметра, уменьшается КПД (коэффициент полезного действия) теплообменных аппаратов связанное с образованием слоя кремнезема на внутренних частях аппаратов. Также образование отложений может приводить к выводу оборудования из строя, что влечет простой оборудования и экономические убытки. Не вовремя обнаруженное оборудование, нуждающееся в ремонте из-за отложений, может спровоцировать возникновение аварий, чрезвычайных ситуации, привести к несчастным случаям на производстве с обслуживающим персоналом, а также вызвать негативное воздействие на окружающую среду.

Аморфный коллоидный кремнезём образуется в геотермальном теплоносителе в результате ряда реакций с мономерным кремнием Si.

Первоначально кремний поступает в раствор в виде отдельных молекул кремниевых кислот в результате химического взаимодействия воды с алюмосиликатными минералами пород гидротермальных месторождений.

При движении геотермального теплоносителя вверх по пробуренной скважине температура и давление раствора понижается, что приводит к его разделению на две фазы паровую и жидкую. Средняя концентрация кремнезёма в жидкой фазе составляет 800 – 1000 мг/кг.

Имея такую концентрацию, жидкая фаза становится пересыщенной относительно растворимости кремнезёма. Это приводит к реакциям нуклеации и поликонденсации в растворе и образованию коллоидных частиц аморфного кремнезёма $n\text{SiO}_2 \cdot m\text{H}_2\text{O}$.

В настоящее время всё больше геотермальных электростанций переходят на мембранные безреагентные установки, в которых реализуются

технологии фильтрации, ультрафильтрации, обратного осмоса, электродиализа, и т.д.

Перечисленные мембранные технологии имеют ряд бесспорных преимуществ перед другими применяемыми способами:

- не требуют подвода или отвода тепла,
- мембранные аппараты имеют простую конструкцию
- не загрязняют окружающую среду.

Один из видов мембранных технологий основан на свойстве кремнезёма изменять свою растворимость в зависимости от pH. Связано это с тем, что гидроксильная группа OH⁻ проявляет большую чувствительность к pH.

Приблизительно в интервале pH от 1 до 6 коллоидный кремнезём существует в виде нерастворимого осадка, который может быть легко удален из сепарата геотермального теплоносителя и не вызывает отложения. В этом интервале растворимость минимальна и с увеличения водородного показателя остаётся постоянной. При постепенной подщелачивании раствора со значения pH=7 растворимость кремнезёма начинает увеличиваться и при pH=12 достигает максимального значения. Жидкая фаза геотермального теплоносителя имеет pH=9,2 что приводит к массопереносу частиц кремнезёма из потока на внутренние части теплооборудования.

На основе данного свойства разработана электрогидрофильтрующая установка (рис.1.).

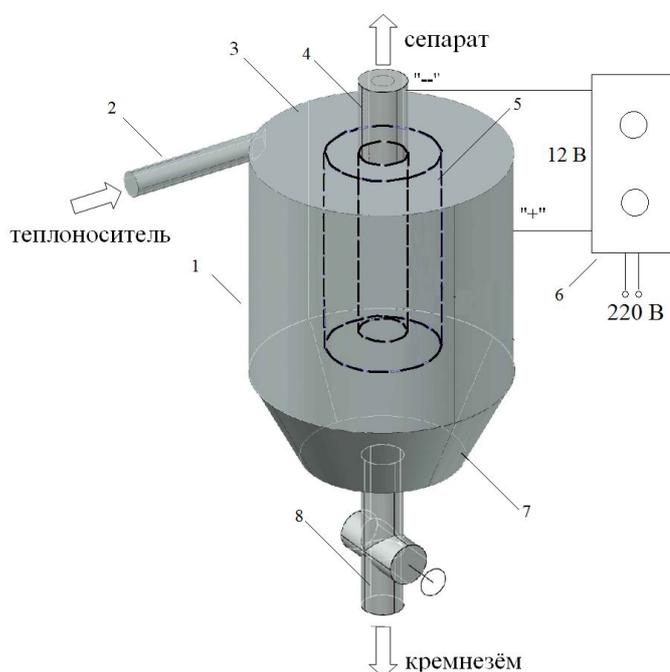


Рис. 1. Электрогидрофильтрующая установка

Она представляет собой цилиндрический алюминиевый корпус 1 с сужением к низу, которое образует приёмный бункер 7. Корпус имеет круглую крышку 3, выполненную из диэлектрика. По оси корпуса уста-

новлена мембрана из текстиля 5, выполненная в виде цилиндра с днищем и расположенным внутри выводным патрубком 4. Входной патрубок 2 расположен тангенциально к корпусу в верхней его части. Сливной патрубок 7 с запорной арматурой присоединён к приёмному бункеру. Для подачи напряжения на установку используется источник питания постоянного напряжения и тока 6.

Принцип действия установки заключается в следующем. Геотермальный теплоноситель, содержащий коллоидный кремнезём через входной патрубок поступает тангенциально, тем самым создаётся криволинейное движение потока. Одновременно, с вводом теплоносителя от источника питания на электроды подается постоянное напряжение 12 В с током потребления не более 0,6 А. На электродах происходит разложение воды, на аноде происходит выделение кислорода и иона H^+ , а на катоде образования водорода и иона OH^- . В катодной зоне, ограниченной внутренними стенками мембраны рН повышается до $\sim 11-12$, в анодной зоне, ограниченной внутренними стенками корпуса и внешними стенками мембраны, рН понижается до $\sim 1-2$. Из-за низкого рН растворимость коллоидного кремнезёма падает и он начал выпадать в осадок. В результате движения теплоносителя по криволинейной траектории осадок отбрасывается к стенкам, где в дальнейшем под действием силы тяжести опускается на дно установки в бункер и выводится через сливной патрубок. Очищенный сепарат проходил через мембрану и выводится через выводной патрубок. Действие на кремнезём центробежной силы и кислой среды позволяет интенсифицировать процесс осаждения.

Разделяющая мембрана изготовлена из текстиля. В качестве текстиля выбран брезент без использования пропиток. Используемый для мембраны брезент состоит из хлопчатобумажной (основа) пряжи №14 или №20 и льняной пряжи (уток) №3,57 в соотношении 49/51. Материал имеет плотняное переплетение с порами позволяющие вести процесс осаждения кремнезёма со скоростью движения геотермального теплоносителя в устройстве от 0,01 до 0,03 м/мин.

С помощью мембранной установки удается получить теплоноситель с относительной концентрацией кремнезёма $0,1C_{\text{начальная}}$, т.е. извлечение минерального компонента составляет 90%. Удельный расход электроэнергии в ходе эксперимента на 1 кг осажденного вещества составил $2,1 \cdot 10^{-4}$ (кВт·ч)/кг.

С помощью мембранных технологий достигается настолько полное извлечения минеральных компонентов, что после очистки жидкая фаза практически не содержит примесей. А задержанные мембраной компоненты могут быть переработаны для получения ценного сырья и материалов.

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ В СХЕМАХ С ЦТП И ТРУБАМИ «ИЗОПРОФЛЕКС»

Брагин С.В.

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

Одной из главных проблем в настоящее время при эксплуатации отечественных СЦТ, является наружная и внутренняя коррозия трубопроводов подземных тепловых сетей. Согласно статистических данных ОРГРЭС наружная электрохимическая коррозия металла трубопроводов тепловых сетей, вместе с внутренней коррозией является причиной аварий 90% тепловых сетей. При расчетном сроке службы тепловых сетей 25 лет, фактический срок службы их не превышает 10 лет. В некоторых случаях сквозные повреждения возникают после 2-3 лет эксплуатации [1]. При этом необходимо учитывать, что мах коррозия, особенно во влажной среде, при качественном регулировании эксплуатации тепловых сетей происходит в диапазоне температур сетевой воды 70-85⁰С, в то время как при температуре 100-110⁰С она практически отсутствует (рис.1).

Во многих российских городах при качественном регулировании тепловые сети значительную часть отопительного периода работают в диапазоне температур 70-90⁰С, т.е. мах коррозии стальных труб, при этом, чаще всего во влажной среде.

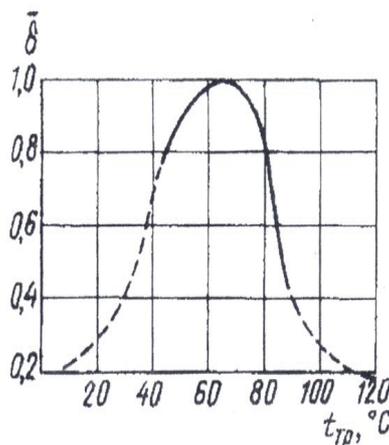


Рис. 1. Зависимость относительной скорости коррозии трубы от температуры на ее поверхности во влажной среде

В настоящее время теплоснабжение большинства крупных и средних городов РФ осуществляется на принципах приоритетного использования комбинированной выработки электрической и тепловой энергии на источниках тепла и развития систем централизованного теплоснабжения. Эти принципы закреплены п.п.3-4 статьи 3 федерального закона №190-ФЗ “О теплоснабжении”. Причем во многих городах централизованное теплоснабжение осуществляется по закрытым схемам теплоснабжения, а при-

соединение систем отопления зданий по независимой схеме через теплообменник.

В то же время как для вновь вводимых, так и для эксплуатируемых зданий осуществляется перевод СЦТ на двухтрубную схему теплоснабжения непосредственно до здания (2). Т.е. изменения схемы теплоснабжения касается демонтажа 4-х трубных тепловых сетей после ЦТП на 2-х трубные. За счет этого происходит экономия металла труб, материала строительных конструкций, т.к. уменьшается общее количество узлов трубопроводов (УТ), а также уменьшается количество запорной арматуры. Улучшаются также гидравлические режимы тепловых сетей и их управляемость в целом.

Таким образом, ЦТП из схемы теплоснабжения исключаются, а теплопотребители присоединяются к тепловым сетям через ИТП.

Все большее распространение в СЦТ находят полимерные трубы “Изопрофлекс”, в основном для квартальных тепловых сетей. Это связано с тем, что по сравнению со стальными, во время их эксплуатации они не подвержены процессам внутренней и наружной коррозии трубопроводов. Кроме того, монтаж таких трубопроводов с ППУ изоляцией “Изопрофлекс” в несколько раз дешевле, чем аналогичных стальных. Речь идет, в основном, о трубопроводах до $D_y < 100\text{мм}$, поставляемых на монтажную площадку в бухтах, что значительно снижает количество стыковых соединений, за счет увеличения длины монтажных участков. Это повышает надежность тепловых сетей.

В качестве изоляционного материала используется вспененный пенополиуретан (ППУ), напорная труба из высокотемпературных полимеров, армированных высокомодульным волокном (рис.2).

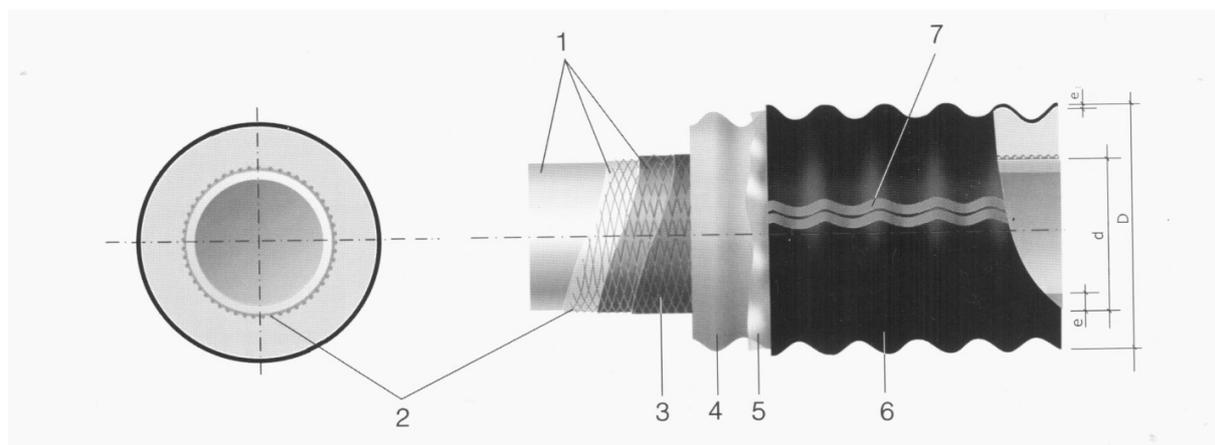


Рис. 2. Напорная труба из высокотемпературных полимеров с теплоизоляцией из полужесткого ППУ

(1 - последовательность слоев высокотемпературных полимеров; 2 - армировка из высокомодульного волокна; 3 - кислородно-защитный слой; 4 - теплоизоляция из полужесткого ППУ; 5 - барьерный слой; 6 - защитная оболочка из полиэтилена; 7 - идентификационные полосы оранжевого цвета)

Однако полимерные трубы имеют недостатки – это, прежде всего, диффузия кислорода или кислородопроницаемость. Также необходимо принимать во внимание и температурные удлинения трубопроводов из полимерных материалов, которое приходится учитывать при определенных температурных параметрах тепловых сетей. При температуре теплоносителя свыше 100⁰С проектировщики часто предусматривают установку компенсаторов, что приводит к удорожанию тепловых сетей.

Если провести сравнительный анализ преимуществ и недостатков применения полимерных труб, то, по мнению автора, преимуществ больше, хотя технико-экономическое обоснование не делалось. Итак преимущества: исключение всех видов коррозии, сокращение (в разы) сроков монтажа.

Итак, полимерные трубы “Изопрофлекс” являются трубами повышенной надежности.

В соответствии с темой доклада рассмотрим другой аспект повышения надежности при использовании схем с ЦТП, а не напрямую через ИТП. Согласно данным работы [3] для первой категории по надежности теплоснабжения при аварийном отключении потребителей тепла должны обеспечиваться системами ОВК 100% потребителей тепла и 85% подачи тепла потребителям тепла на отопление и возможности отключения систем вентиляции и ГВС для потребителей второй категории. Такие отключения возможно производить в схемах теплоснабжения с ЦТП, т.е. отключать контуры систем вентиляции и ГВС целого района.

Кроме того, с учетом вышеизложенного не надо предусматривать установку дополнительного котла на источнике тепла (аварийный режим). Все это позволяет сделать вывод о целесообразности применения схем теплоснабжения с ЦТП.

ЛИТЕРАТУРА

1. ПТЭ электрических станций и сетей. Тепломеханическая часть”, М.: НЦ ЭНАС, 2004. – С.379.
2. Автоматизированные индивидуальные тепловые пункты в зданиях взамен центральных тепловых пунктов. Рекомендации АВОК, 2008.
3. СНиП 41-02-2003. Тепловые сети, М.: 2008.

ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОЦЕССОВ ТЕРМОВЛАЖНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ*

Новикова Т.А., Фокина И.В., Хоркина А.Б.

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

Представляемая работа является частью комплексных исследований, связанных с совершенствованием безопасности в отделочном производстве текстильных предприятий за счёт совершенствования технологических режимов и интенсификации таких процессов термовлажностной обработки текстильных материалов как экстракция различных технологических загрязнений из тканей - промывка и сушка тканей. Именно эти процессы являются ресурсоёмкими, оказывают значительное негативное воздействие на работников и окружающую среду.

Целью работы являются исследования, связанные с совершенствованием безопасности процессов термовлажностной обработки смесовых тканей.

Объектом исследования является смесовая ткань с поверхностной плотностью 204 г/м² и шириной полотна 1,52 м (основа – нить вискозная, уток – нить полиэфирная). На рис.1 представлены изотермы сорбции-десорбции паров воды вискозным и полиэфирным волокном, входящими в состав ткани.

При исследовании процесса промывки в лабораторных условиях использовались интенсифицирующие устройства для воздействия на промывной раствор ультразвуковым и магнитным полем. Рабочая частота ультразвукового воздействия – 35 кГц, потребляемая мощность 70÷100 Вт, значение магнитной индукции в зазорах между магнитами 100 мТл.

Промывка осуществлялась после крашения и печати.

Следует отметить, что основным показателем качества промывки является определяемая по ГОСТу устойчивость окраски к сухому и мокрому трению. Поэтому были проведены исследования кинетики изменения данного показателя при промывке по разным технологическим режимам.

При проведении экспериментальных исследований использовался технологический режим, предполагающий применение смеси ПАВ в промывном растворе.

Результаты исследования кинетики промывки показывают, что время при использовании ультразвукового воздействия сокращается примерно на 40 %. В литературе описано много исследований различных технологических процессов с использованием ультразвука, но до практической реализации доводится мало результатов, т.к. редко технологи работают в кон-

* Работа выполнена под руководством профессора Кошелевой М.К.

такте со специалистами по ультразвуковому оборудованию. Ультразвуковой излучатель, разработанный НТЦ «Техносоник» может использоваться на действующем оборудовании.

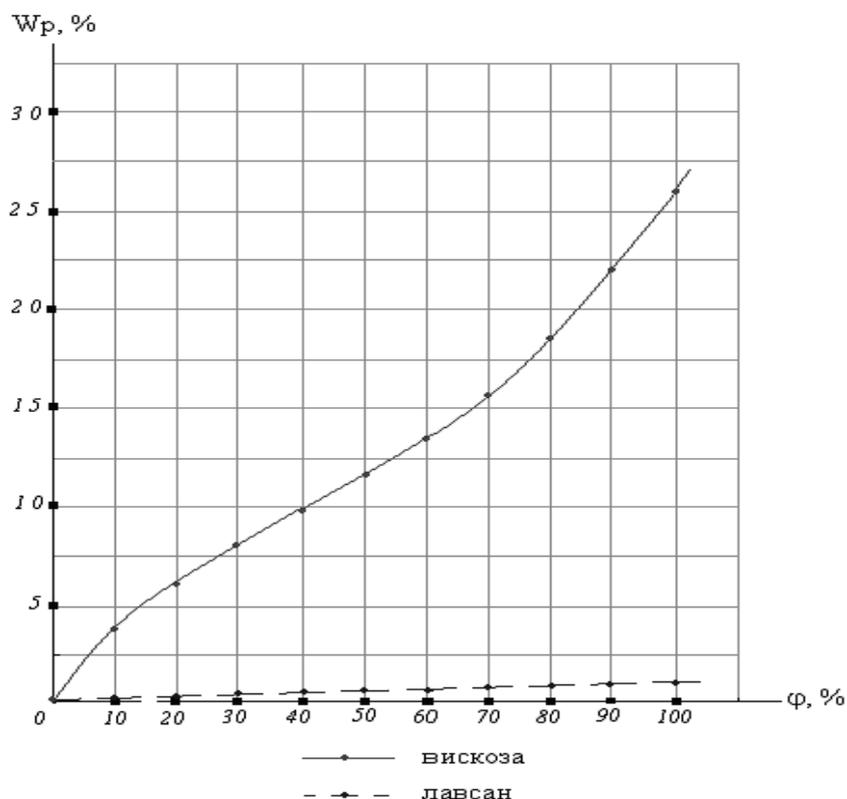


Рис. 1. Изотерма сорбции паров воды вискозным и лавсановым волокном при $t=25^{\circ}\text{C}$

При омагничивании рабочего раствора продолжительность процесса промывки сокращается на 15 %. В ходе исследований так же использовалась смесь анионоактивного и неионогенного ПАВ. Одной из важнейших задач является практическая реализация выбранного способа интенсификации. Анализ параметров работы большого количества промышленных аппаратов для электромагнитной водоподготовки позволил выбрать аппарат, для которого определены габаритные и присоединительные размеры с учетом диаметра трубопровода, подающего воду в красильно-промывную машину. Предложена схема включения выбранного омагничивающего устройства в технологическую цепочку с красильно-промывной машиной.

Сравнительный анализ основных показателей, характеризующих производственную и экологическую безопасность, свидетельствует о том, что совершенствование одного из основных процессов отделки-процесса промывки приводит к снижению времени нахождения в рабочей зоне, где действуют опасные и вредные факторы, устранению или снижению концентрации так называемой «жесткой химии» как в рабочем растворе, так и в сточных водах.

Процесс контактной сушки тканей является одним из самых сложных мест по наличию вредных и опасных факторов, по вероятности несчастных случаев. Процесс сушки смесовой ткани проводится на красильно-сушильной линии, в состав которой входит контактная сушилка с 16-тью барабанами. Сушка объекта исследования проходит до остаточной влажности 3%, но контроль влажности не осуществляется и, предположительно, конечная влажность еще ниже. С учетом кондиционной влажности вискозных и полиэфирных волокон, рассчитана кондиционная влажность смесовой ткани, которая составила 9%. Следовательно, ткань значительно пересушивается, а это приводит к увеличению затрат тепла, увеличению времени сушки, а значит увеличению времени нахождения в рабочей зоне сушки и негативного воздействия. Проведен расчет основных параметров процесса сушки до разных конечных влажностей смесовой ткани при производственных режимных параметрах сушки. Рассчитывались следующие параметры: общее количество и объемный расход паровоздушной смеси; общий расход теплоты; необходимое число цилиндров. Продолжительность процесса сушки ткани рассчитывалась на основе уравнения теплопередачи; на основе критериального уравнения и с использованием обобщенного уравнения массопередачи. В результате анализа полученных результатов, представленных в табл.1, был сделан вывод о возможности сушки смесовой ткани на 8-ми сушильных барабанах вместо 16-ти. Это не вызовет технических сложностей, поскольку, система пароконденсатопроводов позволяет отключить подачу пара в 8-мь барабанов.

Таблица 1

Сравнение основных параметров процесса контактной сушки при действующем и рекомендуемом режиме сушки ткани

Основные показатели, характеризующие процесс контактной сушки	Режим сушки, действующий на предприятии	Рекомендуемый режим сушки
Конечная влажность материала, U_k , кг/кг	0,03	0,09
Общее количество удаляемой влаги $U', \frac{кг}{ч}$	347,85	310,37
Количество влажного воздуха, удаляемого шатра установки $L', \frac{кг}{ч}$	$6,59 \cdot 10^3$	$5,88 \cdot 10^3$
Объемный расход паровоздушной смеси, $V, \frac{м^3}{ч}$	$5,87 \cdot 10^3$	$5,24 \cdot 10^3$
Потери теплоты в окружающую среду, $Q_4, \frac{кДж}{ч}$	$6,02 \cdot 10^4$	$5,42 \cdot 10^4$
Общий расход теплоты в окружающую среду, $Q, \frac{кДж}{ч}$	$12,65 \cdot 10^5$	$11,37 \cdot 10^5$
Необходимое число цилиндров (расчет на основе кинетических уравнений)	12	10
Расчет на основе уравнения теплопередачи		
Необходимое число цилиндров, $n_{ц}$	6	6
Время сушки ткани, τ , сек	14,31	12,86

Сравнение основных показателей, характеризующих производственную и экологическую безопасность при сушке представлено в табл.2 и показывает, что она существенно улучшается, поскольку при изменении действующего технологического режима сушки ткани время нахождения в рабочей зоне и воздействия опасных и вредных производственных факторов сокращается с 502 ч/год до 344 ч/год. Особенно важно, что снижаются вредные выделения от котельной установки в окружающую среду (диоксид серы, диоксид азота и др.) за счет сокращения расхода энергии на получение греющего пара на сушку.

Таблица 2

Сравнение основных показателей производственной и экологической безопасности процесса сушки

Основные показатели	Действующий технологический режим сушки ткани	Предлагаемый режим сушки ткани	Изменение показателя, %
Время нахождения в рабочей зоне и воздействия опасных и вредных производственных факторов, τ , ч/год	502	344	31,38
Количество влажного воздуха, выбрасываемого в рабочую зону, L , $\frac{\text{кг}}{\text{ч}}$	$6,59 \cdot 10^3$	$5,88 \cdot 10^3$	10,77
Потери теплоты в окружающую среду $Q_{\text{в}}$, $\frac{\text{кДж}}{\text{ч}}$	$6,02 \cdot 10^4$	$5,42 \cdot 10^4$	9,97
Выбросы тепла в рабочую зону, Q , $\frac{\text{кДж}}{\text{ч}}$	$12,65 \cdot 10^5$	$11,37 \cdot 10^5$	9,96

Таким образом, на основании изучения производственной и экологической безопасности в отделочном производстве на примере одного из промышленных предприятий и проведенных экспериментальных исследований, предложены решения по ее повышению за счет совершенствования технологии процессов промывки и сушки. Разработаны практические рекомендации по реализации инженерных решений, связанных с использованием ультразвукового воздействия и омагничиванием промывного раствора. Проведен расчет экономической эффективности предлагаемых решений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кошелева М.К. Интенсификация процессов промывки с наложением ультразвуковых полей. / Кошелева М.К., Булеков А.П., Шацких С.Н.//Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2012. – №2. – С. 113-117.

ПРОИЗВОДСТВО БИОТОПЛИВА И ВОПРОСЫ ЭКОЛОГИИ

Курин В.И., Хазанов Г.И., Апарушкина М.А.

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

Две проблемы энергетики – снижение запасов органического топлива и загрязнение окружающей среды – тесно связаны друг с другом. Их решение предусмотрено энергетической стратегией России, цели и приоритеты которой рассмотрены в «Энергетической стратегии России на период до 2020 г.».

Основное количество электроэнергии в нашей стране вырабатывается на тепловых электростанциях, предполагающих сжигание топлива.

Общие запасы органического топлива на земле составляют 12800 млрд. тонн условного топлива (тут), из них природный газ – 630, нефть и газовый конденсат – 740, каменный уголь – 11200 млрд. тут. Годовое потребление в мире достигло 13 млрд. тут и продолжает расти. Отметим, что расходуется в первую очередь более чистый в экологическом отношении природный газ, затем идет нефть и газовый конденсат. При оценке реальных запасов следует учесть также коэффициент извлечения топлива, не превышающий, как правило, 0.5 (50%). При сжигании топлива в атмосферу поступают окислы углерода, серы, азота, пары воды, сажа, соединения свинца, мышьяка, ртути, хрома, меди и другие вредные вещества. Наиболее чистым топливом является газ, затем идет мазут, но и он содержит до 2.5 % и более серы, а угли содержат наибольшее количество серы (например, подмосковные угли содержат до 6% и более серы), образующей при сгорании двуокись серы. В продуктах сгорания содержится, вызывающий онкологические заболевания, бензапирен. Вообще, все вредные соединения, попавшие с продуктами сгорания в атмосферу, с осадками возвращаются на землю и поступают в гидросферу и литосферу. Например, кислотные осадки, поступая в почву, истощают щелочную составляющую и закисляют ее, а также выщелачивают алюминий и тяжелые металлы, которые затем попадают в пищевую цепь. Кислотные осадки, увеличивая кислотность водоемов, снижают продуктивность живых обитателей водоемов или убивают их. Основной ущерб экологии планеты при эксплуатации ТЭС оказывает поступление двуокиси углерода в атмосферу, и связанное с ним глобальное потепление.

Существуют технические и биологические способы снижения содержания парниковых газов в атмосфере. Технические методы хорошо известны, но они либо сложны, либо чрезмерно энергозатратны. К биологическим способам снижения парниковых газов в атмосфере можно отнести ассимиляцию парниковых газов живыми организмами в процессе фотосинтеза. При этом поглощается двуокись углерода и образуется биомасса, которая затем используется для производства биотоплива. Однако назем-

ным экологическим системам присущи недостатки – необходимость больших площадей для выращивания зерна, сахарного тростника, рапса, низкая эффективность получения и переработки биомассы. Для формирования из биомассы прошлого современных углеводородных топливных ресурсов потребовались миллионы лет, а сегодня человек их интенсивно расходует, загрязняя атмосферу продуктами сгорания, содержащими парниковые газы и, прежде всего, двуокись углерода.

В этой связи обращает на себя внимание производство и переработка культивируемых микроводорослей. Следует отметить, что продуктивность микроводорослей по биомассе в десятки раз превышает продуктивность наземных, в том числе масличных, растений. Например, для их выращивания требуются площади в десятки раз меньше, чем для выращивания рапса.

Во Франции, Германии, Японии, США активно развиваются технологии по выращиванию микроводорослей в открытых и закрытых системах. В закрытых системах для производства микроводорослей за сутки биомасса увеличивается в 30 раз, поглощая при этом большое количество двуокиси углерода и других биогенных веществ, которые поступают с выбросами и стоками энергетики, промышленности и бытовыми стоками. Для интенсивного роста водорослей необходим свет, питательная среда из микро- и макроэлементов, наиболее важными из которых являются углерод, азот и фосфор, а также необходимы сера, калий, кальций, магний. Температура водной среды при этом поддерживается в диапазоне 25 – 30⁰С.

Эти условия легко создать в биореакторе с проточной теплой водой, обогащенной биогенными элементами и углекислым газом. Наиболее просто построить систему по выращиванию биомассы на предприятиях теплоэнергетики, особенно на ТЭС, работающих на твердых бытовых отходах и осадке сточных вод, так как именно они являются локализованным источником выбросов окислов углерода, азота, серы и других соединений.

Схема производства биомассы водорослей в процессе фотосинтеза выглядит так. В проточной теплой воде под действием солнечного света днем и искусственного освещения ночью выращиваются водоросли, а питательной средой являются, прежде всего, вода и двуокись углерода, а также и другие выше указанные биогенные вещества. Процесс осуществляется в культивационном биореакторе с теплой водой насыщенной двуокисью углерода и другими биогенными веществами. Одним из вариантов такого биореактора является конструкция из прозрачных хорошо освещенных труб, по которым течет вода и идет процесс фотосинтеза, а выращенную биомассу в конце пути отфильтровывают и изымают.

Экономически выгодно такие биореакторы устанавливать вблизи тепловых электростанций, где есть избыточное количество теплой воды и

выбросной двуокиси углерода и других продуктов сгорания, которыми в качестве биогенной среды можно насыщать проточную воду.

Рассмотренная выше технология позволит производить биомассу водорослей и затем получать из нее такие виды биотоплива как этиловый, бутиловый, метиловый спирты, биодизель, биогаз, синтез-газ, метан, водород и твердое топливо, тем самым частично заменить ископаемое топливо. Использование в качестве биогенных веществ в процессе производства водорослей продуктов сгорания энергетических предприятий позволит снизить поступление вредных выбросов, в том числе парникового газа – двуокиси углерода, в атмосферу.

ФАКЕЛЬНО–СЛОЕВАЯ ТОПКА ДЛЯ СЖИГАНИЯ ФРЕЗЕРНОГО ТОРФА

Каленков А.Б.

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

«Одним из наиболее важных и перспективных местных источников топлива является торф» [1]. Возвращение к использованию торфа как топлива объясняется рядом его качеств: - большие запасы торфа, которые оцениваются в 68 млрд тонн условного топлива, а газа только в 22 млрд тонн условного топлива; - низкая стоимость. Стоимость получения 1 ккал тепла при сжигании торфа и газа в настоящее время уже сравнялись, а к 2018 году стоимость 1 ккал тепла при сжигании торфа будет в 1,5 раза меньше, чем при сжигании газа; - экологическая ценность, так как содержит небольшое количество серы по сравнению с углем и мазутом, а зола может использоваться в качестве удобрения для сельхоз работ; - и одним из ценнейших качеств торфа является то, что это возобновляемое органическое топливо. Генеральная Ассамблея ООН (резолюция № 33/148 от 1978 года) признала торф возобновляемым источником энергии. Торф – это непрерывно образующийся вид органического топлива за счет растений, живущих на поверхности болот и низин, и отмирая, разлагающихся в водной среде при недостатке кислорода. Ежегодно в мире образуется 3 млрд куб. м торфа, что примерно в 120 раз больше, чем используется [2].

В качестве топлива торф можно использовать в виде торф-брикетов и в измельченном виде, который называется фрезерным торфом. Торф-брикеты получают в результате подсушки и прессования и, как правило, используются как бытовое топливо, которое обладает стабильными тепло-техническими характеристиками. В энергетике, в основном, используется фрезерный торф, который чаще всего сжигается в слоевых топках, в которых для перемещения топлива и удаления шлака используется шурующая планка. В качестве примера такой топки можно привести факельно-слоевую топку С.В. Татищева, отличие которой от других является нали-

чие шахтного предтопка, в котором происходит подсушка фрезерного торфа дымовыми газами [3]. Недостатком таких топков является большая потеря тепла с механическим недожогом, так как сепарация топлива осуществляется только во время вдувания топлива в топку и совсем не осуществляется сепарация выносимых частиц топлива с колосниковой решетки. Кроме того, в таких топках большой унос золовых частиц, а это приводит к загрязнению окружающей среды или к дополнительным затратам на установку пыле-золоуловителей.

Предлагаемая конструкция топочного устройства позволяет увеличить полноту сгорания топлива и уменьшить унос золовых частиц. Топливо из бункера питателем подается в подсушивающую шахту, где оно прогревается и подсушивается дымовыми газами, которые подсасываются из топочного объема за счет эжекции, создаваемой воздушной струей, вытекающей из сопла, которое также выполняет функции подачи воздуха на горение и сопла острого дутья. Так как подсушивающая шахта выполнена в виде сегмента, то увеличивается время нахождения в ней, что создает более благоприятные условия для сушки, то есть топливо лучше высушивается и, следовательно, эффективнее сгорает. Подсушенное топливо вдувается тангенциально в топку, которая выполнена в виде цилиндра. Мелкие фракции топлива, подогретые в шахте, быстро выделяют летучие вещества и сгорают во взвешенном вихревом газоздушном потоке. Так как время пребывания частиц в вихревом потоке больше, чем в прямоточном, то сгорание происходит полнее и, соответственно, с меньшими потерями тепла от механического недожога с уносом. Более крупные частицы после подсушивающей шахты попадают в топочную камеру, где происходит дополнительная сепарация частиц топлива. Одни частицы подхватываются потоком продуктов сгорания, образованных от сжигания топлива на колосниковой решетке, другие – крупные фракции топлива – выпадают на колосниковую решетку с шурующей планкой, где в условиях неограниченного воспламенения сгорают в слое. Колосниковая решетка смещена относительно центра топки, в результате чего продукты сгорания создают дополнительный закручивающий момент факелу. Благодаря тому, что сжигание организовано в вихревом потоке, можно производить форсировку сжигания в слое без увеличения потерь тепла от механического недожога с уносом, так выносимые из слоя частицы успевают сгореть в вихревом факеле. Воздух, который подают под решетку, сначала проходит по воздушному каналу и охлаждает обмуровку и нагревается, что приводит к уменьшению потерь в окружающую среду. Нагрев воздуха интенсифицирует процесс горения топлива. На задней стенке камеры имеется откос, который уменьшает унос золовых частиц. Таким образом, благодаря горизонтальному циклону, размещенному над топочной камерой вдоль колосниковой решетки, подсоединенному к топочной камере тангенциально, за счет смещения оси циклона в сторону пневмозаброса топлива и вывода дымо-

вых газов через осевое отверстие в противоположной торцевой стенке циклона, а также сопел пневмозаброса, расположенных на стыке фронтальной стенки топочной камеры с боковой поверхностью циклона тангенциально к воображаемой окружности, соосной с циклоном и зольника, размещенного под осевым отверстием в циклоне и перекрытого козырьком, обеспечивается повышение полноты сгорания высоковолажного топлива и уменьшения уноса золовых частиц.

ЛИТЕРАТУРА

1. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 13 ноября 2009 г. № 1715-р.
2. Марков В.И., Волкова Н.И. Торф – важный возобновляемый природный ресурс провинции России. <http://landscap-plannig.ru>.
3. Дымков В.Е., Каленков А.Б. Огнетехнические установки и топливоснабжение. Часть 3. Классификация промышленных огнетехнических установок. –М.: МТИ им.А.Н. Косыгина, 1982. – 68 с.

ФОРМУЛА ДЛЯ РАСЧЕТА КРИТИЧЕСКОЙ ПЛОТНОСТИ ТЕПЛОвого ПОТОКА ПРИ КИПЕНИИ В БОЛЬШОМ ОБЪЕМЕ

Гудков В.И.¹, Молошников А.С.²

¹Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

²ОАО «ВНИИАЭС», Россия

Целью данной работы является уточнение формулы С.С. Кутателадзе для расчета критической плотности теплового потока при кипении в большом объеме:

$$q_{DNB} = kh_{lg} \cdot \sqrt{\rho_g \sqrt{\Delta\rho \cdot g \cdot \sigma}} \quad (1)$$

Рассмотрим начальное и конечное состояния парового пузырька.

1) Зарождение пузырька.

Условие динамического равновесия на границе раздела фаз парогазового микропузырька в момент его зарождения (по достижении некоторой критической степени перегрева жидкости) приближенно запишем в виде:

$$(p_{ng,0} + P_{lg,0}) \sim (p + p_{\sigma,0}) \quad (2)$$

или

$$P_{lg,0} \sim (p + p_{\sigma,0} - p_{ng,0}) \quad (3)$$

где капиллярное давление: $p_{\sigma,0} = \frac{2\sigma}{R_0}$.

2) Отрыв пузырька.

Баланс давлений на межфазной поверхности в основании пузырька в конце стадии роста перед его отрывом от поверхности нагрева:

$$P_{lg,d} \sim (p_{\sigma,d} + p_{hs,d}). \quad (4)$$

Средняя по времени (от появления пузырька до его отрыва) величина давления за счет испарения P_{lg} может быть представлена некоторой функцией двух своих крайних значений:

$$P_{lg,0} = f(P_{lg,0}; P_{lg,d}). \quad (5)$$

Поскольку величины $P_{lg,0}$ и $P_{lg,d}$ функционально связаны (через толщину перегретого слоя жидкости у стенки) функция (5), определяющая среднюю величину двух связанных между собой параметров, должна следовать мультипликативному закону (в простейшем случае среднему геометрическому):

$$P_{lg,0} \sim \sqrt{P_{lg,0} \cdot P_{lg,d}}, \quad (6)$$

или

$$P_{lg,0} \sim \sqrt{(p + p_{\sigma,0} - p_{ng,0}) \cdot (p_{\sigma,d} + p_{hs,d})}, \quad (7)$$

где сумма:

$$p_{\sigma,d} + p_{hs,d} = \frac{2\sigma}{R_d} + 2\Delta\rho \cdot g \cdot R_d,$$

может быть представлена в масштабе:

$$(p_{\sigma,d} + p_{hs,d}) \sim \sqrt{\Delta\rho \cdot g \cdot \sigma}.$$

Обозначим через $\Delta p_0 \equiv (p_{\sigma,0} - p_{ng,0})$ порог избыточного давления, необходимый для зарождения пузырька (см. формулу (3)).

Тогда, из формулы (7) с учетом давления испарения [1]:

$$P_{lg} = \frac{q_{lg}}{h_{lg}} \sqrt{\frac{\pi R_g T_{Liq,i}}{2}}, \quad (8)$$

находим среднюю по времени плотность теплового потока, расходуемого на испарение в паровом пузырьке (q_{lg}) и пропорциональную ей среднюю по поверхности нагрева критическую плотность теплового потока ($q_{w,cr}$):

$$q_{w,cr} \sim q_{lg} \sim h_{lg} \sqrt{\left(1 + \frac{\Delta p_0}{p}\right) \cdot \rho_g \cdot \sqrt{\Delta\rho \cdot g \cdot \sigma}}. \quad (9)$$

Полученное выражение отличается от формулы С.С. Кутателадзе (1) множителем в скобках, учитывающим динамическое условие зарождения

пузырька на поверхности нагрева. За счет этого параметра соотношение (формула 9), в отличие от формулы (1), удовлетворительно описывает опытные данные [2, 3] по кризису теплоотдачи воды в области субатмосферных давлений (рис.1).

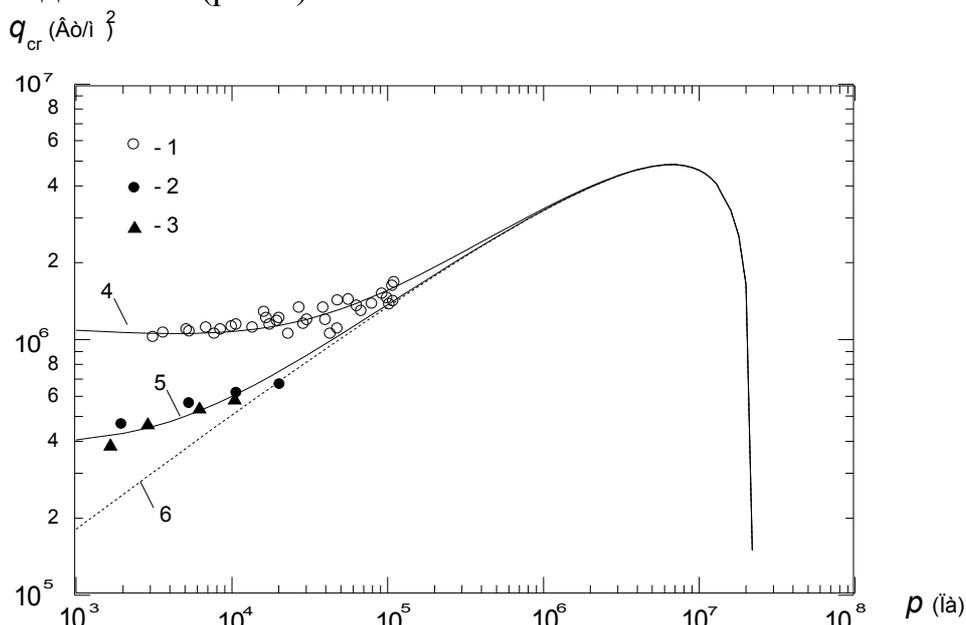


Рис. 1. Критическая плотность теплового потока при пониженном давлении

Уточним в формуле (9) связь между $q_{w,cr}$ (средняя по поверхности кипения плотность теплового потока) и q_{lg} (плотность теплового потока, передаваемого через микрослой жидкости в основании пузырька) – см. рис.2.

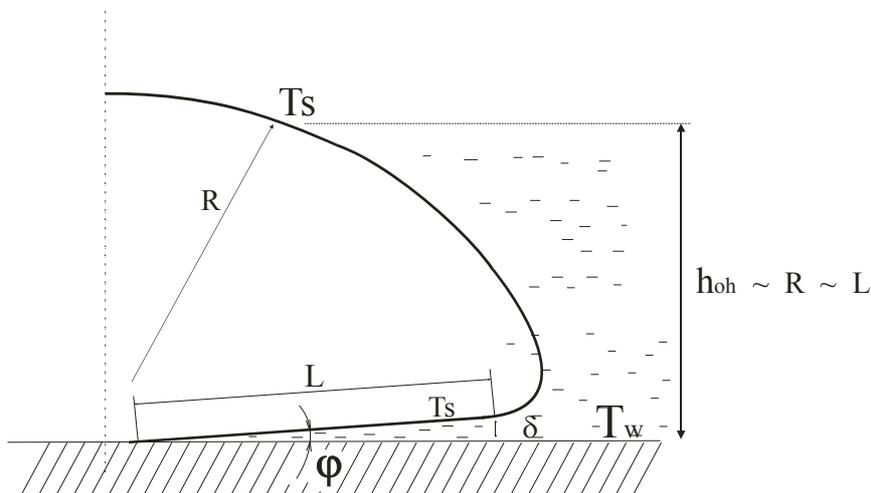


Рис. 2. Две области теплообмена при кипении: микрослой (испарение) и однофазная жидкость между пузырьками (конвекция)

В соответствии с геометрической моделью, представленной на рис.2, взаимосвязь $q_{w,cr}$ и q_{lg} может быть выражена отношением:

$$\frac{q_{w,cr}}{q_{lg}} \sim \frac{\lambda \cdot \Delta T / h_{oh}}{\lambda \cdot \Delta T / \delta} = \frac{\delta}{h_{oh}} \sim \frac{\delta}{L} = \sin \varphi. \quad (10)$$

Средняя по поверхности кипения критическая плотность теплового потока составит:

$$q_{DNB} \sim \sqrt{q_{lg} \cdot q_{w,cr}} \sim q_{lg} \cdot \sqrt{\sin \varphi}. \quad (11)$$

С учетом (11) из соотношения (9) получим окончательно:

$$q_{DNB} \sim h_{lg} \cdot \sqrt{\left(1 + \frac{2\sigma/R_z}{p}\right) \cdot \sin \varphi \cdot \rho_g \sqrt{\Delta\rho \cdot g \cdot \sigma}}. \quad (12)$$

Где угол φ может быть определен из анализа динамики микрослоя жидкости различными способами:

$$\sin \varphi \approx \frac{K_{oh}}{(1 - K_{oh})Pr_{liq}}, \text{ где } K_{oh} = \frac{C_{p,liq}(T_w - T_s)}{h_{lg}} \quad (13)$$

$$\sin \varphi \approx \sqrt{\frac{w_{liq}}{u_*}}, \text{ где } u_* = \sqrt{\frac{\pi \cdot R_g \cdot T_s}{2}} \quad (14)$$

$$\cos \varphi \approx \frac{P_{\lambda,liq}}{P_{lg}} \text{ (в области повышенного давления)} \quad (15)$$

На рис.3 приведено сравнение результатов расчетов по формуле (12) и формуле С.С. Кутателадзе (1).

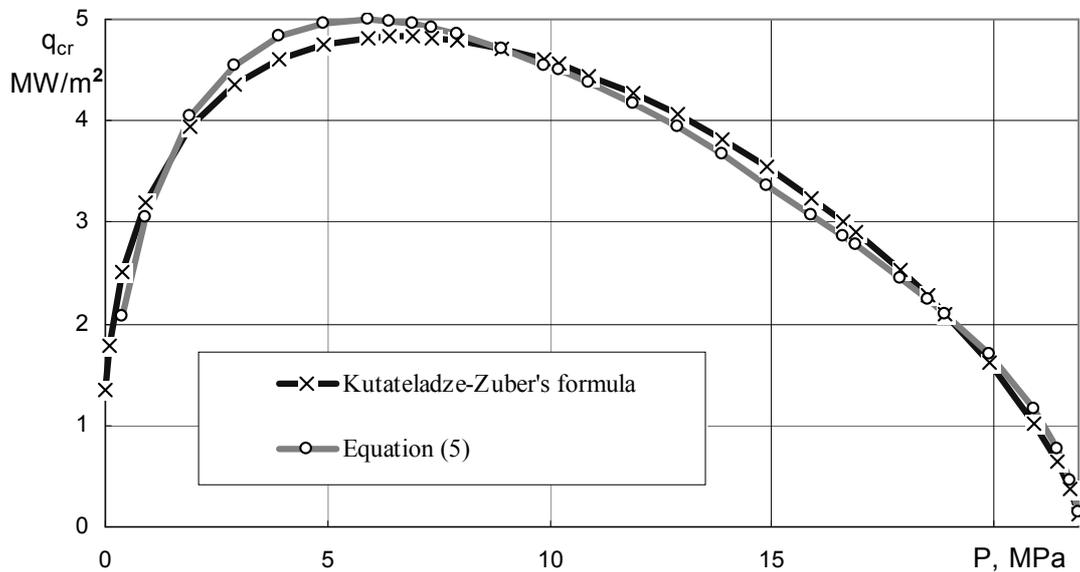


Рис. 3. Критическая плотность теплового потока согласно формулам (1) и (12)

ОБОЗНАЧЕНИЯ

C_p - теплоемкость,
 h_{lg} - теплота парообразования,

ИНДЕКСЫ

0 – в момент зарождения пузырька,
d – на момент отрыва пузырька,

L - длина микрослоя жидкости,	cr – критический,
q - плотность теплового потока,	g – пара,
R - газовая постоянная,	Liq – жидкости,
δ - толщина слоя,	lg – испарения,
φ - угол наклона поверхности испарения,	ng – неконденсирующе-гося газа,
λ - коэффициент теплопроводности,	oh – перегрева,
ν - кинематическая вязкость,	s – насыщения,
ρ - плотность.	w – поверхности нагрева.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Молошников А.С.* Молекулярный перенос при испарении (конденсации) и давление на межфазной поверхности. // ТВТ, 1997. №1. С. 67-72.
2. *Авксентюк Б.П., Месаркишвили З.С.* Влияние недогрева на критические тепловые потоки при кипении жидкостей в области субатмосферных давлений. Кипение и конденсация. Новосибирск: Наука, 1986. С. 45.
3. *Самохин Г.С., Ягов В.В.* Теплоотдача и критические тепловые нагрузки при кипении в области низких приведенных давлений // Теплоэнергетика, 1988. №2. С.72.

ИССЛЕДОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ТЕПЛООТДАЧИ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ К ВОЗДУХУ В УСЛОВИЯХ СВОБОДНОЙ КОНВЕКЦИИ

Шарпар Н.М., Османов З.Н.

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

При использовании нетканых материалов для тепловой изоляции технологических установок, трубопроводов и других объектов нужно иметь надежную информацию не только о коэффициентах теплопроводности, но и о коэффициентах теплоотдачи на поверхности теплоизоляционного слоя, контактирующего с воздухом. В работе для измерения коэффициентов теплоотдачи был выбран метод регулярного режима охлаждения нетканого материала (войлока) на воздухе. Из уравнения дифференциального теплового баланса для остывающего на воздухе плоского образца войлока можно получить соотношение, связывающее темп охлаждения $m = \partial \ln(\bar{\theta}_v) / \partial \tau$ со средним коэффициентом теплоотдачи $\bar{\alpha}_f$

$$m = \bar{\alpha}_f \psi / (\rho c \delta), \quad (1)$$

где ρ , c и δ – плотность, теплоемкость и полутолщина образца, $\psi = \bar{\theta}_f / \bar{\theta}_v$ - параметр неравномерности температурного поля; $\bar{\theta}_f$, $\bar{\theta}_v$ - усредненные

по поверхности и объему избыточные температуры образца. Существует эмпирическое уравнение для параметра температурной неравномерности

$$\psi = \left(B\tilde{i}^2 + 1,437B\tilde{i} + 1 \right)^{-0,5}, \quad (2)$$

в котором присутствует модифицированное число Био $B\tilde{i} = \bar{\alpha}_f K / (\lambda \delta)$, а коэффициент формы образца может быть приближенно определен по формуле для бесконечной пластины, т.е. $K \approx (\pi/2\delta)^{-2}$.

Подставив (2) в (1), получим для коэффициента теплоотдачи

$$\bar{\alpha}_f = m\rho c\delta \left[\left(\bar{\alpha}_f K / \lambda \delta \right)^2 + 1,437 \bar{\alpha}_f K / \lambda \delta + 1 \right]^{0,5} \quad (3)$$

Таким образом, измерив темп охлаждения образца и численно решив уравнение (3), можно найти коэффициент теплоотдачи. Для определения конвективной составляющей из общей теплоотдачи исключали радиационную компоненту, т.е. $\bar{\alpha}_k = \bar{\alpha}_f - \bar{\alpha}_R$, где

$$\bar{\alpha}_R = \varepsilon\sigma(T_{\Pi}^2 + T_0^2)(T_{\Pi} + T_0). \quad (4)$$

В формуле (4) ε – степень черноты поверхности войлока; σ – постоянная Стефана–Больцмана, T_{Π} и T_0 – абсолютные температуры поверхности образца и наружного воздуха.

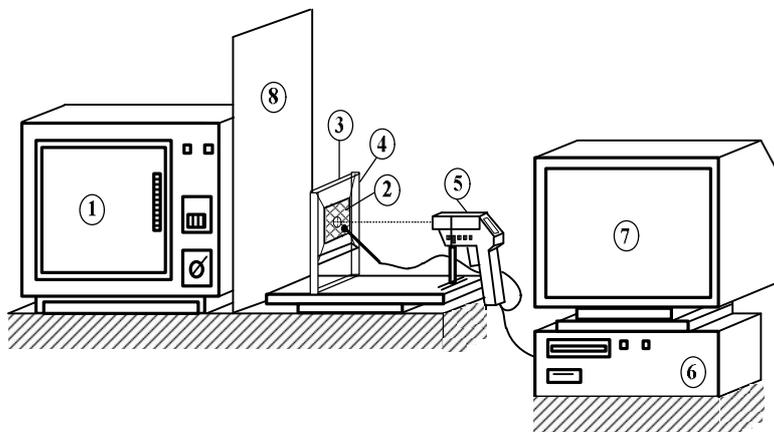


Рис. 1. Принципиальная схема установки для исследования теплоотдачи

Принципиальная схема установки для исследования теплоотдачи методом регулярного режима приведена на рис. 1. Основные элементы установки: сушильный шкаф 1 с системой регулирования температуры; образец нетканого материала 2 (войлока), закрепленный нитями в металлической рамке 3. Вертикальное расположение рамки с образцом обеспечивают две стойки 4. Для измерения температуры поверхности образца используется инфракрасный пирометр 5 марки ТРТ 64Р фирмы «Agema infrared systems». Измерительный сигнал с пирометра поступает на компьютер 6 и отображается на экране дисплея 7. Оптический прицел пирометра перпен-

дикулярен поверхности исследуемого материала и направлен строго в центр симметрии образца. Сушильный шкаф изолирован от измерительного комплекса установки металлическим экраном 8, не пропускающим тепловое излучение от системы нагрева к пирометру. Порядок проведения экспериментов был следующим. Рамка с закрепленным в ней образцом войлока помещалась в сушильный шкаф, где выдерживалась при заданной температуре (90...110°C) не менее 30 мин. За это время происходил равномерный нагрев исследуемого материала. Затем рамка быстро вынималась из шкафа (в течение 3...5 с) и устанавливалась в стойки. Включался пирометр, сигнал с которого регистрировался компьютером и выводился на экран в виде графика зависимости температуры поверхности от времени.

Типичные зависимости избыточных температур и их логарифмов от времени при охлаждении образцов войлока толщиной 4 мм даны на рис. 2.

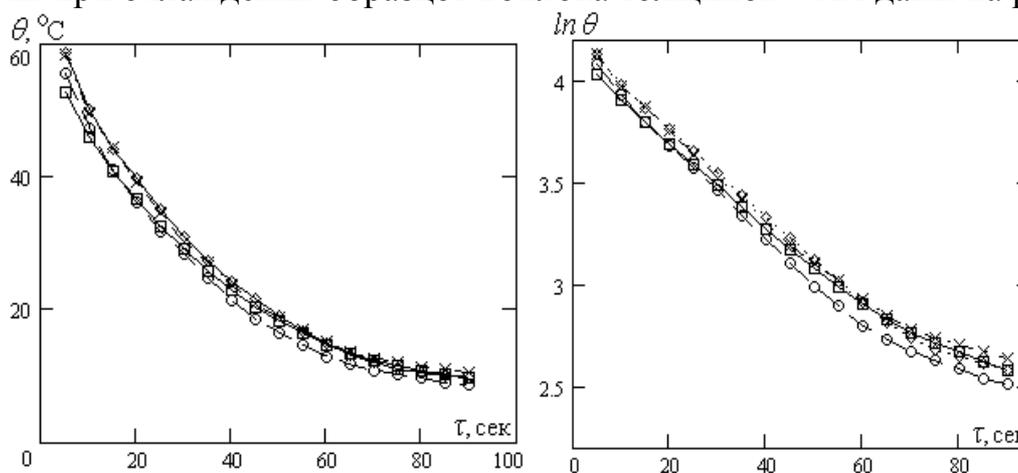


Рис. 2. Кривые охлаждения образцов войлока на воздухе с температурой 22°C

Из рисунка видно, что темп охлаждения падает во времени, что обусловлено зависимостью коэффициента теплоотдачи от избыточной температуры. Диапазоны изменения темпов охлаждения в опытах составляли: 0,0133...0,0095 с⁻¹, 0,0061...0,0043 с⁻¹ и 0,0043...0,0038 с⁻¹ для образцов войлока толщиной 4 мм, 8 мм и 10 мм, соответственно. Теплота от войлока передается окружающей среде двумя различными механизмами – тепловым излучением и свободной (естественной) конвекцией. Считая эти механизмы независимыми, выразим общий коэффициент теплоотдачи так

$$\alpha = \alpha_{\text{изл}} + \alpha_{\text{св}} \quad (5)$$

Зависимость для коэффициента теплоотдачи излучением можно получить при линеаризации закона теплового излучения Стефана-Больцмана. Соответствующая формула имеет вид

$$\alpha_{изл} = \varepsilon\sigma(T_{п}^2 + T_0^2)(T_{п} + T_0), \quad (6)$$

где ε – коэффициент излучения (степень черноты) поверхности войлока в инфракрасном диапазоне длин волн; σ – постоянная Стефана–Больцмана, $T_{п}$ и T_0 – абсолютные температуры поверхности образца и наружного воздуха. Для исследований образцов войлока различной толщины было принято усредненное значение степени черноты равное $\varepsilon = 0,92$.

На рис. 3 и 4 приведены результаты измерений коэффициентов теплоотдачи для трех образцов шерстяного войлока в зависимости от температуры его поверхности. На рис. 3 показана также зависимость коэффициента теплоотдачи излучением, полученная расчетным путем по (6). Исключив из общего коэффициента теплоотдачи лучистую составляющую с помощью (5), получим коэффициент теплоотдачи при свободной конвекции воздуха.

Теория подобия тепловых процессов рассматривает в качестве определяющего критерия подобия при свободной конвекции число Релея [1]

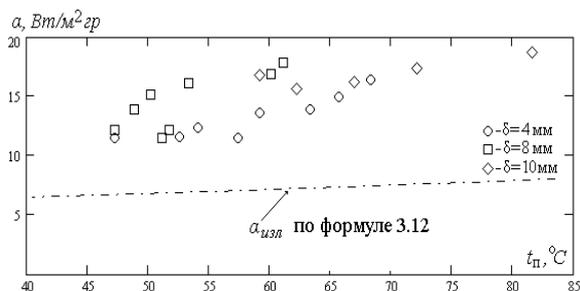


Рис. 3. Температурная зависимость полного коэффициента теплоотдачи войлока

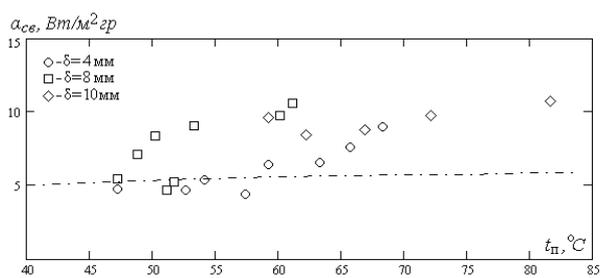


Рис. 4. Температурная зависимость свободно-конвективного коэффициента теплоотдачи

$$Ra = \frac{g\beta\Delta th^3}{\nu a},$$

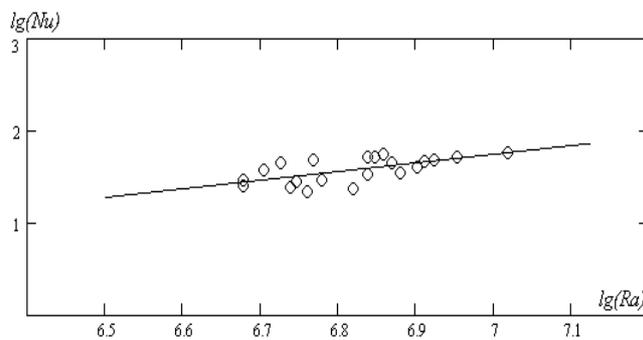
где g – ускорение свободного падения, ν и a – коэффициенты кинематической вязкости и температуропроводности воздуха, β – его коэффициент температурного расширения ($\beta = 1/T_0$), Δt – температурный напор в пограничном слое (он равен избыточной температуре поверхности образца), $h = 0,15$ м – высота образцов войлока. Во всех экспериментах, проводившихся в диссертации, числа Релея находились в пределах $6 \cdot 10^6 \dots 8 \cdot 10^6$, т.е. были заведомо меньше критического значения $Ra_{кр} = 10^9$. Следовательно, режим движения воздуха в пограничных слоях был ламинарным и для расчета чисел Нуссельта нужно использовать уравнение подобия [1]

$$Nu = 0,517Ra^{0,25}. \quad (7)$$

Тогда расчетные значения коэффициентов теплоотдачи в условиях свободной конвекции

$$\alpha_{св} = \frac{Nu\lambda}{h},$$

где λ – теплопроводность воздуха. Эти значения $\alpha_{св}$ изображены на рис. 4 штриховой линией. Достаточно жесткий шерстяной ворс выступает над поверхностью, проникает в пограничный слой воздуха и разрушает его ламинарную структуру. Тем самым, ворсистость можно рассматривать как своеобразную искусственную шероховатость поверхности, а, следовательно, как фактор, способствующий интенсификации теплоотдачи к воздуху. Уравнение подобия (7) получено для гладких поверхностей и этот эффект не учитывает. Экспериментальные данные по теплоотдаче при свободной конвекции были обработаны в критериальной форме в логарифмических координатах $\lg(Nu) = f[\lg(Ra)]$. Результаты такой обработки приведены на рис. 5. Методом наименьших квадратов было получено критериальное уравнение, описывающее свободно-конвективную теплоотдачу войлоков с учетом ворсистости их теплообменной поверхности



$$Nu = 1,87 \cdot 10^{-5} Ra^{0,927}.$$

От уравнения (7) оно отличается более высокой степенью при критерии Релея. Следовательно, теплоотдача ворсистых поверхностей зависит от чисел Релея гораздо интенсивнее, чем для гладких.

Рис. 5. Обработка опытных данных по теплоотдаче в безразмерной форме

В результате разработана методика и установка для изучения теплоотдачи войлока в условиях свободной и вынужденной конвекции воздуха. Установлено, что в условиях ворсистой поверхности войлока коэффициенты теплоотдачи на 30...40% выше, чем для гладких поверхностей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Корнюхин И.П. Тепломассообмен в теплотехнике текстильных производств: Учебное пособие для вузов. - М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2004. - 598 с.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОЦЕССОВ РАЗДЕЛЕНИЯ ЭМУЛЬСИЙ В СТРУЙНОМ АППАРАТЕ

Тюрин М.П., Бородина Е.С., Барсукова А.С.

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

В процессе проведения экспериментальных исследований в качестве разделяемых сильнозагрязненных смесей, содержащих устойчивые эмульсии, использовалось: на первом этапе отработанное турбинное масло из турбинного цеха тепловой электростанции и образующийся на дне мазутохранилищ осадок, представляющий собой твёрдую, асфальтоподобную субстанцию – на втором.

Принципиальная схема полупромышленной установки для проведения исследований представлена на рис.1.

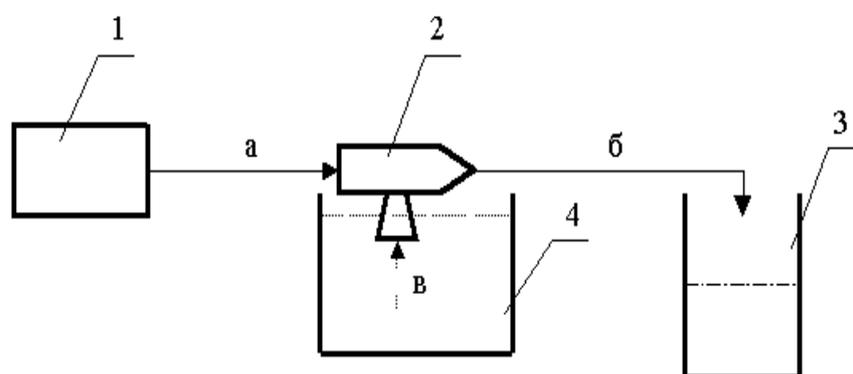


Рис. 1. Схема установки регенерации масла

1 – ДУВД (дизельная установка высокого давления); 2 - струйный аппарат; 3 - отстойник; 4 – ёмкость со смесью подлежащей регенерации; а – высоконапорный подвод воды к соплу эжектора; б – слив смеси воды и регенерируемых веществ в отстойник; в – забор вещества из приемка

Основой установки является струйный аппарат, конструкция которого представлена на рис.2.

Экспериментальные исследования по разделению сильно загрязнённых эмульсий проводились с использованием дизельной установки высокого давления (ДУВД 6/630) с расходом воды при номинальных оборотах – 4 м³/час. Максимальное давление на выходе из насоса – 63 МПа. Установка оснащена дизельным двигателем и трёхплунжерным горизонтальным водяным насосом высокого давления. Этот насос позволяет плавно изменять давление на выходе ДУВД.

На первом этапе материалом для исследований послужило вещество из открытой бетонной ёмкости турбинного цеха (приямка). Его основой является отработанное турбинное масло, представляющее собой обратную эмульсию, загрязнённую мелкими частицами металла от трущихся частей подшипников, пылью и грязью, попадающими в масло при его контакте с

внешней средой, а также примесями других нефтепродуктов, используемых при работе оборудования.

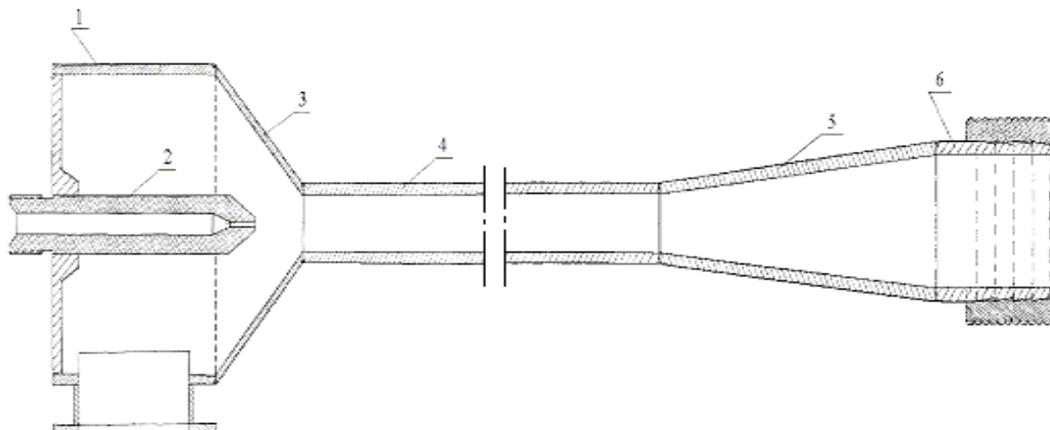


Рис. 2. Схема струйного аппарата:

1 – приёмная камера, 2 – сопло, 3 – конфузор, 4 – камера смешения, 5 – диффузор, 6 – прямолинейный транспортировочный трубопровод

Установка работает следующим образом. Вода от установки высокого давления (ДУВД) под высоким давлением (до 30 МПа) по высоконапорным шлангам подается в сопло струйного аппарата и затем с высокой скоростью (около 250 м/с) поступает в камеру смешения аппарата. В камере смешения создается разрежение, в результате чего происходит всасывание в нее обрабатываемого вещества через входное отверстие аппарата. При этом в камере смешения на обрабатываемую смесь оказываются сильные гидродинамические воздействия. Затем смесь через конфузор подается в прямолинейный участок эжектора, где наблюдается турбулентный режим течения, способствующий разрушению бронирующих оболочек глобул воды, содержащихся в смеси, и затем по отводящим трубам, где происходят процессы коалесценции, в отстойник. В отстойнике происходит окончательное расслоение смеси на отдельные составляющие и затем производится их поуровневое откачивание.

К качеству разделения смеси предъявляются повышенные требования, поскольку целью исследований является получение регенерированных турбинных масел, пригодных для дальнейшего использования по своему прямому назначению, и, по возможности, наиболее полного использования других отделяемых продуктов.

С целью получения оптимальных конструкционных характеристик аппарата в процессе проведения эксперимента варьировались давление, создаваемое ДУВД, и геометрические характеристики аппарата (длина прямолинейного участка аппарата, расстояния от среза сопла до камеры смешения, самой камеры смешения, диаметр сопла и соотношения диаметров сопла и камеры смешения).

Создание различных гидродинамических режимов течения в струйном аппарате производится с помощью выходящей из сопла водяной струи высокого давления, создаваемой ДУВД.

После прохождения смеси через струйный аппарат, где происходит разрушение бронирующих оболочек глобул воды, и трубопровод для коалесценции разделяемых веществ, а также разделения смеси в отстойнике получены следующие вещества (перечисление от верхнего уровня к нижнему):

– регенерированное чистое масло (не содержит воды, механических и других примесей);

– мазут и другие нефтепродукты, а также их эмульсии прямого типа;

– незначительная водяная прослойка;

– парафиносодержащая водяная суспензия;

– механические примеси различного происхождения.

Как видно из экспериментальных данных, при увеличении давления воды, подаваемой в сопло струйной установки, происходит повышение качества разделения веществ. В то же время установлено, что повышение рабочего давления ДУВД свыше 25 МПа не оказывает существенного влияния на эффективность работы установки. Отсутствие влияния увеличения давления ДУВД более 25 МПа на содержание механических примесей обусловлено тем, что крупные и средние частицы удаляются из масла при давлении меньшем 25 МПа, а более мелкие (менее 10 мкм) являются лёгкими, что не позволяет им осесть во время отстоя из-за действия вязкостных сил.

Отработанная при проведении экспериментальных исследований методика разделения маслосодержащих сильнозагрязнённых смесей и эмульсий и полученные положительные результаты, позволили распространить применение установки для регенерации более устойчивых сильнозагрязнённых эмульсий, в том числе и асфальтоподобного осадка из емкостей для хранения мазута.

Состав и свойства вышеуказанного осадка не позволяют его каким-либо образом использовать или перерабатывать и он подлежит захоронению. Более того, сам процесс извлечения этого осадка из мазутного бака является очень трудоёмким и небезопасным.

Методика проведения исследований процессов разделения мазутосодержащих эмульсий и конструкция установки приведены в [1, 2].

Проведённые экспериментальные исследования показали высокую эффективность предложенного метода разделения загрязнённых мазутных эмульсий.

Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод об эффективности устройства, выражающейся в разделении содержащихся в исходной смеси веществ и регенерации мазута до состояния, пригодного для по-

вторного использования (отсутствие воды, содержание механических примесей и серы в пределах допустимых норм).

Оптимальное давление ДУВД для условия разделения загрязнённых смесей, содержащих устойчивые водомазутные эмульсии, составило 50 МПа. Дальнейшее увеличение давления, не привело к заметному увеличению эффективности разделения.

На основании проведенных теоретических и экспериментальных исследований разработаны типовые конструкции многофункциональных аппаратов с регулируемой гидродинамикой, предназначенные для регенерации исходных веществ из загрязнённых устойчивых эмульсий.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Сажин Б.С., Тюрин М.П., Сафонов Р.А., Сошенко М.В.* Метод регенерации водных эмульсий Сб. «Успехи в химии и химической технологии», М.: 2005. – Т. XIX. – № 10 (58).

2. *Сафонов Р.А., Евтеева Ю.С.* Установка для регенерации мазута: Материалы Всероссийской научно-технической конференции «Современные технологии и оборудование текстильной промышленности» (Текстиль-2005). М.: МГТУ им. А.Н.Косыгина, 2005.

ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТАЯ СИСТЕМА ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДОВ БУДУЩЕГО

Владимиров М.А.¹, Поливода Ф.А.¹, Щербаков В.П.¹, Ямчук А.И.²

¹Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

²Московский государственный университет инженерной экологии, Россия

В настоящее время актуальной задачей является исследование новых систем энергоснабжения городов, которые с одной стороны, уменьшили бы количество вредных выбросов, а с другой – были бы эффективными и автономными. С учетом резкого роста цен на электроэнергию перспектива автономизации энергоснабжения городов является приоритетным научным направлением, так как себестоимость производимой электроэнергии в таких системах в несколько раз ниже рыночной цены, которую диктуют посредники от электроэнергетики через свои АО-Энергосбытовые компании.

В ряде регионов России существует возможность использования возобновляемых источников энергии, прежде всего, солнечных. Однако, использование «напрямую» только солнечной электростанции является проблематичным, поскольку большую часть суток, особенно зимой, солнца нет. Другой проблемой является складирование (аккумулирование) электроэнергии, так как произведенная электроэнергия должна быть немедленно израсходована в электроприёмниках потребителя. В большинстве слу-

чаев первую проблему решают путем создания дополнительного (дублирующего) источника энергии, например, дизель-генератора, газотурбинной электростанции, и пр., которые включаются в работу при недостатке мощности солнечной энергоустановки. Полностью данную проблему эти источники не решают, поскольку отопительный период на большинстве территорий России превышает 200 суток, а соотношение электрической и тепловой нагрузки района составляет $\frac{1}{3} \dots \frac{1}{8}$. Поэтому в энергосистеме района приходится их дополнять традиционной водогрейной котельной с факельной топкой, обеспечивающей отопление в зимний период.

В настоящей работе предлагается новый путь создания энергосистем будущего - на основе экологически чистых энергокомплексов, включающих кроме солнечной части и топливную часть, содержащую каталитическую энергоустановку, рис.1. В процессе каталитического горения природного газа вырабатывается ничтожное количество оксидов азота и других загрязнителей. Каталитическая энергоустановка обеспечивает недостающее покрытие электрической мощности от поля солнечных элементов с прямым преобразованием (ФЭП) и кроме того, осуществляет теплоснабжение потребителей. Для кратковременного аккумуляирования предложено использовать новый вид накопителя электроэнергии на основе сверхпроводящей индуктивности («СПИН»). Это позволит сгладить пульсации от источника на основе ФЭП, сильно зависящего от интенсивности пиков солнечной радиации, $E_{фэн}$, рис.2.

При наличии в районе достаточного количества низкопотенциальной теплоты (сточные воды, производственные дымовые выбросы, морская вода, отходы станций аэрации и пр.) с потенциалом не ниже $+7.. +9^\circ \text{C}$, целесообразно дополнение схемы энергокомплекса тепловым насосом (ТНУ). Включение в энергосистему теплового насоса позволит выровнять график электрической нагрузки при переизбытке в системе электрической мощности, например, в дневные часы при высокой инсоляции E_0 . Тепловая энергия от ТНУ может быть использована в качестве нагрузки бытового горячего водоснабжения ($+55^\circ \text{C}$) или для систем подпитки производственных потребителей.

Общий КПД новой энергосистемы можно выразить формулой:

$$\eta = \frac{\mathcal{E} + k_1 \cdot Q}{k_2 \cdot B}, \quad (1)$$

где \mathcal{E} – выработанная за год электроэнергия, МВт·ч; Q – тепловая энергия, отпущенная потребителю, выраженная в млн. Гкал; B – израсходованное каталитической энергоустановкой за год топливо, выраженное в т.у.т.; $k_1=1,163$; $k_2=8,13$ – коэффициенты пересчёта (б/р). Так как солнечная энергия «бесплатна», и основные затраты в системе идут только на топливо для резервирования солнечной части, то данный КПД может быть весьма

высоким. Отметим, что для современных ТЭЦ он доходит до 0.71, а для конденсационных электростанций (КЭС) составляет всего 0.4...0.5.

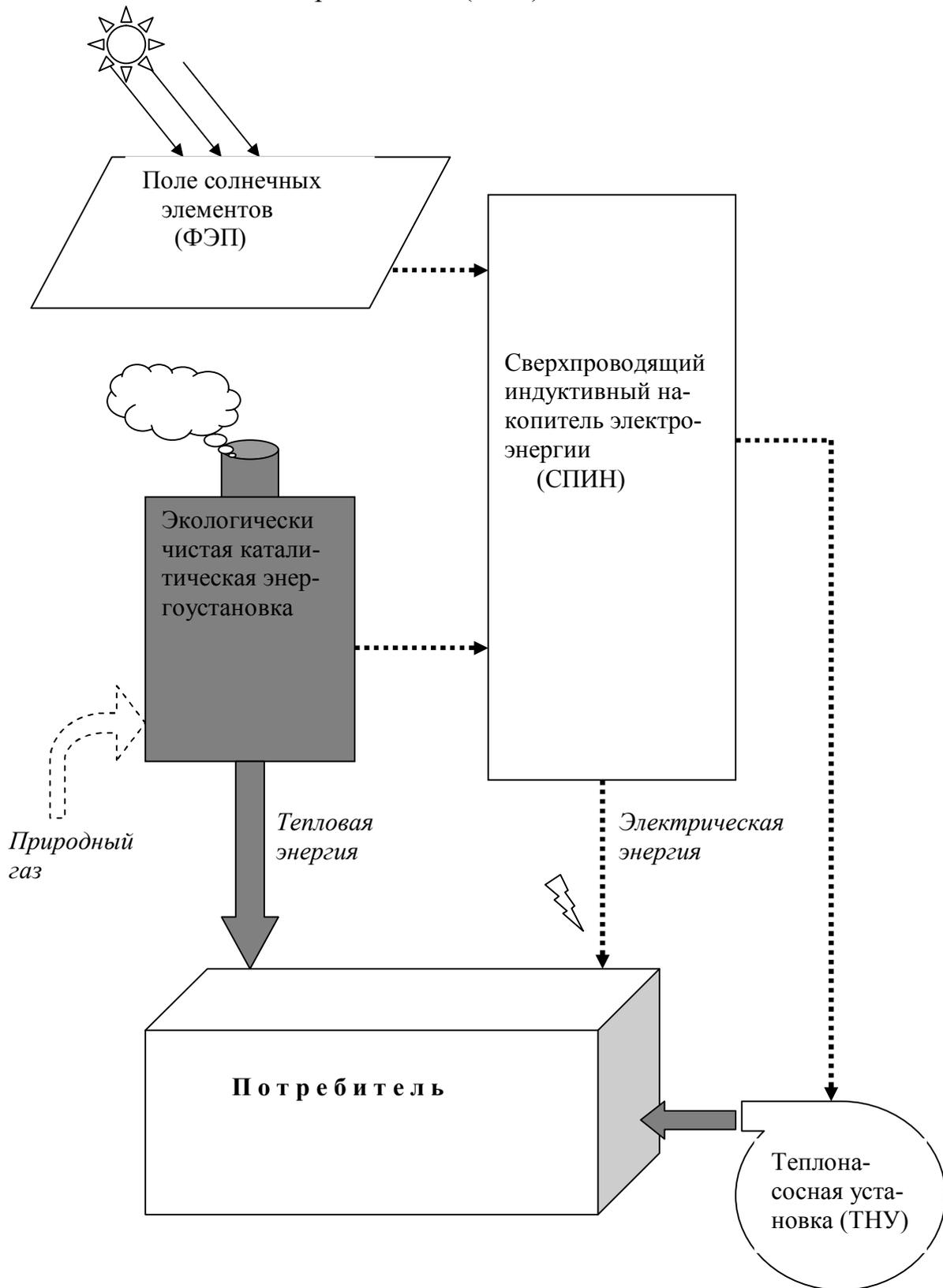


Рис. 1. Схема экологически чистого энергокомплекса для жилого района

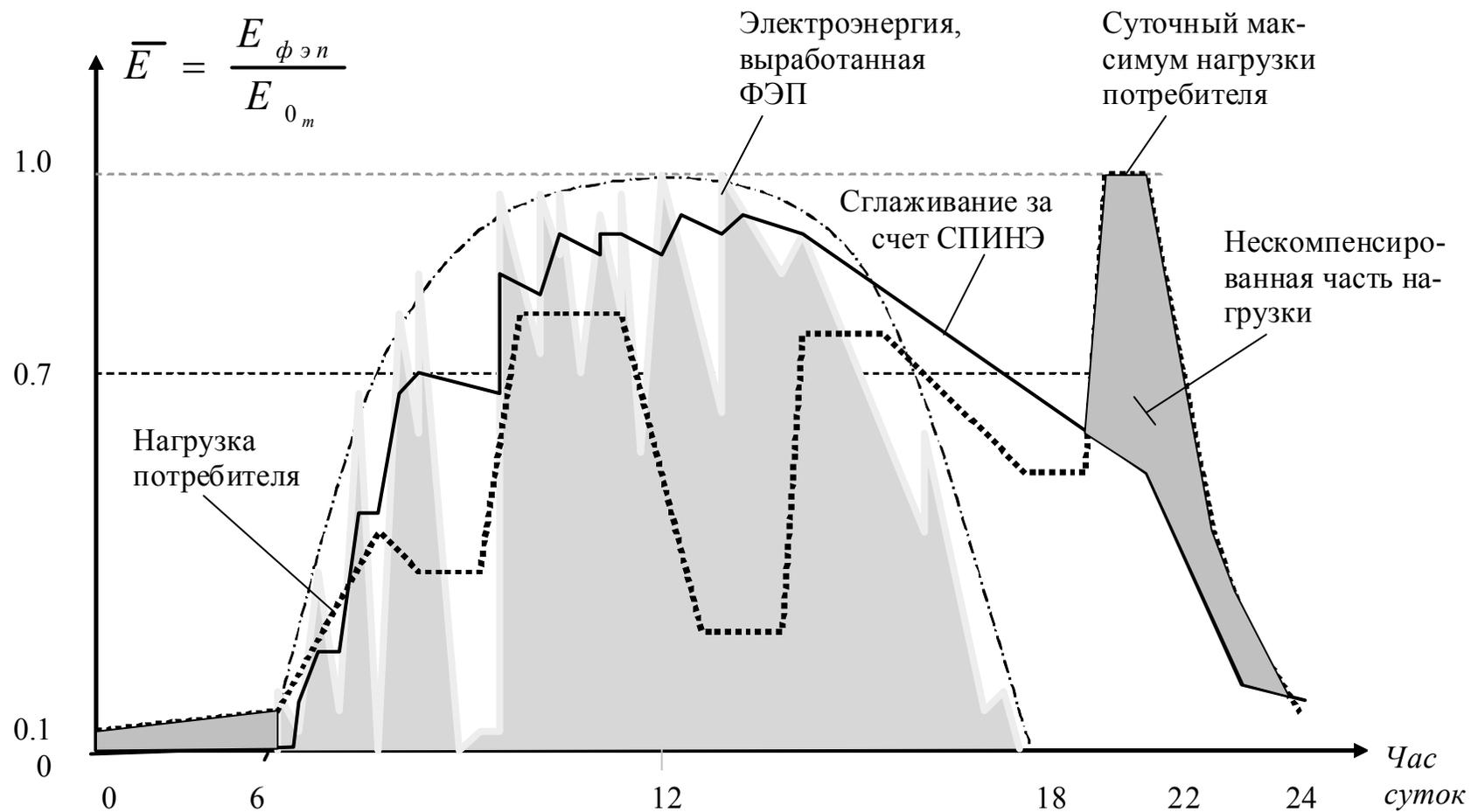


Рис. 2. График покрытия суточной нагрузки потребителя системой ФЭП+ СПИНЭ

Оптимальный коэффициент замещения f мощности солнечной части энергокомплекса зависит от местных факторов, количества солнечных дней в году, интенсивности солнечной радиации и составляет от 0.2 до 0.7.

$$f = \frac{\mathcal{E}_{\text{солн.}}}{\mathcal{E}_{\text{топл.}}}, \quad (2)$$

где составляющие от общей выработки энергокомплекса \mathcal{E} , МВт·ч, по электроэнергии за год от солнечной части и от топливной части установки подчиняются условию:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_{\text{солн.}} + \mathcal{E}_{\text{топл.}} \quad (3)$$

Оптимизация коэффициента f может быть произведена согласно методикам, заимствованным из теории для солнечных коллекторов (см., например, Дж. Даффи, У. Бекман «Тепловые процессы с использованием солнечной энергии». М.: Мир. 1986.).

Ограничительной частью предлагаемого способа энергоснабжения остается довольно высокая цена сверхпроводящего индуктивного накопителя электроэнергии и стоимости поля солнечных элементов ФЭП.

ИЗУЧЕНИЕ ПРОБЛЕМ УСТОЙЧИВОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ К ВНЕШНИМ СЕЙСМИЧЕСКИМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ ПУТЕМ ВЫЯВЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ЕГО СЕЙСМОСТОЙКОСТИ

Чудотворова М.О., Козляков В.В.

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

По мере развития освоенных и внедрения новых технологических процессов, реализуемых на производственных предприятиях различного назначения, усовершенствования и усложнения технологического оборудования и систем, увеличения масштабов и мощностей предприятий неизбежно растет и потенциальная опасность, создаваемая для персонала, примыкающих жилых комплексов и окружающей природной среды в случае экстремальных технологических нарушений и больших аварий на этих предприятиях. Масштабы этой опасности, ее территориальное распространение зависят от вида и характера производственно-технологических процессов, реализуемых на предприятиях. Тяжелые аварии на предприятиях, связанных с использованием, производством, хранением и транспортировкой химически активных, токсичных, взрывоопасных и тому подобных материалов и композиций, угрожают жизни населения близлежащих жилых массивов и могут привести к серьезным экологическим последствиям на больших площадях и расстояниях в десятки и даже сотни километров.

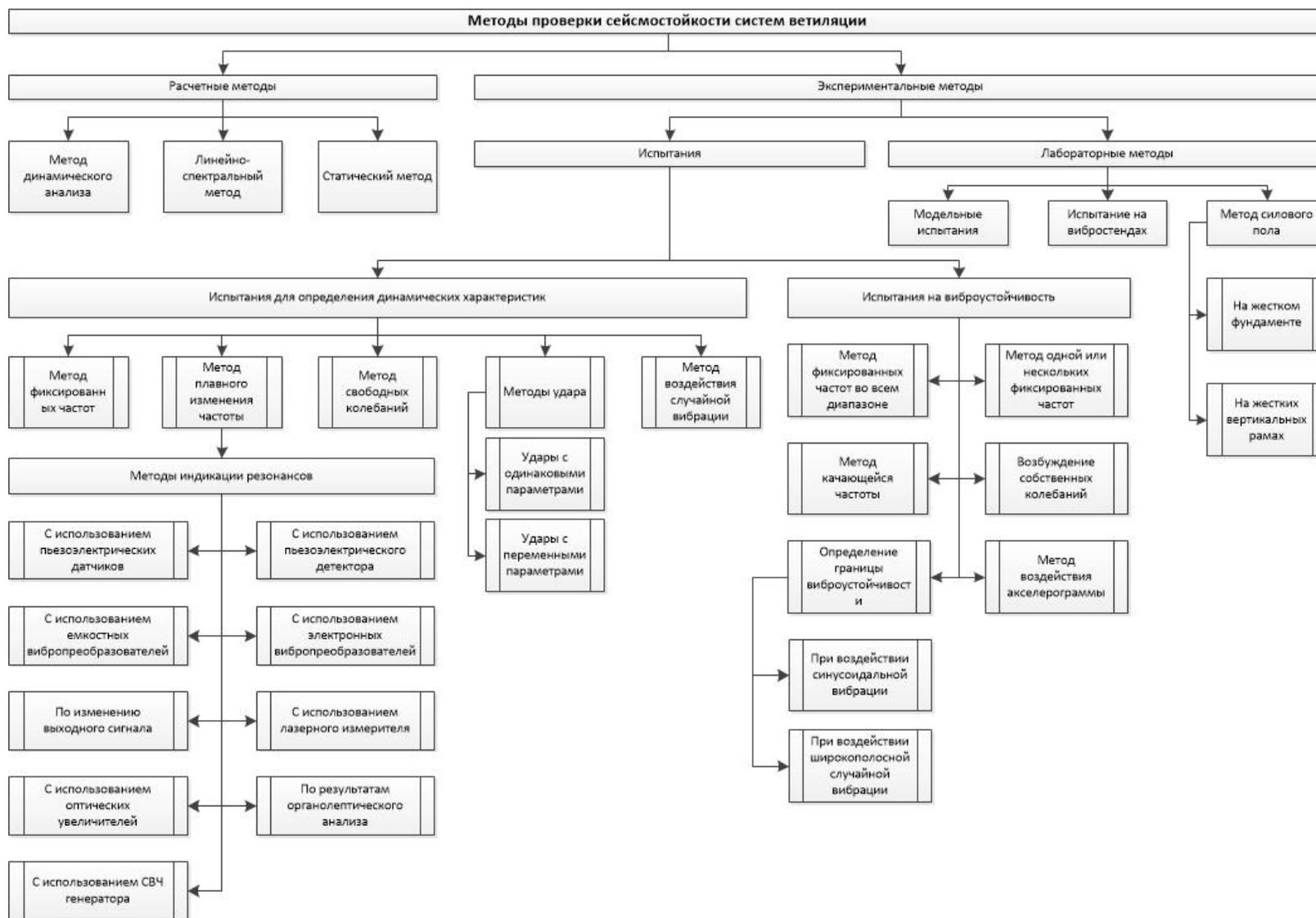


Рис. 1. Классификация методов проверки сейсмостойкости систем вентиляции

Любые промышленные предприятия потенциально подвержены опасному воздействию природного и техногенного происхождения, что требует детального анализа, обследований, разработки и реализации надежных защитных мероприятий [1].

Данная работа направлена на изучение проблем устойчивости технологического оборудования предприятий любого типа от внешних воздействий природного экстремального и даже катастрофического характера – землетрясений.

В настоящей работе отражена обширная классификация методов оценки устойчивости оборудования от сейсмических воздействий (рис.1). Измерения собственных динамических характеристик оборудования в реальных условиях эксплуатации, монтажа, раскрепления, трубопроводной обвязки обеспечивают экспериментальное подтверждение и уточнение расчетных оценок этих характеристик [2].

ВЫВОДЫ

1. Расчетные методы не в полной мере воспроизводят динамическую взаимосвязь всех деталей и элементов сложного технологического оборудования.

2. Экспериментальные требуют подтверждение полученных характеристик путем разработки расчетной модели оборудования [3], определения расчетных значений форм и собственных частот колебаний, а также последующее сопоставление экспериментальных и расчетных значений собственных частот колебаний оборудования.

3. Необходимо применение методики, которая будет подтверждать собственные динамические характеристики систем и элементов вентиляционного оборудования, важного для безопасности, в реальных условиях эксплуатации, при обосновании их стойкости при внешних сейсмических воздействиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сейсмическая безопасность атомных станций / А.Н. Ананьев, П.С. Казновский, С.П. Казновский, В.И. Лебедев, Х.Д. Чеченов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. – 230 с.: ил.

2. РДЭО 1.1.1.11.0000-2011 «Методика подтверждения динамических характеристик систем и элементов энергоблоков АЭС важных для безопасности».

3. Чудотворова М.О., Козляков В.В. Анализ методов проверки сейсмостойкости технологического оборудования // Сборник научных трудов аспирантов. М.: ФГБОУ ВПО «МГУДТ», 2013. – №19. – С.113-118.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ОТХОДОВ ПОТРЕБЛЕНИЯ

Денисов Н.Е., Дашкевич И.П.

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

Прежде чем разбираться с экологическими проблемами отходов, необходимо уточнить экосистемный смысл некоторых понятий, законодательно введённых в наш обиход юристами, а именно, весьма распространённых терминов **загрязнение** и **загрязняющее вещество**. В современную природоохранную практику, а отсюда и в экологию термин «загрязнение» пришёл, очевидно, из бытового обихода и потому не совсем адекватно отражает суть дела. К сожалению, бытовое понимание «загрязнения» надёжно закрепилось не только в нашем сознании, но и в природоохранном законодательстве. В нашем основном природоохранном законе [1] в статье 1 «Основные понятия» читаем:

«загрязнение окружающей среды — поступление в окружающую среду веществ и (или) энергии, свойства, местоположение или количество которых оказывают негативное воздействие на окружающую среду;

загрязняющее вещество — вещество или смесь веществ, количество и (или) концентрация которых превышает установленные для химических веществ, в том числе радиоактивных, иных веществ и микроорганизмов нормы и оказывает негативное воздействие на окружающую среду».

С точки зрения сотрудников госаппарата любого уровня это очень удобная формулировка. Она позволяет на формальном уровне легко победить эту распространённую экологическую неприятность. Можно, либо переместить «грязь» в специальный накопитель или повысить «установленные» нормы количества и концентрации. Что касается «негативного воздействия» то его доказать, в большинстве случаев очень не просто, да и проявиться оно может только со временем.

С точки зрения биосферных процессов, то, что в законе называют загрязнением – просто нарушение, эволюционно установившегося в биосфере круговорота вещества и потоков энергии, обеспечивающие их баланс. При этом неважно началось негативное воздействие или нет. Важно, что процесс пошёл и, чем раньше мы его остановим, тем дешевле это обойдётся.

Надо заметить, что ни перемещение, ни пересмотр нормативов экологической проблемы деградации биосферы, вызванной нарушением баланса, как правило, не решают. Для её решения надо, чтобы негативно воздействующие вещества и (или) энергия включались в биосферный круговорот и (или) поток и рассеивались до безопасных для биосферы пределов. Причём скорость ассимиляции энергии и вещества должна быть не меньше их накопления. Большинство же, так называемых, «очистных сооружений» только концентрируют загрязняющие вещества, но не делают их безопас-

ными компонентами биосферы. Очень часто риск залпового аварийного сброса из накопителей со временем только растёт. Избавится от любых опасных отходов производства, кроме радиоактивных, можно, вернув их в природный круговорот. Для этого необходимо переработать их в не чуждые биосфере формы или рассеять до фоновых концентраций. Однако это может оказаться очень трудоёмко и дорого.

Для решения этой проблемы необходимо создавать технологические цепочки подобные природным, когда отходы одного процесса – сырьё для другого. В биосфере это обычно не цепи (они ещё называются пищевыми), а сети, и при том очень сложные. В пределах одного производства и даже отрасли такую «природоподобную» технологию сделать рентабельной не реально. Единственный выход – межотраслевой банк отходов с государственной финансовой, информационной и законодательной поддержкой. Природа создавала и создаёт эти сложные безотходные технологии тысячелетиями, а нам, если хотим выжить, на эту работу нужно затратить не один десяток лет только на создание её основы и затем постоянно совершенствовать по мере развития наших технологий. Однако это не значит, что решение проблемы можно отложить на потом. Вал мусора растёт так быстро, что для многих из нас никакого «потом» может не быть. Научные основы такой экологической стратегии уже разработаны, в том числе и отечественными учёными [2, 3].

Инженерно-технологические проблемы отходов производства лёгкой и пищевой промышленности, ошибочно называемые экологическими [4], в принципе решены [5, 6], что нельзя сказать об отходах потребления.

Продукция лёгкой промышленности как правило недолговечна, причём морально устаревает быстрее, чем физически разрушается. Вот эти отходы потребления составляют значительную часть так называемого бытового мусора на полигонах твёрдых бытовых отходов (ТБО) и на не санкционированных свалках. Причём оценивать этот мусор надо не по весу, как это обычно делают с отходами производства, а по объёму. По некоторым данным эта доля может достигать до 80 %. Достоверных, репрезентативных результатов специального количественного учёта объёмной доли бытовых отходов потребления нам отыскать не удалось. Очевидно, это должно быть предметом специального исследования. Однако достаточно заглянуть в любой мусорный контейнер наших городов, чтобы убедиться в том, что по крайней мере 2/3 его объёма составляют отходы лёгкой и пищевой промышленности.

Как решается у нас эта экологическая проблема? Чаще всего вывозом на полигоны ТБО. Это сегодня самый дешёвый способ, с точки зрения чиновников нашего коммунального хозяйства и экономики. До недавнего времени так считали и наши соседи из цивилизованных стран Западной Европы. Это продолжалось до тех пор, пока не появилось понятие экологическая цена продукции. Её определяют как «наценка, возникающая в

результате необходимости экономических вложений на нейтрализацию прямых, косвенных экологических последствий данной формы хозяйственной деятельности (очистку, организацию защитных зон, ущербы и другие отрасли) [7]. Проще говоря, это цена восстановления нарушенного равновесия в биосфере, вызванного производством и потреблением данной продукции. Причём надо учитывать не только экологическую цену производства, потребления, но и включения отходов в биосферные циклы веществ. При этом, в большинстве случаев многолетнее хранение отходов на полигонах ТБО может оказаться далеко не самым дешёвым вариантом ликвидации загрязняющего биосферу вещества. В эту цену надо включить не только стоимость земель, на много лет выводимых из любой другой эксплуатации, но и расходы на ликвидацию сопутствующих загрязнения и социальные потери населения прилежащих территорий.

При решении проблемы отходов потребления продукции ЛП, надо учесть, что в нашей стране отечественное производство покрывает, очевидно, не более 25% потребления. Статистически достоверных данных на этот счёт нет, т. к. долю и состав товаров вещевых рынков можно оценить только весьма приблизительно.

Возможно, что именно эта экологическая наценка делает рентабельным экспорт по низким ценам продукции ЛП зарубежных стран. Продам нам – и голова не болит, куда девать отходы потребления.

ВЫВОДЫ

1. Необходимо, по образу и подобию цивилизованных стран, законодательно ввести у нас экологическую наценку. Тогда сортировка и вторичное использование отходов производства и потребления станут рентабельными, а наши экономисты наконец узнают, что такое экология как наука.

2. Экологическая наценка позволит наконец остановить потери территории из-за роста площадей занятых полигонами твёрдых бытовых отходов и свалками, т. к. появится экономически и юридически установленный регламент, позволяющий реально работать нашему уже достаточно сформировавшемуся природоохранному законодательству.

3. Кроме того, такой экологический регламент будет иметь и важное воспитательное значение для наших граждан. Потому что трудно и неохота любить и беречь окружающую среду, стоя по колена в отбросах, а на периферии – иногда и по пояс.

ЛИТЕРАТУРА

1. Закон «Об охране окружающей среды» 2001.
2. *Данилов-Данильян В.И., Лосев К.С.* Экологический вызов и

устойчивое развитие. М.: Прогресс-Традиция 2000.

3. *Марфенин Н.Н.* Устойчивое развитие человечества. М.: МГУ 2007.

4. *Реймерс Н.Ф.* Надежды на выживание человечества. Концептуальная экология. – М.: «Россия молодая», 1992. – 367 с.

5. *Артемов А.В.* Текстильные отходы: переработка и нерешенные проблемы / Ж. «В мире оборудования», 2001. – №8 (13).

6. *Артемов А.В.* Производство изделий из кожи: проблемы экологии. Сб. «Отходы кожевенного производства и их переработка. <http://www.collagen.ru>, 2009.

7. *Азрилян А.Н.* Большой экономический словарь: Институт новой экономики, 1997.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИЭФИРНЫХ ВОЛОКОН

Жмакин Л.И., Маркова К.А., Шитов Я.В.

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

При разработке нового ассортимента нетканых материалов нужно располагать информацией о влиянии их теплофизических параметров на общие теплозащитные свойства изделий. Для этого необходимо развивать исследования их теплофизических характеристик, уровень которых все еще отстает от современных потребностей производства.

В данной работе определены коэффициенты температуропроводности и теплопроводности нетканых материалов пористостью 96%, изготовленных из полиэфирных волокон с линейной плотностью 0,82 текс нестационарным методом регулярного режима. Этот метод базируется на приближенном описании теплопереноса [1, 2]. При достаточно больших временах после начала нестационарного процесса (практически при числе Фурье $Fo > 0,3$) с приемлемой точностью избыточную температуру тела можно представить в виде

$$\vartheta = A \exp(-m\tau). \quad (1)$$

Параметр « m », который зависит от размеров тела, его теплофизических свойств и коэффициента теплоотдачи, называют темпом охлаждения (или нагревания). Он одинаков во всех точках тела и не зависит от времени. Темп определяют экспериментально, дифференцируя зависимость от времени избыточной (отсчитанной от температуры окружающей среды) температуры тела ϑ в координатах $\ln \vartheta = f(\tau)$. По величине темпа охлаждения рассчитываются теплофизические характеристики.

Разность температур в двух любых точках тела также изменяется во времени линейно, а отношение избыточных температур в этих точках бу-

дет постоянным, т.е. $\vartheta_1/\vartheta_2 = b$. Константа b (в частном случае, когда одна из точек лежит на оси цилиндра, а вторая на его периферии) равна

$$b = J_0(\varepsilon_1 r_1/R), \quad (2)$$

где $J_0(\varepsilon_1 r_1/R)$ - функции Бесселя первого рода нулевого порядка, ε_1 - корень характеристического уравнения, r_1 и R - радиус размещения периферийной термопары и фактический радиус цилиндра.

В нашем случае $r_1 = R$ и $b = J_0(\varepsilon_1)$.

Эксперименты проводились на опытной установке с двухсоставным калориметром цилиндрической формы, в котором исследуемый материал был помещен в жесткую стальную оболочку (см. рис. 1а). Оболочка имела следующие размеры: диаметр 49 мм, высота 92 мм, толщина стенки 1 мм. После заполнения оболочки образцами материала в форме дисков она герметично закрывалась крышкой. Для регистрации температуры служили хромель - копелевые термопары, смонтированные в гильзах; первая установлена строго на оси калориметра на расстоянии 45 мм от его крышки, вторая располагалась в том же сечении, но на внутренней поверхности.

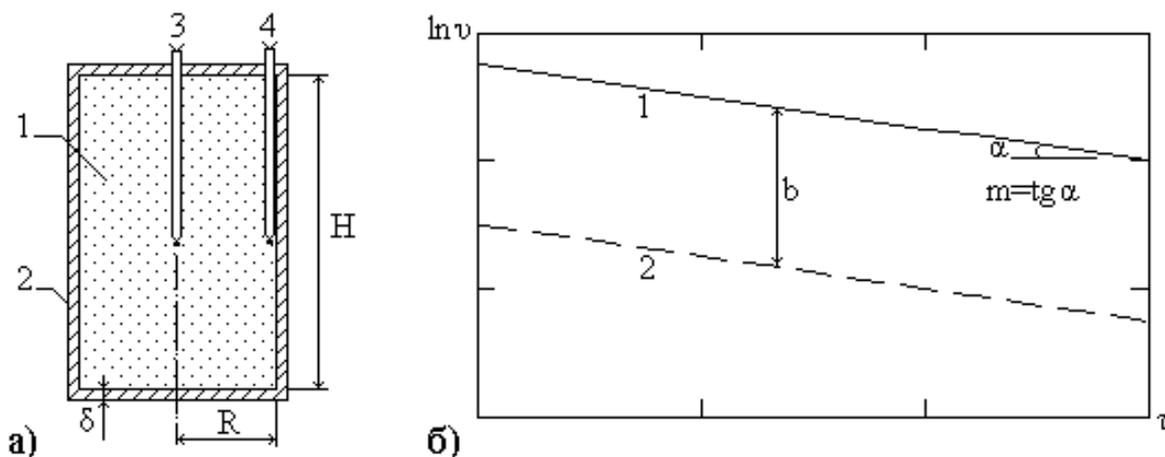


Рис. 1. К методике теплофизических измерений

- а) Схема калориметра: 1 – исследуемый материал; 2 – оболочка; 3 – термопары
 б) Зависимости логарифмов избыточных температур в методике двух точек

После длительной выдержки в воздушном термостате при температурах $60 \dots 85^\circ$ калориметр с исследуемым материалом охлаждался на воздухе при комнатной температуре. По изменяющимся во времени показаниям термопар рассчитывался темп охлаждения калориметра m , и определялась константа b (см. рис. 1б). По величине этой константы, используя таблицы функции Бесселя [3], находился корень характеристического уравнения ε_1 , а затем по формуле

$$a = m(R/\varepsilon_1)^2 \quad (3)$$

вычислялся коэффициент температуропроводности.

Для определения коэффициента теплопроводности использовалась известная зависимость, связывающая теплофизические свойства вещества

$$\lambda = a\rho c. \quad (4)$$

Нетканый материал рассматривался как пористая структура, представляющая собой смесь полиэфирных волокон и воздуха, заполняющего межволоконные поры. Состав такой смеси можно охарактеризовать с помощью пористости P или же массовой доли ω , определяемой как отношение массы воздуха к массе образца нетканого материала.

Плотность образца ρ находилась по данным о его массе M_{HM} и объеме внутренней полости калориметра V_K

$$\rho = M_{HM} / V_K,$$

а удельная теплоемкость c рассчитывалась, исходя из принципа аддитивности, по формуле

$$c = c_1\omega + c_2(1 - \omega),$$

где c_1 и c_2 – теплоемкости воздуха и полиэфирного волокна.

С помощью двухсоставного калориметра было проведено 6 экспериментов по измерению теплофизических параметров нетканого материала; в результате было получено, что опытные данные по коэффициенту температуропроводности образцов изменялись в пределах $5,75 \cdot 10^{-7} \dots 6,54 \cdot 10^{-7}$ м²/с при среднеквадратичном отклонении 3,4%. Погрешность измерения температуропроводности составляла 12%.

Коэффициент теплопроводности образцов, рассчитанный по формуле 4 с привлечением литературных данных по теплоемкости [4-6], изменялся в диапазоне 0,044...0,05 Вт/м гр. Погрешность его определения составила 15%.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Кондратьев Г.М.* Регулярный тепловой режим, М.: ГИТТЛ, 1954, 408 с.
2. *Кондратьев Г.М.* Тепловые измерения, М.-Л.: Машиностроение, 1967. – 244 с.
3. Справочник по специальным функциям // Под ред. М. Абрамовица и И.Стиган, М.: Наука, 1979. – 512 с.
4. *Варгафтик Н.Б.* Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей, М.: Наука, 1972. – 720 с.
5. Таблицы физических величин. Справочник // Под ред. И.К.Кикоина, М.: Атомиздат, 1976. – 270 с.
6. Теплотехнический справочник, т. 2 // Под ред. В.К.Юренева и П.Д.Лебедева, М.: Энергия, 1976. – 430 с.

РАСЧЕТ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОТОЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСТАНОВОК И СИСТЕМ

Белоусов А.С., Казачек В.Г.

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

Для расчетов и проектирования производств в последние годы все шире применяются информационные технологии (ИТ), различающиеся по области применения. Для области инженерных расчетов проточных технологических систем, применяемых в химической, легкой и смежных отраслях, ИТ также различаются по функциям, уровню, целям и другим характеристикам. Обозначим эту группу информационных технологий как FT – системы (от названия одной из первых таких систем - FLOWTRAN).

В данной работе рассматривается две задачи, которые позволяют выявить некоторые характерные черты работы с FT – системами.

В первой части рассмотрим задачу исследования характеристик многоступенчатой системы центробежного пылеулавливания. В настоящее время, существующие методы расчета двухступенчатых систем, обычно основаны на критериальном подходе [1-2], и, в основном, применимы лишь в частном случае двух одинаковых аппаратов.

В FT – системе возможно применение инженерных моделей, учитывающих геометрию аппаратов. В данной работе применен модифицированный метод Лайта [1]. Практика исследований показывает [1,3], что модели этого типа могут применяться как для проектных расчетов, так и для оптимизации аппаратов и установок. Однако, структура FT – системы, требуемая точность расчетов для многоступенчатых установок, а также желание иметь много вариантов конструкций аппаратов, вызывает необходимость решения ряда вспомогательных задач.

Во-первых, имеющиеся данные по промышленным пылям, особенно для текстильной промышленности, часто представлены, в основном, для крупнодисперсных частиц. Соответственно, искажается процентный диапазон, соответствующий мелким размерам частиц (в частности все тонкодисперсные фракции включены в один диапазон 40-70 %). Отметим, что подавляющее большинство промышленных пылей подчиняется вероятностному логарифмически нормальному распределению:

$$D(x) = \frac{100}{2\pi} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{x^2}{2}} dx, \quad x = \frac{\lg(d) - \lg(d_m)}{\lg \sigma_{\text{ч}}}. \quad (1)$$

где d_m – медианный диаметр частиц, при котором масса всех частиц меньше или крупнее d_m составляет 50 %, мкм;

$\lg \sigma_{\text{ч}}$ – стандартное отклонение величины $\lg(d)$.

Для того чтобы охватить весь диапазон диаметров частиц, предлагаются параметры d_m и $\lg \sigma_{\text{ч}}$ искать путем поисковой минимизации суммы

квадратов отклонений экспериментальных и расчетных данных по проходу (D_i^{exp}, D_i^p):

$$R = \min \left\{ \sum_{i=1}^N (D_i^{\text{exp}} - D_i^p)^2 \right\}, \quad (2)$$

Обработка экспериментов по дисперсному составу двадцати пылей для пяти промышленных отраслей показала, что среднеквадратичная ошибка по параметрам не превышает 4-5%. Дискретный набор диаметров частиц и их процентного содержания (необходимый для расчета в ФТ – системе) рассчитывался по уравнениям обратной системе (1).

Для некоторых российских циклонов, имеющих наклонный входной патрубок, необходима модификация метода: применены интегральные параметры крутки, учитывающие величину выходного пережима, соотношение цилиндрической и конической части аппарата [4]. Ширина входного патрубка выбирается, исходя из равенства эффективного и конструктивно-го интегральных параметров крутки:

$$S_F^* = S_K, \quad S_F = \frac{F_y}{F_{BX}} \quad (3)$$

$$S_K = \pi(R^2 - R_T^2) / F_{in} \cdot R_{in} / R \cdot \sin \beta \quad (4)$$

где F_{in} – площадь входного патрубка тангенциального завихрителя; R_{in} – радиус центра тяжести площади входа до оси аппарата; β – угол между осями входного патрубка и аппарата; R – радиус аппарата; R_T – радиус выхлопной трубы.

Предложена методика расчета и подбора рационального варианта двухступенчатой установки центробежных пылеуловителей различной структуры, основные принципы которой представлены в таблице 1.

Таблица 1

Пыль №4 - сульфанол					$Z=23 \text{ г/м}^3 * 6000 \text{ м}^3/\text{ч} = 138 \text{ кг/ч}$		
D_1 (м)	η_1 %	ΔP_1 Па	D_2 (м)	η_2 %	ΔP_2 Па	Вынос пыли (кг/ч)	Конечная запылённость (мг/м ³)
0,9	0,991	1350	-	-	-	1,281	213,5
1,1	0,985	605,1	1	0,897	890,4	0,211	35,2
1,1	0,985	605,1	0,5*4	0,934	890,4	0,136	22,7
1,2	0,982	427,2	0,5*4	0,938	889,1	0,155	25,8
1,2	0,982	427,2	0,4*6	0,949	964,7	0,127	21,2

В табл.1 размеры аппаратов 1-й и 2-й ступени заданы диаметрами D_1 и D_2 ; в случае групповой установки на второй ступени она обозначается

как $(D_2 \cdot N)$, где N – число аппаратов в группе. Методика предусматривает единое для всех вариантов ограничение по суммарным энергозатратам: $\Delta P = (\Delta P_1 + \Delta P_2) \leq 1500$ Па.

Как видно из полученных результатов применение оптимальной схемы позволяет снизить выбросы в атмосферу в 10 раз, по сравнению с единственным аппаратом, при одинаковых энергозатратах.

Для очистки аспирационных газов текстильных производств (прядильно-льняное и прядильно-оческовое) степень очистки типовых циклонов недостаточна, как на первой, так и на второй ступени. Для этого случая разработан высокоэффективный циклон первой ступени, а для второй рассчитан рукавный фильтр ФРКИ. Для данной системы остаточная запыленность не более $1,25 \text{ mg/m}^3$, что позволяет использовать воздух на рециркуляцию.

Во второй части рассмотрена задача расчета материального баланса химико-технологической системы (ХТС). Расчет заключается в определении количества и состава потоков в каждой точке ХТС. В этом случае можно применить упрощенную систему представления технологических аппаратов в виде расчетных элементов ХТС [5]. Несмотря на многообразие технологических аппаратов и разнообразие процессов в них, большинство воздействий на состояние потоков в ХТС можно представить в виде небольшого числа расчетных элементов

Для этого класса задач рассмотрено применение FT – системы для бесконверсионного производства метанола из синтез-газа [6]. Степень превращения синтез-газа за один проход невелика, поэтому схема включает рецикл газов после отделения метанола и воды. В табл.2 представлены результаты расчетов ХТС для двух вариантов состава сырья.

Таблица 2

Поток(6) Выход	общий расход 52,50 нм3/ч			общий расход 95,20 нм3/ч		
[1] H ₂ , нм3/ч	13,87 нм3/ч	- 26,414	% об	8,42 нм3/ч	- 8,848	% об
[2] CO, нм3/ч	2,91 нм3/ч	- 5,548	% об	2,91 нм3/ч	- 3,059	% об
[3] CO ₂ , нм3/ч	3,57 нм3/ч	- 6,804	% об	8,32 нм3/ч	- 8,743	% об
[4] CH ₄ , нм3/ч	0,95 нм3/ч	- 1,814	% об	0,95 нм3/ч	- 1,001	% об
[5] N ₂ , нм3/ч	0,10 нм3/ч	- 0,198	% об	2,14 нм3/ч	- 2,252	% об
[6] CH ₃ OH, нм3/ч	15,14 нм3/ч	- 28,838	% об	35,28 нм3/ч	- 37,056	% об
[7] H ₂ O, нм3/ч	15,95 нм3/ч	- 30,383	% об	37,17 нм3/ч	- 39,041	% об

Поток(7) Рецикл	общий расход 913,91 нм3/ч			общий расход 826,57 нм3/ч		
[1] H ₂ , нм3/ч	665,98 нм3/ч	- 72,871	% об	404,46 нм3/ч	- 48,932	% об
[2] CO, нм3/ч	139,87 нм3/ч	- 15,305	% об	139,85 нм3/ч	- 16,920	% об
[3] CO ₂ , нм3/ч	54,85 нм3/ч	- 6,002	% об	127,79 нм3/ч	- 15,461	% об
[4] CH ₄ , нм3/ч	45,75 нм3/ч	- 5,006	% об	45,75 нм3/ч	- 5,535	% об
[5] N ₂ , нм3/ч	5,00 нм3/ч	- 0,547	% об	102,96 нм3/ч	- 12,456	% об
[6] CH ₃ OH, нм3/ч	1,65 нм3/ч	- 0,180	% об	3,84 нм3/ч	- 0,465	% об
[7] H ₂ O, нм3/ч	0,82 нм3/ч	- 0,090	% об	1,92 нм3/ч	- 0,232	% об

а)

б)

Как видно в варианте б) обеспечивается более высокий выход метанола.

Помимо некоторого набора модулей аппаратов, FT –системы позволяют с помощью алгоритмических языков строить и включать в систему свои, нестандартные модели оборудования. Таким образом, как в научных исследованиях, так и в учебном процессе для технолога, необходимо ориентироваться, по крайней мере, на три уровня ИТ: алгоритмические языки; системы моделирования аппаратов; системы расчета и оптимизации технологических схем.

Упрощенные варианты рассмотренных задач включены в комплекс ИТ, для изучения тематики проточных аппаратов и технологий студентами и аспирантами, не имеющими специального образования по математике и численным методам. Технология применения комплекса обеспечивает компетентностный подход к обучению и контролю.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Hoffmann A.C., Stein L.E.* Gas Cyclones and Swirl Tubes. – Berlin Heidelberg New York: Springer, 2008. – 422 P.
2. *Тимонин А.С.* Инженерно-экологический справочник. Т. 1 – Калуга: Изд-во Н. Бочкарёвой, 2003. – 917 с.
3. *Белюсов А.С., Сажин Б.С., Лопаков А.В.* Влияние режима работы и конструкции на характеристики вихревого аппарата //Успехи в химии и химической технологии. Т. XX. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева. 2006. – №2 (60). –С. 94–97.
4. *Belousov A.S., Sazhin B.S.* Application of guided vortex breakdown for drying and separation of the powder in vortex cyclone // Proc. 2nd Nordic Drying Conf., Copenhagen, Denmark . – 2003. – P. 475 -479.
5. *Бесков В.С.* Общая химическая технология. – М.: Академкнига, 2005. – 452 с.
6. *Кутепов А.М., Бондарева Т.И., Беренгартен М.Г.* Общая химическая технология. – М.: Академкнига, 2004. – 528 с.

КОНЦЕНТРАЦИЯ НАПРЯЖЕНИЙ В ПЛАСТИНЕ С ОДНОСТОРОННЕ ПОДКРЕПЛЕННЫМ ОТВЕРСТИЕМ

Кожевников В.Ф.

Московский государственный университет дизайна и технологии, Россия

Снижение концентрации напряжений на кромках отверстий в плоских деталях машиностроительных конструкций обычно осуществляют путем местного увеличения толщины зоны отверстия. Если это утолщение, а оно, чаще всего, имеет форму кольца, симметрично относительно сре-

динной плоскости, то снижение максимальных напряжений происходит пропорционально отношению величины утолщения к толщине пластины. Однако, зачастую, функциональные особенности конструкции не позволяют осуществить двустороннее утолщение, поскольку, например, одна из поверхностей должна оставаться гладкой. В этом случае местное утолщение выполняют односторонним. Исследованию напряженного состояния зоны односторонне подкрепленного отверстия посвящен ряд работ, как теоретических, так и экспериментальных, однако представленные результаты достаточно разноречивы и не дают исчерпывающих рекомендаций по выбору оптимальной геометрии подкрепления.

В данной работе выполнено экспериментальное исследование локального напряженного состояния пластины с односторонним подкреплением отверстия в виде кольца при вариации толщины этого подкрепления.

Прежде всего, отметим, что зона одностороннего утолщения пластины находится в условиях внецентренного нагружения, поэтому предварительно было проанализировано напряженное состояние пластины, имеющей одностороннее утолщение без отверстия. На основании известных формул курса сопротивления материалов были получены выражения для величин напряжений на гладкой σ^{\max} и выступающей σ^{\min} поверхностях пластины, которые имеют следующий вид.

$$\bar{\sigma}^{\max} = \frac{1 + 4\bar{t}}{(1 + \bar{t})^2} \quad \text{и} \quad \bar{\sigma}^{\min} = \frac{1 - 2\bar{t}}{(1 + \bar{t})^2}. \quad (1)$$

Здесь $\bar{\sigma}$ – отношение каждого из экстремальных напряжений к величине номинального напряжения в регулярной зоне пластины, \bar{t} – отношение величины утолщения пластины t к ее исходной толщине t_0 .

На рис. 1 представлены построенные в соответствии с выражениями (1) графики изменения максимального и минимального значений напряжений на гладкой и выступающей поверхностях зоны утолщения (кривые 1 и 2 соответственно) при увеличении высоты ступеньки относительно толщины регулярной части пластины.

Видно, что на выступающей части поверхности напряжения с ростом \bar{t} от нуля до единицы интенсивно снижаются, принимая отрицательные значения при $\bar{t} \geq 0,5$, а затем, при $\bar{t} > 1$ остаются почти постоянными, составляя $\sigma^{\min} \approx -0,3\sigma_{\text{ном}}$. На противоположной поверхности пластины напряжения при увеличении толщины подкрепления вначале возрастают, достигая при $\bar{t} = 0,5$ максимального значения, составляющего $1,33\sigma_{\text{ном}}$, а затем плавно снижаются. При достижении размера утолщенной части, втрое превосходящего исходную толщину пластины, т.е. при $\bar{t} = 2$, максимальные напряжения становятся равными $\sigma_{\text{ном}}$. Таким образом, наблюдается, можно сказать, парадоксальное явление – увеличение площади поперечного сечения в пределах ее удвоения сопровождается увеличением напряжений на гладкой поверхности утолщенной части пластины.

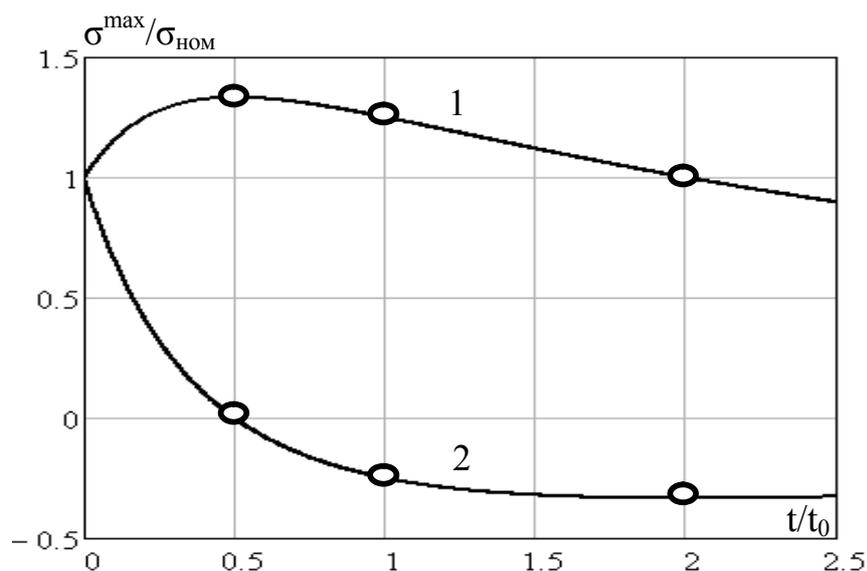


Рис.1. График измерения напряжений на гладкой (1) и выступающей (2) поверхностях зоны утолщения

Экспериментальное исследование задачи было выполнено методом отражательной фотоупругости на составной модели, представляющей собой пластину из оптически чувствительного материала с центральным отверстием, имеющим одностороннее кольцевое подкрепление и нагружаемую осевым растяжением. На одну из поверхностей пластины по всей ее ширине был нанесен отражающий слой из эпоксидного клея с растворенной в нем алюминиевой пудрой. На первом этапе было найдено распределение напряжений в диаметральной поперечном сечении пластины до установления подкрепления, которое представлено сплошной кривой 1 на рис. 2. Штриховой линией здесь дана теоретическая кривая для пластины бесконечных размеров. Экспериментальная кривая наглядно показывает, что интенсивный рост напряжений начинается с расстояния, не превышающего полтора радиуса отверстия от его центра, что и должно определять эффективный размер подкрепляющего кольца в его плоскости.

На втором этапе исследования на пластину со стороны отражающего слоя было наклеено подкрепление, состоящее из двух склеенных между собой одинаковых колец, изготовленных из того же материала, что и пластина. Внешний диаметр колец составил полтора диаметра отверстия (рис. 2). Между кольцами также был нанесен отражающий слой, что позволило определять напряжения не только в самой пластине, но и по толщине подкрепления при поэтапном уменьшении толщины последнего.

Исследования показали, что в исходном состоянии модели, т.е. при максимальной толщине подкрепления отверстия, внешний его слой оказывается практически ненагруженным, а снижение максимальных напряжений на контуре отверстия на противоположной поверхности пластины

весьма незначительно. Ощутимое снижение максимальных напряжений было замечено в случае, когда утолщенная часть составила удвоенную толщину пластины. Эпюра напряжений, измеренных в плоскости пластины для этого случая, представлена на рис. 2 кривой 2.

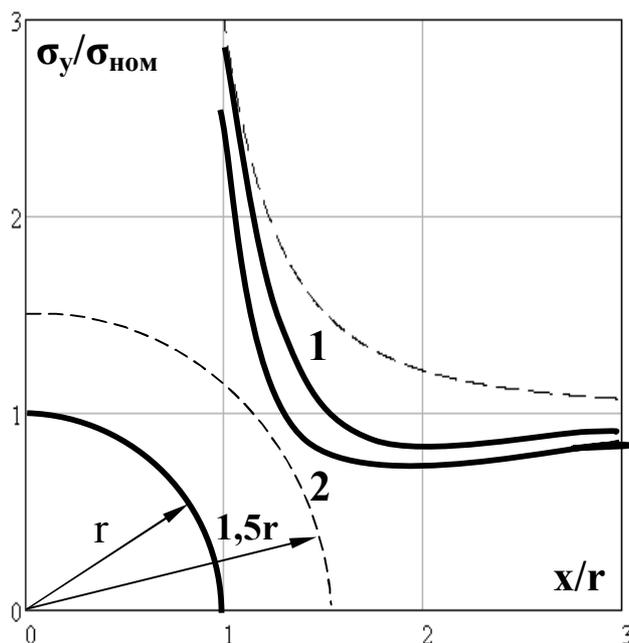


Рис. 2. Распределение напряжений, измеренных в плоскости пластины

Таким образом, выполненное исследование показало весьма низкую эффективность применения одностороннего кольцевого подкрепления для снижения максимальных напряжений, поскольку в оптимальном случае произошло снижение максимальных напряжений с величины $2,8 \sigma_{ном}$ при отсутствии подкрепления до значения $2,5 \sigma_{ном}$, т.е. всего на 11%.

По-видимому, обнаруженную в данной работе слабую эффективность одностороннего подкрепления, можно объяснить специфическим влиянием внецентренности нагружения зоны подкрепления, которое наглядно представлено на рис. 1.

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

-А-

Абдуллин И.Ш., 78
Абрамов В.Ф., 99
Азанова А.А., 78
Андреева Е.Г., 156
Апарушкина М.А., 45, 217
Асхабова З.А., 54

-Б-

Байчоров Т.М., 152
Баранов А.В., 68
Барсукова А.С., 230
Беднякова А.А., 38
Белова И.В., 4
Белоусов А.С., 246
Беляев В.И., 163
Беляков А.Н., 112
Беспалов М.Е., 140
Бокова Е.С., 9, 26
Бокова К.С., 9
Бондаренко Л.И., 68
Борзунов Г.И., 103
Борисов А.И., 177
Бородин Е.С., 189, 230
Брагин С.В., 210
Бузык Т.Ф., 96
Булеков А.П., 38
Булыга В.В., 149

-В-

Вельбой М.А., 6
Ветрова О.А., 114
Владимиров М.А., 233
Владимирцева Е.Л., 6, 37
Волоскова Е.В., 22

-Г-

Гальбрайх Л.С., 4
Гафурова Д.Р., 31
Глазунов В.А., 154
Голованова А.Н., 26
Голубев А.П., 199
Голубев О.П., 199
Горбунова Ю.С., 204
Григорян М.П., 109
Гудков В.И., 221
Гудков И.И., 191
Гурьянова Т.И., 22
Гусева М.А., 156

-Д-

Давыдова М.С., 147
Дасюк П.Е., 93
Дашкевич И.П., 240
Денисов Н.Е., 240
Дружинина Т.В., 71
Дьяконова Е.В., 68

-Ж-

Жмакин Л.И., 171, 243
Журавлева О.С., 177

-З-

Забродин Д.А., 93
Закускин С.Г., 84
Зинченко Ю.В., 158

-И-

Иваненко М.В., 171
Иванов И.С., 163

-К-

Кавецкая Н.Б., 143
Казачек В.Г., 246
Каленков А.Б., 219
Квасова А.А., 106
Кипнис М.А., 206
Кирсанова Е.А., 106
Клюева И.В., 112
Коваленко Г.М., 6, 26
Кожевников В.Ф., 249
Козлова О.В., 54
Козляков В.В., 206, 237
Корнев Б.Б., 50, 201
Кошелева М.К., 38
Крысанова В.А., 56
Кудёлко Ю.Н., 71
Кудрявцева Е.А., 143
Кузнецов С.С., 130
Кузнецова Е.Э., 15
Кузьменко В.А., 66
Кузьмич И.В., 137
Курин В.И., 45, 217

-Л-

Лепилова О.В., 47
Летуновская Д.А., 117
Литвин Е.В., 99
Лушников С.В., 175
Лысогорский А.Е., 154

-М-

Макаров В.А., 177
Мальшева К.А., 18, 66
Маркова К.А., 243
Меньшова И.И., 56, 204
Метелева О.В., 68
Мещеряков А.В., 201
Миненко М.П., 147
Мионов В.П., 91
Михайлов А.С., 122

Молошников А.С., 221
Монахов В.И., 126, 133
Муртазина А.Р., 91
Мурычева В.В., 33
Мухаметшина Г.Н., 78

-Н-

Никитиных Е.И., 121, 145
Никифоров А.Л., 12
Новикова Л.А., 80
Новикова Т.А., 213
Носова Н.Ю., 165

-О-

Одинцова Л.С., 54
Одинцова О.И., 12, 18
Ороспаева П.А., 15
Османов З.Н., 184, 225

-П-

Павлищев Н.Н., 61
Палочкин С.В., 165
Первак Г.И., 181
Петросова И.А., 156
Поливода Ф.А., 233
Полубояров В.А., 22
Поляков А.Е., 168
Попова Д.М., 121
Прокопенко А.К., 163
Прохорова А.А., 18
Пучкова Н.М., 114
Пыркова М.В., 50, 204

-Р-

Разин И.Б., 91
Репин А.Г., 84, 89
Рожкова Н.С., 42
Романенко А.А., 89
Русанова А.И., 66

Руссков В.А., 56
Рыжкова Е.А., 130

-С-

Самойлова Т.А., 114
Сафонов В.В., 15, 61
Свищев Г.А., 20, 64
Севостьянов П.А., 93, 114
Седяров О.И., 20, 64
Середина М.А., 74
Синеок А.Б., 143
Склярова Г.Б., 80
Смирнова С.В., 29
Соколов В.Н., 99
Соколов Л.Е., 33
Соколовский Р.И., 181, 191
Степанова О.П., 137
Степнов Н.В., 175
Стрельников Б.А., 133
Струк Д.О., 145
Сухарев В.В., 126

-Т-

Ташаев Ю.Н., 196
Тимохин А.Н., 158
Тихонова Н.С., 20, 64
Третьякова А.Е., 31, 61
Тюрин М.П., 189, 230

-Ф-

Федина Л.А., 137
Филимонова Е.М., 168
Фирсов А.В., 143
Фирсов Д.А., 103
Фокина И.В., 213

-Х-

Хазанов Г.И., 45, 217
Хаяльдинов Р.Р., 103

Хозина Е.Н., 177
Хоркина А.Б., 213

-Ц-

Циркина О.Г., 12

-Ч-

Черенкова С.С., 112, 147
Черноусова Н.В., 42
Чесноков А.В., 168
Чешкова А.В., 29
Чистякова Г.В., 47
Чудотворова М.О., 237

-Ш-

Шаблыгин М.В., 80
Шампаров Е.Ю., 109
Шамсуддинова Э.Г., 33
Шанцева О.А., 156
Шарнина Л.В., 6, 33
Шарпар Н.М., 184, 225
Шибашова С.Ю., 59
Шитов Я.В., 243
Шупляков В.С., 199

-Щ-

Щекочихин И.В., 74
Щербаков В.П., 233

-Я-

Ямчук А.И., 233
Ясинская Н.Н., 33

**МЕЖДУНАРОДНАЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ**

**ДИЗАЙН, ТЕХНОЛОГИИ И ИННОВАЦИИ
В ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
(ИННОВАЦИИ-2014)**

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ

Часть 2

Научное издание

Печатается в авторской редакции

Компьютерная верстка и техническое редактирование:
Строганова Г.В., Николаева Н.А.