

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им. А.Н. КОСЫГИНА
(ТЕХНОЛОГИИ. ДИЗАЙН. ИСКУССТВО)»

**Всероссийская научная конференция
молодых исследователей
с международным участием
«Инновационное развитие техники
и технологий в промышленности
(ИНТЕКС-2022)»**

18-20 АПРЕЛЯ 2022 г.

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
Часть 2**



УНИВЕРСИТЕТ
КОСЫГИНА

МОСКВА - 2022

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. А.Н. КОСЫГИНА
(ТЕХНОЛОГИИ. ДИЗАЙН. ИСКУССТВО)»**

**Всероссийская научная конференция
молодых исследователей
с международным участием
«Инновационное развитие техники и
технологий в промышленности
(ИНТЕКС-2022)»**

18-20 АПРЕЛЯ 2022 г.

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
Часть 2**

МОСКВА - 2022

УДК 378:001.895

ББК 74.58:72

В 85

В85 Инновационное развитие техники и технологий в промышленности: сборник материалов Всероссийской научной конференции молодых исследователей с международным участием. Часть 2. – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2022. – 290 с.

ISBN 978-5-00181-253-1

Сборник составлен по материалам направления 2 «Инновационные материалы и управление качеством продукции» и направления 3 «Инновационное развитие химических технологий» Всероссийской научной конференции молодых исследователей с международным участием «Инновационное развитие техники и технологий в промышленности (ИНТЕКС-2022)», состоявшейся 18-20 апреля 2022 г. в Российском государственном университете им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство), г. Москва.

Ответственность за аутентичность и точность цитат, имен, названий и иных сведений, а также за соблюдение законов об интеллектуальной собственности несут авторы публикуемых материалов. Материалы публикуются в авторской редакции.

УДК 378:001.895

ББК 74.58:72

Редакционная коллегия

Силаков А.В., проректор по науке и инновациям; Оленева О.С., доцент;
Гуторова Н.В., начальник ОНИР; Андросова И.В., старший преподаватель;
Бузькевич А.О., инженер

Научное издание

ISBN 978-5-00181-253-1

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», 2022

© Коллектив авторов, 2022

УДК 677.017

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ГЕОТЕКСТИЛЬНЫХ ПОЛОТЕН ДЛЯ ДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА ПОСЛЕ МНОГОКРАТНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ЦИКЛА «ЗАМОРАЖИВАНИЕ-ОТТАИВАНИЕ»

Агафонов В.Е., Буланов Я.И., Ляхов М.В.

Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Геотекстильные материалы для автодорог испытывают различного вида нагрузки в результате воздействий насыпного слоя и транспортных средств. Эти нагрузки могут приводить к различным деформациям материала: продавливанию, сжатию, сдвигу, растяжению. В связи с этим важно знать, насколько материал способен к восстановлению (его упругие характеристики), какая его невосстанавливаемость после нагрузки (пластические характеристики), а также его деформационные характеристики, которые зависят от нагрузки и изменения деформации во времени.

В работе были исследованы 5 образцов иглопробивных нетканых полотен. Структурные характеристики исследуемых термоскрепленных геотекстильных нетканых полотен представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Структурные характеристики геотекстильных нетканых полотен

Наименование показателей	Образцы				
	М60	М80	М120	М140	М150
Состав	ПЭ 100 %				
Толщина, мм	0,36	0,48	0,68	0,74	0,76
Поверхностная плотность, г/м ²	60	80	120	140	150
Средняя плотность, мг/мм ³	0,166	0,167	0,176	0,189	0,197
Объемное заполнение, %	23,7	23,9	25,2	27,0	32,8
Заполнение ткани по массе, %	12,8	12,8	13,6	14,5	15,1
Объемная пористость, %	76,3	76,1	74,8	73,0	67,2
Общая пористость, %	87,2	87,2	86,4	85,5	84,9

По табл. 1 можно сделать следующие выводы. Наибольшей поверхностной плотностью обладает образец М150, что связано с тем, что данный образец выработан из волокон с наибольшей линейной плотностью, а наименьшую поверхностную плотность имеют образцы М60 и М80.

Наибольшую среднюю плотность имеет образец М150, а наименьшую – образцы М60 и М80.

Наибольшее объемное заполнение имеет образец М150, а наименьшее – образцы М60 и М80.

Наибольшую общую пористость имеет образец М80, так как он имеет наименьшее заполнение по массе ткани, а наименьшую – образец М106.

Образцы подвергались износу земля + холод при различных циклах замораживание-оттаивание с интервалом в 1 неделю. Испытания проводились в морозильной камере, в которую помещалась емкость с землей и образцами. На землю помещался груз, имитирующий давление земляного грунта на полотна.

Результаты и определения толщины полотен приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Результаты определения толщины, мм

Время воздействия, месяцы	M60	M80	M120	M140	M150
0	0,36	0,48	0,68	0,74	0,76
6	7125	7952	10125	12432	14312
12	6145	7132	9124	12145	13874
18	5367	6782	8962	11785	13672

Разрывные характеристики исследуемых образцов после износа земля + холод при различных циклах замораживание-оттаивание представлены в табл. 3.

Таблица 3 – Разрывная и раздирающая нагрузка геотекстильных нетканых полотен

Время воздействия, месяцы	M 60		M 80		M 120		M 140		M 150	
	Длина	Ширина								
Разрывная нагрузка										
0	112	107	132	120	160	122	205	171	248	240
6	101	89	120	111	150	117	192	166	240	229
12	64	67	79	89	112	103	150	154	206	211
18	56	57	64	73	96	91	132	142	199	201
Раздирающая нагрузка										
0	95	93	115	106	143	108	188	157	231	226
6	84	75	103	97	133	103	175	152	223	215
12	76	60	91	82	124	96	162	147	214	204
18	68	50	76	66	108	84	144	135	211	194

Зависимость разрывной и раздирающей нагрузки по длине и ширине от времени воздействия износа земля+ холод описывается линейным законом.

Наибольшее значение разрывной и раздирающей нагрузки имеет образец M150, а наименьшее – M60. Наибольшие изменения значений разрывной нагрузки наблюдается у образцов M60, а наименьшее у образца M150.

Водоупорность определяют в соответствии с ГОСТ 3816–81 «Полотна текстильные. Методы определения гигроскопических и водоотталкивающих свойств» на специальных приборах – пенетрометрах, которые обеспечивают необходимое давление воды на испытуемую пробу. В табл. 4 приведены результаты испытаний.

Таблица 4 – Результаты определения водоупорности, мм вод. ст.

Время воздействия, месяцы	M 60	M 80	M 120	M 140	M 150
0	140	110	80	100	50
6	110	100	70	100	40
12	100	70	50	90	40
18	80	60	50	70	30

При исследовании водоупорности выявлено, что с увеличением поверхностной плотности водоупорность увеличивается. Наибольшей водоупорностью обладает образец M150, а наименьшей – образец M60.

Таким образом, по результатам проведенных исследований можно сделать вывод, что полотно М150 является наиболее прочным и пригодно к длительной эксплуатации при укладке в один слой. Полотно М60 может применяться при укладке его в несколько слоев.

Список использованных источников:

1. ОДМ 218.5.003-2010 «Отраслевой дорожный методический документ. Рекомендации по применению геосинтетических материалов при строительстве и ремонте автомобильных дорог»

2. Геотекстиль (геоткань): назначение, свойства, применение [Электронный ресурс]. Код доступа <https://stroychik.ru/strojmaterialy-i-tehnologii/geotekstil>

3. Текстильное материаловедение: лабораторный практикум: учебное пособие / Ю.С. Шустов, С.М. Кирюхин, А.Ф. Давыдов [и др.]. – 4-е изд., испр. и доп. – Москва : ИНФРА-М, 2021. – 357 с.

4. Техническая экспертиза продукции текстильной и легкой промышленности: учебное пособие / Давыдов А.Ф., Шустов Ю.С., Курденкова А.В. - Москва : Форум, НИЦ ИНФРА-М, 2014 - 384с.

5. Кирюхин С.М., Шустов Ю.С. Текстильное материаловедение. - М.: КолосС, 2011. – 360 с.

© Агафонов В.Е., Буланов Я.И., Ляхов М.В., 2022

УДК 691.175

СОВРЕМЕННЫЕ АНТИПИРЕНЫ ДЛЯ ПОЛИМЕРОВ

Андреева Е.Е., Романов С.Н.

Научный руководитель Бузаева М.В.

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Ульяновский государственный
технический университет», Ульяновск*

Антипирены ингибируют реакцию горения, подавляют на стадии воспламенения и препятствуют дальнейшему распространению пламени. Различные комбинации антипиренов, обладающие синергическим эффектом, используются для защиты изделий из пластмасс.

Бромсодержащие антипирены более эффективны и разлагаются в узком интервале температур (продукты горения бромсодержащих антипиренов менее летучи). При сжигании не выделяются токсичные соединения, а пластмассы, содержащие антипирены с соединениями брома, легко подвергаются вторичной переработке (зависит от термостабильности данных антипиренов).

Одни из самых эффективных антипиренов – галогенсодержащие соединения, но из-за выделения высокотоксичных диоксинов и фуранов в процессе горения и переработки их сократили в использовании.

Антипирены на основе неорганических гидроксидов (гидроксид алюминия) считаются наиболее безопасными.

Свойства хлорсодержащих антипиренов: низкая плотность и низкая цена; высокая теплостойкость (до 320°C); выделение малого количества дыма; высокая светостойкость; не пластифицирует полимер; не мигрирует на поверхность [5].

Композиция термопластичной полиэфирной смолы, содержит от 1 до 70 масс. ч. фосфорсодержащих антипиренов. Антипирены были выбраны из группы: конденсированные эфиры фосфорной кислоты, фосфазеновые соединения, органические соли металлов (фосфинаты), и азотсодержащего антипирена от 1 до 90 масс. ч. Также данная композиция дополнительно может включать в себя 0,01-5 масс. ч. соли щелочноземельного металла (карбоната кальция). Высокое содержание антипиренов – главный недостаток данной композиции.

Для производства тонкостенного оконного профиля (методом пултрузии) используется связующее стеклопластика на основе полиэфирной смолы. Связующее содержит полиэфирную смолу, которая основана на изофталевой кислоты, наполнителем является антипирен в виде нанопорошка на основе арагонитового песка (размер частиц 30-100 нм), а также содержит ускоритель отверждения, ингибитор и инициатор отверждения. Путем механической активации поверхности с обработкой органотитанатами (0,004-4,0 масс. %) данный наполнитель был модифицирован. Полученный с его использованием стеклокомпозиционный материал обладает улучшенными физико-механическими параметрами: ударная прочность, огнестойкость.

Главный недостаток – высокая стоимость. Завышенная цена связана с малодоступностью сырья, из которого получают антипирен. Получение нанопорошка и его механическая активация очень дорогой и сложный процесс, также сложность заключается в количественном контроле дисперсии нанопорошка на основе арагонитового песка в матрице полиэфира [1].

Для того чтобы решить проблему завышенной стоимости связующего пониженной горючести, используют антипиреновую добавку, которая может быть легко получена из недорогих и доступных компонентов. Данную задачу удалось быстро решить композицией связующего, состоящей из полиэфирной смолы и антипиреновой добавки (высушенная смесь продуктов жидкофазного окисления лигнинсодержащего субстрата в щелочной среде в присутствии солей меди при температуре не выше 90°C) – Антипирен А. Измельченные лигнинсодержащие продукты (древесные опилки) переводятся в раствор с помощью каталитического окисления в щелочной среде в присутствии солей меди (температура варьируется от 50 до 90°C), с образованием растворимых окисленных олигокарбоксилатных

производных. После просушки растворов получается очень твердый материал каштанового цвета, который обладает свойством интумесценции (далее Антипирен А).

В процессе нагревания (вплоть до 300°C) антипирен набухает, вспучивается, выделяется вода, а также CO₂. Образующийся пенококс – теплоизолирующий слой в условиях горения, препятствует воспламенению благодаря резкому снижению теплообмена между огнем и поверхностью полимера. Приемлемая доступная цена и легкие способы производства с использованием стандартного оборудования – одни из главных плюсов Антипирена А [2].

Данный Антипирен А применяют как антипиреновую добавку в чистом виде или же в составе композиций с гидроксидом алюминия, полифосфатом аммония.

Антипирен А (10-50 масс. ч.) введенный в полиэфирную изофталевую смолу, улучшает показатели горючести получаемой композиции. Добавление технологических добавок особо не влияет на параметры горючести, но в отдельных случаях способствует улучшению показателей. Существует ряд недостатков в композициях содержащих 40 и более масс. ч. Антипирена А: высокая вязкость, которая не позволяет использовать их для получения стеклопластиков, перерабатываемых по технологии пултрузии. Но эти композиции очень хорошо подойдут для получения полиэфирных изделий бытового назначения. Повышение способности к интумесценции приводит к улучшению характеристик горючести за счет синергетического взаимодействия между компонентами антипиреновой добавки.

Лигнин – вспомогательный компонент (связующее) в огнезащитной композиции, ПАВ и т.д. Лигнинсодержащие компоненты показывают хорошие характеристики в качестве антипирена, но если они не подвергались химическому модифицированию, то данные компоненты проявляли противоположные свойства (способствовали развитию пламени) [3].

Антипирен получают способом жидкофазного окисления лигнинсодержащих продуктов в щелочной среде при температуре не выше 90°C (возможно присутствие катализатора).

Огнестойкость полимерных материалов способны повышать фосфорхлорсодержащие мономеры. Фосфорсодержащий метакрилат вступает в реакцию сополимеризации с винилэфирной смолой, компоненты данной смолы при отверждении замедляют процесс горения.

В состав стирольных винилэфирных смол, в которых содержание стирола достигает 42%, вводят фосфорхлорсодержащий метакрилат в количественном диапазоне 20-30%. Вязкость модифицированной винилэфирной смолы – 350 сП. Процесс отверждения для

модифицированной смолы включает в себя 5% гипериза, нафтенат кобальта (4-5%) и металлоорганический катализатор МОК (1-2%) [4].

Снизить тепловыделение и препятствовать процессу горения помогают галогенированные соединения, они действуют по следующему механизму – подавляют реакции, происходящие в газовой фазе в пламени.

Горение сопровождается цепным радикальным процессом, чтобы снизить энергию образующихся радикалов и нейтрализовать их, вводят атомы галогенов. Но вследствие этого образуется ядовитый газ.

Чтобы получить полимерные композиции с высокой степенью стойкости к горению, с улучшенными физико-механическими и термическими характеристиками, используют реакционноспособные антипирены. При использовании безгалогенных добавок получают различные продукты, которые способны при горении выделять меньше токсичных веществ.

Список использованных источников:

1. Варфоломеев С.Д., Ломакин С.М., Сахаров П.А. / «Полиэфирное связующее пониженной горючести» [https://www1.fips.ru/iiss/document.xhtml?facesredirect=true&id=4e829168601a66ae984002b5ff8db07]

2. Аникина Т.А., Пешков В.В./ «Связующее на основе эпоксивинилэфирной смолы и огнестойкий полимерный композиционный материал на его основе»

3. [https://www1.fips.ru/iiss/document.xhtml?facesredirect=true&id=dcdc717d1a6c05bcb5028ce0e6bed142]

4. Барботько С.Л. Определение характеристик пожарной опасности клеев и самоклеящихся материалов // Клеи. Герметики. Технологии. 2019. №4. С.23–29.

5. Сиротин И.С., Горбунова И.Ю. / «Антипирен-катализатор» [https://www1.fips.ru/iiss/document.xhtml?facesredirect=true&id=2b022fecbf5ef97073d74667fd855848]

© Андреева Е.Е., Романов С.Н., 2022

УДК 677.017

АНАЛИЗ АССОРТИМЕНТА ВОДОНЕПРОНИЦАЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ОДЕЖДЫ СОБАК

Бабичева А.О., Бутко Т.В.

Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Одной из основных функций одежды для собак является защита от неблагоприятных климатических и других опасных для здоровья животного условий внешней среды.

Специфика водонепроницаемых изделий предполагает наличие особых требований к материалу, а именно паропроницаемость, водонепроницаемость, ветроустойчивость, грязеустойчивость, а также термозащита и терморегуляция. Ткань должна обладать хорошей износостойкостью и долговечностью, быть легкой и прочной. Помимо прочего, важное значение имеет безопасность материала по отношению к собаке, то есть, ее одежда изготавливаться из сырья, не содержащего опасных веществ в своем составе.

Главные требования к материалу водонепроницаемой одежды для животных подобны основным требованиям к одежде человека, но могут иметь место и специфические особенности. Например, специфическими свойствами материалов для проектирования экипировки лошадей является недопустимость шуршания ткани, что может вызывать испуг животного и создание опасных ситуаций. На основании анализа в перечень приоритетных требований к материалам водонепроницаемой одежды для собак включены: ветроустойчивость, водонепроницаемость, паропроницаемость, износостойкость, масса, прочность, устойчивость к стирке, низким температурам, солнечным лучам, термозащита и терморегуляция, грязеустойчивость. Эти требования положены в основу анализа и выбора ассортимента современных материалов из числа инновационных.

Для изучения ассортимента выбраны ткани, специализированные для занятий спортом, отвечающие перечню актуализированных для данного ассортимента изделий. Выявлено большое разнообразие предлагаемых инновационных водозащитных материалов: с пропиткой, мембранные и прорезиненные.

В тканях с пропитками для увеличения водоотталкивающих свойств материалы обрабатывают гидрофобной пропиткой на полимерной основе. Некоторые изделия изнутри покрывают тонким полиуретановым слоем, необходимым для сохранения тепла и защиты от воды [1]. Пропитки

бывают силиконовые, полиуретановые и тефлоновые. Такая ткань обладает не только водонепроницаемостью, но и ветроустойчивостью. В качестве примера рассмотрена синтетическая ткань «болонья», предназначенная для производства плащей, курток и другой водонепроницаемой одежды [2].

Материал обладает рядом преимуществ, а именно: высокая прочность, сопротивляемость разрывам, легкость, влагонепроницаемость, цветоустойчивость. Такая ткань эстетично выглядит, держит форму, не плесневеет, часто используется для создания спортивной, детской водонепроницаемой одежды, спецодежды.

Однако, несмотря на эти положительные свойства материала, он имеет ряд недостатков: не отводит влагу от тела, не переносит низкие температуры, не пропускает воздух, а синтетический состав способен привести к раздражению кожи. Таким образом, «болонья» хотя и способна защищать животное в ветреную погоду и дождь, однако не приспособлена к низким температурам.

Комбинированные мембранные материалы состоят из поровой мембраны и беспорового покрытия [3]. Такая система позволяет сочетать хорошую водостойкость, так как покрытие значительно тоньше стандартной беспоровой полиуретановой мембраны, и защиту от механических повреждений. Материал позволяет предотвратить переохлаждение или перегрев организма, а также прекрасно защищает изделие от грязи за счет пропитки.

Отличительной особенностью мембранных тканей является способность выводить пары влаги без проникновения воды и ветра внутрь (рис. 1).

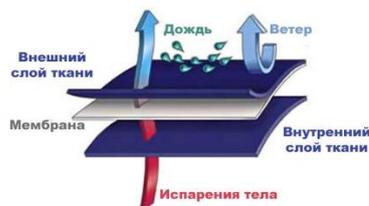


Рисунок 1 – Структура мембранной ткани [3]

В качестве примера комбинированной мембранной ткани рассмотрен образец ткани «Gore-Tex Pro». Материал обладает высокими показателями паропроницаемости, прочности, а также водостойкости (28000 мм водяного столба). Ткань способствует сохранению комфортного микроклимата подожного пространства, полной защите от ураганного ветра и самого сильного ливня.

Существенным недостатком такого материала является высокая стоимость, примерно 1500 руб. за квадратный метр, отсутствие в сети розничных продаж, а также снижение с течением времени водоотталкивающих свойств мембранных пор. Аналогами ткани Gore-Tex Pro являются ткани Dermizax, Futurelight, H2No, Event и Hydroshell,

демонстрирующие такой же высокий уровень качества и технологии материала.

Прорезиненная ткань производится в процессе нанесения на материал тончайшего слоя смеси каучука с бензином, нагревания и дальнейшей вулканизации, после чего каучук превращается во вспененную резину [4]. В основе могут использоваться как натуральные материалы: тонкий или толстый прочный хлопок, лен, шелк, шерсть, так и синтетические: нейлон, лавсан, анид, капрон. Такая ткань обладает длительным сроком эксплуатации, водонепроницаемостью, высокой плотностью, прочностью, эластичностью, защитой от ультрафиолетовых лучей, термостойкостью. Из недостатков выявлена низкая паропроницаемость.

Результаты проведенного анализа позволили определить, что для изготовления водостойкой одежды собак в настоящее время наибольшее соответствие требованиям, сформулированным для данного ассортимента изделий, являются мембранные ткани, в то время как прорезиненные ткани полностью не соответствуют вышеуказанным требованиям из-за плохих показателей паропроницаемости, что способствует сильному перегреву собаки во время прогулок и игр. Ткани с пропитками могут рассматриваться в качестве бюджетной альтернативы, уступающей мембранным по показателям водостойкости и ветроустойчивости.

Список использованных источников:

1. Сайт «Tkaney.ru», Непромокаемая ткань/ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tkaney.ru/napolniteli/nepromokaemaya-tkan.html>2. (Дата обращения: 17.03.2022).
2. Сайт «Textile.life», Болонья ткань/ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://textile.life/fabrics/synthetic-fibers/bolonya-tkan-opisanie-materiala-svoystva-dostoinstva-i-nedostatki.html> (Дата обращения: 17.03.2022).
3. Сайт «АльпИндустрия», ТОП-5 мембран на все случаи жизни/ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://alpindustria.ru/articles/top-5-membrain.html> (Дата обращения: 17.03.2022).
4. Сайт «Textiletrend», Прорезиненная ткань/ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://textiletrend.ru/pro-tkani/raznyiy-sostav/prorezinennaya-tkan.html> (Дата обращения: 17.03.2022).

© Бабичева А.О., Бутко Т.В., 2022

УДК 677.017

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСТАТОЧНОЙ ЦИКЛИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ВОЛЕЙБОЛЬНЫХ НАКОЛЕННИКОВ ПОСЛЕ МНОГОКРАТНОГО РАСТЯЖЕНИЯ

Беликова В.Д., Буланов Я.И.

Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Волейбол является функциональным видом спорта, при занятии которым спортсмен осуществляет большое количество движений высокой интенсивности. Большая часть нагрузки приходится на коленный сустав.

Безопасность во время занятий спортом играет важную роль, поэтому для игры в волейбол была создана соответствующая экипировка, важнейшей частью которой являются наколенники. Они предназначены для защиты коленного сустава от ударов, уменьшения силовых нагрузок на колено, а также для фиксации сустава в наиболее удобном положении. При этом они не должны стеснять движения.

После нескольких игр или тренировок наколенники принимают форму, учитывающую индивидуальные особенности колен спортсмена [1, 2]. При этом происходит многократное растяжение материалов, поэтому важным является сохранение упругих свойств для обеспечения степени компрессии.

В качестве объектов исследования были выбраны 5 образцов наколенников различных торговых марок. Все выбранные образцы имеют схожую конструкцию и предназначены для защиты от повреждений колена во время занятий волейболом. Как правило, такие наколенники используются как профессиональными спортсменами во время соревнований, так и любителями во время тренировок.

В работе рассматривались 5 различных марок и артикулов наколенников. Образец 2 (торговая марка Colton модель KS-101, арт. УТ) и образец 5 (арт. FG235R) приобретены в гипермаркетах. Данные модели пользуются популярностью у потребителей, так как имеют низкую ценовую категорию. Образец 1 (торговая марка DEMIX, модель DAC200-00) и образец 3 (торговой марки ASICS, арт. 146814_0805) куплены в специализированных спортивных магазинах и спрос на них сформирован маркетингом компаний-изготовителей и качеством продукции. Образец 4 (торговая марка JOCESTYLE, арт. EA7923) был приобретен в интернет-магазине.

Для оценки качества были проведены испытания образцов по определению остаточной циклической деформации при многократном

растяжении. Данные изделия подвергались воздействию «пота» (раствор по методу 2, ГОСТ 9733.6) [3] в течение 1 часа перед каждой стиркой. Было проведено 50 стирок по режиму, указанному на маркировке.

Испытания проводились на испытательной системе Инстрон серии 4411 при зажимной длине 50 мм. Пробы для проведения испытаний вырезались с учетом положения материала в готовом изделии. Полученные результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Результаты определения деформации при многократном растяжении

Модель	Растяжимость при нагрузке 60Н, мм	Остаточная циклическая деформация, %		
		после 10 циклов растяжения	после 30 циклов растяжения	после 50 циклов растяжения
Без стирок				
DEMIX модель DAC200-00	66,55	2	2	4
Colton модель KS-101	37,87	4	4	4
ASICS арт. 146814_0805	34,84	2	4	4
JOCESTYLE арт. EA7923	66,46	2	4	4
Арт. FG235R	75,88	4	6	6
После 50 стирок				
DEMIX модель DAC200-00	17,75	10	10	10
Colton модель KS-101	22,84	10	10	10
ASICS арт. 146814_0805	34,38	0	0	0
JOCESTYLE арт. EA7923	33,14	10	10	14
Арт. FG235R	30,55	10	20	20

При многократном растяжении в текстильных полотнах развиваются усталостные процессы, результатом которых являются изменение структуры и свойств материала, его изнашивание, ухудшение формоустойчивости полотен, их разрушение. Поэтому определение усталостных характеристик текстильных полотен имеет очень важное значение: они позволяют лучше использовать полотна, прогнозировать их надежность [4-6].

Наибольшую растяжимость при 60Н без стирок имеет полотно арт. FG235R, а наименьшую – полотно ASICS арт. 146814_0805. После 50 стирок практически все полотна стали менее эластичными, их растяжимость значительно снизилась. Данный показатель не изменился у полотна ASICS арт. 146814_0805, поэтому этот образец сохраняет свои компрессионные свойства в процессе эксплуатации. Наибольшее изменение растяжимости произошло у полотна DEMIX модель DAC200-00.

Определение остаточной циклической деформации до и после 50 стирок позволило оценить формоустойчивость полотен в процессе эксплуатации.

Полотно ASICS арт. 146814_0805 сохраняет форму после воздействия стирок. Его остаточная циклическая деформация равна 0%.

Полотно арт. FG235R имеет низкую формоустойчивость, с увеличением количества циклов растяжения его остаточная циклическая деформация возрастает и достигает 20%.

Таким образом, по результатам проведённого исследования можно сделать вывод, что наколенники из полотна ASICS арт. 146814_0805 пригодны к длительной эксплуатации без снижения эксплуатационных характеристик.

Наколенники из полотна арт. FG235R не пригодны к длительной эксплуатации.

Список использованных источников:

1. Гусева М.А., Гетманцева В.В., Андреева Е.Г., Разин И.Б., Гусев И.Д., Гончарук Е.О. Систематизация входной информации для проектирования швейных изделий со специальными свойствами // Территория новых возможностей. 2018. №4 (43). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistematzatsiya-vhodnoy-informatsii-dlya-proektirovaniya-shveynyh-izdeliy-so-spetsialnymi-svoystvami>

2. Наколенники волейбольные Mikasa MT6-036 p-p.SR // <https://sportsteel.ru/catalog/fitnes-joga/nakolenniki/volejbolnyie/nakolenniki-volejbolnyie-mikasa-mt6-036-r-rsr>

3. ГОСТ 9733.6 «Материалы текстильные. Методы испытаний устойчивости окрасок к «поту»

4. Текстильное материаловедение: лабораторный практикум: учебное пособие / Ю.С. Шустов, С.М. Кирюхин, А.Ф. Давыдов [и др.]. – 4-е изд., испр. и доп. – Москва: ИНФРА-М, 2021. – 357 с.

5. Техническая экспертиза продукции текстильной и легкой промышленности: учебное пособие / Давыдов А.Ф., Шустов Ю.С., Курденкова А.В. - Москва: Форум, НИЦ ИНФРА-М, 2014 - 384с.

6. Кирюхин С.М., Шустов Ю.С. Текстильное материаловедение. - М.: КолосС, 2011. – 360 с.

© Беликова В.Д., Буланов Я.И., 2022

УДК 687.129

АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ АПСАЙКЛИНГА В КОЛЛЕКЦИЯХ СОВРЕМЕННЫХ ДИЗАЙНЕРОВ

Благова П.А., Фирсова Ю.Ю.

Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Во все времена дизайн ставил перед собой задачу связать материальную и духовную составляющие общества. Любые объекты дизайна отображают в себе уровень технического и социального устройства жизни людей в разные исторические периоды. В большинстве коллекций модельеров зачастую закладываются глубинные мысли и идеи, различные лозунги и общественные проблемы, так и в последнее время все чаще

отражается экологическая действительность. Одна из проблем, витающая в воздухе связана с вопросом переработки, ведь ни для кого уже не секрет, что модная индустрия несет за собой негативные последствия – загрязнение планеты [1].

Неоднократно обозреватели мира моды обращали внимание на то, что ежегодно на свалки выбрасываются тысячи тонн старой одежды. Важно было найти решение существующей проблемы, как сократить ущерб от модного бизнеса. И такое решение было найдено в устойчивой моде, она подразумевает поиск баланса между социально-культурной, финансовой и экологической сферами – производством универсальной одежды с длительным жизненным циклом, противоположным быстро изменяющимся трендам. Значимость новшеств, которая сопутствует быстрой моде, уступает место уникальности и добротности [2].

Дизайнеры всеми способами стараются достучаться до общества, привлекая внимание людей необычными изделиями, которые отвечают экологическим требованиям. Таким образом за последние несколько лет выросло количество дизайнеров и брендов по всему миру, которые направляют свои творческие силы на спасение окружающей среды. Появляются коллекции, в основе которых лежит течение апсайклинга.

Апсайклинг является проводником в возвращении людей к разумному потреблению и бережному отношению не только к вещам, но и природе. Данный термин подразумевает вторичное использование различных предметов быта и гардероба и придание им новой функциональности. Однако существует несколько способов применения современного течения. Разрабатываемая апсайкл-коллекция женской верхней одежды подразумевает применение данного направления, соответственно стоит разобраться какие варианты апсайклинга можно использовать именно в этой отрасли.

Для того, чтобы наиболее полно погрузиться в тему апсайклинга и его применения стоит провести анализ существующих брендов и соответственно обзор коллекций с использованием данного направления, а также выявить его особенности и методы использования. Характеристика использования брендами апсайклинга представлена на рис. 1.

Британец Кристофер Рейбёрн с одноименным брендом известен за любовь к военной эстетике, залежавшимся на складах материалам и осознанному подходу к производству. Одежду, которую создает бренд далеко не всегда можно назвать красивой, незамысловатый дизайн явно преобладает над эстетической составляющей. Коллекции выпускаются небольшими тиражами, чаще на заказ – это позволяет избежать проблемы перепроизводства.

Еще один бренд под главенством Грега Лорена с 2011 года действительно производит одежду из другой одежды. Старинные армейские

сумки и плащи, стёганые одеяла, старые джинсовые вещи Levi's с каплями краски – всё это словно конструктор разбирается и затем собирается вновь в небрежные будто потрепанные изделия, воспроизвести которые даже при большом желании будет не просто.

Вещи Vode вызывают ощущение старины, словно они были найдены на чердаке бабушкиного дома: залежавшиеся, немного запылившиеся и такие до боли знакомые. Девушка из Нью-Йорка Эмилия Боде активно добавляет в свои коллекции антикварные ткани, которые собирает по всему миру: викторианское стёганое одеяло XIX в., льняные скатерти, винтажная мебельная обивка.

Популярная японская марка Needls входит в семейство брендов Nerenthes и с самого основания выпускает коллекцию Rebuild. Например, в нее входят уже ставшие именитыми рубашки, футболки и худи, собранные из старой одежды и разрезанные на вертикальные полосы.

Бренд By Walid также занимается апсайклингом одежды. Большое количество времени у Валида аль Дамирджи занимает поиск винтажных материалов по всему миру. Для своего поиска дизайнеру приходится посещать различные аукционы, специализированные магазины, а также назначать встречи с другими коллекционерами антикварной одежды.

Американская марка одежды для активного отдыха стали главными стражами ответственного производства и потребления. Бренд проверяет всю цепочку своих поставщиков вплоть до фермеров, которые выращивают хлопок, и перечисляет 1% от ежегодных продаж в фонды защиты окружающей среды. В рамках программы Worn Wear Patagonia компания принимает, ремонтирует и снова продаёт использованные вещи.

Вековыми сумками известен американский бренд Filson, который дает новую жизнь своим ранее произведенным старым изделиям. В рамках проекта Restoration Department во флагманском магазине марки создают сумки двух категорий. К первой категории относятся изношенные изделия, ранее списанные, а затем тщательно отреставрированные. Ко второй те, что отшиваются вручную из дедсток материалов и остатков тканей [3].

«Шиповник» – это московская марка, начавшая свой творческий путь в 2018 году. Дизайнеры бренда Dog Rose вручную создают новые вещи в единичном экземпляре, объединяя в один предмет обрывки множества других [4].

Ksenia Schneider – бренд, производящий вещи из денима. Для производства одной коллекции используется примерно 500 пар старых джинсов. Причем брендом выпускается не более 3 тысяч предметов гардероба в год. Все изделия марки создаются вручную, поэтому каждый предмет абсолютно уникален и самобытен [5].

№ п/п	Название бренда	Эскиз	Способ апсайклинга	Материал/элементы одежды коллекции
1	Recycle		Переработка старой одежды с добавлением новой из органических материалов	Органический хлопок, переработанный полиэстер
2	Greg Lauren		Вторичное использование старой одежды	Старая джинсовая ткань, вторичное использование материалов
3	Bode		Переработка антикварных тканей и вещей	Легкие рубашки с ручной вышивкой, лоскутные брюки, рабочие куртки с цветочными нашивками

Рисунок 1 – Фрагмент таблицы «Классификация методов апсайклинга»

Таким образом, на основе изученных брендов выявлено, что у большинства из них есть два способа применения апсайклинга: использование старых вещей и создания из их комбинирования новых или изготовление одежды из экоматериалов с возможным добавлением старых, антикварных тканей или элементов одежды, а также тканей, залежавшихся на складах, но сохранивших свое качество. Изделия, получающиеся таким путем несут в себе частичку прошлого, что придает им очаровывающий шарм. Также вещь, которая подразумевает в себе индивидуальность и уникальность заставляет потребителя задуматься о том насколько могут быть долговечны предметы быта и начать более ценно к ним относиться.

Список использованных источников:

1. Долгова Т. В. Социоллингвистическое исследование термина *upcycling* в современной терминологии индустрии моды // Вестник Омского государственного педагогического университета. Гуманитарные исследования. 2020. №2 (27).

2. Флетчер К. Медленная мода: изменить систему // Теория моды: тело, одежда, культура. 2019. № 52. С. 9–17.

3. Постпотребительские товары [Электронный ресурс]/ URL: <https://vacations-on.com/all/9-upcycling-brands/> (Дата обращения: 15.03.2022)

4. 8 брендов, которые создают одежду из старинных (и просто ненужных) тканей [Электронный ресурс]/ URL: https://www.the-village.ru/service-shopping/shops/375937-redizayn-marki-kotorye-pereshivayut-veschi-iz-staryh?from=infinite_scroll (Дата обращения: 15.03.2022)

5. Апсайклинг или как могут пригодиться старые вещи [Электронный ресурс]/ URL: [persono.ruhttps://persono.ru/blog/laboratoriya-zabitih-imen/apsaikling-ili-kak-mogut-prigoditsya-starie-veshi/](https://persono.ru/blog/laboratoriya-zabitih-imen/apsaikling-ili-kak-mogut-prigoditsya-starie-veshi/) (Дата обращения: 15.03.2022)

© Благова П.А., Фирсова Ю.Ю., 2022

УДК 687.03

ЭКОЛОГИЧНАЯ УПАКОВКА ДЛЯ ЭКОЛОГИЧНОГО ТЕКСТИЛЯ

Геращенко Е.Е., Кирсанова Е.А.

Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

В мире каждый человек встречается лицом к лицу с огромным разнообразием неограниченного вида упаковки в различных местах пребывания. Наше внимание концентрируется на дизайне и форме упаковки, но самой главной и важной характеристикой данной продукции должен быть состав и актуальные меры применения. Так же можно выделить несколько основных трендов современной упаковки:

персонализация упаковки, лимитированные тиражи, уникальные этикетки на основе цифровой печати для разных продуктов;

уменьшение размерности упаковки;

рост популярности идеи сохранения окружающей среды вынуждает производителей использовать упаковку из более безопасных в плане экологии материалов;

требования по удешевлению конечного продукта и снижению его общего веса при сохранении барьерных и защитных свойств упаковки.

Каждое поколение людей во всем мире старались и стараются до сих пор привести экологическую составляющую жизни к лучшему уровню. Каждый год разрабатываются и внедряются в производства новые решения по переработке полиэтиленового мусора, вводятся проекты по сортировке и разделению отходов. Если рассматривать классификацию отходов по основным видам, то стеклянная тара, как правило, находится в потребительском цикле, а бумажная подвергается разложению в естественных условиях, то упаковка из синтетических полимеров, составляющая 40 % бытового мусора, практически «вечна» – она не разлагается и вопрос, как быть и что делать с пластмассовым отходом, становится глобальной экологической проблемой. От его решения в значительной степени зависит экологическая обстановка в мире и, по всей видимости, темпы и направления развития производства синтетических пластмасс в двадцать первом столетии [1].

Основное предназначение упаковки – это защита товаров от механических повреждений, вторичное – это привлечение внимания. Современное бумажное производство немислимо без эффективного использования различных химических материалов. В способах производства влагопрочной бумажной упаковки возникает интерес к нахождению пути получения бумаги при минимальных затратах и повышенных физико-химических показателей. Для повышения

механической прочности и снижения водопоглощения бумаги, используемой в производстве упаковки, на стадии ее изготовления в бумажную массу вводятся гидрофобизирующие материалы. К числу проклеивающих веществ относят такие, которые передают бумаге водостойкость, а также и такие, которые связывают волокна между собой в бумажном листе и тем самым способствуют повышению сомкнутости и механической прочности бумаги, первые называют гидрофобизирующими, а вторые – связующими проклеивающими веществами. Рост популярности идеи сохранения окружающей среды вынуждает производителей использовать упаковку из более безопасных в плане экологии материалов [2].

Изделия на бумажной основе обычно повторно используют в качестве вторичного сырья способами механической повторной варки. Поскольку при нанесении на поверхность бумаги полиэтилена или полипропилена (PP) полимеры связывают волокна бумаги, при их отделении способами механической повторной варки обычно теряется более 15% по весу волокон бумаги из-за того, что полимер прилипает к волокнам бумаги и уносит их в потоке отходов [3]. По этой причине вторичная переработка таких материалов становится более трудоемкой и дорогостоящей, требующей специального оборудования. Большинство бумажных фабрик отказывается принимать бумагу с полимерным покрытием для вторичного использования. Пластиковая стратегия ЕС до 2030 – довести содержание вторичного сырья в упаковке до 55% [4]. В России цель по повышению вторичной переработки заявлена на государственном уровне.

От 19.01.2021 в Государственную Думу РФ был подан проект федерального закона № 1096229-7 «О внесении изменений в Федеральный закон «Об отходах производства и потребления». Данный проект направлен на совершенствование института расширенной ответственности производителей и импортеров товаров, а именно на отмену норматива утилизации отходов упаковки и установление обязанности для производителей и импортеров по утилизации 100% отходов упаковки. Из этого следует, что компаниям придется производить упаковку, которая будет подвергаться полной утилизации, а, следовательно, необходимо менять подход к производству определенного вида продукции и находить новые источники сырья [5].

Вопрос о важности сохранения окружающей среды с точки зрения перерабатываемой бумажной упаковки всем давно известен, теперь можно переходить к новому этапу, а именно внедрению упаковки с гидрофобизирующим покрытием в производство или бизнес.

Для более детального рассмотрения возьмем интернет-магазин одежды больших размеров для женщин «Your style». В магазине представлен большой выбор товаров, которым при транспортировке

потребуется плотная упаковка для сохранения внешнего вида от внешних повреждений.

Раньше, качество товара считалось эталоном в борьбе за внимание потребителей, но теперь бренду необходимо следовать новым правилам рынка, а это значит – соответствовать личным ценностям покупателей. Именно поэтому интернет-магазин хочет встать на путь эко-защитника и позиционировать себя борцом за экологию с помощью внедрения в продажи эко-упаковки.

В России существует экологическая маркировка «Листок жизни» – это единственная экомаркировка, признанная на международном уровне. Ее имеют право поставить те, кто прошел проверку органа по сертификации под названием «Экологический союз» (рис. 1). Она присваивается продукции (услугам, работам), соответствующим строгим экологическим требованиям международного уровня. «Листок жизни» подтверждает экологическую безопасность товара или услуги и может быть присвоена как пищевой, так и непищевой потребительской продукции, услугам и работам, успешно прошедшим процедуру добровольной экологической сертификации. Процедура сертификации включает экспертизу всех этапов жизненного цикла продукции или услуги [6].

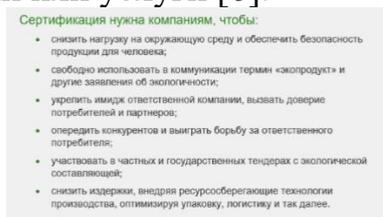


Рисунок 1 – Значение сертификации органа «Экологический союз» для компании

При рассмотрении стандарта СТО-56171713-028-2021 были выявлены требования к материалам, используемым в транспортной и потребительской упаковке. В требовании к составу транспортной и сбытовой упаковки указано, что должны использоваться материалы, не содержащие галогенированных пластмасс. При переработке и минимизации упаковки подтвержденный состав и/или промаркирована, должна быть легко делима на составные части для дальнейшей переработки доступными в РФ методами. Исключено использование в упаковке покрытий или пропиток, препятствующих процессам переработки. Предприятие осуществляет меры по минимизации количества упаковочных материалов или переходу на упаковочные материалы из вторичных ресурсов, например: снижение количества упаковочных материалов на единицу продукции;

переход на упаковку из вторичных ресурсов (вторичного сырья).

Требование к содержанию вторичного или сертифицированного сырья в упаковке включает материалы из картона содержащих, как

минимум 50% вторичных ресурсов (вторичного сырья) или 100% древесного сырья из лесов, имеющих сертификат соответствия FSC/PEFC или аналогичной независимой системы сертификации устойчивого лесопользования [7].

На основании данных требований была рассмотрена экологичная гидрофобизирующая композиция для термосвариваемой упаковочной бумаги homacryl 941. Данный продукт не является аналогом или заменой импортным продуктам, довольно слабо представленным на российском рынке из-за их высокой стоимости, а преобладающей на данный момент технологии ламинирования картона и бумаги полиолефинами (полиэтиленом и полипропиленом). В его состав входит сополимерная полиэфирная дисперсия без пластификатора, стабилизированная анионным и неионными ПАВ (поверхностно-активные вещества).

Homacryl 941 обеспечивает высокие барьерные свойства (гидрофобность, маслостойкость), образует покрытие, способное к формированию устойчивого качественного термошва под воздействием термоголовки или термогубок уже при нанесении на картон/бумагу 4-6 г/м² композиции по сухому, (т.е. 8-12 г/м² самой дисперсии), что в 2-3 раза меньше, чем идет полиэтилена в аналогичных случаях.

Данный материал не предназначен для упаковки, имеющей непосредственный контакт с пищей, но прекрасно подойдет для получения одноразовой упаковки для различного рода мелкой и крупной фасовки.

Область применения Homacryl 941	упаковка для одноразовых ложек/вилок/трубочек;
	упаковка для малогабаритных товаров, имеющей свою индивидуальную упаковку, например, запаянный пакет с зубочистками, салфетками, пастилками в коробках;
	упаковка различной рекламной продукции для крупных сетей - кэпсы, наклейки, игрушки, значки;
	упаковка для текстильных товаров;
	упаковка для бытовой химии (капсулы для стирки, кусковое мыло и т.д.)
	упаковка для бижутерии.

Рисунок 2 – Область применения Homacryl 941 в промышленных и бытовых отраслях

На основании данных представленных на рис. 2 интернет-магазин «Your style» может использовать упаковку с нанесенным составом Homacryl 941 для своих товаров.

Таким образом в соответствии с международными требованиями, возможно добровольное подтверждение соответствия на экологическую безопасность товара или услуги как пищевой, так и непищевой потребительской продукции, услугам и работам.

Для более полного удовлетворения потребителей необходимо сохранять экологические свойства продукции, поэтому при хранении и транспортировке необходимо использовать такой вид упаковки, который это обеспечивает.

Предложено использовать новый технологичный отечественный вариант термосвариваемой упаковочной бумаги homacryl 941.

Список использованных источников:

1. ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования. – Введ. 01.07.1992. – М.: Стандартинформ, 2006 –64с.
2. Анализ химического состава гидрофобизирующих материалов, используемых в производстве бумажной упаковки [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/89/17958/> – Загл. с экрана.
3. Пат. 2646404 Российская Федерация МПК В32В 37/02. Бумажная упаковка с барьерными свойствами и способом ее изготовления / ЧАМ Пак Менг (US), ФЕЙН Тодд (US), ЛАВЕРДУЕ Кеннет Скотт (US), ПАЛТА Дипали (US); заявитель и патентообладатель Фрито-Лэй Норт Америка, Инк. (US)-№2015121069; заявл. 05.11.2013; опубл.05.03.2018, Бюл. №7.
4. European-plastics-pact [Electronic resource]. – Mode acess <https://bioplasticsnews.com/wp-content/uploads/2020/03/european-plastics-pact.pdf>
5. Законопроект № 1096229-7 «О внесении изменений в Федеральный закон «Об отходах производства и потребления» от 19.01.2021 [Электронный ресурс]–Режим доступа: <https://sozd.duma.gov.ru/bill/1096229-7>– Загл. с экрана.
6. Экологическая маркировка: «Листок жизни» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://roscontrol.com/project/article/ekologicheskaya-markirovka-listok-gizni/>– Загл. с экрана.
7. Стандарт СТО-56171713-028-2021 «Услуги торговли. Требования экологической безопасности и методы оценки» [Электронный ресурс]–Режим доступа: https://ecounion.ru/wp-content/uploads/2022/01/sto_standart_listok-zhizni_tekstil-i-kozha_izdeliya-iz-nih_.pdf– Загл. с экрана.

© Геращенко Е.Е., Кирсанова Е.А., 2022

УДК 7:687.01

**КОЛЛЕКЦИЯ ПАТРИОТОВ:
МАТЕРИАЛЫ ВОЕННО-ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА
ВООРУЖЕННЫХ СИЛ РОССИИ
НА СЛУЖБЕ МИРА И СОВРЕМЕННОЙ МОДЫ**

Горелова Н.В., Фирсова Ю.Ю., Алибекова М.И.

Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Актуальность данной темы определяется потребностями изучения и прогнозирования процессов развития современной моды, как одного из важных элементов социального и культурного пространства, оказывающего значительное влияние на формирование человеческой личности,

становление и социализацию молодежи, а также как направляющего вектора для современной индустрии производства одежды.

Поиск новых подходов к разработке современной одежды – возможности применения универсальных материалов в различных сферах, в том числе и модной одежде является актуальным инновационным решением, а также возможностью разумной реализации выпадов материалов военно-промышленного комплекса, ассортиментом которого являются изделия оснастки для техники и средств наземного обслуживания. Таким образом отходы можно использовать на пошив современной модной одежды и получать дополнительную прибыль с реализации продукции, создавать новые образы на основе исторических прототипов военного мундира. Экономическая составляющая и экологические характеристики – гигроскопичность и воздухопроницаемость – этих тканей способствуют увеличению конкурентоспособности подобных изделий на ранке модной продукции [1].

Происходящие в мировой экономике процессы, а именно, меняющиеся соотношения между предложениями и спросом на одежду, приводят к изменению роли качества в жизни потребителя и производителя. Качество все больше определяется такими факторами, как спрос потребителей, конъюнктура рынка, конкурентная рыночная среда и т.д. Это требует иных подходов к планированию, разработке и производству качественной одежды. Как экономическая категория, качество, продиктованное требованием рынка, должно быть оптимальным, т.е. достаточно высоким, чтобы победить конкурентов, и, одновременно с этим, иметь такой нижний предел цены, чтобы эту продукцию покупали. Причем, с точки зрения производства качество обеспечивается ГОСТами, ТУ, НД, а со стороны покупателя продукция должна удовлетворять их требования физиологического и психологического комфорта [2]. Легкая промышленность, в мировом масштабе и в России, в частности, требует адаптации к новым условиям существования в рамках современной мировой экономики и нуждается в теоретическом осмыслении роли инновационных технологий в системе модного производства. Это обусловлено стремительным развитием технического прогресса, объединяющего сегодня ранее несвязанные или слабо связанные сегменты экономики и сферы деятельности, которые сегодня преобразуются и начинают активно взаимодействовать, предоставляя все новые горизонты для развития связи науки и производства. Этот процесс пронизывает и моду, которая, по мнению некоторых исследователей, относится к весьма консервативным сферам профессиональной деятельности.

Глобализация мировой экономики играет важную роль в этом процессе, позволяя консолидировать усилия в направлении оптимизации

производственных процессов, увеличения мобильности производства и сокращения времени на внедрение инноваций [3].

По мере того, как информационные технологии все глубже интегрировались в повседневную жизнь, все более возрастала и значимость использования достижений научно-технического прогресса с целью совершенствования среды обитания человека, окружающего материального мира. Неудивительно, что костюм как внешняя оболочка тела человека, к которой предъявляются особые требования в области функциональности, эргономики и эстетики, стал объектом непосредственной апробации передовых достижений науки в сфере создания инновационных материалов [4]. В связи с этим, являются актуальными исследования инновационных технологий в моде и опыта их применения в рамках российской модной индустрии, который может быть эффективно использован модельерами и другими специалистами отрасли в дальнейшем. При анализе современных инновационных материалов были выбраны наиболее подходящие к проекту, а именно универсальные, экологичные, экономически выгодные материалы, а также различные способы их использования для применения не только для военной промышленности, но и для пошива модной одежды массового потребления, а также минимизирование и реализации отходов швейных предприятий Военно-промышленного комплекса ВС России.

На начальном этапе проектирования коллекции одежды с элементами военной формы и оснастки, изучен исторический аспект развития военного мундира и оснастки для военной техники, сопоставлены данные о желаемых функциях вещи, комплекс вещей или среды, об облике проектируемого изделия и среды, о способе изготовления, наличии аналогов предполагаемого объекта. Анализ выявляет недостатки существующих изделий и пожелания потребителей. Исследования включают социально-экономический анализ; функциональный анализ, то есть исследование способов использования изделия; исследование структуры потребностей различных групп населения и наиболее эффективных с точки зрения затрат способов их удовлетворения; исследование материалов и возможных способов изготовления изделия; анализ формы, то есть исследование структуры изделия и ее аналогов; поиск вариантов композиционных, конструктивных и пластических решений [1, 4].

На основе проведенных исследований и анализа аналогов появилась творческая концепция – художественный образ будущей коллекции. Для дальнейшей работы над коллекцией с использованием элементов военного костюма и оснастки были подобраны современные материалы из арсенала Военно-промышленного комплекса Вооруженных Сил России, которые делают коллекцию уникальной и необычной.

Для уникальной авторской коллекции были выбраны материалы полотно палаточное; Авизент (авиационный брезент); ленты-стропы.

Палаточное полотно – это хлопчатобумажная ткань полотняного переплетения. В наше время, когда в составе многих плательных и костюмных тканях входят синтетические включения, возможность выполнить изделия из 100% натурального материала – огромный плюс. Натуральное сырьё имеет большое преимущество. Палаточная ткань и изделия из нее обладают гигроскопичностью (способность поглощать из окружающей среды и отдавать в нее водяные пары и воду) и воздухопроницаемостью (это свойство ткани пропускать воздух и обеспечивать вентилируемость одежды). Экологичность – еще одно неопределимое преимущество палаточной ткани. Изначально (в начале 20 века) эта ткань была разработана для изготовления армейских палаток. Требования Заказчика (ВПК ВС России) были просты – дешево, прочно, надёжно. Для удешевления и снижения веса ткань для палаток сделали не из традиционных для парусины льна и конопли, а из хлопка. Получилась относительно легкая, более мягкая, чем брезент, ткань с хорошими водоупорными свойствами, которая быстро нашла себе применение не только в армейских палатках, но и в одежде [5].

Авизент (авиационный брезент) – это один из самых плотных и долговечных материалов в текстильной промышленности. Благодаря устойчивости к негативным воздействиям окружающей среды, полотно нашло свое применение в различных отраслях жизни. Авизент (авиационный брезент) – плотная парусина (льняная, полульняная с применением джута или хлопчатобумажная ткань, вырабатываемая из толстой пряжи), пропитанная огнеупорными или водоотталкивающими и противогнилостными составами. Цвет – от бледно-жёлтого до коричневого (редко оранжевого) для огнеупорной пропитки. И от бледно-зелёного до насыщенного зелёного – для водоупорной пропитки. Основная задача брезентовой ткани – служить надежной защитой поверхности от различных повреждений, воздействий в окружающей среде. В зависимости от целевого назначения данный материал применяется для пошива укрывных палаток, полов, рюкзаков, тентов, спецодежды и обуви, к которым предъявляются повышенные требования прочности и защитных характеристик. Брезентовая ткань является экологически чистой и гипоаллергенной. Она отлично пропускает воздух и способствует поддержанию постоянной влажности и стабильной температуры [5].

Для декоративных элементов в изделиях авторской коллекции были подобраны ленты-стропы, придающие изделиям необычность и оригинальность.

В конструктивных элементах моделей молодежной коллекции просматриваются формы техники воздушно-наземного назначения как прообраза коллекции. Главным отличием авторской коллекции, способствующим узнаваемости образа, являются силуэты моделей и

уникальная пластика конструктивных линий, заимствованная из арсенала военной техники, амуниции и оснастки ВПК ВС России. Таким образом единый художественно-конструктивный образ создает целостность и гармонию современного аутфита.

Одежда с элементами военной формы и оснастки – это не только брутальность и дерзость. Способов выразить индивидуальность множество, и настоящая авторская коллекция – один из них. Прилегающие, сидящие по фигуре модели одежды создают элегантные женственные образы, но, одновременно, они несут связь поколений, дух патриотизма, единства со своим народом, со своей страной.

Список использованных источников:

1. Горелова Н.В., Эстетика патриотизма: военная техника и амуниция как источник вдохновения при проектировании современного аутфита// Международный молодёжный конкурс научных проектов/ - ФГБОУ ВО РГУ им.А.Н.Косыгина, М - 2021, С. 70-75.

2. Плетнева Н.П. Уроки лояльности // Методы менеджмента качества. – 2011. – № 5 – с. 37-39.

3. Альтшуллер Г. С. Найти идею – Петрозаводск: Скандинавия, 2003 – с.240

4. Гечи А., Карамияс В. Конец моды. Одежда и костюм в эпоху глобализации. – М.: Новое литературное обозрение, - 2020. – с.288

5. Савостицкий Н.А., Амирова Э.К. Материаловедение швейного производства: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования – 7-е изд., стер. – М. : Издательский центр «Академия», 2013. – 272 с.

© Горелова Н.В., Фирсова Ю.Ю., Алибекова М.И., 2022

УДК 620:004.932

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦВЕТОВОЙ МОДЕЛИ HSV В ЗАДАЧАХ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Грибова Е.В., Новикова П.А.

Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

В последнее время наблюдается устойчивый спрос у производителей и потребителей изделий, полученных с применением нетканых материалов. Растет количество отраслей, где находят применение нетканые материалы. В том числе широкое применение нетканые материалы нашли в текстильной промышленности в качестве утеплителя для одежды. По сравнению с традиционными утеплителями растительного происхождения нетканые материалы имеют целый ряд неоспоримых преимуществ, в том числе

высокие показатели теплозащитных свойств при небольшой толщине и массе.

В условиях высокой конкуренции в сфере производства и быстрой смены покупательского спроса на рынке, промышленным предприятиям, производящим нетканые материалы, приходится оперативно менять ассортимент выпускаемой продукции. При этом совершенствуются производственные технологии, используются новые сырьевые составы, поэтому очень важно оперативно отслеживать качество выпускаемой продукции. В работах [1, 2] представлена экспериментальная установка, для экспресс-анализа оценки теплофизических свойств нетканых материалов. Были разработаны и исследованы альтернативные традиционным новые показатели, по которым можно судить об изменении теплофизических свойств нетканых полотен, например, при изменении рецептуры сырья или изменении технологических параметров производства. Показатели разработаны на основе анализа параметров различных цветовых моделей. Так как получаемое изображение с тепловизионного прибора, входящего в установку, дает цветное изображение теплового потока на поверхности нетканого материала, появляется возможность получить большое количество информации о различных свойствах исследуемых образцов при обработке этих изображений.

Модель HSB представляет собой цветовой круг, где цветовой тон H изменяется в диапазоне от 0 (красный цвет) до 360 (фиолетовый цвет), и основана на принципах восприятия цвета человеческим зрением. При использовании данной цветовой модели визуально красные оттенки соответствуют более тонким образцам, которые интенсивно пропускают тепловой поток, а зеленые и синие оттенки соответствуют образцам, имеющим более высокую поверхностную плотность и менее интенсивно пропускающие тепловой поток. Параметр насыщенности цветовой модели S и параметр яркости B в нашем случае не учитываются. При этом необходимо отметить, что H в данном случае интегральный показатель, что делает его удобным и простым в применении.

В табл. 1 приведены экспериментальные данные, полученные при исследовании нетканых материалов артикула СОФТ.

Все исследуемые нетканые материалы имеют различные структурные характеристики и выработаны на предприятии «Термопол-Москва».

Таблица 1 – Теплофизические свойства исследуемых образцов артикула СОФТ и их расчетные характеристики

Артикул	Суммарное тепл. сопротивление, $m^2 \cdot ^\circ C / Wt$	H из цветовой модели HSB
СОФТ 70 г/м ²	0,320	12
СОФТ 100 г/м ²	0,349	42
СОФТ 150 г/м ²	0,495	155
СОФТ 200 г/м ²	0,688	183
СОФТ 250 г/м ²	0,720	211

Из табл. 1 видно, что составляющая N цветовой модели HSB растет пропорционально росту суммарного теплового сопротивления нетканых материалов.

Такие же эксперименты были проведены с артикулами СОФТ-Н и ВАЛЮМЕТРИК. Все артикулы показали одинаковую тенденцию изменения величины N .

На основе экспериментальных данных была построена зависимость значений составляющей N изображения и суммарного теплового сопротивления от поверхностной плотности материала (рис. 1).

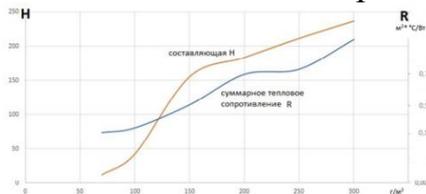


Рисунок 1 – Зависимость значения составляющей N изображения и суммарного теплового сопротивления от плотности нетканого материала

Коэффициент корреляции при этом превысил значение 0,8, что говорит о сильной корреляции между данными параметрами.

В большинстве случаев необходим перевод получаемого с тепловизионного прибора изображения в цветовую модель HSB. Для этого можно воспользоваться онлайн-конвертерами или известными формулами преобразования одной цветовой модели в другую.

Использование составляющей N в качестве альтернативного показателя теплофизических свойств нетканых материалов является эффективным при исследовании ряда нетканых материалов с большим диапазоном поверхностной плотности материала. Этот метод не обладает высокой чувствительностью. В случае необходимости исследовать нетканые материалы близкие по поверхностной плотности необходимо использовать другой альтернативный показатель, обладающей большей чувствительностью и дающий более полные данные о распределении пикселей в полученном с тепловизионного прибора изображении.

Список использованных источников:

1. Грибова Е.В., Новиков А.Н., Волкова П.Д. Лабораторная установка по исследованию теплоизоляционных свойств текстильных материалов // В сборнике: Инновационное развитие техники и технологий в промышленности. Сборник материалов Всероссийской научной конференции молодых исследователей с международным участием. Москва, 2021. С. 38-40.

2. Грибова Е.В., Новиков А.Н., Фирсов А.В., Иванов В.В. Разработка лабораторного комплекса для оперативного контроля теплоизоляционных свойств текстильных материалов // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2021. № 5 (395). С. 39-43.

© Грибова Е.В., Новикова П.А., 2022

УДК 677.017

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ФЛИСОВЫХ ТРИКОТАЖНЫХ ПОЛОТЕН

Гуменная А.В., Демократова Е.Б., Чернышева Г.М.

Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

В настоящее время в связи с пандемией, политической ситуацией и закрытыми границами большую популярность начал набирать туризм в пределах России. В нашей стране есть несколько климатических поясов и множество мест, куда можно отправиться в путешествие. Это создает необходимость в производстве одежды, обуви, аксессуаров и снаряжения. Учитывая нашу климатическую зону, одним из важнейших предметов одежды для туризма в любой точке России является термобелье.

Термобелье – это изделие первого слоя, оно служит для отведения пота и сохранения тепла. В основном его используют спортсмены, занимающиеся зимними видами спорта, и любители активного отдыха на воздухе в холодное время года.

Для производства термобелья используются различные материалы, которые отвечают заданным требованиям, в частности это трикотажные флисовые полотна.

Чаще всего термобелье используют во время активных физических нагрузок, поэтому полотна, из которых оно изготавливается должно обладать высокими деформационными свойствами. Одним из таких свойств является растяжимость. Растяжимость в поперечном направлении влияет на свободу дыхания и свободу движения, в продольном направлении – на свободу движения.

Кроме того, термобелье должно плотно прилегать к телу, чтобы оставаться незаметным под одеждой, не собираться в складки, поэтому важно, чтобы полотна обладали упругостью и способностью принимать прежнюю форму.

Эти свойства можно определить, как одноцикловые при растяжении. Это понятие определяется однократным последовательным выполнением трех действий: нагрузка, разгрузка, отдых. Процессы, которые в процессе этого цикла приводят к равновесному состоянию материала – релаксационные процессы. Поведение материала в ходе испытательного цикла характеризуется следующими величинами [1].

Полная деформация растяжения – удлинение рабочей части пробы материала к моменту разгрузки.

Условно-упругая (быстрообратимая) часть полной деформации – величина сокращения рабочей части пробы материала, зафиксированная через очень небольшой промежуток времени после разгрузки.

Условно-эластическая (медленнообратимая) часть полной деформации – величина уменьшения длины рабочей части пробы материала, зафиксированная в длительный период времени: с момента вскоре после разгрузки и до конца заданного этапа отдыха.

Условно-пластическая (необратимая) часть полной деформации – удлинение рабочей части пробы, зафиксированное в конце этапа отдыха.

Нормативная база соответствующих испытаний трикотажных полотен содержит следующие положения.

ГОСТ 8847 [2] устанавливает определение растяжимости и необратимой (т.е. остаточной) деформации полотен на приборе ПР-2. При этом испытании проба в виде полоски шириной 50 мм сшивается в кольцо, и это кольцо нагружается усилием 6 Н. Величина растяжимости определяется непосредственно после нагружения. Для определения необратимой деформации полотно остается под нагрузкой в течение 10 минут, а отдых составляет 30 минут. Данные характеристики определяются для направлений петельных рядов и петельных столбиков отдельно.

Существует также методика определения остаточной деформации трикотажных полотен для верхних изделий по ГОСТ 28239 на приборе СЧД. Данная методика основана на двухосном растяжении.

Как показано в [1], параметры определения одноцикловых характеристик часто бывает целесообразно изменять. При этом главным критерием правильности их выбора должно служить соответствие реальным условиям эксплуатации. Исходя из этого, в работе было принято решение проводить испытание следующим образом.

В целом методика испытаний была основана на ГОСТ 8847 [2], т.к. она хорошо показала себя на практике. Устройство для испытаний, работа которого аналогична работе прибора ПР-2, было изготовлено самостоятельно. Учитывая, что исследуемые полотна фактически являются материалом спортивной одежды, а человек может двигаться достаточно быстро, в работе время нагружения составляло 1 минуту, а время отдыха – 5 минут. Кроме того, учитывая повышенную величину физических нагрузок в деятельности спортсменов и туристов, было принято решение определить деформационные характеристики не только при стандартной нагрузке 6 Н, но и при повышенной нагрузке 12 Н.

С точки зрения эксплуатации наиболее информативными являются следующие характеристики.

Полное удлинение характеризует способность материала к увеличению размеров, что необходимо для свободы движений. Т.е. это позитивный показатель.

Быстрообратимое удлинение характеризует способность полотна к тому, чтобы после возвращения тела человека к исходной позе полотно быстро сократилось в размерах и восстановило правильное прилегание к коже. Следовательно, это тоже позитивный показатель.

Остаточное удлинение определяет склонность полотна к необратимым изменениям размеров и формы изделия, т.е. нежелательному явлению. Соответственно, этот показатель негативный.

Все эти свойства характеризовались относительным удлинением, которое рассчитывалось по известным формулам [1] как отношение соответствующего компонента удлинения к первоначальной длине пробы.

В качестве объектов исследования были выбраны флисовые полотна для термобелья следующих производителей (даются номера полотен, принятые в работе): «БТК Текстиль»; «Grandetex»; «Pontetorto»; «Premier Fashion»; «Polartec».

Все эти полотна выработаны плюшевыми переплетениями на базе кулирной глади при «клетчатой структуре», т.е. ворс на них не сплошной, а расположен квадратами со стороной 5-10 мм. Сырьевой состав полотен – полиэфирные нити, поверхностная плотность 90-100 г/м². Полотна различаются толщиной ворсовой нити, длиной ворса и структурой ворсового покрова, а также модулем петли.

Результаты испытаний представлены в табл. 1 и 2. В таблицах для каждого полотна через дробь даются два значения: первое – для испытания в направлении петельных столбиков, второе – в направлении петельных рядов.

Таблица 1 – Удлинение, %, при нагрузке 6 Н

Удлинение	Наименование полотна				
	1	2	3	4	5
Полное	19 / 58	26 / 31	37 / 49	47 / 49	38 / 52
Быстрообратимое	19 / 53	25 / 27	36 / 45	43 / 45	37 / 50
Остаточное	0 / 3	0 / 1	0 / 4	2 / 3	1 / 2

Таблица 2 – Удлинение, %, при нагрузке 12 Н

Удлинение	Наименование полотна				
	1	2	3	4	5
Полное	30 / 67	37 / 67	59 / 85	61 / 88	49 / 83
Быстрообратимое	29 / 64	35 / 64	54 / 79	59 / 85	47 / 79
Остаточное	2 / 3	2 / 1	3 / 6	2 / 3	1 / 4

Из таблиц можно сделать следующие выводы:

1. С увеличением нагрузки полное удлинение ожидаемо растет. Но его увеличение у разных полотен разное, и в направлении петельных рядов и петельных столбиков степень увеличения полного удлинения у одного и того же полотна разная. Это следует объяснить особенностями структуры ворсовой нити, т.к. при испытании визуально были отмечены небольшие перемещения ворсинок друг относительно друга.

2. Также увеличение нагрузки приводит к увеличению остаточной деформации, причем у разных полотен ее величина растет, как и в предыдущем случае, в разной степени.

3. У всех полотен преобладает упругая растяжимость, т.е. они достаточно быстро восстанавливают первоначальную форму. Но у полотен 3 и 4 отмечено значимое остаточное удлинение.

4. Т.к. медленнообратимое удлинение у исследуемых образцов часто практически отсутствует, напрашивается мысль об обратной корреляции быстрообратимого и остаточного удлинений. Но имеющихся данных недостаточно для вывода.

5. У всех полотен растяжимость в направлении петельных рядов существенно больше, чем в направлении петельных столбиков, что объясняется переплетением. Это логично и соответствует условиям эксплуатации, т.к. для дыхания и движений более важно, чтобы полотно растягивалось именно по ширине.

6. Наибольшую полную растяжимость имеет полотно 4, следовательно, этот вариант полотна в наибольшей степени обеспечивает свободу движений. Наихудшим в этом отношении является полотно 1, а полотно 2 несколько лучше, чем полотно 1.

7. Полотна 1 и 2 отличаются наименьшим остаточным удлинением, что является их достоинством.

8. Поскольку полотно 5 применяется достаточно часто и показало себя как соответствующее ожиданиям потребителя, можно сделать вывод, что небольшое остаточное удлинение для флисовых полотен допустимо. Сравнение полотен между собой показывает, что полотна 3 и 4 лучше «эталонного» полотна 5 по полному удлинению, а полотна 1 и 2 – по остаточному удлинению. Соответственно, полотна 3 и 4 можно рекомендовать в основном для изделий, носимых под относительно свободной одеждой в условиях, когда необходим повышенный объем движений (лыжные походы, ходьба по лесу и т.п.), а полотна 1 и 2 – для деятельности, при которой одежда должна быть прилегающей, а термобелье должно обеспечивать поддерживающий эффект (например, скалолазание).

9. Полотно 4 несколько лучше по всем характеристикам, чем полотно 3, а полотно 2 – чем полотно 1.

10. Плюшевое переплетение на базе глади является вполне рациональным для выработки флисовых полотен для термобелья.

11. Полотно, обозначенное в работе как 2, следует рекомендовать для спорта и туризма, включающего элементы гимнастики или акробатики, а полотно 4 – для ношения под одеждой свободного силуэта.

Список использованных источников:

1. Кирюхин, С.М. Текстильное материаловедение : учебное пособие для вузов / С.М. Кирюхин, Ю.С. Шустов. – М. : КолосС, 2011. – 360 с. – (Учебники и учеб. пособия для высших учебных заведений)

2. ГОСТ 8847 – 85. Полотна трикотажные. Методы определения разрывных характеристик и растяжимости при нагрузках, меньше разрывных

© Гуменная А.В., Демократова Е.Б., Чернышева Г.М., 2022

УДК 54.03

МОДИФИЦИРУЮЩИЕ ДОБАВКИ В ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛАХ

Дергунова Л.А., Самаркина Е.Е.

Научный руководитель Ваганова Е.С.

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Ульяновский государственный
технический университет», Ульяновск*

Создание новых материалов с уникальными свойствами в современном мире уже не является редкостью. Улучшение физико-химических свойств таких материалов происходит путём внедрения в их состав каких-либо добавок – модификаторов. Чаще всего добавки внедряются в материал в качестве отдельной фазы, из-за чего он превращается в полимерный композит.

Главные причины, по которым применяются модифицирующие добавки, заключаются в изменении или улучшении свойств материала, снижении его стоимости и упрощении переработки [1].

Ниже приведены наиболее распространенные виды добавок.

1. Пластификаторы составляют чуть больше половины от всех используемых добавок. Основная цель их использования – это придание эластичности; облегчение обработки материала; повышение устойчивости к воздействию низких температур.

2. Антипирены снижают горючесть, повышая тем самым безопасность полимеров. Важную роль играют в производстве деталей для электроприборов, электрической изоляции и различных предметов для бытового и промышленного назначения.

Модификаторы ударопрочности используются в выпуске пластмассовых изделий, где важен показатель ударной вязкости и для защиты полимерных композитов от воздействия негативных климатических факторов.

В качестве минеральных наполнителей используются материалы природного происхождения (тальк или мел). Они повышают прочность в изделиях из поливинилхлорида.

Антиокислители и фотостабилизаторы. Используются для повышения эксплуатационного срока готовых изделий за счет предотвращения

окислительного процесса при контакте с кислородом в воздухе; защиты полимеров от ультрафиолетовых лучей.

Пигменты и просветлители – добавки для улучшения внешних параметров материала. Они придают изделиям из полимеров любой цвет; повышают их прозрачность и придают перламутровый, искрящийся или матовый эффекты.

К последнему классу добавок, повышающих привлекательность материала, можно добавить также смеси полимеров, повышающих блеск; скользящие (слип), антистатики, гидрофильные (антифоги) модифицирующие поверхность (на скольжение, проводимость, гидрофильность); нуклеаторы и вспениватели, борющиеся с усадкой, утяжинами и корблением материала; ароматизаторы, соответственно, придают привлекательный запах материалу.

Для повышения долговечности изделия, защиты от солнечных лучей, используют светостабилизаторы, а от нагрева – термостабилизаторы (антиоксиданты).

Обеспечение прочности гарантирует использование современных полимеров и их примесей. Жесткость повышается путём добавления нуклеаторов [2].

Также необходимо учитывать такую характеристику в изделиях, как защита содержимого. Например, для снижения воздействия УФ-излучения добавляют соответствующие абсорбенты. Для укрепления антимикробных свойств вводят бактерицидные добавки, а для барьерных свойств (по кислороду, влаге и углекислоте) – специальные полимеры (напр. PVDC, HDPE) в барьерный слой. В том числе используются поглотители кислорода, углекислого газа и влаги, соответственно.

Технологичность полимерных композитов обеспечивают такие добавки, как процессинговые, или экструзионные (облегчают процесс переработки полимера), а также чистящие составы и концентраты, которые ускоряют процесс очищения.

Следует отметить, что самым актуальным на данный момент является повышение экологичности изделий из полимерных композиционных материалов. Так для того, чтобы добиться необходимых требований по снижению количества отходов при запуске используют стоп-концентраты (термостабилизаторы); для запланированной повторной переработки вторичных полимеров добавляют рециклизаторы; для ускорения разложения (биоразлагаемых полимеров) применяют окси-биоразлагающие добавки.

Для удобства использования все основные добавки выпускаются в виде концентратов (суперконцентратов), которые допускают их применение в обычных технологических установках и машинах.

Ниже приведены некоторые виды концентратов, которые не были упомянуты выше.

1. Минералонаполненные концентраты чаще всего вводятся для удешевления изделия. Доля мела при этом составляет до 30%. Данная добавка утяжеляет материал, что дает преимущество при продаже на вес.

Наилучшее решение по использованию мелового наполнителя – микронизированный, гидрофобно-обработанный мел со средним размером частиц 1,2-1,6 мкм и максимальным до 8 мкм. Он совместим с матрицей полимера, от чего при экструзии нет закупоривания сеток для фильтрации. Абразивное воздействие концентрата на металлические части оборудования сводится к минимуму.

2. Тальконаполненные концентраты. В основе их изготовления лежит полиэтилен высокого давления или полистирол общего назначения и микротальк, который хорошо совместим с матрицей полимера. Частицы микроталька образуют укрепляющую структуру благодаря своей плоской чешуйчатой форме, тем самым повышая прочность и жесткость полимерной продукции.

Данная добавка при литье снижает или полностью удаляет коробление и усадку изделия без изменения технологических режимов и пресс-формы.

Ввод тальконаполненного концентрата придает изделию прочность и жесткость, когда получают крупногабаритные изделия из полиэтилена низкого давления или полипропилена с помощью раздувного формования.

Тальконаполненные концентраты также могут выполнять роль нуклеирующего агента при производстве вспененных изделий. Они стабилизируют и оптимизируют структуру пены, повышая эластичность изделия, делая его более однородным.

3. Осушающие концентраты. Их предназначение заключается в поглощении большого количества влаги при переработке за счет содержания в концентратах 60-80% минерального активного вещества. Позволяют оптимизировать технологический процесс и получить на выходе качественное изделие даже при высоком показателе влажности исходного сырья.

Так же к достоинству данной добавки можно отнести, то, что она выступает в качестве раскислителя при переработке вторичного поливинилхлорида, поглощая кислотные продукты его разложения.

4. Теплоудерживающие концентраты. Применяются в получении парниковых и тепличных пленок, которые регулируют температуру в теплицах.

Обычные пленки из полиэтилена пропускают длинноволновые инфракрасные лучи, в результате чего все тепло рассеивается ночью.

Добавка же снижает пропускную способность ИК-лучей и тем самым и потерю тепла.

Концентрат, обеспечивающий необходимый эффект, содержит до 60% минерального наполнителя, который рассеивает ИК-лучи. Для получения матированной плёнки, равномерно рассеивающей видимый свет и отражающей ИК-излучение, рекомендуется введение минимального количества 7-10% наполнителя.

5. Наполнители для регулирования коэффициента трения.

Антиблокирующий суперконцентрат в основном используется, как добавка против слипания при экструзии полиолефиновых плёнок и листов. Слипание может происходить как при намотке плёнки на стадии производства, так и при последующем хранении в туго намотанных рулонах. Кроме того, слипание может быть последствием свойств усадки конкретных полимеров, это происходит потому, что наматывание плёнки в рулон производится при температуре, превышающей температуру окружающей стороны, что в свою очередь, даёт усадку материала, образуя вакуум между слоями.

Антиблокирующий суперконцентрат влияет на контактную поверхность и адгезионную способность, уменьшая из-за возникновения микрошероховатостей при добавлении добавки. Однако, этот концентрат повышает качество сварки, фиксацию и нанесение печати. Используется в пленках толщиной от 10 мкм из полиэтилена высокого и низкого давления и полипропилена. Дозировка – 1-2%.

Скользящие суперконцентраты. Снижают коэффициент трения в полиолефиновых пленках, которые применяются для фасовки сыпучих и жидких веществ. Также используется в качестве технологической добавки при тонкостенном литье для улучшения свойств тягучести вещества (ПЭВД, ПЭНД, ПП, дозировка – 1-2%).

Комбинированные суперконцентраты. Включают в себя антиблокирующие концентраты и концентраты для скольжения, образуя сбалансированную систему. Они выполняют роль урегулирования свойств пленки из полиэтилена, которая используется для фасовки молочной продукции. Также повышают качество и прочность швов полиэтиленового рукава при сварке и снижают коэффициенты трения «пленка по пленке» и «пленка по оборудованию». Усиливает такие внешние качества материала как глянец и блеск. Также применяется как технологическая добавка в случае тонкостенного литья для улучшения свойств тягучести вещества (ПЭВД, ПЭНД, ПП, дозировка – 1-2%) [3].

Таким образом, современная наука позволяет создавать полимерные материалы с заранее заданными свойствами, отвечающими требованиям в той или иной сфере. Такие материалы будут не только долговечными, но также более экологичными и простыми для дальнейшей переработки.

Список использованных источников:

1. Ханс, Цвайфель. Добавки к полимерам / Х. Цвайфель, Р. Д. Маер, М. Шиллер – М.:Профессия, 2010. – 1144 с.
 2. Бондалетова, Л.И. Полимерные композиционные материалы: учебное пособие / Л.И. Бондалетова, В.Г. Бондалетов. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 118 с.
 3. Композиционные материалы: Справочник / Под ред. В. В. Васильева, Ю. М. Тарнопольского. – М.: Машиностроение, 1990. – 510 с.
- © Дергунова Л.А., Самаркина Е.Е., 2022

УДК 51-7

МНОГОФАКТОРНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ТЕКСТИЛЬНЫХ ВОЛОКОН МЕТОДОМ АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ

Домашевская М.С., Гвоздкова И.А.

Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Качество текстильных волокон определяется совокупностью их свойств, удовлетворяющих требованиям потребителей в зависимости от назначения изделий из них. Свойства волокон проявляются при их производстве, переработке и использовании. Они определяются в лабораторных условиях стандартными методами с помощью специальных приборов. Свойства волокон разделяют на четыре типа: геометрические, физические, механические, химические [1-3].

К геометрическим свойствам волокон относятся длина, плотность, линейная плотность (толщина), номер, форма, размеры поперечного сечения.

Длина (l) – это максимально возможный размер волокна в расправленном, но не в растянутом состоянии. Длиной волокон определяется способ их прядения и свойства производимой из них пряжи. Плотность (ρ) – это масса единицы объема волокна. Толщина волокон и нитей характеризуется линейной плотностью (T), равной отношению их массы к длине. Волокна и нити характеризуют также номером (N), равным отношению длины к массе. Более тонким волокнам соответствуют более высокие номера.

Физические свойства волокон – это теплостойкость, термостойкость, огнестойкость, морозостойкость, электризуемость, гигроскопичность и устойчивость к светопогоде. Теплостойкость – это способность волокнистого материала сохранять физико-механические свойства при повышении температуры до определенного значения. Термостойкость определяется способностью противостоять химическому разложению под

действием высоких температур. Огнестойкость характеризует способность волокна противостоять воспламенению и термическому разложению под действием огня. Морозостойкость оценивается температурой, ниже которой наблюдается резкое ухудшение свойств волокна. Устойчивость к светопогоде – это способность волокон сопротивляться разрушению под действием света, атмосферного кислорода, влажности и тепла. Электризуемость определяется способностью волокон накапливать электрические заряды, что отрицательно влияет на процесс их отделки, а также вызывает неприятные ощущения и ускоряет загрязнение тканей при эксплуатации. Гигроскопичность – это способность волокна поглощать или отдавать влагу в окружающую среду.

Текстильные материалы по гигроскопичности делятся на гидрофильные (легко поглощающие и отдающие влагу) и гидрофобные (почти не проводящие влагу). Гигроскопичность выражается влажностью и влагосодержанием. Влажность (W) – это содержание влаги в волокне в % по отношению к массе сухого образца. Фактическая влажность (W_f) показывает, какая часть массы волокна или нити приходится на массу влаги, содержащейся в волокне (нити) при определенной фактической влажности воздуха. Максимальная влажность (W_m) характеризует влажность волокна, выдержанного при относительной влажности воздуха 100% и температуре 20°C. Нормальная влажность (W_n) – это влажность волокна, выдержанного в течение 24 часов при температуре воздуха $20 \pm 2^\circ\text{C}$ и его относительной влажности $65 \pm 5\%$. Кондиционная влажность (W_k) – это постоянная для данного волокна влажность, близкая к нормальной. Влагосодержание (B) – это содержание влаги в волокне по отношению к массе влажного образца, выраженное в %: $W = (m - m_c)100\%/m_c$ (1),

где m – масса волокна до сушки; m_c – масса волокна после сушки.

Механические свойства определяются реакцией волокон и нитей на действия приложенных сил. К ним относятся прочность, износоустойчивость, прядильная способность волокон. Прочность – это способность волокон и изделий из них противостоять деформационным растяжениям. Она характеризуется:

разрывной нагрузкой (P_p) – напряжением, при котором испытуемый образец разрывается (измеряется в Н, сН, кгс);

разрывным удлинением (l_p), равным приращению длины волокна или нити к моменту разрыва: $l_p = l_1 - l_0$ (2), где l_1 – длина волокна к моменту разрыва; l_0 – длина исходного образца;

относительным разрывным удлинением (ε) – отношением изменения длины волокна к моменту разрыва (l_p) к первоначальной длине образца (l_0), выраженным в % $\varepsilon = l_p 100\%/l_0$ (3);

относительной разрывной нагрузкой (P_n) – отношением разрывной нагрузки (P_p) к толщине образца (T).

Разрывная длина (L_p) – это длина, при которой подвешенные за один конец волокно или нить разрываются под действием силы тяжести.

Износостойчивость – это способность волокнистых материалов и изделий из них противостоять старению и химической деструкции под действием различных нагрузок.

Прядильная способность волокна выражается максимальной длиной пряжи в км, полученной из 1 кг волокна.

Химические свойства волокон и нитей характеризуют их реакцию на действие кислот, щелочей и других химических веществ, используемых в процессах отделки текстильных материалов [2].

Для многофакторной оценки качества текстильных волокон и нитей может быть использован один из математических методов многокритериальной оптимизации выбора наиболее подходящей альтернативы с учетом предпочтений потребителей, например, метод анализа иерархий (МАИ), представляющий собой средство системного подхода к решению сложных задач, проблем и принятию решений [4-6]. МАИ не предписывает лицу, принимающему решение (ЛПР), какого-либо правильного решения, а предоставляет возможность найти такой вариант, который наилучшим образом согласуется с его пониманием сущности проблемы и требованиями к ее решению. Этот метод был разработан американским ученым Т. Саати в 1970 г., в настоящее время он активно развивается и широко используется на практике. Главное достоинство МАИ – высокая универсальность.

Рассмотрим схему решения задач по методу анализа иерархий с двумя иерархическими уровнями (не считая уровня цели) – уровнем критериев и уровнем альтернативных решений. Для выбора решения из P альтернативных вариантов на основе N критериев оценки надо определить абсолютные значения показателей оценки решений по всем выбранным критериям $Q(i, k)$, $i = 1, 2, \dots, N$, $k = 1, 2, \dots, P$.

Среди указанных значений не должно быть отрицательных чисел. Этого можно добиться, прибавляя ко всем показателям (или к показателям оценки альтернатив по какому-то одному критерию) достаточно большое положительное число. Если имеется решение, лидирующее по всем критериям, отбор прекращают. В противном случае на основе предпочтений ЛПР вводится рейтинг значимости каждого критерия оценки $R(i)$. Затем по формулам (4)-(6) вычисляют нормированные значения рассматриваемых параметров, измеряемые по шкале от 0 до 1: $r(i) = \frac{R(i)}{S}$, (4); $S = \sum_{i=1}^N R(i)$,

$$(5); q(i, k) = \frac{Q^m(i, k)}{\sum_{k=1}^P Q^m(i, k)}, (6); i = 1, 2, \dots, N, k = 1, 2, \dots, P;$$

где $R(i)$ – абсолютный рейтинг значимости i -го критерия оценки; $r(i)$ – нормированный весовой коэффициент i -го критерия оценки; S – сумма ненормированных весовых коэффициентов критериев оценки; N –

количество критериев; $Q(i, k)$ – абсолютное значение показателя оценки альтернативы с номером k по i -у критерию; P – количество альтернативных решений; $q(i, k)$ – нормированный весовой коэффициент показателя оценки альтернативы с номером k по i -у критерию; m – параметр, определяющий, какое значение показателя оценки решения по критерию является наилучшим: максимальное или минимальное (например, для производительности труда $m = 1$, а для расходов $m = -1$).

Если для критерия $m = -1$, то абсолютные значения показателей оценки решений по нему $Q(i, k)$, согласно формуле (6), не должны быть равны 0. В этом случае вместо 0 надо ввести очень маленькое положительное число.

Итоговые (суммарные, или комбинированные) весовые коэффициенты альтернатив $V(k)$ в двухуровневом МАИ вычисляются путем линейной свертки весовых коэффициентов иерархии по формуле (7): $V(k) = \sum_{i=1}^N r(i) q(i, k)$, (7), $k = 1, 2, \dots, P$.

Значения весовых коэффициентов $V(k)$ находятся в диапазоне от 0 до 1, их сумма равна 1, а решение с наивысшим $V(k)$ является оптимальным.

Рассмотренный алгоритм применения двухуровневого МАИ может быть распространен на трехуровневый метод анализа иерархий (не считая уровня цели). Если в процессе выбора оптимальной альтернативы участвуют L экспертов, то каждый из них должен присвоить критериям и показателям оценки альтернатив по ним индивидуальные весовые коэффициенты, обозначаемые соответственно $R(i, l)$ и $Q(i, k, l)$, $l = 1, 2, \dots, L$.

Показатели оценки решений по критериям могут быть заданы на основе объективных характеристик решений (например, цена), тогда у всех экспертов они будут иметь одинаковые значения. Затем по формулам (4)-(6) вычисляют нормированные весовые коэффициенты критериев и показателей оценки альтернатив по ним для каждого эксперта с учетом их индивидуальных предпочтений. Указанные величины обозначаются соответственно $r(i, l)$ и $q(i, k, l)$, $l = 1, 2, \dots, L$.

Если ввести абсолютный рейтинг значимости мнения l -го эксперта $E(l)$, то для вычисления нормированных весовых коэффициентов мнений экспертов $E(l)$ следует применить формулу (8):

$$e(l) = \frac{E(l)}{\sum_{l=1}^L E(l)}, \quad (8), \quad l = 1, 2, \dots, L.$$

Итоговые весовые коэффициенты решений $V(k)$ в трехуровневом МАИ определяются соотношением $V(k) = \sum_{l=1}^L (e(l) \sum_{i=1}^N r(i, l) q(i, k, l))$, (9), $k=1, 2, \dots, P$, где $r(i, l)$ – нормированный весовой коэффициент i -го критерия оценки у l -го эксперта; $q(i, k, l)$ – нормированный весовой коэффициент показателя оценки альтернативы с номером k по i -у критерию у l -го эксперта; $E(l)$ – нормированный весовой коэффициент мнения l -го эксперта.

В табл. 1 представлены характеристики хлопковых, льняных и вискозных волокон, на основе которых могут быть рассчитаны их итоговые показатели качества по МАИ. Хлопок, лен и вискоза являются в настоящее наиболее востребованными и перспективными тканями.

Таблица 1 – Характеристики хлопковых, льняных и вискозных волокон

Характеристика	Хлопок	Лен	Вискоза
Диаметр поперечного сечения, мкм	25	20 (элементарное волокно)	60
Линейная плотность мг/км	222	286	666
Разрывная нагрузка в сухом состоянии, 10-Н/мм ²	35	80 (элементарное волокно) 50 (техническое волокно)	-
Относительная разрывная нагрузка в сухом состоянии, сН-км/г	24	54 (элементарное волокно) 35 (техническое волокно)	-
Разрывная нагрузка в мокром состоянии, % разрывной нагрузки в сухом состоянии	115	110 (элементарное волокно) 70 (техническое волокно)	-
Удлинение при разрыве в сухом состоянии, %	7	2 (техническое волокно)	18 (комплексная нить) 20 (штапельное волокно)
Удлинение при разрыве в мокром состоянии, %	8	2,5 (техническое волокно)	21 (комплексная нить) 22 (штапельное волокно)
Полностью обратимое удлинение, %	1,5	-	1,5 (комплексная нить) 1,5 (штапельное волокно)
Влажность волокна, % при относительной влажности воздуха 65 %	8	12	11
Влажность волокна, % при относительной влажности воздуха 95 %	18	19	35
Уменьшение разрывной нагрузки волокна, %	50 (при температуре нагрева 150°C в течение 72 ч) 100 (при температуре нагрева 150°C в течение 300 ч) 80 (при температуре нагрева 170°C в течение 150 ч)	10 (при температуре нагрева 170°C в течение 150 ч)	-
Устойчивость волокон к действию концентрированных кислот и щелочей			
Азотная кислота	Р	Р	Рхк
Серная кислота	Р	Р	Рхк
Соляная кислота	Р	Р	Рхк
Уксусная кислота	НР	НР	НР
Муравьиная кислота	НР	НР	НР
Гидроксид натрия	НР	НР	СП

Обозначения: Р - растворяется, х – на холоде, к – концентрированным раствором, СП – снижается прочность, НР – не растворяется. Источники: систематизировано авторами на основе данных работ [1-3].

Хлопок – это натуральное волокно растительного происхождения, он растет на поверхности семян однолетних растений хлопчатника и является основным видом сырья в текстильной промышленности. Хлопковое волокно представляет собой тонкостенную трубку с каналом внутри и скручено вокруг своей оси. Хлопок обладает высокой прочностью, теплостойкостью, средней гигроскопичностью, низкой стойкостью к истиранию и малой долей упругой деформации, поэтому ткани из хлопка сильно мнутся. Также хлопок обладает высокой устойчивостью к действию щелочей.

Льняное волокно получают из стебля травянистого растения. Элементарное льняное волокно имеет слоистое строение с узким каналом посередине и поперечными сдвигами по длине волокна, которые возникают в процессе его образования и роста, а также в результате механических воздействий при первичной обработке льна. Основным достоинством льняных тканей является высокая прочность, кроме этого, льняные ткани долго не изнашиваются, хорошо впитывают влагу и быстро сохнут. Но льняные ткани быстро мнутся. Для уменьшения этого недостатка к льняной нити добавляют полиэстер.

Вискозное волокно получают из щелочного раствора ксантогената. Внешняя его оболочка имеет лучшую ориентацию макромолекул по сравнению с внутренней, где они располагаются беспорядочно. Вискозное волокно имеет форму цилиндра с продольными штрихами, возникающими при неравномерном затвердевании прядильного раствора. Вискоза обладает шелковистым блеском, возможностью окрашивания в яркие цвета, мягкостью, высокой гигроскопичностью, создает ощущение прохлады в жаркую погоду.

Для реализации МАИ могут быть использованы специальные компьютерные программы, написанные на языке программирования VBA (Visual Basic for Application) для приложения MS Excel 2010 [6].

Список использованных источников:

1. Элбакян Л.С., Ермакова Т.А., Вилькеева Д.Э. Исследование волокнистых материалов: учеб.-метод. пособие. – Волгоград: Изд-во ВолГУ, 2020.

2. Одинцова О.И., Кротова М.Н., Смирнова С.В. Основы текстильного материаловедения: текст лекций. – Иваново: Иван. гос. хим.-технол. ун-т. 2009.

3. Устойчивость волокон к действию концентрированных кислот и щелочей. URL: https://studopedia.ru/23_3136_ustoychivost-volon-k-deystviyu-kontsentrirovannih-kislot-i-shchelochey.html

4. Гвоздкова И.А. Основы математического моделирования социально-экономических процессов: учебник. – Москва: КНОРУС, 2021.

5. Гвоздкова И.А. Методы оптимальных решений. Учебное пособие. – М.: ИИЦ «АТиСО», 2017.

6. Гвоздкова Ю.Д., Гвоздкова И.А., Курочкин А.В., Черняев А.В. Информационная система оценки экологической безопасности авиационных материалов и технологий методом анализа иерархий // Информационные технологии. 2019. Т. 25. №3. С. 185–192.

© Домашевская М.С., Гвоздкова И.А., 2022

УДК 677.017

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ТКАНЕЙ С МЕМБРАННЫМ ПОКРЫТИЕМ ПОСЛЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПОНИЖЕННЫХ ТЕМПЕРАТУР

Зенков Д.И., Балашова Я.П., Курденкова А.В.

Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Современные требования к текстильным изделиям растут из года в год, рынок формирует новый запрос для производства и ставит интересные инженерные задачи, которые текстильная отрасль совместно с другими сферами производства активно решает и продвигает.

Одним из современных трендов последнего времени является использование в текстильных материалах мембранных технологий, результатом чего стало активное исследование в научных кругах и запуск в производство большого ассортимента тканей с мембранным покрытием.

Ключевыми сегментами данного направления являются одежда и обувь для активного отдыха и туризма, одежда для пожарных, медработников, обмундирование для военнослужащих и т.д.

Применение мембран в текстильной отрасли позволило многократно улучшить свойства материалов, изготовленных по классической технологии, поэтому изучение свойств мембранных тканей различных способов производства с учетом условий эксплуатации является актуальной задачей [1].

В качестве объектов исследования были выбраны 5 образцов тканей с мембранным покрытием различных производителей и различных наименований.

Выбранные образцы тканей используются при изготовлении верхней одежды: курток, плащей, ветровок.

Характеристики исследуемых образцов приведены в табл. 1. Верх тканей выработан из полиэстера, а мембрана – полиуретан.

Таблица 1 – Характеристики исследуемых образцов

Наименование показателя	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4	Образец 5
Поверхностная плотность, г/м ²	256	210	208	149	180
Толщина, мм	0,40	0,31	0,30	0,17	0,19
Линейная плотность нитей основы, текс	42	36	34	28	32
Линейная плотность нитей утка, текс	38	32	30	22	28
Плотность ткани, число нитей основы / 10 см	336	314	332	308	312
Плотность ткани, число нитей утка / 10 см	302	302	316	286	288

Изделия из данных материалов используются при пониженных температурах, что приводит к снижению качества материалов.

Основными показателями, которые характеризуют эксплуатационные свойства мембранных материалов, является водоупорность и паропроницаемость [2-4].

Результаты исследования представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Результаты определения водоупорности и паропроницаемости

Наименование образца	Водоупорность PU, мм. вод. ст.	Паропроницаемость, MVP г/м ² *24ч
Образец 1	7000	1911
Образец 2	9000	3312
Образец 3	9000	254
Образец 4	7000	1572
Образец 5	6000	764

Можно отметить, что все ткани обладают достаточно высокой водоупорностью. Паропроницаемость образца 3 является минимальной, что может привести к возникновению парникового эффекта в пододежном пространстве.

Образцы подвергались заморозке в морозильной камере в течение 3 месяцев при температуре - 20°С.

В качестве критериев износа были выбраны механические свойства. Разрывные характеристики определялись на испытательной системе Инстрон серии 4411 в соответствии с ГОСТ 3813 «Материалы текстильные. Ткани и штучные изделия. Методы определения разрывных характеристик при растяжении» [5]. Результаты испытаний приведены в табл. 3.

Таблица 3 – Результаты определения механических свойств тканей с мембранным покрытием

Наименование образца	Без воздействия		Воздействие пониженной температуры	
	Основа	Уток	Основа	Уток
Разрывная нагрузка, Н				
Образец 1	1481	1130	1443	1090
Образец 2	1015	1144	854	1060
Образец 3	934	985	921	884
Образец 4	595	452	540	372
Образец 5	330	278	301	198
Разрывное удлинение, мм				
Образец 1	105,20	55,45	88,64	45,05
Образец 2	64,22	37,98	53,07	35,44
Образец 3	68,98	52,68	63,56	49,34
Образец 4	38,78	35,21	38,10	28,63
Образец 5	40,37	20,88	31,85	15,74

Наибольшей разрывной нагрузкой обладает образец 1, а наименьшей – образец 5.

Мембранный материал подвергался воздействию пониженной температуры, после чего были также проверены показатели разрывной нагрузки. По результатам испытаний можно сделать вывод, что образцы незначительно снизили показатели разрывной нагрузки по сравнению с образцами, испытания которых проводились без воздействия пониженных температур.

Результаты проведенных испытаний на разрывную нагрузку при воздействии пониженных температур оказались аналогичными результатам испытаний без воздействия температурного фактора.

В реальных условиях эксплуатации одежды нельзя выделить индивидуальные факторы износа. Внешние факторы, оказывающие влияние

на готовые изделия, как правило, имеют характер комбинированного воздействия.

Наилучшим образцом после воздействия пониженной температуры является образец 1, его можно рекомендовать для изготовления верхней одежды, а образец 5 – наихудший.

Список использованных источников:

1. Мембранная ткань – что это такое: состав, свойства, достоинства и недостатки // <https://textile.life/fabrics/types/membrannaya-tkan-chto-eto-takoe-sostav-svoystva-dostoinstva-i-nedostatki.html>

2. Текстильное материаловедение: лабораторный практикум: учебное пособие / Ю.С. Шустов, С.М. Кирюхин, А.Ф. Давыдов [и др.]. – 4-е изд., испр. и доп. – Москва : ИНФРА-М, 2021. – 357 с.

3. Техническая экспертиза продукции текстильной и легкой промышленности: учебное пособие / Давыдов А.Ф., Шустов Ю.С., Курденкова А.В. - Москва : Форум, НИЦ ИНФРА-М, 2014 - 384с.

4. Кирюхин С.М., Шустов Ю.С. Текстильное материаловедение. - М.: КолосС, 2011. – 360 с.

5. ГОСТ 3813 «Материалы текстильные. Ткани и штучные изделия. Методы определения разрывных характеристик при растяжении»

© **Зенков Д.И., Балашова Я.П., Курденкова А.В., 2022**

УДК 7:687.01

КАСТОМИЗАЦИЯ КАК ВОЗВРАЩЕНИЕ К ИСТОКАМ

Зотова Т.С., Алибекова М.И., Фирсова Ю.Ю.

Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Мода всегда была очень неоднозначным течением. С одной стороны одежда помогает нам найти себя и самовыразиться через нее, с другой стороны, следуя «fastfashion» (быстрой моде) и все новым и новым трендам, стирается наша индивидуальность, мы становимся похожими друг на друга.

Бренды «fast fashion» используют лишь быстрый цикл производства одежды – дают «скоростной ответ» на тренды. Каждый год одна марка масс-маркета обновляет свои коллекции около двадцати раз. Одежда, создаваемая со скоростью жадности, наносит необратимый ущерб нашим ограниченными природными ресурсам. Fastfashion привлекает покупателей низкой стоимостью и новыми моделями, которые соответствуют последним трендам. За счет объема проданного товара расчет прибыли компании, но не качество товара. Вещи производятся, используются и выбрасываются, не получая второй жизненный цикл, не замыкая цепочку, а только обрывая её навсегда. Когда сезонная мода стала все более популярной, а тренд на вещи,

которые подчеркивают индивидуальность тоже возрос, дизайнеры задумались, как людям, покупающим их одежду, сохранить свою индивидуальность. И решение нашли в кастомизации. Как работает кастомизация в компании? Бренд организует offline-custom-ателье (иногда – передвижное) или добавляет специальный раздел на сайт. Во втором случае в легком online-конструкторе каждый желающий сам может выбрать размер, цвет, силуэт, материал, декор той или иной вещи и заказать ее [1].

Кастомизация (от англ. «to customize») – преобразование той или иной вещи под конкретного индивидуума. Основой может выступать что угодно: от старых до только что приобретенных вещей. Первым мы дарим новую жизнь, например, рисуем на старой футболке что-то интересное. Чаще всего покупатели вещей делают это не сами, а обращаются к специалистам, хоть мода на hand-made начинает активно вписываться в нашу жизнь. Вторым мы придаем индивидуальность, то есть кастомизируем, когда хочется их сделать особенными, не похожими на других.

Почему же кастомизация стала настолько популярной и была ли она в национальном костюме наших предков? Однозначно да! Наша Родина всегда славилась мастерицами, которые делали уникальные по своей красоте и изяществу узоры, благодаря чему простые бытовые вещи и наряды превращались в настоящие произведения искусства. При создании орнаментальных рисунков вышивальщицы подходили индивидуально к каждой вещи, создавая уникальное и индивидуальное для каждого владельца. Основой для вышивания был холст, льняной или посконный, самый крепкий, выработанный из мужских стеблей конопли. Опять же возвращаясь к натуральным материалам.

Сегодня тренд на кастомизацию – это возвращение моды 1970-х гг. В то время в Нью-Йорке ребята из хип-хоп сферы активно изменяли джинсовые куртки под себя. С годами стремление к уникальности только возрастает: в мире, производящем огромные тиражи вещей, понятие индивидуальности стирается, и найти то, чего нет у других, уже достаточно сложно. Таким образом, девиз кастомизации «выделиться из толпы, показать своего индивидуума». Мы живем в век стандартизации, где стараются сделать все по шаблонам в связи с экономией времени и денег, но с засорением окружающей среды. Многих людей это устраивает, кто-то даже не задумывается, а кто-то ищет индивидуальность, а также за сохранение эко системы, и готов творить сам или платить за то, чтобы ему преобразили вещь. Так происходит переход от стандартизации к кастомизации. С каждым днем возрастает популярность на осознанное потребление, люди не хотят покупать сотни мега модных вещей, которые быстро меняют свою актуальность на рынке моды, в связи с чем и активно растет мода на hand-made, каждый хочет себя почувствовать дизайнером, получить эмоции от процесса и результата [2].

В связи с желанием людей не иметь массу ненужных и некачественных вещей возникло направление «slow fashion» (в переводе означает медленная мода) – направление в моде является альтернативой массовому производству.

Медленная мода очень близка русскому национальному костюму, как писал художник Иван Билибин: «Бывает красота движения и красота покоя. Русский народный костюм – это красота покоя» [3]. Что еще делать бесконечными зимними вечерами, когда за окном завывает вьюга, метет метель? Крестьянки ткали, шили и вышивали. Вышивальные элементы костюма, как семейные ценности, передавались из поколения в поколение. Медленная мода ориентирована на местное производство, на покупку винтажной одежды и украшений, на сдачу ненужной одежды на переработку или благотворительные фонды, на выбор одежды из экологических материалов, на именно качественную одежду, которая будет долго служить. В народном костюме практичность и долговечность одежды были продуманы до мелочей, например, красные налокотники – это защита от протирания, а красные ластовицы под мышками – это элемент кроя, который при изнашивании можно было заменить, сохранив весь костюм в целом [4].

Это движение стремится уменьшить негативное воздействие швейной промышленности на природу, ведь массовое производство, а именно быстрая мода, производимая дешевую одежду очень токсична. Какой путь выберешь ты: «Быстро и яростно или медленно и устойчиво, подобно зайцу или черепахе». Сравнение двух модных и противоположных течений неизбежно. Особенно в соответствии с их отношением к окружающей среде. Остается решать только нам, какой темп нашей жизни выбрать, и осознать тот факт, что мы такие же, то, что мы носим.

«Slow fashion» активно выступает за hand-made и индивидуальный пошив – так ваши вещи будут оригинальными, единственными в своём роде, и поэтому позволят вам больше чувствовать себя неповторимой и не опасаться встретить где-нибудь девушку или женщину в таком же, например, платье, как у вас [5].

Ключевые принципы «Slow fashion» – это не позволять «лишним вещам» размножиться в гардеробе, при этом – стараться аккуратно относиться к тому, что есть. Если какая-то любимая вещь вышла из строя или моды, то её можно реанимировать, то есть перешить или как-то обновить, продлить жизнь.

Но стоит ли полностью отказываться от «fast fashion» в пользу «slow fashion»? Вопрос неоднозначный. Возможно, что нет, так как у недорогих вещей массового производства немало плюсов. Они дают нам возможность одеться модно и быстро за небольшие деньги, каждый себе может

позволить. Да и некоторые вещи произведенные на фабриках вручную сложно воспроизвести.

Однако «slow fashion» также имеет свои плюсы. Неторопливость – вот ее конек, что дает значительно экономить наше время. Например, чтобы сшить хорошее пальто понадобится не один день, зато оно будет служить очень долго «верой и правдой» и дает возможность долго наслаждаться результатами своего труда. Таким образом, разумное в «slow fashion» безусловно, есть, и это движение будет развиваться дальше медленно, но верно, достигая вершин.

Таким образом, «fastfashion» и «slowfashion» могут существовать в одном русле, а вот, интересно «slowfashion» и кастомизация могут встать рядом, не тесня друг друга? Массовые покупки чаще всего не нужных вещей идут на спад, людей больше интересуют необычные качественные вещи из правильных лекал и в основном без вреда экологии. Это и есть основные принципы «slowfashion» и кастомизации. Постепенно люди устают гнаться за бесконечными трендами, «шкафы не выдерживают нагрузки», кошельки быстро пустеют, удовольствие сменяется огорчением. Здесь в спасение приходит медленная мода, которая учит анализировать и подбирать для себя что-то индивидуальное, не похожее на других. Люди стали возвращаться к истокам, «творить», создавая вещи для себя из надоевших масс-маркетов. Например, пэчворк снова в тренде, этот типичный образец «russianstyle» снова занимает лидирующие позиции. Вещи, вышедшие из строя, потерявшие облик можно реанимировать, создав из всех остатков что-то интересное и новое в одном образе. Экономные хозяйки в Древней Руси никогда не выбрасывали кусочки тканей, а создавали из них что-то особенное для дома или для себя. А техническая сложность исполнения оправдывается потрясающим результатом [6].

Сегодня мы вновь пришли к кастомизации в одежде, а ведь совсем недавно радовались безликости массовых партий. Также проводя параллель с народным костюмом, где не было ни одной одинаковой вышивки, цветовых сочетаний и т.п. [7]. Девушки с молодых лет изготавливали себе приданое: рубахи, сарафаны, полотенца и прочее. В каждой стежке – ее индивидуальность!

Список использованных источников:

1. <https://www.shoppingschool.ru/articles/chto-takoe-kastomizatsiya-i-zachem-ona-nuzhna.html>.
2. <https://style.rbc.ru/items/5cda7a2d9a7947768c157a28>.
3. <https://www.culture.ru/materials/51485/po-odezhke-vstrechayut>.
4. Пармон, Ф.М. Русский народный костюм как художественно-конструкторский источник творчества: монография/Ф.М. Пармон.//Москва:Издательство«Легпромбытиздат»,1994.–272с.

5. <https://www.wonderzine.com/wonderzine/opportunities/my-business/242811-masha-andrian>

6. Збаровская, А.А. Отражение фольклора в современной моде / А.А.Збаровская, Ю.Ю.Фирсова // Всероссийская научно-практическая конференция «ДИСК-2020»: Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, в рамках Всероссийского форум молодых исследователей «Дизайн и искусство – стратегия проектной культуры XXI век», ФГБОУ ВО им. А.Н.Косыгина (Технологии.Дизайн.Искусство)», М.-2020. – С.36-40.

7. Збаровская А.А., Интерпретация традиционных элементов в структуру современного костюма / Ю. Ю. Фирсова, С. В. Третьякова, М. И. Алибекова // Костюмология. – 2021. – Т. 6. – № 4.

© Зотова Т.С., Алибекова М.И., Фирсова Ю.Ю., 2022

УДК 62-523.8

АНАЛИЗ ПРИЧИН БРАКА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Зуев М.А.

ООО «ЦентрТехФорм», Москва

Ренгач А.С., Огибин С.Ю.

Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Полиэтилен обладает рядом преимуществ по сравнению с другими конструкционными материалами, обуславливающими его широкое применение в строительстве, жилищно-коммунальном хозяйстве, трубопроводном транспорте. Использование полиэтиленовых труб существенно уменьшает стоимость прокладки и эксплуатации по сравнению с трубами из других материалов. Полиэтилен является термопластичным материалом, выдерживает многократные циклы нагрева-остывания без существенной потери физических и химических свойств, поэтому основными способами соединения полиэтиленовых труб являются стыковая сварка нагретым инструментом, сварка в раструб и электромуфтовая сварка.

Требования и правила сварки изделий из ПЭ были впервые изложены в ГОСТ 16310-80 «Соединения сварные из полиэтилена, полипропилена и винилпласта» [1] и в дальнейшем получили уточнения в перечне требований к процессу соединения в других нормативных документах.

При неправильных подготовительных операциях перед или в процессе сварки полиэтилена могут возникнуть дефекты сварных

соединений, которые приведены, в частности, в ГОСТ Р 54792-2011 «Дефекты в сварных соединениях термопластов. Описание и оценка» [2].

Как известно, система обеспечения качества сварки и монтажа ПЭ трубопроводов, которой должны придерживаться строительско-монтажные организации, включает в том числе входной контроль качества используемых сварочных материалов (труб и соединительных деталей), систематический операционный контроль качества сборки и сварки, визуальный и другой неразрушающий контроль сварных соединений, механические испытания сварных соединений, приемочный контроль, гидравлические или пневматические испытания.

Тем не менее, проблема снижения процента брака при сварке полиэтиленовых трубопроводов остается актуальной несмотря на требования, содержащиеся в действующих нормативных документах по контролю качества труб и сварных соединений, на обязательную сертификацию поставляемого на российский рынок оборудования для сварки полимерных труб и полимерных сварочных материалов [3].

По данным экспертов, до 80% случаев брак при сварке полиэтилена возникает из-за несоблюдения технологии, в меньшей степени из-за низкого качества сварочных материалов (некачественные трубы и фитинги) и менее 2% – из-за проблем со сварочным или вспомогательным оборудованием.

Факторы, влияющие на качество сварки полиэтиленовых труб: уровень подготовки, квалификации и производственной дисциплины сварщиков и специалистов сварочного производства, качество проектной, приемо-сдаточной и производственной документации, качество и работоспособность сварочного и вспомогательного оборудования, качество полиэтиленовых труб и соединительных деталей, соблюдение правил проведения подготовительных операций и технологии сварочных работ, квалифицированный контроль требований к сварным соединениям.

Следует отметить, что иногда даже строгое соблюдение технологии сварки не гарантирует достижения требуемого уровня качества сварных соединений. Факторы, оказывающие неблагоприятное воздействие являются: низкая температура окружающей среды в месте проведения сварки, большая разница в показателях текучести расплава материала свариваемых труб или трубы и соединительной муфты. Для обеспечения качества сварных соединений при низких температурах применяются следующие способы: для сварки деталями с закладными нагревателями – предварительный подогрев сварного соединения с помощью подачи более низкого напряжения от сварочного аппарата, чем при сварке, при сварки встык – проведения работ в обогреваемой тепловой палатке или помещении, а также специальные насадки, устанавливаемые на свариваемые торцы труб [4, 5].

Согласно ГОСТ Р 58121.2-2018 «Пластмассовые трубопроводы для транспортирования газообразного топлива» [6], показатель текучести расплава материала труб различных изготовителей из полиэтилена марки 100 для газопроводов может иметь отличие в пять раз при регламентированной температуре что обуславливает нестабильное качество сварного соединения. При сварке встык сварное соединение труб от различных поставщиков может иметь слишком асимметричный, вне допусков сварной шов [7], что приведет к его выбраковке и значительному удорожанию монтажных работ. Однако не исключен случай, когда форма и размеры сварного шва будут в пределах допуска, однако сварное соединение не выдержит механические испытания на статическое растяжение.

При сварке деталями с закладными нагревателями раструбного или седлового типа сварные соединения при слишком большой разнице показателей текучести расплава могут пройти визуальный и измерительный контроль, однако при механических испытаниях продемонстрируют хрупкий тип разрушения.

Каких-то дополнительных операций или использования дополнительных приспособлений для улучшения качества сварных соединений производители полиэтиленовых труб, соединительных деталей или сварочного оборудования не предлагают. Одним из вариантов решения данной проблемы могло бы стать введение в зону сварки дополнительной энергии для улучшения диффузии расплава ПЭ свариваемых труб или трубы и детали [8].

Список использованных источников:

1. ГОСТ 16310-80 «Соединения сварные из полиэтилена, полипропилена и винилпласта».
2. ГОСТ Р 54792-2011 «Дефекты в сварных соединениях термопластов. Описание и оценка».
3. Зуев М.А. Брак сварных соединений полиэтиленовых трубопроводов и его причины / М.А. Зуев Журнал «Технологии интеллектуального строительства» № 3 -2018.
4. Старостин Н.П., Герасимов А.И., Аммосова О.А. Способ сварки полимерных труб РФ № 2343331 от 14.12.2006.
5. Зуев М.А., Македонски С.Г. Способ сварки труб из термопластов РФ № 2665393 от 05.08.2016.
6. ГОСТ Р 58121.2-2018 Пластмассовые трубопроводы для транспортирования газообразного топлива. Полиэтилен (ПЭ). Часть 2. Трубы.
7. СП 42-103-2003 «Проектирование и строительство газопроводов из полиэтиленовых труб и реконструкция изношенных газопроводов».

8. Барамбойм, Н.К. Механохимия полимеров / Н.К. Барамбойм – М.: Химия, 1978.

© Зуев М.А., Ренгач А.С., Огибин С.Ю., 2022

УДК 62-523.8

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

Зуев М.А.

ООО «ЦентрТехФорм», Москва

Ренгач А.С., Огибин С.Ю.

Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Монтаж полимерных трубопроводов в настоящее время является рациональной заменой стальным и другим типам труб, так как обеспечивает увеличение срока службы трубопроводов и существенно снижает себестоимость строительства. Дефекты действующих трубопроводов регулярно приводят к авариям, крупным убыткам и даже человеческим жертвам, что регулярно обсуждается. Для повышения надежности эксплуатации трубопроводов необходимо устранение причин возможных аварийных ситуаций.

Управление качеством изготовления трубопровода является комплексной задачей, для решения которой требуется осознанное взаимовыгодное увязывание рабочих процессов всех уровней различных производств в единый поток создания ценности для конечных потребителей. Обеспечение выполнения требований к контролю качества труб и сварных соединений требует наличия сертифицированного оборудования для сварки и контроля их качества [4].

Качество полимерных трубопроводов создается на этапе проектной документации, определения требований к аспектам взаимодействия работников производственной цепи. Обеспечение качества проектной, приемо-сдаточной и производственной документации, технологических карт, инструкций во многом обуславливается экспертной оценкой проектов, проверкой технической документации. Прочность труб обеспечивается их изготовителем, полимерные сварочные материалы подвергаются обязательной или добровольной сертификации. Производство труб с дефектами закладывает низкое качество трубопроводов. Изменение производителем труб рецептуры и технологического процесса нарушение химического состава сырья, при изготовлении труб наследственно передает дефекты газовые поры из материала во внутренние плоские дефекты сварного шва. Качество труб снижается, возможно появление дефектов при

нарушении упаковки, сроков и условий хранения. Целесообразно проводить дальнейшие исследования для разработки новых эффективных методов контроля качества труб при их производстве и специализированных инструментов для приемки готовой продукции к монтажным работам.

Причины возникновения дефектов сварного шва изначально кроются в качестве материала труб, отклонение размеров и формы поперечного сечения приводит к невозможности обеспечения равномерной радиальной ширины сварного шва по периметру при сварке встык. При использовании соединения труб муфтой, зачастую невозможно обеспечить сборку при уменьшенных диаметре или толщине стенки; недопустимая овальность или вмятины препятствуют достижению требуемого качества.

Значительное количество дефектов трубопроводов обуславливается несоблюдением технологии сварных работ. Монтажники должны уделять особое внимание ответственности за качество сварных соединений. Несплавление при сварке приводит к разрушению стыка и непосредственно при монтаже трубопровода, приемной проверке под давлением и во время эксплуатации. Причины несплавления поверхностей обусловлены нарушениями технологического процесса сварки и в значительной степени обусловлены качеством материала свариваемых труб, что имеет ограничения в нормативных документах [1, 2]. Материал труб может содержать загрязнения, механические примеси, попадающие в материал сварного шва, что создает концентрацию напряжений с последующим разрушением. Опасными дефектами сварных швов являются разнонаправленные трещины, которые возникают при сварке с нарушением температурного режима и при высокой скорости охлаждения [3, 4]. При монтаже полимерных трубопроводов большого диаметра, зачастую, трещины и дефекты возникают при укладке сваренного трубопровода ковшами экскаваторов в траншею. При монтаже особое внимание должно уделяться повышению стабильности соблюдения технологических процессов и неразрушающему контролю выполненных сварных соединений [5].

Качество сварки и монтажа полиэтиленовых трубопроводов во многом зависит от квалификации сварщиков. Необходимо обеспечение входного контроля качества используемых сварочных материалов труб и соединительных деталей, проверки используемого сварочного и вспомогательного оборудования [6]. Частично ошибки и дефекты, обнаруженные на предварительных стадиях, контроля качества можно своевременно исправить, но брак, выявленный на стадии готового сварного соединения, исправлению не подлежит, дефектные фрагменты должны быть удалены и трубы сварены заново. Дефекты сварных соединений могут быть обнаружены при тестовых испытаниях и приведут к разрушениям в

процессе эксплуатации, устранять ущерб придется заказчику и эксплуатирующей организации [7].

Низкий уровень подготовки сварщиков и специалистов сварочного производства определяют брак при сварке и монтаже полиэтиленовых трубопроводов. Неквалифицированные сварщики не проводят входной контроль труб и деталей, не имеют мотивации отслеживать состояние используемого оборудования, не соблюдают технологию сварки, не проводят постоянный самостоятельный контроль качества сварных соединений. Необходимо соблюдение правил проведения подготовительных операций, соблюдение правил проведения сварочных работ. Основной причиной невысокого уровня подготовки сварщиков и специалистов сварочного производства в строительных организациях, низкого качества необходимой документации, а также, оборудования и сварочных материалов чаще всего является недостаток средств. Качество выполнения работ определяется уровнем подготовки, квалификации и производственной дисциплины сварщиков и специалистов сварочного производства. Качество и работоспособность сварочного и вспомогательного оборудования во многом определяют культуру производства и качество монтажа трубопроводов. Нарушение требований технических норм и правил на любом этапе может привести к браку и экономическим потерям. Для обеспечения качества производства сварки полимерных трубопроводов необходима организация обучения персонала, систематический операционный контроль качества сборки и сварки. Повышение качества сварки возможно и путем разработки новых способов сварки полимерных материалов.

Список использованных источников:

1. ГОСТ Р 50838–2009 «Трубы из полиэтилена для газопроводов. Технические условия».
2. ГОСТ Р 52134–2003 «Трубы напорные из термопластов и соединительные детали к ним для систем водоснабжения и отопления».
3. ГОСТ Р 54792–2011 «Дефекты в сварных соединениях термопластов. Описание и оценка».
4. Сварка полиэтиленовых труб: причины дефектов // Газ России. – 2013. – № 1. – С. 66.
5. Зуев М. А., Иванов С. В. Как повысить качество строительства полиэтиленовых трубопроводов? // Полимергаз. – 2014. № 2. – С. 37.
6. Мирошниченко Ю. В., Зуев М. А., Кочетов М. В. Особенности входного контроля полиэтиленовых труб для водо- и газоснабжения // Полимергаз. – 2015. № 3. – С. 8.

7. Зуев М.А. Брак сварочных соединений полиэтиленовых трубопроводов и его причины / М.А. Зуев Журнал «Технологии интеллектуального строительства» № 3 -2018.

© Зуев М.А., Ренгач А.С., Огибин С.Ю., 2022

УДК 687.1

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА МАТЕРИАЛА ДЛЯ ЖЕНСКОГО ПАЛЬТО

Карамова А.С., Бондарчук М.М.

Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Пальто всегда было популярной одеждой: пальто для зимы, пальто для межсезонья, пальто для вечера. Не стоит воспринимать верхнюю одежду только как нечто созданное ради утепления. Особенно если сшить пальто своими руками, да еще и выбрав как пример эксклюзивную дизайнерскую модель.

Трендовые женские пальто – это не только элегантность и изящность покроя, сегодня фасоны пальто позволяют выбрать модель, идеально подходящую стилю и образу жизни каждой из женщин. Не менее важны для них и такие понятия, как практичность, комфорт, защищенность и уют. Кэжуал, милитари, деловой, стрит-стайл, панк, ретро-стиль всегда найдут вдохновение с модными образами в тандеме с пальто.

Как и предыдущий сезон, эта осень и весна порадует красавиц яркими новиками и трендами пальто 2021-2022, которые готовы полностью удовлетворить вкусы даже самых требовательных дам.

В новом сезоне дизайнеры больше внимания уделили отделке и материалам модных пальто 2021-2022 гг. Нет актуальности в одежде с асимметрией и сложной комбинацией. В покрое фаворитами остаются классические фасоны, а вот длина пальто не стала останавливаться на одной длине.

В моде и длинные пальто макси длины и стильные миди, и милые короткие модели пальто, больше напоминающие блейзер. Даже крутое пальто фасона кейп, которое мы привыкли видеть в укороченном варианте, в этом сезоне становится максимально длинным.

Осенне-весенние модели пальто 2021-2022 гг. настолько притягательны и своеобразны, что каждый аутфит становится уникальным и эффектным по-своему. По-прежнему актуальны свободные фасоны оверсайз и женственные двубортные модели с поясом.

Укороченное пальто – это вариант на все случаи жизни. Оно идеально впишется в любой гардероб, и прекрасно будет гармонировать со всеми

базовыми вещами. А наибольшей популярностью здесь будут пользоваться слегка расклешенный фасон, прямой силуэт, классический приталенный, и модель кромби, которая со стороны напоминает мужской пиджак. Прямой, чуть расширенный к низу силуэт был выбран неспроста, он не подчеркивает фигуру слишком строго, позволяя скрыть недостатки (рис. 1).

Такие изделия как пальто демисезонные предназначены для защиты человека от неблагоприятных воздействий окружающей среды. Назначение данного ассортимента определяет требования, предъявляемые к материалам.



Рисунок 1 – Укороченное демисезонное пальто

Полушерстяные ткани имеют ряд преимуществ перед другими тканями, так они обладают высокой упругостью и малой сминаемостью, хорошей формоустойчивостью и высокими теплозащитными свойствами. При этом имеют большой срок носки.

Шерсть отличается многими преимуществами, среди которых выделяем следующие: сохраняет тепло, малосминаемая, обладает гигроскопичностью, воздухопроницаема, обеспечивает комфортный температурный режим, отталкивает пыль и грязь, отлично чистится, приятна на ощупь.

В последнее время настоящих шерстяных изделий становится все меньше, так как производители добавляют в шерсть синтетические материалы для улучшения свойств изделия и для уменьшения экономических затрат производства и себестоимости ткани.

Полушерстяные ткани, содержащие синтетические волокна, отличаются небольшой поверхностной плотностью, малой усадкой, высокими упругими свойствами, хорошей фиксацией складок и соответствуют эстетическими свойствами для потребителя.

Для подкладки пальто чаще всего выбирается вискоза. Вискозу можно назвать самым натуральным синтетическим волокном, потому что она представляет собой восстановленную целлюлозу, то есть состав вискозы очень близок к составу натуральных растительных волокон. Свойства чистой вискозы больше всего напоминают свойства хлопка. Ткань приятна на ощупь, гигроскопична и воздухопроницаема. Материал обладает рядом преимуществ: не вызывает аллергии, воздухопроницаем, комфортен – греет зимой и охлаждает летом, гигроскопичен, не накапливает статическое электричество, хорошо стирается и быстро высыхает.

Клеевой прокладочный материал выбирается в соответствии с тканью верха на тканевой основе с регулярным точечным клеевым покрытием. Полученное в результате клеевое соединение хорошо сохраняет форму, стойкое к химической чистке, придает деталям верха жесткость, упругость, формоустойчивость, а также предохраняет отдельные участки изделия от растяжения.

Для выполнения строчек рекомендуются иглы № 90-100.

Швейные нитки являются основным материалом для скрепления деталей одежды из ткани. Полиэстровые нитки № А033 и № А079 Bestex, подобраны в цвет ткани верха. Нитки отвечают следующим требованиям: прочность при растяжении, сопротивление к истиранию, гладкие, имеют прочную окраску.

В результате работы были собраны данные о требованиях, предъявляемых к женскому пальто при разработке и проектировании; разработаны на основании требований к изделию и его особенностям строения, требования к материалам, составляющим пакет одежды; с учетом всех характеристик показателей качества были подобраны соответствующие материалы, из которых составлен пакет, подходящий для изготовления зимнего пальто.

Проделана работа по изучению конфекционирования материалов для изготовления женского пальто, подобран материал верха, прокладочный и подкладочный материал, скрепляющие материалы и фурнитура.

Основная ткань, фурнитура, нитки, прокладочный материал соответствуют друг другу, подобраны в соответствии с назначением одежды. При выборе материалов были учтены технологические особенности обработки.

Важно, чтобы основные ткани, фурнитура, нитки, прокладочный материал соответствовали друг другу, были подобраны в соответствии с назначением одежды и направлениям моды.

Список использованных источников:

1. Кирсанова Е.А., Шустов Ю.С., Куличенко А.В., Жихарев А.П. Материаловедение. – М.: ИНФРА – М, 2015. – 395 с.

2. Н.А. Савостицкий. Материаловедение швейного производства. Конструктивное моделирование одежды. – М.: Издательский центр «Академия», 2015.- 272с.

© Каримова А.С., Бондарчук М.М., 2022

УДК 677.017

ЭКСПЕРТИЗА БОЕВОЙ ОДЕЖДЫ ПОЖАРНОГО ПОСЛЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Киселева М.В., Голицына А.Д., Курденкова А.В., Буланов Я.И.
Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Средства индивидуальной защиты – это актуальная тема в текстильной промышленности. В работе были затронуты основные проблемы, которые обнаруживаются в процессе эксплуатации боевой одежды пожарных.

Существует три основных вида: боевая одежда пожарного (БОП), специальная защитная одежда пожарных от повышенных тепловых воздействий (СЗО ПТВ), специальная защитная одежда изолирующего типа (СЗО ИТ).

В работе проведено исследование топологии износа костюма БОП-1, так как он является самым часто используемым среди пожарных. Был проведен опрос среди сотрудников пожарного отделения. Полученные результаты представили в виде табл. 1.

Таблица 1 – Результаты опроса сотрудников пожарного отделения

Показатель	Оценка	Комментарии опрошенных
1. Удобство в эксплуатации костюма	3,9	«Неудобно» «Низкое качество материала, некачественные швы» «Ткань не пропускает влагу, создавая эффект парника»
2. Влияние сезона на удобство в эксплуатации костюма	2,9	«Летом жарко, ткань не дышит, зимой холодно из-за обильного потоотделения» «Эффект парника»
3. Уровень защиты от высоких температурных воздействий	4,4	«Не защищает от расплавленных веществ»
4. Уровень защиты от открытого огня	3,6	«Контакт с огнем составляет 2 секунды, дальше костюм начинает плавиться» «Качество материала низкое»
5. Соответствие костюма размерной сетке	4,9	
6. Дефекты, обнаруживаемые в процессе эксплуатации		«Отрыв пуговиц на подкладке куртки, разрыв ткани между ног» «Ткань на коленях рвется, рвется по швам, трещины на светоотражающих лентах, отрыв лент» «Ткань стирается на рукавах, на сгибах, дырки от истирания»

По показателю «Удобство в эксплуатации костюма» оценка составила 3,9 балла. Участникам опроса была дана возможность прокомментировать свои оценки. Сотрудники утверждали, что им неудобно работать в костюме, не устраивает качество материала и швов. Так же отметили, что ткань не пропускает влагу, из-за чего создаётся эффект парника.

По показателю «Влияние сезона на удобства в эксплуатации костюма» сотрудники оценили на 2,9 балла, что является самым низким результатом из всех показателей. Сотрудники утверждают, что летом в

костюме жарко, так как ткань не «дышит», а зимой холодно из-за обильного потоотделения.

По показателю «Уровень защиты от высоких температурных воздействий» оценка составила 4,4 балла. Пожарные обеспокоены тем, что костюм не защищает их от расплавленных веществ.

Следующим показателем является «Уровень защиты от открытого огня». Оценка составила 3,6 балла. Так же были получены комментарии: контакт с огнем составляет 2 секунды, дальше костюм начинает плавиться, были претензии к низкому качеству материала.

Наилучшая оценка была получена по показателю «Соответствие костюма размерной сетке», она составила 4,9 балла.

Участников опроса попросили рассказать, с какими дефектами они сталкивались в процессе эксплуатации. Были получены следующие комментарии: отрыв пуговиц на подкладке куртки, разрыв ткани между ног и на коленях; разрыв по швам, трещины на светоотражающих лентах, отрыв лент, истирание ткани на рукавах и сгибах, впоследствии образование дыр.

На БОП распространяются ТР ТС 019/2011 «О безопасности средств индивидуальной защиты» и ГОСТ Р 53264-2009 «Техника пожарная. Специальная защитная одежда пожарного» также требования охраны труда. На материалы распространяется ГОСТ 11209 «Ткани для специальной одежды. Общие технические требования. Методы испытаний».

В ГОСТ Р 53264-2009 «Техника пожарная. Специальная защитная одежда пожарного» норма для воздухопроницаемости отсутствует. Этот показатель является одним из основных в вопросе комфорта и удобства эксплуатации костюма.

При использовании БОП должны выполняться следующие требования: использовать только по назначению; БОП должна соответствовать росту и размеру пожарного; не использовать без специальных средств защиты головы, рук и ног; не использовать без теплоизоляционных подстежек; БОП должна иметь соответствующий сертификат безопасности.

На основе этих документов можно сделать вывод, что так называемый эффект парника, о котором говорили пожарные в опросе связан с отсутствием нормы для показателя воздухопроницаемость. Из-за чего, по рассказам опрошенных, приходится нарушать требования охраны труда, а именно: не использовать костюм без теплоизоляционных подстежек (так как с ними слишком жарко, сотрудникам невозможно работать) и не использовать костюм без специальных средств защиты рук (по той же причине сотрудники выбирают работать в обычных х/б перчатках, что может привести к серьезным последствиям).

В работе было проанализировано состояние костюмов в разные периоды эксплуатации (до 1 года, от 1 года до 3 лет и от 3 до 5 лет). Костюм которой был в эксплуатации полгода не имеет видимых дефектов.

На перчатках наблюдается растяжение резинки.

БОП, которым активно пользовались 2,5 года имеет дефекты: сломанная молния на куртке, истирание ткани на рукаве до разрыва, расход строчки на светоотражающие ленты, расхождение шва подкладки в районе подмышечной впадины.

На перчатках спустя год эксплуатации видны следы истирания, которые привели к разрыву по шву, отслоение верхнего защитного слоя материала, а также растяжение резинки. Перчатки далее непригодны для эксплуатации.

Костюм, который находился в эксплуатации 4 года, имеет следующие дефекты. На куртке можно отметить истирание и разрыв ткани подкладки в районе подмышечных впадин, следы истирания и разрыв ткани на рукаве, разрыв резинки, отрыв светоотражающей ленты.

На полукомбинезоне наблюдается отрыв бейки, истирание, выпадение люверса, отрыв светоотражающей ленты.

Полукомбинезон после периода эксплуатации, который составил 5 лет, имеет также все перечисленные выше повреждения. К ним добавилось повреждение защитного слоя ткани. Светоотражающая лента пришла в негодность, появились потёртости и трещины. На коленях наблюдается деформация и истирание ткани, а также разрушение защитного слоя, отсутствие бейки в районе застёжки, разрыв швов на липучке.

В районе крепления лямки наблюдается разрыв швов с последующим отрывом деталей, а также дефекты на самой лямке.

Исследования методом микроскопии показали, что на лицевой стороне ткани брюк отчётливо видно переплетение ткани и крупные частицы защитного покрытия. На изнаночной же стороне большую часть материала составляют частицы защитного покрытия.

На светоотражающей ленте можно увидеть трещины и сколы. На лямке наблюдаются разрушения нитей после трения. На полотнах видны кристаллизованные частицы пропитки.

При исследовании перчаток со сроком эксплуатации 1 месяц выявлено, что дефектов не наблюдается. Однако стоит отметить, что верхний материал не воздухопроницаемый, а подкладка выполнена из флиса, из-за чего в данных перчатках крайне некомфортно работать.

Таким образом, по результатам проведенного опроса пожарных выявлены основные показатели, оказывающие влияние на комфортность и безопасность БОП.

На основании комментариев пожарных к представленному перечню показателей были установлены основные причины дискомфорта изделий в

эксплуатации, такие как низкие паро- и воздухопроницаемость, прочность и стойкость к истиранию. Проанализирована нормативная документация на БОП. Изучена топология износа БОП: износ низа брюк и манжет рукавов, поломка фурнитуры, отрыв светоотражающих элементов, расслоение защитных элементов на перчатках. Методом микроскопии выявлен характер разрушения в местах повреждения в процессе эксплуатации БОП.

Список использованных источников:

1. Основные требования и рекомендации к боевой одежде пожарного // <https://protivpozgara.com/oborudovanie/ekipirovka/boevaja-odezhda-rozharnogo>
2. Текстильное материаловедение: лабораторный практикум: учебное пособие / Ю.С. Шустов, С.М. Кирюхин, А.Ф. Давыдов [и др.]. – 4-е изд., испр. и доп. – Москва : ИНФРА-М, 2021. – 357 с.
3. Техническая экспертиза продукции текстильной и легкой промышленности: учебное пособие / Давыдов А.Ф., Шустов Ю.С., Курденкова А.В. - Москва :Форум, НИЦ ИНФРА-М, 2014 - 384с.
4. Кирюхин С.М., Шустов Ю.С. Текстильное материаловедение. - М.: КолосС, 2011. – 360 с.
5. ТР ТС 019/2011 «О безопасности средств индивидуальной защиты»
6. ГОСТ Р 53264-2009 «Техника пожарная. Специальная защитная одежда пожарного»
7. Требования охраны труда
8. ГОСТ 11209 «Ткани для специальной одежды. Общие технические требования. Методы испытаний»

© Киселева М.В., Голицына А.Д.,
Курденкова А.В., Буланов Я.И., 2022

УДК 677.017

**ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
МЕТАЛЛИЗИРОВАННЫХ ПОДКЛАДОЧНЫХ ТКАНЕЙ**

Козлова Е.В., Шустов Ю.С.

Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Выбор правильной подкладочной ткани так же важен, как и выбор основного материала, так как именно подкладочная ткань будет контактировать с кожей и будет защищать изделие в процессе носки [1].

Исследуемые образцы были выработаны полотняным переплетением из полиэфирных нитей различной линейной плотности, а также отличались плотностью тканей по основе и утку. Также образцы имели

металлизированное покрытие. Результаты определения структурных характеристик исследуемых образцов, приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Структурные характеристики подкладочных тканей

Показатель качества	Образец 1	Образец 2	Образец 3
Смесовой состав ткани, %	100 % ПЭ		
Длина, м	1,00	1,00	1,00
Ширина, м	1,50	1,50	1,50
Толщина, мм	0,17	0,29	0,38
Вес, г	165,70	223,80	355,00
Линейная плотность, текс			
по основе	15,30	18,80	21,90
по утку	23,60	17,00	26,40
Плотность ткани, число нитей на 10 см			
по основе	350	445	524
по утку	258	380	457
Линейная плотность ткани, г/м	165,70	223,80	355,00
Поверхностная плотность ткани, г/м ²	110,45	149,20	236,67

Как видно из табл. 1, все исследуемые ткани выработаны полотняным переплетением. Образцы выработаны с большей плотностью по основе, чем по утку. Наибольшую плотность по основе и утку имеет ткань арт. образец 3. Ткани выработаны с большей линейной плотностью нитей основы. Ткань арт. образец 1 обладает наибольшим отношением T_u/T_o , причем линейная плотность нитей утка больше линейной плотности нитей основы в 1,5 раза. Толщина исследуемых тканей зависит в большей степени от плотности ткани, поэтому арт. образец 1, имеющие наименьшее число нитей на 10см, обладают наименьшей толщиной. Также можно отметить, что почти у всех исследуемых тканей линейное заполнение по основе больше, чем по утку. Причем наибольшим линейным заполнением по основе и утку обладает ткань арт. образец 3, что связано с количеством нитей на 10 см. Наибольшую пористость имеет ткань арт. образец 2, так как она имела наименьшую плотность ткани, а наименьшую пористость – ткань арт. образец 1.

Ткани подвергались 20 стиркам по стандартной методике [2-4]. После стирок наблюдалось разрушение металлизированного покрытия.

Разрывные характеристики текстильных полотен определялись в соответствии с ГОСТ 3813 [5]. Испытания тканей проводились на универсальной испытательной системе «Инстрон» серии 4411 при скорости движения верхнего зажима 150 мм/мин и расстоянии между зажимами – 100 мм. Ширина образцов составляла 50 мм.

В табл. 2 приведены результаты испытаний прочности подкладочных тканей после действия стирок.

Таблица 2 – Разрывная нагрузка тканей, Н

Количество стирок	Образец 1		Образец 2		Образец 3	
	Основа	Уток	Основа	Уток	Основа	Уток
0	455,8	382,3	457,3	389,1	458,7	392,6
5	428,9	355,4	446,0	377,8	439,5	373,4
10	395,0	320,0	423,0	354,0	399,6	333,5
15	364,0	284,0	399,0	331,0	387,2	321,1
20	317,2	243,7	368,6	300,4	351,8	285,7

Можно отметить, что наибольшее изменение прочности среди полиэфирных тканей происходит у образца 1 (по направлению основы – 30%, утку – 36%).

Уменьшение разрывной нагрузки образцов связано, прежде всего, с деструкцией полимеров под действием влаги и температуры

Одним из важнейших показателей качества текстильных изделий является их износостойкость, т.е. способность оказывать сопротивление изнашиванию при эксплуатации, сохраняя внешний вид и основные свойства. Оценка стойкости к истиранию проводилась в соответствии с ГОСТ 18976 [6]. Для проведения испытаний применялся прибор ДИТ-М. В качестве абразива использовалось серошинельное сукно арт. 6405. В табл. 3 приведены результаты определения стойкости к истиранию тканей после действия стирок.

Таблица 3 – Стойкость к истиранию полиэфирных тканей, циклы

Количество стирок	Образец 1	Образец 2	Образец 3
0	8740	9698	10428
5	8585	9428	9909
10	7802	8549	8704
15	6840	7814	8001
20	5912	6411	7149

Действие стирок приводит к изменению стойкости к истиранию подкладочных тканей. В соответствии с табл. 3, наибольшее падение износостойкости среди полиэфирных тканей имеет образец 1 (34%).

После каждых 5 циклов воздействия определялась воздухопроницаемость образцов по методу, представленному в ГОСТ 12088 [7] на приборе ВПТМ-2 при перепаде давлений $\Delta P = 50$ Па. Результаты испытаний изменения воздухопроницаемости после воздействия стирок представлены в табл. 4.

Таблица 4 – Результаты испытаний изменения воздухопроницаемости

Количество стирок	Образец 1	Образец 2	Образец 3
0	33,0	27,9	20,2
5	34,6	29,1	21,4
10	36,5	30,6	22,2
15	40,3	32,7	23,4
20	50,5	45,2	33,0

Можно отметить, что после действия стирок наблюдается увеличение воздухопроницаемости тканей. Среди исследуемых полиэфирных тканей наибольшее увеличение воздухопроницаемости наблюдается у образца 1 (43%). Наименьшее изменение воздухопроницаемости отмечается у образца 3, выработанного из нитей основы и утка одинаковой линейной плотности.

Подводя итоги проведенного исследования, можно сделать вывод, что наилучшим является образец 3.

Список использованных источников:

1. Подкладочная ткань: виды и правила выбора // <https://jurnalomode.ru/podkladochnaya-tkan-vidy-i-pravila-vybora.html>

2. Текстильное материаловедение: лабораторный практикум: учебное пособие / Ю.С. Шустов, С.М. Кирюхин, А.Ф. Давыдов [и др.]. – 4-е изд., испр. и доп. – Москва: ИНФРА-М, 2021. – 357 с.

3. Техническая экспертиза продукции текстильной и легкой промышленности: учебное пособие / Давыдов А.Ф., Шустов Ю.С., Курденкова А.В. - Москва: Форум, НИЦ ИНФРА-М, 2014 - 384с.

4. Кирюхин С.М., Шустов Ю.С. Текстильное материаловедение. - М.: КолосС, 2011. – 360 с.

5. ГОСТ 3813 «Материалы текстильные. Ткани и штучные изделия. Методы определения разрывных характеристик при растяжении»

6. ГОСТ 18976 «Ткани текстильные. Метод определения стойкости к истиранию»

7. ГОСТ 12088 «Материалы текстильные и изделия из них. Метод определения воздухопроницаемости»

© Козлова Е.В., Шустов Ю.С., 2022

УДК 541.123

ФОТОПОЛИМЕРЫ ДЛЯ 3D-ПРИНТЕРОВ

Коростелев И.М., Айзатуллин Т.И., Идрисова Д.М.

Научный руководитель Ваганова Е.С.

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Ульяновский государственный
технический университет», Ульяновск*

Новая эпоха технического прогресса связана с разработкой и внедрением 3D-принтеров, позволяющих ускорить производственный цикл и существенно экономить время и средства. С каждым годом области применения таких принтеров стремительно расширяется, что связано с ростом аддитивного производства, доступностью материалов и повышению квалификации специалистов.

На данный момент существует несколько способов печати на 3D-принтерах. В каждом из них используется фотополимер.

Впервые 3D-печать была представлена в 1986 году в виде лазерной стереолитографии (Stereolithography SLA), представляющей собой одновременно и устройство, и метод в которых используется подвижный источник фотонов для активации фотополимеризации фотоотверждаемой смолы и последовательной печати твердых слоев. Первые фотоотверждаемые материалы состояли из уретандиметакрилата (UDMA) с небольшой долей акриловой кислоты, бензофенона в качестве фотоинициатора и метилэтилгидрохинона / триаллилфосфата (для ингибирования преждевременной полимеризации).

К настоящему времени в процессе 3D-печати SLA были разработаны и используются различные фотоотверждаемые материалы, которые можно использовать в различных сферах жизни. Используя SLA, можно также получать высококачественные объекты с высоким разрешением до 10 мкм. Например, 3D-принтер на основе SLA использовался для создания человеческого уха, которое можно использовать для тканевой инженерии. Технологию SLA можно также использовать для изготовления трехмерных объектов с органически-неорганическими гибридными структурами, такими как ферромагнитно-чувствительный состав.

В 1987 году были разработаны метод и устройство цифровой обработки света (Direct Light Processing – DLP), которые дают возможность сократить время печати при сохранении высокой точности изготовления. В технологии DLP используется источник света, освещающий каждый слой одновременно, в отличие от SLA с постепенным прохождением каждого этапа.

В системе DLP источник фотонов освещается со дна ванны со смолой, а строительная платформа погружается в смолу сверху, таким образом, создание 3D возможно при использовании небольших объемов смол. Отверждаемый слой находится на дне ванны, поэтому не контактирует с воздухом, и из-за этого менее подвержен кислородному ингибированию.

Печать с помощью DLP использовалась в различных контекстах, таких как изготовление люминесцентных 3D-структур, фотополимеры с высокой растяжимостью, сконструированные нервные проводники, перерабатываемые реактопласты, электропроводящие конструкции, органически-неорганические гибридные сети, и другие сложные объекты [1].

В 2015 году ДеСимоун и его коллеги сообщили о новом поколении метода и устройства для 3D-печати, под названием CLIP (Continuous Liquid Interface Production), которые позволяют «непрерывно» изготавливать монолитные полимерные объекты без слоев.

В процессе CLIP используется проницаемое для кислорода окно для создания кислородсодержащего межфазного слоя, в котором ингибируется свободнорадикальная фотополимеризация. Кислород может ингибировать свободнорадикальную полимеризацию посредством, либо гашения фотоинициатора в возбужденном состоянии, либо образования пероксида при взаимодействии со свободным радикалом растущей цепи. Поэтому, между окном и основанием остается тонкий незатвердевший слой жидкости. Эта нечувствительная к кислороду мертвая зона обеспечивает высокую скорость печати и непрерывное изготовление деталей без слоев.

Обычно в проницаемом для кислорода окне используется окно из аморфного фторполимера с высокой проницаемостью для кислорода, УФ-прозрачностью и химической инертностью.

Используя технологию CLIP, печатные объекты можно извлекать из ванны со смолой со скоростью сотни миллиметров в час, а скорость производства составляет минуты и разрешение менее 100 мкм.

Кроме способов печати, важную роль играет смола. Для использования в различных сферах, применяют разные виды смолы. Ниже представлены наиболее часто применяющиеся смолы.

1. Стандартная фотополимерная смола – Standard. Стандартные смолы позволяют производить детали с высокой жесткостью, детализацией и гладкой поверхностью. Цвет смолы также влияет на ее свойства. Например, в продуктах FormLabs серая смола подходит для моделей с мелкими деталями, а белая смола подходит для деталей, требующих максимально гладкой поверхности.

2. АБС-пластик. К плюсам пластика можно отнести его невысокую стоимость. Легкость обработки. Возможность исправлять дефекты поверхности или паять детали ацетоном. Ударопрочность и некоторая эластичность делают пластик идеальным для изготовления различных защелок. Популярность пластика была также обусловлена его самой низкой ценой среди материалов для 3D-печати.

3. Прочная фотополимерная смола – Tough является аналогом АБС-пластика и была разработана для моделей, которые должны выдерживать высокие нагрузки и быть прочными. Такая смола нашла свое широкое применение при изготовлении ударопрочных деталей и функциональных прототипов.

4. Стоматологическая долговечная биосовместимая смола – Dental Long Term, относящаяся к классу биосовместимости 2А, – без разрушений может до года оставаться в контакте с живым организмом. Благодаря высокой устойчивости к разрушению и износу смолу Dental Long Term часто используют при изготовлении жестких шплинтов или фиксаторов.

В существующем списке биосовместимых полимеров, одобренных Управлением по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов США (FDA) присутствуют такие вещества, как поликапролактон, поли (молочная кислота) и поли (гликолевая кислота), поэтому их тоже можно использовать в клинических целях.

Как известно, прогресс не стоит на месте, как и все в природе 3D-печатающие тоже способны эволюционировать. Можно отметить, какие области и возможности продолжают свое развитие: улучшение биосовместимости материалов для 3D-печати, дальнейшее развитие 4D-печати.

Список использованных источников:

1. Строганов, Р. 3D печать. Коротко и максимально ясно / Р. Строганов – LittleTinyH Books, 2016. – 73 с.
2. Горьков Д. 3D-печать с нуля – М.: ЛитРес, 2016. – 130 с.

3. Кэнесс Э., Доступная 3D печать для науки, образования и устойчивого развития / Э. Кэнесс, К. Фонда, М. Дзеннаро - Международный центр теоретической физики Абдус Салам - МЦТФ (Отдел научных разработок), 2013. – 192 стр.

4. В.А. Иванова Высокая точность конструкций при применении 3D – печати в имплантологии (обзор литературы) / В.А. Иванова, В.В. Борисов, В.В. Платонова, С.Д. Даньшина // Актуальные проблемы медицины – 2020. – Том 43, №1. – С 93-101

© Коростелев И.М., Айзатуллин Т.И., Идрисова Д.М., 2022

УДК 685.34

О ПОКАЗАТЕЛЕ ЭКОЛОГИЧНОСТИ В ОПРЕДЕЛЕНИИ КАЧЕСТВА ОБУВИ

Краснова А.В., Леденева И.Н., Костылева В.В.

Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Качество промышленного продукта определяется многими показателями, но сегодня к важным факторам добавляется экологичность.

Необходимость этого показателя обусловлена распространением экологического аспекта по отношению к производству и тому, что любой продукт должен быть безопасным не только для человека, но и животных, окружающей среды, не оказывать пагубное воздействие во время эксплуатации и последующей утилизации. Рост популярности различных «зеленых» движений и экологических направлений также увеличивает интерес на экологичные товары и обеспечивает хороший спрос на эко-продукцию [1, 2].

Проблема экологии волнует (по данным 2018 года) 62% россиян. По результатам опроса большой процент респондентов хотел бы покупать натуральные продукты, 40% всегда изучают содержание этикеток, 57% граждан России заявили о важности наличия у компаний действующих программ по защите окружающей среды и тому подобное [3].

Экологические характеристики показывают уровень вредного воздействия на окружающую среду как в процессе производства продукта, так и в процессе эксплуатации. Поэтому понятие экологичности определяет весь комплекс свойств продукта, которые отражают его воздействие на окружающую среду.

В документе «Рекомендации. Установление требований экологичности продукции в стандартах и технических условиях. Р 50-601-22-92» от 17 февраля 1992 года прописаны следующие три степени экологичности:

экологически чистая продукция – она изготовлена из экологически чистого сырья и экологически чистыми способами;

экологически безопасная продукция – не подвергает риску окружающую среду, отвечает нормам и требованиям природоохранных организаций;

экологически опасная продукция – подвергает окружающую среду риску.

Стандарт экологичности устанавливает только собственно экологичность, то есть экологическую чистоту и экологическую безопасность продукции [4].

Поскольку сегодня экологичность продукта – это необходимый критерий, который может и должен влиять на выбор как конечного потребителя, так и производителя, мы предлагаем усовершенствовать разработанную ранее структурную схему иерархической системы номенклатуры показателей качества обуви из льносодержащих материалов [5] и дополнить группу потребительских показателей свойством экологичности обуви (рис. 1).

Показатель экологичности обуви предлагается оценивать по 4 категориям (рис. 1):

экологичность происхождения сырья – условия происхождения сырья, применение удобрений или состава корма, количество используемой воды и других ресурсов, какие технологии применяются и так далее;

экологичность получения материала – условия и способы изготовления материала, применение химических веществ, ресурсов, технологий, а также отходы, выбросы и другое влияние на окружающую среду;

экологичность производства обуви – условия и способы производства обуви, применение химических веществ, ресурсов, технологий, а также отходы, выбросы и другие факторы влияния на окружающую среду;

экологичность утилизации отходов – логистика как отходов не только производства, так и обуви после эксплуатации.

Оценка по каждой из этих категорий позволит определить степень экологичности обуви, выявить проблемы, на которых нужно сконцентрироваться для повышения «чистоты» продукта и соответственно его качества и лояльности потребителей.

Эти категории оценки экологичности продукта предлагаются потому, что это создает прозрачность всей цепочки производства, это критерии устойчивости и осознанного производства.

Конечно, на данный момент достаточно сложно сделать полностью экологически чистой обувь, но найти решение для производства экологически безопасной продукции представляется вполне возможно.



Рисунок 1 – Структурная схема иерархической системы номенклатуры показателей потребительских свойств обуви (авторская)

Список использованных источников:

1. Леденева И.Н., Краснова А.В. Концепция проектирования эко-обуви // Концепции в современном дизайне: Сборник материалов II Всероссийской научной онлайн-конференции с международным участием. Выпуск 2. – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2020. – 330 с., - с. 159-161.

2. Краснова А.В. Экологические тренды в производстве обуви на основе осознанного дизайна / А.В. Краснова, И.Н. Леденева, В.В. Костылева, Ю.С. Конарева // «Фундаментальные и прикладные научные исследования в области инклюзивного дизайна и технологий: опыт, практика и перспективы» Международная научно-практическая конференция: Сборник научных трудов. – Москва, 2021. – часть 2, с. 108-116.

3. Экологичность как критерий выбора. - [Электронный ресурс]. – режим доступа: <https://www.nielsen.com/ru/ru/insights/article/2018/ekologichnost-kak-kriteriy-vybora/>

4. Рекомендации. Установление требований экологичности продукции в стандартах и технических условиях. Р 50-601-22-92. - - [Электронный ресурс]. – режим доступа: <https://www.alppp.ru/law/okruzhayuschaja-sreda-i-prirodnye-resursy/obschie-voprosy/50/rekomendacii--ustanovlenie-trebovanij-ekologichnosti-produkcii-v-standartah-i-tehnicheskikh.html>

5. Воробьева, Т.А. / Разработка ассортимента обуви из льносодержащих материалов с использованием средств автоматизированного проектирования: Дис... к. т. н. Т.А. Воробьева. – Москва. - 2002. – с. 268.

© Краснова А.В., Леденева И.Н., Костылева В.В., 2022

УДК 677.017

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ТРИКОТАЖНЫХ ПОЛОТЕН ДЛЯ ОДЕЖДЫ СПОРТСМЕНОВ-ГИМНАСТОВ

Крицкая П.С., Демократова Е.Б., Чернышева Г.М.
Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

В настоящее время вопрос о выборе подходящей одежды для спортсменов-гимнастов стоит достаточно остро. С одной стороны, выбор таких трико, маек и шорт в магазинах достаточно велик, хотя цены часто высокие и не позволяют приобретать изделие «на пробу». С другой же стороны, именно большой выбор создает сложности, т.к. не все изготовители используют в качестве сырья трикотажные полотна с должными свойствами.

Между тем качество трикотажного полотна для костюма спортсмена-гимнаста – достаточно важный фактор успеха его спортивной подготовки и сохранения здоровья. К материалу предъявляются достаточно серьезные и многогранные требования: он должен быть достаточно прочным и сохранять свой внешний вид в процессах эксплуатации и ухода за изделием. При этом полотно должно быть мягким, не раздражать кожу, способствовать обеспечению кожного дыхания и должного теплофизического состояния организма. А самое главное требование заключается в том, что материалы для одежды спортсменов-гимнастов должны быть достаточно растяжимы в разных направлениях, чтобы обеспечить свободу движений, и вместе с тем должны оказывать на тело человека поддерживающий эффект.

Как было показано авторами работы ранее [1], наиболее значимые показатели качества трикотажных полотен, обеспечивающие соответствие этим требованиям, таковы (в скобках даются их коэффициенты весомости): разрывная нагрузка (0,14); растяжимость (0,15); воздухопроницаемость (0,14); гигроскопичность (0,12); изменение размеров после мокрой обработки (0,11); устойчивость окраски (0,23); стойкость к истиранию (0,11).

Анализ этих показателей в свете условий эксплуатации и данных [2] показал, что разрывная нагрузка, воздухопроницаемость, гигроскопичность, устойчивость окраски и стойкость к истиранию являются позитивными показателями, а изменение размеров после мокрой обработки – негативным. Т.к. полотно костюма спортсмена-гимнаста должно не только обеспечивать свободу движений, но и оказывать поддерживающий эффект, данный показатель следует считать

нейтральным. Поскольку методика комплексной оценки по нейтральным показателям качества в настоящее время не вполне разработана, в работе было принято решение заменить показатель растяжимости на абсолютную величину отклонения фактической растяжимости полотна от оптимальной.

Для того, чтобы выявить оптимальную растяжимость полотна, в качестве одного из объектов исследования (полотно 1) было взято полотно от костюма производителя, продукция которого зарекомендовала себя как хорошие трико для спортсменов-гимнастов. Как показали испытания по ГОСТ 8847, растяжимость этого полотна составляет 40-45%. Соответственно, в качестве оптимального значения растяжимости была взята величина 42,5%. Таким образом, отклонение фактической растяжимости полотна от оптимальной рассматривалось как негативный показатель качества.

В качестве остальных объектов исследования (полотна 2-6) были взяты полотна, рекомендуемые их поставщиками для изготовления различной спортивной одежды, в т.ч. «купальников», трико, шорт и маек для спортсменов-гимнастов.

Определение сырьевого состава, структуры и перечисленных показателей качества полотен проводилось по стандартным и типовым методикам. Установлено, что особенности строения и свойств исследуемых полотен заключаются в следующем.

Полотно 1 (название «бифлекс») выработано из сочетания текстурированной полиамидной нити и эластомерной нити комбинированным основовязаным переплетением, его поверхностная плотность составляет 183 г/м². Полотно обладает средними по сравнению с другими образцами характеристиками, т.е. оно не является лучшим или худшим среди объектов исследования ни по одному из показателей качества (за исключением, ожидаемо, растяжимости).

Полотно 2 (название «бифлекс») имеет аналогичную структуру, но его поверхностная плотность 205 г/м². Особенность свойств данного полотна заключается в повышенных прочностных характеристиках, т.к. оно является наилучшим среди исследуемых образцов по разрывной нагрузке и стойкости к истиранию, т.к. полотно имеет сравнительно большую поверхностную плотность, при этом выработано на основе прочного сырья.

Полотно 3 выработано из текстурированных полиэфирных нитей комбинированным основовязаным переплетением при поверхностной плотности 201 г/м². Это полотно отличается хорошими результатами определения показателей, связанных с размером изделия – растяжимости и изменения размеров после мокрой обработки.

Полотно 4 выработано из сочетания текстурированных полиэфирных и полиамидных нитей, его переплетение – кулирная гладь, поверхностная плотность 158 г/м². Полотно не оказалось лучшим ни по одному из

исследуемых показателей качества, хотя его разрывная нагрузка и изменение размеров после мокрой обработки по сравнению с остальными образцами можно считать неплохими. Существенный недостаток данного полотна – низкая растяжимость, что можно объяснить особенностями строения текстурированной нити: визуально нить, извлеченная при распускании полотна, воспринимается как менее «объемная и подвижная», чем нити, извлеченные из других исследуемых полотен.

Полотно 5 выработано также переплетением кулирная гладь из 100% текстурированных полиэфирных нитей при поверхностной плотности 145 г/м². Данное полотно обладает наименьшей гигроскопичностью среди всех исследуемых образцов, что следует связать с его сырьевым составом. Устойчивость окраски данного полотна наивысшая.

Полотно 6 является традиционным материалом одежды для разных видов спорта – хлопчатобумажным полотном переплетения гладь, поверхностная плотность 135 г/м². Как и следовало ждать, это полотно оказалось наилучшим по гигроскопичности (по причине сырьевого состава) и воздухопроницаемости (в силу низкой поверхностной плотности). При этом остальные его характеристики оказались существенно хуже, чем у других образцов. Тем не менее, было принято решение оставить это полотно для сравнения, чтобы показать пригодность или непригодность такого полотна для «серьезных» занятий художественной гимнастикой.

Как видно из приведенного описания, у каждого рассматриваемого полотна есть достоинства и недостатки. Не случайно поставщик каждого из них рекомендует свой материал, подчеркивая его отдельные ценные свойства. Но оптимального с точки зрения всех запросов и требований полотна, вероятно, на рынке нет.

Соответственно, актуальной становится задача выбрать такое полотно, которое не имело бы выраженных недостатков, и небольшие недостатки которого бы компенсировались существенными достоинствами. Именно эту задачу призвана решать комплексная оценка.

В настоящей работе при проведении комплексной оценки возникла сложность, связанная с тем, что в действующих ГОСТ нормы некоторых из исследуемых показателей качества отсутствуют, а других – вызывают сомнение. Например, учитывая специфику условий эксплуатации, действующие нормы стойкости к истиранию и изменения размеров после мокрой обработки представляются слишком мягкими.

Поэтому в работе было принято решение провести комплексную оценку по непрерывным баллам в соответствии с методикой [3]. Комплексная оценка рассчитывалась как среднее арифметическое, среднее геометрическое и среднее гармоническое. Результаты расчетов приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Комплексные оценки качества исследуемых полотен

Наименование полотна	Комплексная оценка		
	средняя арифметическая	средняя геометрическая	средняя гармоническая
Полотно 1	3,8	3,5	3,1
Полотно 2	3,5	3,0	2,5
Полотно 3	3,3	2,9	2,5
Полотно 4	2,9	2,5	1,8
Полотно 5	3,4	2,9	2,1
Полотно 6	2,3	1,7	1,3

Из результатов, приведенных в таблице, можно вывести следующее.

1. Результаты оценки полотна 1 оказались выше, чем у других полотен. Это не следует связывать только с тем, что именно полотно 1 изначально предназначено для одежды спортсменов-гимнастов. Необходимо сделать поправку на тот факт, что при расчете характеристик растяжимости за основу были взяты свойства именно этого полотна, т.е. при комплексной оценке оно получило преимущество.

2. Соответственно, следует считать, что полотна 2 и 3 не намного уступают полотну 1. Наиболее заметный их недостаток по сравнению с полотном 1 – несколько пониженная устойчивость окраски, тем не менее, соответствующая нормам технического регламента и стандартов.

3. Полотно 5 не следует считать хорошим, хотя его средняя арифметическая комплексная оценка достаточно высока. Низкая величина средней гармонической комплексной оценки указывает на то, что в определенных ситуациях могут в опасной форме проявиться недостатки этого полотна (см. выше): низкая гигроскопичность, невысокие растяжимость и стойкость к истиранию.

4. Гигроскопичность и воздухопроницаемость полотна 6 оказались недостаточно высокими, чтобы хотя бы частично скомпенсировать его недостатки. По комплексной оценке это полотно оказалось наихудшим.

5. Общий признак полотен 1, 2 и 3, оказавшихся хорошими, – комбинированное основовязаное переплетение. Повышенную поверхностную плотность следует считать вторичной, т.к. при одних и тех же модуле петли и сырьевом составе поверхностная плотность таких полотен выше, чем у полотен переплетения кулирная гладь. В результате анализа рынка трикотажа хлопчатобумажные полотна основовязанных комбинированных переплетений не обнаружены, так же как и полотна данных переплетений из синтетических нитей, отличающихся от полиамидной и полиэфирной текстурированной. Следовательно, можно рекомендовать для рассматриваемой цели именно полотна комбинированных основовязанных переплетений, выработанные из синтетических текстурированных нитей.

6. Тем не менее, у полотен 1, 2 и 3 есть заметные различия свойств. Эти различия можно объяснить особенностями переплетения, строением текстурированной нити, природой текстурированной нити, различным содержанием эластомерной нити, модулем петли и др. Следует заметить,

что полотна 1 и 2 имеют одно и то же торговое наименование, а по свойствам существенно различаются. Следовательно, данные о строении и сырьевом составе полотен позволяют только выбрать группу полотен, вполне подходящих для одежды спортсменов-гимнастов. А наилучший образец полотна в пределах этой группы следует выбирать, исходя из свойств полотен, т.е. результатов испытаний по важным показателям качества. При этом возникают сложности в трактовке результатов определения растяжимости, показанные выше.

7. Трикотажные полотна, в торговле обозначаемые общим термином «бифлекс», могут существенно различаться по свойствам.

8. Для одежды спортсменов-гимнастов следует в первую очередь рекомендовать полотна из текстурированных синтетических нитей, выработанные комбинированными основовязаными переплетениями.

9. Целесообразно провести нормирование растяжимости трикотажных полотен для одежды спортсменов-гимнастов, после чего довести результаты этой работы до сведения производителей, предприятий торговли, спортивных организаций и др.

Список использованных источников:

1. Крицкая, П.С. Выбор определяющих показателей качества трикотажных полотен для одежды спортсменов-гимнастов / Крицкая П.С., Демократова Е.Б., Чернышева Г.М. // Теория и практика экспертизы, технического регулирования и подтверждения соответствия продукции: сборник научных трудов по материалам Круглого стола с международным участием / под ред. Ю.С. Шустова, А.В. Курденковой, Я.И. Буланова. – М., РГУ им. А.Н. Косыгина, 2021. – 177 с. – с. 18 – 22

2. Кирюхин, С.М. Текстильное материаловедение : учебное пособие для вузов / С.М. Кирюхин, Ю.С. Шустов. – М. : КолосС, 2011. – 360 с. – (Учебники и учеб. пособия для высших учебных заведений)

3. Кирюхин, С.М. Квалиметрия и управление качеством текстильных материалов: учебное пособие / С.М. Кирюхин, С.В. Плеханова, Е.Б. Демократова. М. : РГУ им. А.Н. Косыгина, 2017. 184 с.

© Крицкая П.С., Демократова Е.Б., Чернышева Г.М., 2022

УДК 677.076

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ МЕМБРАННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ХИМЗАЩИТНОЙ СПЕЦОДЕЖДЫ

Логинова Е.А., Степанова И.В., Смирнова А.В., Ромашкин Е.В.,
Бешапошникова В.И.

Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

На предприятиях химических и нефтеперерабатывающих, местах захоронения химических и ядерных отходов и других рабочие подвергаются вредным воздействиям агрессивных сред производства. Кроме того, с увеличением числа потенциально опасных объектов на территории страны возникает риск техногенных катастроф, что потенциально приводит к возрастанию экономического и социального ущерба. В связи с этим, назрела существенная необходимость обеспечить эффективную защиту от вредных воздействий. Поэтому анализ и обобщение литературных данных по развитию ассортимента материалов и качества средств индивидуальной защиты работников химической промышленности, выявление и анализ опасных производственных факторов на химических предприятиях и средств защиты от их воздействия является актуальным.

Анализ показал, что существует два основных типа защитной одежды: средства индивидуальной защиты кожи (СИЗК) изолирующего и СИЗК фильтрующего типов. СИЗК изолирующего типа, изготавливают, как правило, из тяжелых прорезиненных материалов, которые обладают высокой стойкостью к опасным, токсичным и химическим веществам, но значительно увеличивают массу самого изделия. Пребывание в такой одежде даже короткое время вызывает дискомфорт у пользователя, кроме того, прорезиненные материалы, полностью изолируют человека от окружающей среды и тем самым нарушают теплообмен, что может привести к тепловому удару или даже смерти человека. Для осуществления работы в одежде изолирующего типа используют, как правило, дополнительные устройства и приспособления, например, для охлаждения тела человека подается очищенный воздух в подкостюмное пространство, однако все это приводит к утяжелению комплекта в целом и неудобству в процессе эксплуатации [1-5].

СИЗК фильтрующего типа, напротив, имеют хорошие физиолого-гигиенические характеристики (воздухопроницаемость и паропроницаемость), но не обладают достаточными защитными свойствами, особенно, во влажной среде [3].

Для защиты тела работника и продления ресурса специальной одежды на многих химических производствах актуально использование одноразовых комбинезонов, которые обеспечивают защиту как от пыли, так и от брызг химических веществ. Для этих целей применяют специальные ламинированные материалы [5-7].

Одним из наиболее перспективных направлений создания защитных полимерно-текстильных материалов с многофункциональными свойствами является комбинирование традиционных полимеров не только в виде смеси в составе одного покрытия, но и в виде отдельных покрытий, каждое из которых будет придавать материалу свой спектр защитных и эксплуатационных характеристик [8]. Серийное производство многослойных материалов для СИЗК организовано в основном в иностранных фирмах. Чаще всего используются комбинированные резино-тканевые материалы, у которых с каждой стороны текстильной основы нанесены покрытия из полимерных смесей разной природы. Лидерами на рынке СИЗК на протяжении многих лет являются такие фирмы, как Dräger (Германия), MSA Auer (США), Trelleborg (Швеция) [5-8].

Предложен функциональный защитный материал с мембраной, имеющей реакционноспособное внешнее покрытие. Функциональный защитный материал включает многослойную конструкцию. Многослойная конструкция включает текстильный поддерживающий материал и мембрану. Мембрана присоединена к поддерживающему материалу и снабжена реакционноспособной добавкой в форме каталитически активного компонента, обладающего реакционной способностью по отношению к химическим, биологическим ядам и вредным веществам [9]. Таким образом, открывается возможность создания защитных материалов с полимерными мембранными слоями.

Учитывая, расширение ассортимента и области применения мембран и мембранных тканей в работе исследовали имеющиеся на Российском рынке мембраны и мембранные материалы, с целью возможности их использования при разработке химзащитного текстильного материала с мембранным слоем.

Результаты исследования свойств мембран, выбранных в качестве объектов исследования, показали (табл. 1), что свойства мембран зависят как от природы мембранообразующего полимера, так и от ее структуры, прежде всего толщины и диаметра пор.

Поровые мембраны обеспечивают время защитного действия от капель токсичного вещества о-ксилола – 52-56 минут (в соответствии с ГОСТ 12.4.259-2014 для изделий одноразового пользования это показатель должен быть более 30 мин, для изделий многократного применения – более 360 мин). Обе поровые мембраны характеризуются низким показателем времени защитного действия от паров токсичного вещества аммиака

(концентрация 0,05 мг/л), менее 10 минут (по ГОСТ12.4.279 должно быть >10 мин), поэтому они сами по себе не представляют интереса для изготовления даже одноразовой одежды для химзащиты.

Таблица 1 – Характеристики структуры и свойств мембран промышленного производства

Наименование показателей	PUM Alova	PUM Sympatex	ПТФЕ «Parel»	ПТФЕ Suomy
Толщина, мкм	18	20	22	26
Средний диаметр пор, мкм	0,21	беспоровая	0,29	беспоровая
Поверхностная плотность, г/м ²	19,5	21,6	21,9	24,3
Паропроницаемость водяных паров, г/м ² за 24 ч	8208	1925	8484	1921
Время защитного действия по каплям токсичного вещества о-ксилола, мин	52,0	109,50	56,11	124,08
Время защитного действия по парам токсичного вещества аммиака конц. 50 мг/л, мин.	9,10	31,25	6,21	35,46
Разрывная нагрузка, Н,	26,6	42,5	24,3	44,8
Прочность при раздирании, Н	3,8	4,4	4,0	4,8

Беспоровые мембраны в 3-4 раз дольше сопротивляются проницаемости аммиака, и обеспечивают защиту в течение 31-35 минут, и в 2-2,5 раза – о-ксилолу, поэтому с учетом требований ГОСТ12.4.279-2014 обе беспоровые мембраны можно использовать для изготовления одноразовой спецодежды 1 и 2 класса.

Поровые мембраны характеризуются хорошей паропроницаемостью, более 8000 г/м² за 24 ч. Беспоровые мембраны по показателю паропроницаемости находятся на границе требования ГОСТ 12.4.279-2014 (более 1800 г/м² за 24 ч), что свидетельствует о комфорте пододежного пространства одноразовых изделий из них (табл. 1).

По прочностным характеристикам, разрывной нагрузки при растяжении и раздирании, все поровые мембраны находятся на одном уровне, и в соответствии с ГОСТ 12.4.279-2014, их можно рекомендовать для одноразовых изделий 1 и 2 класса (более 10 и 20 Н). Беспоровые мембраны в 1,52 раза превосходят поровые мембраны по прочности при растяжении. Однако все мембраны по показателю прочности при раздирании не отвечают требованию – более 5 Н, поэтому в чистом виде данные мембраны не могут применяться даже для одноразовой спецодежды. Поэтому в дальнейших исследованиях поровые мембраны исключили из объектов исследования.

В дальнейших исследованиях с целью повышения прочности и гигиенических свойств беспоровые мембраны дублировали термопластичными клеевыми прокладочными материалами, которые широко применяются при изготовлении одежды, в основном в виде тканых, трикотажных и нетканых прокладочных материалов с клеевым покрытием (сплошным и точечным, регулярным и нерегулярным покрытием) или клеевой нитью [10].

Выбор полиамидного покрытия обусловлен его высокой устойчивостью к воде и ряду химических веществ, по сравнению, например

с полиэтиленом. Основные характеристики структуры и свойств клевых прокладочных материалов представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Показатели структуры и свойств термоклеевых прокладочных материалов

Наименование показателя	Ткань арт. 51РА (Польша)	Нетканое арт. 95АТ (Тайвань)
Поверхностная плотность, г/м ²	95	95
Состав, %	40 вискоза, 60 полиэфир	50 хлопок, 50 полиэфир
Вид клеевого покрытия, температура плавления, °С	точечное полиамид, 100-110	точечное полиамид, 100-110
Стойкость к истиранию, циклов	2400	1050
Паропроницаемость, г/м ² за 24 часа	4700	3500
Разрывная нагрузка, Н, длина/ ширина	361,7/356,4	121,8/122,9
Разрывное удлинение, %, по длине / ширине	39,2/35,0	20,5/19,7
Прочность при раздирании, Н, по длине / ширине	6,9/6,5	3,1/3,2

Результаты исследования свойств выбранных термоклеевых прокладочных материалов (ТКПМ) показали (табл. 2), что наибольшей прочностью и растяжимостью характеризуются ТКПМ на тканой основе. При этом все прокладочные материалы отвечают требованиям стандартов ГОСТ 25441-90, ГОСТ 28832-90.

Дублирование мембран термоклеевыми прокладочными материалами с клеевым покрытием осуществляли на прессе ПГУ 12112 при условиях: увлажнение 10%, давление 0,03-0,04 МПа, время дублирования – 20-25 сек при температуре 130-135°С.

Пакет материалов формировали следующим образом: на нижнюю подушку прессы укладывали антиадгезионную пленку, затем мембрану, после чего клеевой поверхностью на мембрану укладывали термоклеевой прокладочный материал. Структура и свойства полученных двухслойных полотен представлены в табл. 3.

Исследование свойств двухслойных полотен позволило установить (табл. 3), что защитные свойства от проникания концентрированного раствора о-ксилола и паров аммиака для двухслойных полотен на тканой и нетканой основе возрастают на 10-22%, что может быть обусловлено, прежде всего, закрытием пор текстильных полотен клеевой составляющей при дублировании структуры двухслойных мембранных материалов.

Полученные материалы характеризуются высокой прочностью при разрыве и раздирании, которая в 8-10 раз превышает прочность однослойных мембран, и по этому показателю обеспечивают 4 класс защиты (ГОСТ 12.4.279).

Таким образом, в результате проведенных исследований получены двухслойные мембранные материалы, которые характеризуются высокой прочностью и обеспечивают 4 класс защиты по показателю сопротивления прониканию жидких токсичных веществ (норматив для 4 класса >120 мин, ГОСТ 12.4.279-2014). Однако по сопротивлению проникания паров аммиака их можно отнести только ко второму классу защиты, поэтому полученные материалы можно рекомендовать только для производства одноразовой спецодежды.

Таблица 3 – Характеристики структуры и свойств двухслойных полотен мембран с прокладочным материалом

Показатели свойств и структуры полотна	Мембрана PUM Sympatex		Мембрана PTFE Suomy		
	Ткань арт.51РА	Нетканое арт.95АТ	Трикотаж арт.481L	Ткань арт.51РА	Нетканое арт.95АТ
Толщина, мм	0,22	0,20	0,30	0,29	0,24
Поверхностная плотность, г/м ²	116,2	116,4	110,1	119,2	119,0
Паропроницаемость водяных паров, г/м ² за 24 ч	1713	925	1891	1698	1005
Время защитного действия по концентр. аэрозоли о-ксилола, мин	140,18	121,52	126,05	144,35	129,18
Время защитного действия по парам аммиака конц. 50 мг/л, мин.	35,13	34,05	36,08	38,35	37,16
Разрывная нагрузка, Н, длина/ ширина	487,9/ 412,3	205,5/ 195,3	329,9/ 287,6	492,9/ 432,3	225,5/ 205,3
Разрывное удлинение, %, длина/ширина	29,5/27,1	17,5/14,6	55,3/82,8	26,2/31,0	15,5/12,3
Прочность при раздирании, Н	10,3/7,9	7,9/5,1	6,1/5,7	10,0/6,8	7,3/4,6
Жесткость при изгибе, мкН·см ²	4589	5298	3035	4919	5399

Список использованных источников:

1. Н.Ю. Баркалова, ст. техн. спец. ЗАО «ЗМ Россия» СИЗ в химической промышленности <https://sout-pmf.nethouse.ru/articles/254712>
2. Жмакина Е. Аварийно химически опасное вещество. Классификация и характеристики химически опасных веществ. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://fb.ru/article/264446/avariyno-himicheskii-opasnoe-veschestvo-klassifikatsiya-i-harakteristiki-himicheskii-opasnyih-veschestv>, - 2016.
3. Глебов В. Средства индивидуальной защиты от АХОВ / В. Глебов, А. Костров, Ю. Соколов // Гражданская защита. - № 6. - 2001. - С. 20-24.
4. Костюмы химической защиты фирмы [Электронный ресурс]. – 2012. – Режим доступа: <http://s7d9.scene7.com/is/content/minesafetyappliances/Chemical%20Protective%20Clothing%20Range%20Bulletin%20-%20RU>,
5. Dräger Work Master Umex [Электронный ресурс]. – 2012. – Режим доступа: https://www.draeger.com/Products/Content/workmaster_umex_pi
6. Фомченкова С.П. Современные материалы для рабочей и специальной одежды. Часть 1 // Текстильная промышленность. – 2004. – № 6. – С. 32-37.
7. Фомченкова, С. П. Современные материалы для рабочей и специальной одежды зарубежных фирм. Часть 2 // Текстильная промышленность. – 2004. – № 7. – С. 42-47.
8. Разработка защитных материалов, стойких к воздействию агрессивных сред, на основе полимерной композиции / Новые технологии и материалы в производстве кожи и меха. Международная научно-практическая конференция студентов и молодых ученых // Сборник статей. – 2005. – С. 40-43.
9. Пат. 2418680 Российская Федерация, МПК В32В25/10, В32В27/12, А62В17/00. Многослойный универсальный защитный материал [Текст] / Р.Х. Фатхутдинов, И.И. Шергина, В.В. Гайдай, Г.Ф. Гимадиева, Л.Э.

Зарипова, Л.М. Лазарева, В.В. Уваев; // заявка №2009136836/05; заявл. , 05.10.2009; опубл.: 20.05.2011.

10. Кирьянов Г.Л. Термоклеевые прокладочные материалы. // Швейная промышленность. – 1993. - № 2. – С. 32-34.

© **Логинова Е.А., Степанова И.В., Смирнова А.В.,
Ромашкин Е.В., Бешапошникова В.И., 2022**

УДК 677.047.623

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТУШЕ
ХЛОПЧАТОБУМАЖНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ
ПОСЛЕ УМЯГЧАЮЩЕЙ ОТДЕЛКИ
ФЕРМЕНТСОДЕРЖАЩИМИ КОМПОЗИЦИЯМИ**

Марущак Ю.И., Ясинская Н.Н., Петюль И.А., Ленько К.А.

*Учреждение образования «Витебский государственный
технологический университет», Витебск, Беларусь*

Текстильные материалы обладают рядом свойств, оказывающих эстетическое воздействие на человека. В число таких свойств входит гриф или туше. Поскольку текстильные изделия постоянно контактируют с телом человека, то непосредственное восприятие материала осуществляется, прежде всего, при осязании. Свойство, формируемое при осязании материала, называется туше. Для придания хлопчатобумажным тканям приятного туше, в процессе заключительной отделки их подвергают биообработке и умягчению с помощью химических веществ [1].

Согласно проведенным исследованиям Национального исследовательского университета «Высшей школы экономики» [2], одной из наиболее импортозависимых отраслей промышленности в России и Беларуси является текстильная. Помимо сырья предприятия закупают также поставляемые из-за рубежа препараты текстильной химии, ферментные препараты, предназначенные для отделки текстильных материалов. В данном исследовании ткани подвергаются обработке белорусскими препаратами фирмы ООО «Фермент», которая сравнительно недавно вышла на рынок химии. Следовательно, актуальной является задача выбора состава ферментсодержащих аппретирующих композиций данного производителя для придания туше наибольшей гладкости.

Ферменты – органические вещества-катализаторы, которые в процессе воздействия на текстильный материал вызывают разрушение целлюлозы во внешних слоях волокна на участках с наименьшей упорядоченностью молекул и способствуют удалению из волокна нецеллюлозных примесей, изменению фрикционных и механических свойств, повышению гигроскопичности и сорбционной способности по отношению к красителям и текстильно-вспомогательным веществам [3].

Целью данной работы является оценка влияния высокоэффективных ферментсодержащих композиций белорусского производства на туше хлопчатобумажной ткани, а также выбор оптимального состава композиции для достижения максимальной степени шелковистости.

В качестве объекта исследований выбрана отбеленная хлопчатобумажная ткань (арт. 857) производства ОАО «Барановичское производственное хлопчатобумажное объединение» (Республика Беларусь) постельного назначения поверхностной плотностью 134 г/м². Ткань подвергали умягчающей обработке по периодическому способу с применением индивидуальной силиконовой эмульсии и ферментсодержащей эмульсии при концентрациях 10, 50, 100 г/л по схеме, представленной на рис. 1. Характеристика используемых препаратов представлена в табл. 1. Испытуемые образцы вырезали в направлении основы и утка для исключения влияния свойств анизотропии.

Таблица 1 – Характеристика используемых в исследовании препаратов ООО «Фермент»

Название препарата	Характеристика
RG-810R/36	Гидрофильная силиконовая эмульсия. Оптимальные условия действия pH = 5, рабочая температура 30-50°C.
RG-810R/36+Ц100	Гидрофильная силиконовая эмульсия с ферментным препаратом «Целлюлаза» активностью 100 ед/г. Оптимальные условия действия pH = 5, рабочая температура 30-50°C.
RG-810R/36+Ц300	Гидрофильная силиконовая эмульсия с ферментным препаратом «Целлюлаза» активностью 300 ед/г. Оптимальные условия действия pH = 5, рабочая температура 30-50°C.

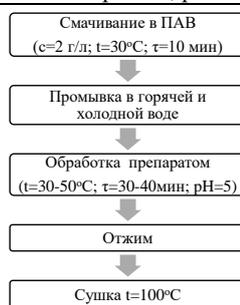


Рисунок 1 – Схема обработки ткани

Во многих работах оценка туше проводится органолептически. Однако такие методы имеют явный недостаток – субъективность. На сегодняшний день отсутствуют регламентированные методики, с помощью которых можно было бы количественно оценить туше ткани и эффект после умягчения. Многие исследователи полагают, что для определения и оценки туше текстильных материалов необходимо определять поведение материалов при трении, то есть коэффициенты тангенциального сопротивления (далее – КТС). Статический коэффициент тангенциального сопротивления ($f_{ст}$) связан с измеренной силой, необходимой для начала движения одной поверхности по другой. Кинетический коэффициент тангенциального сопротивления ($f_{к}$) связан с силой, необходимой для поддержания такого движения [4].

Существует ряд методик для определения КТС, различающихся по характеру перемещения контактирующих поверхностей и виду движения (вращательное или прямолинейное), однако для текстильных полотен они не стандартизованы. В данной работе для оценки эффекта после умягчения различными препаратами использовали метод горизонтальной плоскости.

Подготовленные образцы испытывали на приборе FPT-F1, область применения которого распространяется на измерение коэффициентов статического и кинетического трения текстиля. На рис. 2 представлена упрощенная схема установки, используемой для определения КТС.

С помощью односторонней липкой ленты образцы закрепляли на несущей плоскости (А) и колодке (В). Для поддержания несущей плоскости использовали деревянное основание (Е). Конец нейлоновой нити (С) прикрепили к рым-болту колодки с образцом. С помощью цепной передачи (F) обеспечивается движение несущей плоскости с постоянной скоростью $v=100$ мм/мин, так как при данной скорости повышается чувствительность метода. В данном исследовании постоянную скорость обеспечивал электродвигатель прибора. С помощью тензодатчика (D) фиксировали силу трения. На рис. 3 представлена фотография работы прибора FPT-F1.

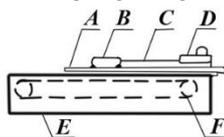


Рисунок 2 – Установка для определения коэффициентов трения

Статический коэффициент тангенциального сопротивления рассчитывали по формуле $f_{cm} = \frac{F_{cm}}{m_k g}$ (1), где F_{cm} – сила, соответствующая началу движения, Н; m_k – масса колодки, г; g – гравитационное ускорение, принимаемое равным $9,80665$ м/с².

Кинетический коэффициент тангенциального сопротивления рассчитывали по формуле $f_k = \frac{F_k}{m_k g}$ (2), где F_k – среднее значение силы, соответствующее равномерному скольжению поверхностей относительно друг друга, Н.



Рисунок 3 – Определение коэффициента тангенциального сопротивления тканей на приборе FPT-F1

Для каждого из образцов испытание повторяли 13 раз. При этом первые 10 результатов для каждого образца не учитывали, так как из-за притирания поверхностей силы трения меняются. За конечное значение принимали среднее значение по результатам последних трех испытаний, с точность до двух значащих цифр.

На рис. 4 и 5 представлена оценка статического и кинетического коэффициента тангенциального сопротивления хлопчатобумажной ткани, обработанной разными способами и при различной концентрации препарата.

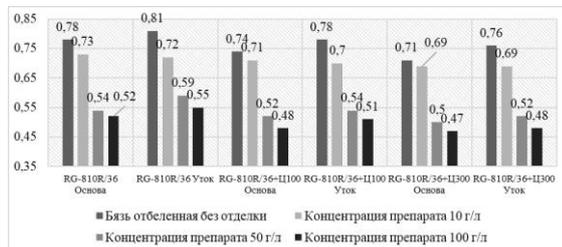


Рисунок 4 – Статический КТС хлопчатобумажной ткани

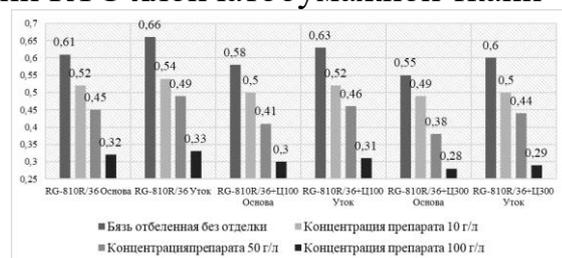


Рисунок 5 – Кинетический КТС хлопчатобумажной ткани

Анализируя полученные гистограммы, можно сделать вывод о снижении значения коэффициента тангенциального сопротивления с увеличением концентрации используемого препарата. Также происходит снижение по данному показателю с увеличением активности ферментсодержащей композиции. Вероятно, это связано с разрыхлением структуры целлюлозного волокна ферментом и более полным обволакиванием, глубоким проникновением в него силиконовой композиции.

Таким образом, можно сделать следующий вывод: с увеличением концентрации умягчающего препарата и активности фермента в композиции повышается гладкость и шелковистость текстильного материала.

Список использованных источников:

1. Ленько К.А., Ясинская Н.Н., Скобова Н.В., Лисовский Д.Л. Использование ферментов в технологиях умягчения хлопчатобумажных постельных тканей // Сборник научных трудов Международного научно-технического симпозиума III Международного Косыгинского Форума «Современные задачи инженерных наук». – М.: «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2021. – 327 с. С. 72-77.
2. Салтанова С. В. Зависимость от импорта: как лечить промышленность. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://iq.hse.ru/news/204326723.html>. – Дата обращения: 16.03.2022
3. Чешкова А. В. Ферменты и технологии для текстиля, моющих средств, кожи, меха: учеб. пособие для вузов. – И.: ГОУВПО ИГХТУ, 2007. – 282 с.

4. ГОСТ 27492-87. Материалы электроизоляционные полимерные пленочные и листовые. Метод определения коэффициентов трения. – М.: Изд-во стандартов, 19898. – 12 с.

© Марущак Ю.И., Ясинская Н.Н.,
Петюль И.А., Ленъко К.А., 2022

УДК 677.017

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ТРИКОТАЖНЫХ ПОЛОТЕН ДЛЯ ДЕТСКОЙ ОДЕЖДЫ

Мордовочкина А.А., Панова М.А., Буланов Я.И.

Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

На современном рынке детской одежды потребители предъявляют высокие требования к качеству продукции. Несколько лет назад главным критерием покупки являлась цена, а сейчас потребители уделяют большое внимание качеству. При покупке одежды для ребенка, следует обращать внимание не на яркость товара, а на его практичность, функциональность, удобство изделия, особое внимание следует уделять гигиеническим свойствам одежды и ее безопасности [1-5].

В качестве объектов исследования было выбрано 4 пуловера для детей дошкольного возраста. Из них два пуловера российского производителя и два – китайского.

Для оценки безопасности детской одежды используется Технический регламент 007/2011 года «О безопасности продукции, предназначенной для детей и подростков» [6]. Рассматриваемые изделия относятся к 2 слою.

В данном регламенте указано, что для детей дошкольного возраста одежда из текстильных материалов, трикотажные изделия и готовые текстильные изделия должны отвечать требованиям биологической и химической безопасности.

Структурные характеристики определялись в соответствии ГОСТ 8846 [7]. Образцы отличались поверхностной плотностью и плотностью по горизонтали и вертикали. В табл. 1 приведены структурные характеристики образцов.

Таблица 1 – Структурные характеристики

Наименование показателя	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4
Поверхностная плотность, г/м ²	212	249	251	308
Плотность по вертикали, рядов / 10 см	130	121	113	143
Плотность по горизонтали, столбиков/ 10см	124	111	100	140
Диаметр нити, мм	0,03	0,05	0,03	0,03
Толщина, мм	0,67	0,97	1,05	1,1
Переплетение	Футерованное	Интерлок	Интерлок	Футерованное

Образец 4 имеет наибольшую поверхностную плотность, так как он выработан с наибольшей плотностью по горизонтали и вертикали. Данный образец также обладает наибольшей толщиной.

Все изделия имеют общие конструктивные особенности: полочка и спинка цельнокроеные; рукав длинный, одношовный, втачной; горловина обработана круглым вырезом; края изделия обработаны резинкой со швом вподгибку с закрытым срезом; пуловер прямого силуэта, классической длины, прикрывающий верхнюю часть бедра.

Образец 1 – Пуловер детский для мальчиков для повседневной носки в помещении. Выполнен из трикотажа, зелёного цвета с белым капюшоном, с термоапликацией на спинке и полочке. С застёжкой в виде шнура на капюшоне.

Образец 2 – Пуловер детский для мальчиков для повседневной носки в помещении и на улице в весенне-осенний период. Выполнен из трикотажа, белого цвета с контурным рисунком в виде тонкого карандаша. С застёжкой в виде кнопок на спинке.

Образец 3 – Пуловер детский для мальчиков для повседневной носки в помещении и на улице в весенне-осенний период. Выполнен из трикотажа, серого цвета с термоапликацией на полочке. С застёжкой в виде кнопок на спинке.

Образец 4 – Пуловер детский для мальчиков для повседневной носки в помещении и на улице в весенне-осенний период. Выполнен из трикотажа. Красного, жёлтого, красного и голубого цвета с капюшоном из жёлтого цвета. С термоапликацией на полочке. Без застёжек.

Все образцы соответствуют размерному ряду данной возрастной группы.

Детские изделия важно и необходимо стирать сразу, как только заметили следы загрязнения. Для малышей старше года при нехватке свободного времени складывают одежду в отдельную корзину и стирают дважды в неделю. Общих рекомендаций нет, каждая мама сама устанавливает удобный режим.

После стирки вещи малыша отжимаются и складываются в одну кучку. Лучшее место для просушивания детских вещичек – на открытом воздухе. Это особенно важно, когда вещи недостаточно хорошо отжаты после ручной стирки. После машинки изделия извлекаются из барабана практически сухими. Если сушку проводить в сыром месте, то одежда не только будет долго оставаться влажной, но и может стать рассадником для плесени и других болезнетворных микроорганизмов.

В табл. 2 даны значения, как менялся размер до и после опытной носки.

Таблица 2 – Изменение линейных размеров

№ образца	Размер, см			Размер после опытной носки, см	
	Объём груди, см	Рост, см	Длина изделия, см	Объём груди, см	Длина изделия, см
Образец №1	30	162-164	39	36	45
Образец №2	29	154-156	35	28	40
Образец №3	30	162-164	39	29	39
Образец №4	29	154-156	35	35	44

Из таблицы видно, что у детей дошкольного возраста объём груди должен быть 30 см, а рост 162-164 см. В образце №2 (Россия) объём груди стал 31 см, а длина изделия 40 см. В образце №1 (Китай) объём груди стал 36 см, а длина изделия 45 см. Таким образом, образец из Китая растянулся больше, чем из России.

Также по таблице размеров, у детей дошкольного возраста при росте 154-156 см объём груди должен быть 29 см, а длина изделия 35 см. В образце №3 (Россия) объём груди стал 29 см, а длина изделия не изменилась 39 см. В образце №4 (Китай) объём груди стал 35 см, а длина изделия 44 см. В образце из России произошла усадка, а образец из Китая растянулся.

Перекося исследуемых образцов определяется по горизонтали и вертикали. В табл. 3 приведены результаты определения перекося.

Таблица 3 – Перекося исследуемых образцов после опытной носки, град.

Направление	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4
По горизонтали	2	1	4	0
По вертикали	4	7	7	7

Из табл. 3 видно, что все образцы имеют перекося. У образца 4 перекося проявился по двум направлениям, у образцов 2 и 3 только в одном. Минимальное значение перекося имеет образец 1, следовательно, его структура является более устойчивой.

Сохранение внешнего вида изделия в процессе эксплуатации является важным. В связи с этим была проведена оценка изменения цвета после опытной носки. Устойчивость окраски исследуемых образцов определялась с помощью шкалы серных эталонов по пятибалльной шкале.

Все образцы окраску не изменили, следовательно, они имеют особую прочную окраску, оцениваемую в 5 баллов.

В связи с малым размером пиллей, их подсчет производился с помощью микроскопа на квадрате размером 1,65 x 1,65 см.

В результате механических воздействий при опытной носке связи между волокнами в пряже уменьшились, концы волокон стали более интенсивно выступать на поверхность, что привело к увеличению ворсистости пряжи, которая стала более рыхлой. Возможно, пряжа данного образца была выработана из более коротких волокон. Крутка пряжи также была не высокой.

У образца 2 также образовалось 1 пилль. Причины их образования такие же, как и предыдущем случае. У образца 1, 3 и 4 пилли не образовались. Пряжа довольно гладкая, ворсистость увеличилась незначительно. Крутка достаточно высокая.

Важным показателем комфортности изделия является воздухопроницаемость. Она определялась в соответствии с ГОСТ 12088-77 «Материалы текстильные и изделия из них. Метод определения воздухопроницаемости» на приборе ВПТМ [4].

Из табл. 4 по результатам оценки воздухопроницаемости, установлено, что всех лучше при тёплой температуре ребёнку будет находиться в пуловере 1 с наибольшей воздухопроницаемостью. Данный образец имеет наименьшую плотность по горизонтали и наименьшую поверхностную плотность. Наименьшей воздухопроницаемостью обладает образец №4 с наибольшей плотностью по горизонтали. Данное изделие рекомендуется для более холодного периода носки.

Таблица 4 – Физические свойства исследуемых образцов

№ образца	До опытной носки	После опытной носки
Воздухопроницаемость, $\text{дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$		
1	98,1±5,4	116,0±6,4
2	132,8±6,7	157,9±7,4
3	156,3±4,9	187,9±6,7
4	301,5±9,7	335,4±8,7
Гигроскопичность, %		
1	13,1	16,7
2	11,2	13,8
3	13,5	17,4
4	9,6	13,5
Водопоглощение, %		
1	120	206
2	204	205
3	183	190
4	19	30

Все образцы соответствуют требованиям технического регламента 007/2011 даже после опытной носки [6]. Гигроскопичность образцов определялась в соответствии с ГОСТ 3816 [8]. У образца 3 наибольшая гигроскопичность, а у образца 4- наименьшая. Все образцы соответствуют требованиям технического регламента ТР ТС 007/2011 даже после опытной носки [6]. Водопоглощение характеризует способность текстильных полотен поглощать воду при полном погружении в неё. Она определялась в соответствии с ГОСТ 3816 [8]. До опытной носки наиболее водопоглощение наблюдается у образца 1, а наименьшее – у образца 4. После опытной носки самый высокий показатель у образца 2. А самый низкий у образца 4.

Капиллярность определяется по ГОСТ 3816 «Полотна текстильные. Методы определения гигроскопических и водоотталкивающих свойств», оценка капиллярности проводится по высоте подъёма жидкости по материалу [8]. В связи с этим оценка капиллярности по предложенной методике оценки распространения по полотну капли жидкости, было проведено исследование размера и формы пятна. При попадании капель на изделие происходит перемещение жидкости по капиллярам. Для оценки капиллярности предложен капельный метод. Для этого на образец помещали каплю подкрашенной жидкости и оценивали величину ореола вокруг капли. На образце 3 капля растекалась сразу, не образуя ореола. У

образцов 1 и 2 капля растекалась с образованием ореола вокруг. Наименьший размер пятна имеет образец 4. У образца 2 жидкость растекается по межволокну пространству, окрашивая достаточно большой диаметр вокруг. Величина распространения жидкости по полотну связана с интенсивностью крутки пряжи и плотностью её структуры.

Таким образом, по результатам проведённого исследования для детей дошкольного возраста можно рекомендовать образец 4.

После реальных условий эксплуатации были проведены испытания на основе ТР ТС 007/2011 «О безопасности продукции, предназначенной для детей и подростков» и ГОСТ на данные методы испытания. Во время испытаний наблюдалось, что образцы из Китая растянулись. У образца 4 перекося появились по двум направлениям, а у образца один минимальное значение перекося, следовательно, его структура является более устойчивой. Устойчивость окраски всех образцов составила 5 баллов. Образец 4 обладает меньшей воздухопроницаемостью, но с наибольшей поверхностной плотностью по горизонтали, следовательно, этот образец рекомендуется носить в более холодный период. У образца 3 наибольшая гигроскопичность, а у образца 4 – наименьшая, а также у образца 4 низкий показатель водопоглощения, а у образца 2 высокий. А по результатам проведенного исследования – капиллярность для детей дошкольного возраста можно рекомендовать образец 4.

Список использованных источников:

1. «Ассортимент детской одежды подразделения на возрастные группы.» - https://studopedia.ru/12_81994_assortiment-detskoj-odezhdi.html
2. «Детская одежда для детей дошкольного возраста» - <https://blog.fashionfactoryschool.com/blog/obzor-rynka/obzory/51-test123>
3. Текстильное материаловедение: лабораторный практикум: учебное пособие / Ю.С. Шустов, С.М. Кирюхин, А.Ф. Давыдов [и др.]. – 4-е изд., испр. и доп. – Москва: ИНФРА-М, 2021. – 357 с.
4. Техническая экспертиза продукции текстильной и легкой промышленности: учебное пособие / Давыдов А.Ф., Шустов Ю.С., Курденкова А.В. - Москва: Форум, НИЦ ИНФРА-М, 2014 - 384с.
5. Кирюхин С.М., Шустов Ю.С. Текстильное материаловедение. - М.: КолосС, 2011. – 360 с.
6. ТР ТС 007/2011 Технический регламент Таможенного союза "О безопасности продукции, предназначенной для детей и подростков" (с изменениями на 28 апреля 2017 года)
7. ГОСТ 12088 «Материалы текстильные и изделия из них. Метод определения воздухопроницаемости»
8. ГОСТ 8846 «Полотна и изделия трикотажные. Методы определения линейных размеров, перекося, числа петельных рядов и петельных столбиков и длины нити в петле»

9. ГОСТ 3816 «Полотна текстильные. Методы определения гигроскопических и водоотталкивающих свойств»

© Мордовочкина А.А., Панова М.А., Буланов Я.И., 2022

УДК 677.017

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА КАМУФЛЯЖНЫХ ТКАНЕЙ

Мязина А.И., Курденкова А.В.

Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

В настоящее время значительную долю в общем объеме производства текстильной продукции занимают ткани из химических волокон и нитей. За счет возможности создавать ткани с разнообразными свойствами, ассортимент этих тканей постоянно развивается.

Особое место в производстве тканей из химических волокон и нитей занимают камуфляжные ткани. К ним предъявляются высокие требования стабильности и надежности их свойств в процессе эксплуатации, т.к. изделия из этих тканей обязаны защищать человека от негативных внешних воздействий и выполнять маскировочную функцию.

Маскировочные ткани зачастую эксплуатируются в экстремальных условиях, поэтому должны соответствовать определенным требованиям. Среди них можно сформулировать следующие: форма должна быть прочной, служить длительный срок, не сильно подвергаться деформации; как можно меньше изнашиваться, не выгорать на солнце; материал должен «дышать», пропускать воздух, вентилироваться; быть устойчивым к воздействию влаги, защищать от ветра.

Все ткани разделяют на несколько видов: синтетические материалы из нейлона, полиэстера; комбинированные синтетические ткани; новое поколение – мембранные ткани; шерстяная ткань камуфляж из натуральных волокон; смесовые (комбинация синтетики и натуральных волокон).

Расширение ассортимента и повышение качества этих тканей требуют постоянного совершенствования методов оценки их качества. Это необходимо в тех случаях, когда несколько образцов сравниваются по основным показателям качества (ПК) для выбора наиболее оптимального варианта продукции [1-4].

В работе были исследованы 5 образца камуфляжных тканей, выработанных из 100% полиэстера.

Результаты определения структурных характеристик тканей сведены в табл. 1.

Таблица 1 – Структурные характеристики тканей

Наименование показателя	Номер образца				
	1	2	3	4	5
Толщина ткани, мм	0,10	0,08	0,08	0,14	0,10
Поверхностная плотность, г/м ²	68	44	60	103	69
Линейная плотность нитей основы, текс	8,0	6,0	5,0	14,0	6,0
Линейная плотность нитей утка, текс	11,6	6,0	3,6	12,4	16,0
Плотность по основе на 10 см, нитей/10см	443	452	842	510	416
Плотность по утку на 10 см, нитей/ 10см	258	341	639	291	288

Наибольшей поверхностной плотностью обладает образец 1, наименьшей – образец 5. Это объясняется тем, что у образца 1 наибольшая линейная плотность нитей основы и утка по сравнению с другими тканями, а у образца 5 невысокая линейная плотность нитей и при этом плотность нитей по основе и по утку почти в два раза меньше, чем у образца 3.

Разрывные характеристики текстильных полотен определяются в соответствии с ГОСТ 3813 на разрывной машине Инстрон серии 4411 [5]. Результаты определения разрывной нагрузки и разрывного удлинения камуфляжных тканей приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Результаты определения разрывной нагрузки и разрывного удлинения камуфляжных тканей

Номер образца	Разрывная нагрузка, даН		Разрывное удлинение, мм	
	По основе	По утку	По основе	По утку
1	95	45	52,54	30,1
2	101,6	68	80,27	26,8
3	91	68	43,07	57,64
4	167	121	56,12	40,9
5	100	55	52,12	40,75

Наибольшей прочностью обладает образец 4, а наименьшей – образец 1.

Стойкость к истиранию камуфляжных тканей определяют по ГОСТ 18976 [6]. Результаты определения стойкости к истиранию приведены в табл. 3.

Таблица 3 – Стойкость к истиранию камуфляжных тканей, циклы

№ образца	1	2	3	4	5
Количество циклов до разрушения	5926	5187	4958	7812	5636

Наибольшую стойкость к истиранию имеет образец 4, выработанный с наибольшей толщиной. Наименьшей стойкостью к истиранию обладает образец 3, имеющий наименьшую линейную плотность нитей утка.

Воздухопроницаемость камуфляжных тканей определяют по ГОСТ 12088 [7]. Результаты воздухопроницаемости приведены в табл. 4.

Таблица 4 – Воздухопроницаемость камуфляжных тканей

№ образца	1	2	3	4	5
Коэффициент воздухопроницаемости, дм ³ /м ² с	156	163	125	174	184

Наименьшую воздухопроницаемость имеет образец 3, выработанный с наибольшей плотностью по основе и утку и имеющий наименьшую пористость. Наибольшей величиной воздухопроницаемости обладает образец 5, выработанный с наименьшей плотностью по основе и утку.

По итогам проведенного исследования можно сделать вывод, что наилучшим является образец 4. Его можно рекомендовать для изготовления камуфлированной одежды.

Список использованных источников:

1. Из чего состоит камуфляжная ткань: особенности пошива и окрашивания // <https://tkanix.guru/svoystva-tkanej-i-poloten/kamuflaznaa>
2. Текстильное материаловедение: лабораторный практикум: учебное пособие / Ю.С. Шустов, С.М. Кирюхин, А.Ф. Давыдов [и др.]. – 4-е изд., испр. и доп. – Москва : ИНФРА-М, 2021. – 357 с.
3. Техническая экспертиза продукции текстильной и легкой промышленности: учебное пособие / Давыдов А.Ф., Шустов Ю.С., Курденкова А.В. - Москва: Форум, НИЦ ИНФРА-М, 2014 - 384с.
4. Кирюхин С.М., Шустов Ю.С. Текстильное материаловедение. - М.: КолосС, 2011. – 360 с.
5. ГОСТ 3813 «Материалы текстильные. Ткани и штучные изделия. Методы определения разрывных характеристик при растяжении»
6. ГОСТ 18976 «Ткани текстильные. Метод определения стойкости к истиранию»
7. ГОСТ 12088 «Материалы текстильные и изделия из них. Метод определения воздухопроницаемости»

© Мязина А.И., Курденкова А.В., 2022

УДК 677.017

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ СПЕЦОДЕЖДЫ СВАРЩИКОВ

Новичихина А.А., Буланов Я.И.

Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

На сварщика негативное воздействие оказывает сразу множество факторов: интенсивное излучение сварочной дуги, искры, брызги расплавленного металла, электромагнитные поля, сварочный дым, имеющий в составе твердые и газообразные токсические вещества, шум, ультразвук, статическая нагрузка [1].

Обязательные требования к специальной одежде сварщиков изложены в ТР ТС 019/2011 «О безопасности средств индивидуальной защиты» [2]. Требования к готовым изделиям также представлены в ГОСТ 12.4.250 [3], а нормативные значения показателей приведены в ГОСТ 11209 [4].

В качестве объектов исследования были выбраны ткани специального назначения, предназначенные для изготовления спецодежды сварщиков.

Для исследования изменения физико-механических свойств специальных тканей были выбраны образцы 4 различных артикулов, представленных в табл. 1.

Таблица 1 – Структурные характеристики исследуемых тканей

Наименование показателей	Наименование ткани			
	Weldshield 450	Banwear	Flameshild 400	Weldersafe
Условные обозначения	Ткань 1	Ткань 2	Ткань 3	Ткань 4
Состав ткани	100% ХЛ	88% ХЛ, 12% ПА	100% ХЛ	100% ХЛ
Поверхностная плотность ткани М1, г/м ²	450	305	400	440
Линейная плотность нитей основы То, текс	95	65	86	80
Линейная плотность нитей утка Ту, текс	95	65	86	80
Число нитей основы на 100 мм ткани По	240	280	230	250
Число нитей утка на 100 мм ткани Пу	220	175	225	280
Толщина ткани b, мм	0,79	0,58	0,65	0,86
Вид переплетений	Сатин 8/1	Саржевое	Полотняное	Сатин 8/1
Пропитка	Огнестойкая технология Proban®			

Основными характеристиками строения тканей являются: вид и линейная плотность нитей, их переплетение, число нитей основы или утка на 10 см ткани, заполнение, пористость, наполнение, связность и др. [5-9].

Исследуемые образцы были выработаны различными переплетениями. Ткани также отличались плотностью по основе и утку, а также линейной плотностью нитей. Волокнистый состав тканей также варьировали.

Изменение линейных размеров после мокрых обработок тканей, предназначенных для спецодежды сварщиков определяется в соответствии с ГОСТ 30157.0 [10] и по ГОСТ 30157.1 [1].

После стирок измерялась толщина образцов. Результаты определения толщины после многократных стирок приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Изменение толщины тканей для спецодежды сварщиков после стирок и опытной носки, мм

Количество стирок	Наименование ткани			
	Ткань 1	Ткань 2	Ткань 3	Ткань 4
0	0,79	0,58	0,65	0,86
1	0,80	0,59	0,66	0,87
5	0,80	0,60	0,66	0,87
10	0,80	0,60	0,67	0,87
25	0,81	0,60	0,67	0,87
50	0,81	0,60	0,68	0,88

Наибольшей толщиной обладает Ткань 4, выработанная переплетением сатин. Данная ткань имеет высокую плотность нитей по основе и утку. Наименьшую толщину имеет Ткань 2, выработанная из нитей с наименьшей линейной плотностью и низкой плотностью по утку.

Зависимость толщины тканей для спецодежды сварщиков от количества стирок имеет вид линейной функции.

Результаты расчёта изменения линейных размеров после мокрых обработок приведены в табл. 3.

Таблица 3 – Результаты расчёта изменения линейных размеров после мокрых обработок

Наименование ткани	Количество стирок									
	1		5		10		25		50	
	Основа	Уток	Основа	Уток	Основа	Уток	Основа	Уток	Основа	Уток
Ткань 1	0,62	0,33	1,35	1,11	1,56	1,56	2,56	2,16	2,76	2,16
Ткань 2	0,56	0,78	1,13	2,00	1,55	2,42	2,34	2,89	2,82	2,89
Ткань 3	0,81	0,44	1,25	1,23	1,67	1,53	2,13	1,89	2,56	1,89
Ткань 4	0,52	1,33	0,89	1,56	1,33	2,19	1,68	2,62	1,93	2,62

Можно отметить, что у всех тканей произошла усадка. Наибольшую величину усадки имеет Ткань 2, выработанная с наименьшей поверхностной плотностью и низкой плотностью по утку, поэтому при влажно-тепловых обработках происходит набухание хлопчатобумажных волокон в нитях и заполняется пространство между ними.

Наименьшую усадку имеет Ткань 3, выработанная с одинаковой линейной плотностью нитей и практически одинаковой плотностью ткани по основе и утку. В процессе стирок усадка увеличивается по логарифмическому закону

Механические свойства тканей для спецодежды сварщиков определялись на испытательной системе Инстрон серии 4411 в соответствии с ГОСТ 3813 [12]. Наибольшей разрывной нагрузкой по основе обладает Ткань 1, выработанная из нитей с наибольшей линейной плотностью, а по утку Ткань 3 и Ткань 4, имеющие различия в плотности тканей и виде переплетения. Наименьшую разрывную нагрузку по основе имеет Ткань 2, а по утку Ткань 1.

Наибольшим разрывным удлинением по основе обладает Ткань 2, выработанная из хлопко-полиамидной пряжи. Наибольшим разрывным удлинением по утку обладает Ткань 4, выработанная сатиновым переплетением.

Наименьшую величину разрывного удлинения по основе имеет Ткань 4, а по утку Ткань 3. Данные закономерности сохраняются после 50 стирок.

Изначально наибольшей раздирающей нагрузкой по основе и по утку обладает Ткань 4, но после 25 стирок наибольшую величину имеет Ткань 3, что свидетельствует о менее интенсивном износе образца.

Наихудшие значения показателя имеет Ткань 2, следовательно, она наиболее подвержена износу в процессе стирки и эксплуатации.

Зависимость механических свойств от количества стирок тканей для спецодежды сварщиков определяется экспоненциальным законом.

Все ткани соответствуют нормативной документации.

Таким образом, по результатам проведенного исследования можно сделать следующие выводы. В процессе многократных стирок под действием температуры и влаги, несмотря на наличие пропитки, происходит набухание хлопковых волокон, что приводит к увеличению толщины.

Однако из-за высокой плотности некоторых тканей изменение линейных размеров происходит не значительно.

В процессе стирки под действием моющих средств и механических воздействий происходит ослабление структуры нитей, что негативно сказывается на механических свойствах тканей для спецодежды сварщиков.

Ткань 3 можно рекомендовать для пошива специальной одежды сварщиков.

Список использованных источников:

1. От каких рисков должны уберегать сварщика средства индивидуальной защиты? //

<https://www.vseinstrumenti.ru/instrument/svarochnoe-oborudovanie/articles/ot-kakih-riskov-dolzny-uberegat-svarschika-sredstva-individualnoj-zaschity/>

2. ТР ТС 019/2011 «О безопасности средств индивидуальной защиты»

3. ГОСТ 12.4.250 «Система стандартов безопасности труда Одежда специальная для защиты от искр и брызг расплавленного металла. Технические требования»

4. ГОСТ 11209 «Ткани для специальной одежды. Общие технические требования. Методы испытаний»

5. Текстильное материаловедение: лабораторный практикум: учебное пособие / Ю.С. Шустов, С.М. Кирюхин, А.Ф. Давыдов [и др.]. – 4-е изд., испр. и доп. – Москва: ИНФРА-М, 2021. – 357 с.

6. Техническая экспертиза продукции текстильной и легкой промышленности: учебное пособие / Давыдов А.Ф., Шустов Ю.С., Курденкова А.В. - Москва: Форум, НИЦ ИНФРА-М, 2014 - 384с.

7. Кирюхин С.М., Шустов Ю.С. Текстильное материаловедение. - М.: КолосС, 2011. – 360 с.

8. ГОСТ 3811 «Материалы текстильные. Ткани, нетканые полотна и штучные изделия. Методы определения линейных размеров, линейной и поверхностной плотностей»

9. ГОСТ 3812 «Материалы текстильные. Ткани и штучные изделия. Методы определения плотности нитей и пучков ворса»

10. ГОСТ 30157.0 «Методы определения изменения размеров после мокрых обработок или химической чистки. Общие положения»

11. ГОСТ 30157.1 «Методы определения изменения размеров после мокрых обработок или химической чистки. Режимы обработок

12. ГОСТ 3813 «Материалы текстильные. Ткани и штучные изделия. Методы определения разрывных характеристик при растяжении»

© Новичихина А.А., Буланов Я.И., 2022

УДК 687.1

СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ЗНАЧИМЫХ ДЕФЕКТОВ ШВЕЙНОЙ ПРОДУКЦИИ ДЛЯ ЦИФРОВИЗАЦИИ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА

Рогожина Ю.В., Гусева М.А.

Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Предприятия, выпускающие одежду для отечественного рынка, рассредоточены не только по всей территории России, но и за рубежом. Особенностью современного аутсорсинга можно назвать территориальную удаленность фабрик, выполняющих задачи конкретной стадии производства, не только друг от друга, но и от заказчика и дизайн-бюро [1]. Территориальная разобщенность, политические и экономические потрясения мировой экономики, препятствующие быстрому перемещению сотрудников швейных фирм – факторы, повлиявшие на развитие и внедрение в отрасли дистанционных коммуникаций. Через интернет-порталы происходит оформление заказов и конфекционирование, обсуждение композиционных и конструктивно-технологических особенностей изготовления продукции, передача проектно-конструкторской документации [2]. В настоящее время не автоматизирован этап приемки готовой продукции. Контроль качества отшива одежды производится контактным способом сотрудниками отделов ОТК швейных фабрик и инспектором-технологом заказчика.

Целью нашего исследования – разработка базы входных параметров и инструментария для автоматизации контроля качества изготовления швейных изделий простого кроя.

Контроль качества продукции машинным зрением применяют во многих отраслях промышленности: автомобилестроении, приборостроении, фармацевтике, пищевой промышленности и др. Оптико-электронные системы (цифровые камеры + компьютерные программы), установленные в поточных линиях, распознают и сортируют изделия, что значительно оптимизирует процесс приемки, благодаря точности измерений и скорости обработки визуальной информации.

Анализ возможностей применения машинного зрения на финальном этапе контроля качества продукции показал, что сотрудниками ОТК выявляются разнообразные дефекты, приводящие к неудовлетворительному качеству изготовления или плохой посадке на фигуре. Для выявления наиболее значимых дефектов, наличие которых обуславливает возврат партии одежды на переделку, проведено маркетинговое исследование. Объектом исследования выбраны футболки,

поскольку плоский крой большинства моделей позволяет позиционировать изделия на поверхности столешницы программно-аппаратного комплекса без заломов и складок, негативно влияющих на достоверность визуальной информации. Выборки продукции проведены на аутсорсинговых предприятиях Китая. В качестве экспертов приглашены технологи подрядчиков и заказчиков, сотрудники ОТК швейных фабрик, представители торговых сетей. Поскольку респондентами являлись представители разных языковых групп, то вопросы анкеты были составлены на русском и английском языках (табл. 1).

Таблица 1 – Результаты анализа значимых показателей дефектов в партиях швейной продукции

Defects, affecting decisions on the acceptance of ready production (T- shirt) Дефекты, влияющие на принятие решений о приемке партии готовой одежды		
	Defetc name/ Наименование дефекта	Points number/ кол-во баллов
1	Non-compliance of measurements affecting the fit of the ready garment/ Несоответствие измерений, влияющих на посадку изделия	8,35
2	Curve neckline/ Кривая горловина	6,45
3	Curve bottom/ Кривой низ	3,6
4	Different sleeves length/ Разная длина рукавов	4,5
5	Curve stitch/ Кривая строчка	3,3
6	Broken stitch / Порванная строчка	5,5
7	Dirty spots/ Грязные пятна	5,55
8	Defects fabric/Дефект материала	8,1
9	Different length of side seams/ Разная длина боковых швов	3,65
10	Asymmetric print/ Кривой принт	5,95

Согласно ранжированию, несоответствие измерений готового образца нормативным показателям, указанным в сопровождающей документации, является наиболее значимым дефектом, влияющим на вероятность возврата производителям партии продукции. Поэтому в качестве технического задания на разработку программного обеспечения для программно-аппаратного комплекса (ПАК) GarmentScanner [3], выявляющего машинным зрением бракованные изделия, выбрана оценка габаритов единичных образцов на примере изделий плоских форм – футболок. Для распознавания, классификации и оценивания визуальной информации в программном аппарате GarmentScanner использованы законы вейвлетов Хаара [4]. При этом, программа должна быть предварительно обучена, т.е. способна сегментировать входную информацию, выделять значимые для анализа пиксели и игнорировать не значимые [5]. На первом этапе входное изображение анализируется GarmentScanner на наличие швейного изделия в поле зрения цифровой камеры. Для выполнения этой процедуры применен метод выделения границ, когда скачкообразно изменяется фон, цвет и яркость изображения. Далее на выделенном сегменте снимка выполняется измерение (вычисление параметров). В настоящее время в системах машинного зрения применяют автоматическую и интерактивную сегментацию изображений [6]. Присутствие человека (интерактивность) повышает качество выполнения процедуры, однако значительно снижает скорость обработки информации из-за влияния человеческого фактора.

Для эксперимента по бесконтактному измерению (рис. 1) выбраны следующие участки изделий: 1) длины плечевых и боковых швов, нижнего среза рукава, низа изделия и рукава; 2) углы наклона плечевых швов; 3) длины криволинейных участков (горловина); 4) симметричность изделия; 5) позиционирование отделочных элементов [7].

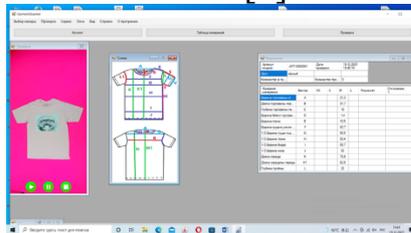


Рисунок 1 – Окно программы GarmentScanner

Тестирование системы на захват изображения показало, что обязательным условием качественной работы комплекса является задание цвета и тона покрытия стола, на котором позиционируется исследуемый объект. Обнаружено, что, если цвет фона совпадает с цветом декоративной части изделия, то программа считывает его, как часть изделия, появляются «шумы», отражающиеся на выходных параметрах анализа.

Вторым значимым итогом тестирования стал вывод о необходимости регулирования высоты камеры при измерении изделий, не уместяющихся полностью в зону видимости сканера (объемные модели с длинными рукавами). Для пересчета новых параметров расположения камеры введены коэффициенты, зависящие от габаритов изделий.

Преимуществом применения пилотной модели контроля качества изготовления одежды машинным зрением является отсутствие влияния человеческого фактора на процесс финальной инспекции. Следующий этап развития данного научного направления планируется разработка механизма автоматизированной подачи и позиционирования готовой продукции в рабочем пространстве ПАК GarmentScanner (в настоящее время размещение изделий на столешнице ПАК осуществляет лаборант), что позволит перевести этот этап производства на новый уровень.

Тестирование виртуального инструментария GarmentScanner показало высокие скорость и точность контроля качества швейной продукции. Внедрение в отрасли модели бесконтактной финальной инспекции повысит наукоемкость производства, в результате значительно оптимизируется этап контроля качества при сокращении сроков приемки партий продукции с нескольких дней до нескольких часов или минут.

Список использованных источников:

1. McKinsey. Is apparel manufacturing coming Home? - Apparel, Fashion@Luxury Group. 2018. – 32 p.
2. Гусева М.А., Гетманцева В.В., Андреева Е.Г., Рогожина Ю.В., Смирнов В.Б. Цифровизация дефектов одежды для оптимизации

аутсорсингового изготовления «Fast Fashion» коллекций// Дизайн и технологии. – 2020, №75 (117). – С.36-44.

3. Рогожина Ю.В., Гусева М.А., Андреева Е.Г., Белгородский В.С., Данильченко А.О., Слободян М.В. GarmentScanner/ Св-во о регистрации программы для ЭВМ №2021617946 RUS. Оpubл. 20.05.2021.

4. Viola P., Jones M. Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features // 2013 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2001, vol. 01, 511 p.

5. Форсайт Д.А., Понс Ж. Компьютерное зрение. Современный подход: – М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. – 928 с.

6. Ревякин А.М., Скурнович А.В. Подходы к разработке системы распознавания для решения задачи определения контента цифровых изображений // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 8, №4 (2016) <http://naukovedenie.ru/PDF/30TVN416.pdf> (доступ свободный).

7. Гусева М.А., Рогожина Ю.В., Андреева Е.Г., Белгородский В.С., Глебова Т.Г. Цифровые шкалы измерений швейных изделий для автоматизированного контроля качества // Св-во о регистрации базы данных № 2020622292 RUS. Оpubл. 16.11.2020. Бюл. № 11.

© Рогожина Ю.В., Гусева М.А., 2022

УДК 677.31.02

СРАВНЕНИЕ И АНАЛИЗ ПРОНИЦАЕМОСТИ ШЕРСТЯНЫХ ВОЛОКОН ДРУГИМИ ВЕЩЕСТВАМИ

Самиева Ш.Х., Асадова С.С.

Бухарский инженерно-технологический институт, Бухара, Узбекистан

Расширение использования шерсти для удовлетворения потребностей развивающегося рынка трикотажных изделий накладывающийся на кожу. Требуется, чтобы шерсть удовлетворяла тактильные требования потребителя к мягкости. Диаметр волокна известно, что это наиболее важный параметр волокна, влияющий на мягкость шерстяного волокна и ткань. Свойства извитости и сжатия также в значительной степени связаны с волокном. мягкость, но до сих пор недостаточно знаний о вкладе других волокон свойства мягкости шерсти. В этом исследовании изучается влияние клетчатки поверхность и физические свойства, кроме диаметра и кривизны, на мягкость волокон и трикотажных тканей из них. Положительная связь между черенком жирной шерсти и ее устойчивостью к сжатию продемонстрировано для мериносовой шерсти из Кооперативного исследовательского центра для инноваций в овцеводстве (Sheep CRC). Флисовая шерсть INF с экстремальной устойчивостью к сжатию при постоянном диаметре и кривизна, наряду с шерстью, кашемиром и верхом из альпаки, используются в этом исследовании, чтобы получить лучшее

понимание вклада свойств вторичного волокна в мягкость. Результаты показывают, что после устранения воздействия загрязняющих веществ, таких как жир и грязь, при чистке можно обнаружить существенные различия в мягкости рыхлой шерсти у шерсти образцы с различными свойствами сжатия. Шерстяные волокна с меньшей устойчивостью к сжатию постоянно и значительно оценивается как более мягкое, чем шерстяные волокна того же диаметра и кривизны волокна, которые имеют более высокое сопротивление сжатию.

Точно так же специальные волокна, кашемир и альпака, имеют более низкую устойчивость к компрессионные по сравнению с шерстью, а также значительно мягче, чем шерсть в рыхлом волокне форма. Это исследование также показывает, что валяние из рыхлой шерсти не связано с мягкостью.

Волокна, как показало валяние альпаки, легче, чем кашемир и шерсть. Модули растяжения и изгиба волокна, а также эллиптичность волокна не учитывают различия в рыхлой мягкости волокон образцов. Результаты показывают, что мягкие специальные волокна на самом деле немного жестче на растяжение и изгиб, чем шерстяные волокна аналогичного диаметра. Однако в ограниченном исследовании показано, что модуль сдвига значительно различается для разных кератиновые волокна, причем волокна кашемира и альпаки имеют гораздо более низкий модуль сдвига, чем шерсть такого же диаметра. В модуле сдвига преобладает матрица волокон. предполагая, что существуют некоторые врожденные различия в матрицах разных волокон, что, в свою очередь, может способствовать различиям в их мягкости. Несмотря на значительные различия в расстоянии между кутикулами, твердости и гладкости. Для различных кератиновых волокон не было выявлено тенденций в отношении мягкости волокон. Точно так же не было никаких существенных различий в фрикционных свойствах кутикулы.

Поверхность волокон кашемира, альпаки и шерсти при измерении в наномасштабе. Тем не менее на макроуровне было показано, что волокна кашемира и альпаки значительно масштабные коэффициенты трения волокна о металл и меньший эффект направленного трения (DFE), чем шерстяные волокна того же диаметра. Хотя эти результаты показывают, что фрикционные свойства волокна по металлу могут быть индикатором мягкости, он оказался надежным не для всех образцов. Например, судьи могли надежно различить разницу в мягкости волокон мягкой и жесткой шерсти Turretfield образцы, однако эти образцы не показали каких-либо различий в их трении волокна по металлу. характеристики. На макромасштабное трение, вероятно, сильно влияет высота шага кутикулы. и действительно, было показано, что мягкие волокна альпаки и кашемира имеют значительно более низкую шаг кутикулы выше, чем у шерстяных волокон аналогичного диаметра. Мягкий Образец шерсти Turretfield также

показал небольшую, но значительно меньшую высоту шага кутикулы. чем суровый образец шерсти Turretfield. Хотя признано, что размер выборки в этом исследовании мала, высота шага кутикулы, по-видимому, является вторичным свойством волокна, которое в оказывает наибольшее влияние на мягкость волокна, вероятно, за счет изменения коэффициента трения. свойства волокна. Хотя волокна кашемира, альпаки и шерсти, подобранные по диаметру и максимально возможная кривизна волокна, пряжи в одинаковых условиях, из разных кератиновых волокон получаются ткани, различающиеся по весу, толщине и мягкости.

Волокно альпака было труднее обрабатывать на камвольной системе, чем шерсть, и в результате в неровной пряже и гофрированных тканях. Тяжесть куколки ткани была уменьшена за счет кипячение тканей под натяжением в течение 15 минут. Это лечение против коклюша также было наносится на трикотажные ткани из шерсти, чтобы обработка различных кератиновых волокна оставались идентичными. Механическое воздействие при антикукольной обработке повышенная ворсистость тканей из альпаки по сравнению с шерстяными тканями и, следовательно, судьи сочли, что ткань из альпаки более колючая и жесткая на ощупь, чем ткань из альпаки шерстяные ткани. Судьи нашли кашемировые ткани, связанные из пряжи, скрученной на коротком штапеле. хлопковая система, чтобы быть мягче, чем связанные из шерсти. Кашемировые ткани были легче, тоньше и имели меньшую жесткость на изгиб, чем шерстяные ткани. Интересно когда сравнивали шерстяные и кашемировые ткани одинакового веса и толщины, судьи не смогли достоверно различить какие-либо различия в мягкости ткани. Это подчеркивает важность параметров конструкции ткани для восприятия мягкости. Фаброметр, разработанный Nu Cybertek Inc, США, использовался для объективной оценки характеристики мягкости трикотажных полотен из различных кератиновых волокон. Показаны прогнозы мягкости, полученные на основе данных о силе-смещении Фаброметра. значительно коррелирует с оценками судей по мягкости кашемира и шерстяные ткани. Однако эти корреляции не оказались значимыми, когда ткани альпака были включены в анализ.

Список использованных источников:

1. Асадова С.С., Ражабова Н.Б., Шамситдинова М.К. истории возникновения создания одежды в устойчивом виде из шерстяных волокон. Вестник магистратуры. 2021.№ 1-4 (112). с.45-48.

2. Батырова С.Г. Войлок в традиционном быту калмыков, художественная обработка// Искусство Евразии. – 2017. – №3(6). – С. 8–15. DOI 10.25712/ASTU.2518-7767.2017.03.001 [Электронный источник] URL: <https://readymag.com/u50070366/821476/7/>.

3. Фирсова Ю.Ю. Бионический объект как источник взаимодействия систем "силуэт-структура-форма" в художественном проектировании

одежды / Фирсова Ю.Ю., Зарецкая Г.П., Алибекова М.Б. // Дизайн. Материалы. Технология. Санкт-Петербургский Государственный Университет технологии и дизайна том 3, № 33, 2014. С. 17-19 .

4. Самиева Ш.Х., Джураева Т.С., Асадова С.С. Инновационные технологии в швейной промышленности. Учебник. Б.: “Дурдона”, 2020. с.256

5. Самиева Ш. Х., Рахматова Б. К., Бутко Т. В. ИННОВАЦИОННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ ТЕКСТИЛЯ. – 2021.

6. ХУДАЯРОВА Ф. О., АСАДОВА С. С., САМИЕВА Ш. Х. История натуральных красителей и использование их в окрашивании природных волокон //Молодые ученые-развитию Национальной технологической инициативы (ПОИСК). – 2021. – №. 1. – С. 407-411.

© Самиева Ш.Х., Асадова С.С., 2022

УДК 677.076

ВЛИЯНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ФАКТОРОВ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ТКАНИ ИЗ НИТЕЙ АРСЕЛОН

Сапронова Т.В., Аль кхдер Х., Бешапошникова В.И.

Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Специальная одежда – это основной фактор, определяющий снижение травматизма, сохранение здоровья и трудоспособности рабочих. Специальная одежда для работников нефтедобывающей отрасли, должна отвечать высоким требованиям стандартов. Профессия нефтяника предполагает контакт с сырой нефтью и нефтепродуктами, газом и возможным воспламенением взрывоопасных горючих продуктов, поэтому спецодежда должна препятствовать попаданию данных веществ на кожу человека, быть огнестойкой, нефтемаслостойкой и кислотостойкой, грязеотталкивающей и комфортной. Для производства высококачественной защитной одежды широко применяют материалы из термостойких волокон, которые используются как в чистом виде, так и в смеси с другими волокнами. Однако анализ литературных данных позволил выявить [1-8], что не достаточно изучен вопрос изменения свойств текстильных материалов под воздействие производственных факторов, в том числе высоких температур. Поэтому исследование влияния эксплуатационных факторов на структуру и свойства ткани из нитей арселон является актуальной проблемой.

В качестве объекта исследования выбрана ткань Термаль из термостойких нитей арселон, полотняного переплетения, поверхностной плотности 240 г/м². Ткань с масло-, водоотталкивающей отделкой.

Результаты исследований показали, что ткань характеризуется высокой огнестойкостью – не горит, не тлеет, не плавится, кислородный индекс – 30% об. Ткань характеризуется высокой прочностью (разрывная нагрузка 186 кгс по основе и 113 кгс по утку) и гигроскопичностью – 8,5%, безусадочная – усадка менее 0,3/0,5% (табл. 1).

Одним из основных критериев термостойкости полимерных материалов является температура, при которой полимер сохраняет более 50% прочности при заданной температуре, например 200°C и выше, в течение 100 часов.

Исследования теплостойкости и термического старения ткани, представленные в табл. 1, оценивали по изменению свойств образцов под воздействием температур 200, 250, 300 и 350°C в течение 24, 48, 72 и 100 часов. Воздействие на ткань температурой 200°C в течение 24 и 48 часов приводит к незначительному, на 5-6%, возрастанию разрывной и раздирающей нагрузки ткани (табл. 1).

Таблица 1 – Данные влияния эксплуатационных факторов на структуру и свойства ткани из нитей арселон

Физико-механические показатели	Время воздействия, час				
	0	24	48	72	100
Температура 200°C					
Разрывная нагрузка, Рр, кгс, основа/уток	186/113	195/119	197/120	184/111	182/109
Разрывное удлинение, %, основа/уток	29,0/21,0	29,2/21,3	29,5/21,6	29,8/21,9	30,0/22,0
Раздирающая нагрузка, кгс, основа/уток	30,4/27,1	30,4/27,1	30,6/27,3	30,0/27,0	29,8/28,9
Усадка ткани, %, основа/уток	0,3/0,3	0,3/0,3	0,3/0,3	0,3/0,3	0,3/0,3
Температура 250°C					
Разрывная нагрузка, Рр, кгс, основа/уток	186/113	182/110	178/107	175/104	167/102
Разрывное удлинение, %	29,0/21,0	29,3/21,3	29,7/21,7	29,9/22,0	30,3/22,3
Раздирающая нагрузка, кгс, основа/уток	30,4/27,1	30,3/27,2	30,6/27,4	29,8/26,9	29,5/28,4
Усадка ткани, %, о/у	0,3/0,3	0,4/0,4	0,5/0,5	0,5/0,6	0,6/0,7
Температура 300°C					
Разрывная нагрузка, Рр, кгс, основа/уток	186/113	177/105	158/95	130/76	104/62
Разрывное удлинение, %, основа/уток	29,0/21,0	29,4/21,4	29,8/21,8	30,1/22,2	31,0/23,0
Раздирающая нагрузка, кгс, о/у	30,4/27,1	30,4/27,1	28,0/25,0	23,3/20,9	19,3/16,9
Усадка ткани, %, основа/уток	0,3/0,3	0,4/0,5	0,6/0,7	0,8/0,9	0,9/0,9
Температура 350°C					
Разрывная нагрузка, Рр, кгс, основа/уток	186/113	130/77	95/57	74/44	54/31
Разрывное удлинение, %, о/у	29,0/21,0	29,8/21,8	30,1/22,2	31,5/22,5	32,2/23,9
Раздирающая нагрузка, кгс, о/у	30,4/27,1	23,3/20,9	19,3/16,9	16,3/13,9	10,3/7,9
Усадка ткани, %, основа/уток	0,3/0,3	0,6/0,7	0,8/0,9	0,9/0,9	1,3/1,3

Примечания: о/у – в числителе показатели свойств по основе, в знаменателе – по утку. В скобках – процент снижения прочности от первоначальной прочности по основе и утку, соответственно. Коэффициент вариации для всех измерений не превышал 2,5%.

При этом удлинение и усадка ткани практически не происходят. Дальнейшее экспонирование температурой 200°C до 100 часов, незначительно (на 1-2%) снижает прочность ткани. Следовательно, при температуре 200°C ткань выдерживает длительное тепловое воздействие без ухудшения свойств. Возрастание прочности ткани на 5-6% обусловлено тем, что мелкие дефекты структуры нитей под действием температуры

200°C устраняются, что подтверждают данные электронной микроскопии поверхности волокна арселон после воздействия температурой 200°C в течение 48 часов. Поверхность нити арселон ровная, без продольных и поперечных дефектов.

При воздействии температурой 250°C в течение 100 часов, прочность при разрыве и раздирании снижается незначительно, на 10% от исходной прочности. При этом удлинение ткани незначительно возрастает, на 0,5%. В процессе термического старения усадка ткани постепенно возрастает до 0,6/0,7%. Все это свидетельствует о высокой теплостойкости ткани Термаль к продолжительному воздействию температурой 250°C.

При воздействии температурой 300°C в течение 48 часов ткань Термаль теряет до 15% прочности при растяжении и раздирании. С увеличением времени экспонирования температурой 300°C до 100 часов потери прочности при разрыве ткани возрастают до 44%, удлинение возрастает на 4-5%, прочность при раздирании снижается на 35-40%, усадка ткани возрастает до 0,9% (табл. 1).

Эти данные свидетельствуют о начале деструкционных процессов в надмолекулярной структуре волокна, что подтверждают данные рентгеноструктурного анализа. Степень кристалличности полимера волокна Арселон, термообработанного в течение 100 часов при температуре 250°C составляет 67%, а при 300°C – 56%, то есть снижается на 11%. Разупорядочивание структуры приводит к необратимой потере прочностных свойств. Кристаллическая природа полимера обеспечивает высокую термическую стабильность волокон. Благодаря жесткой сетчатой структуре макромолекул ткань из нитей арселон не плавится. Таким образом, работоспособность ткани Термаль из нитей Арселон при 300°C весьма кратковременная, не более 24-48 часов.

При воздействии на ткань температурой 350°C в течение 24 часов отмечается снижение показателя разрывной нагрузки на 30-33% от исходной. Продолжение термического воздействия до 100 часов приводит к разрушению волокна и потери прочности ткани более 70%. Всё это свидетельствует о деструкции полимера и термическом старении ткани.

Коэффициент вариации для всех измерений не превышал 2,5% (табл. 1), что свидетельствует о высоком качестве и однородности структуры ткани Термаль из нитей Арселон.

Таким образом, в результате исследований изучено влияние производственного фактора – высокой температуры на структуру и свойства ткани Термаль из нитей Арселон.

Доказана возможность длительной безопасной эксплуатации ткани Термаль из нитей Арселон при температуре 250°C, и кратковременно, 24-48 часов, при 300°C.

Список использованных источников:

1. Перепелкин К.Е., Андреева И.В., Мещерякова Г.П., Моргоева И.Ю. Изменение свойств параарамидных нитей при термическом старении // Химические волокна. - 2006.- № 5 - С. 44-49.

2. Лысенко В.А., Крисковец М.В., Сазанов Ю.Н., Губанова Г.Н., Куликова Е.М., Уголков В.Л., Лаврентьев В.К. Основы электротермических превращений волокон полиоксадиазола при карбонизации // Химические волокна, №6, 2019. – С. 11-16.

3. Макаров Б.П., Шаблыгин М.В., Матрохин А.Ю., Михайлова М.П. Исследование и анализ свойств полипарафенилен-1,3,4-оксадиазольных волокон, предназначенных для текстильных изделий // Химические волокна. - 2019. - №5. - С. 56-58.

4. Дянкова Т.Ю., Степанова А.Б. Изменение механических свойств параарамидных нитей после воздействия агрессивной среды // Известия вузов. Технология легкой промышленности. - 2012. - №1 (15) - С. 22-26.

5. Мещерякова Г.П., Степанова А.Б. Математические модели, описывающие механические свойства термосостаренных параарамидных нитей // Известия вузов. Технология легкой промышленности. - 2012. - № 4 - С. 12-14.

6. Бесшапошникова В.И., Загоруйко М.В. Термостойкие и негорючие волокна и текстильные материалы : Монография – М. : ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2020. – 180 с.

7. Бесшапошникова В.И. Влияние статического и динамического высокотемпературного воздействия на термическое старение ткани тварон VGA-220 / В.И. Бесшапошникова, М.В. Загоруйко, Т.С. Лебедева, Т.В. Мерзликина // Химические волокна. – 2021, №5. – С. 37-40.

8. Бесшапошникова В.И. Влияние температуры на процесс старения ткани из нитей арселон / В.И. Бесшапошникова, Т.С. Лебедева, Т.В. Мерзликина, М.В. Загоруйко // Известия ВУЗов. Технология текстильной промышленности. –2021. № 4(394). – С. 70-74.

© Сапронова Т.В., Аль кхдер Х., Бесшапошникова В.И., 2022

УДК 677.017.8

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛАГОПЕРЕНОСА
В ТРИКОТАЖНЫХ ПОЛОТНАХ ИЗ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ НИТЕЙ**

Скобова Н.В., Ясинская Н.Н., Ленько К.А.
*Учреждение образования «Витебский государственный
технологический университет», Витебск, Беларусь*

В настоящий момент для многих производителей наиболее перспективными материалами для изготовления одежды и обуви являются многофункциональные текстильные материалы, позволяющие сочетать в

себе различные по направленности действия слои, обеспечивая улучшенные потребительские характеристики готового изделия. Для получения такого вида материалов требуется детальное изучение функциональных свойств отдельных слоев для эффективного их сочетания в единой структуре.

Одним из важнейших физических свойств многофункциональных слоистых материалов являются влагопоглощение и влагоотдача, рассматриваемые с точки зрения имитации процесса потоотделения. Эти показатели обуславливают комфортность и удобство эксплуатации готовых материалов различного назначения, так как направлены на регулирование влагообмена между организмом человека и внешней средой.

На кафедре «Экологии и химические технологии» ведется работа по получению многослойных функциональных трикотажных структур, полученных из функциональных нитей производства ОАО «СветлогорскХимволокно» [1]. Исследования проводились на трикотажных полотнах переплетением интерлок, полученных из нитей Quick Dry линейной плотности 18,4 текс/f144, полая нить Thermo 16,7 текс/f96, микрофиламентная нить Soft 16,7 текс/ f288, нить полиэфирная текстурированная PES 16,7 текс/ f48 [2, 3].

Для оценки водопоглощающих свойств тканых и трикотажных текстильных материалов предлагается использовать ГОСТ 3816-81 «Полотна текстильные Методы определения гигроскопических и водоотталкивающих свойств», согласно которому элементарные пробы полотна взвешивают в сухом состоянии, после чего погружают в сосуд с дистиллированной водой на 1 мин, по истечении времени пробы помещают на фильтровальную бумагу, сложенную в три слоя, покрывают сверху также тремя слоями фильтровальной бумаги и отжимают один раз валиком, после чего взвешивают мокрую пробу. Похожая методика предлагается по ГОСТ 11027-80 «Ткани и штучные изделия хлопчатобумажные махровые и вафельные. Общие технические условия», отличие составляет способ удаления лишней влаги – путем встряхивания влажной пробы. Также предлагается ГОСТ Р57876-2017 «Материалы текстильные. Метод определения гигроскопичности».

Предлагаемые методики оценки водопоглощающих свойств текстильных материалов не позволяют определить степень распределение влаги внутри материала при его непосредственном контакте с выделившейся каплей пота на коже человека, а также оценить скорость испарения впитанной влаги в окружающую среду. Поэтому для изучения водопоглощающих свойств полученных текстильных материалов использовалась методика, предложенная в FTTS-FA-004 для быстросохнущих нитей.

Водопоглощение текстильных полотен оценивалось расчетным путем по индексу площади диффузии (I_d) влаги в материале на 20 секунде измерений (что соответствует 25% от общего времени наблюдения):

$$I_d = \frac{S_{di} \cdot b}{0,2 \cdot 10^{-3}} \quad (1),$$
 где S_{di} – площадь диффузии образца, мм^2 ; b – толщина полотна, мм; 0,2 – объем капли влаги наносимой на материал, мл.

Индекс площади диффузии показывает, какой объем внутри полотна занимает влага (рис. 1).

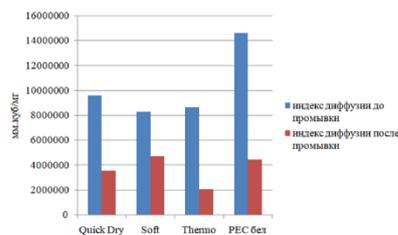


Рисунок 1 – Индекс площади диффузии образцов до и после промывки

Анализ процесса распределения влаги внутри материала проводился на суровых образцах (до удаления замазливателя с нитей) и на образцах после промывки. Как видно из полученных данных, наличие гидрофильного замазливателя не позволяет выявить функциональные особенности нитей. После промывки на полотнах из полых нитей отмечается наименьший индекс площади диффузии, влага удерживается во внутренних макрокапиллярах нити. Благодаря профилированной поверхности элементарных нитей в структуре нити Quick Dry влага также прочно удерживается на участке малой по площади полотна, однако индекс диффузии у них выше в 1,5 раза по сравнению с нитями Thermo. Максимальным индексом диффузии обладают полотна из микрофиламентной нити Soft.

Процесс влагоотдачи изучался по величине скорости испарения влаги с поверхности трикотажных полотен, смоченных водой. Образцы взвешивают до начала испытаний и записывают сухой вес $m_{\text{сух}}$. С помощью дозатора капают каплю воды объемом 0,2 мл и записывают вес влажного образца $m_{\text{вл}}$. Далее снимают показания изменяющегося веса образца m_i в течение 100 минут с принятым временным интервалом.

Показатель влагоотдачи оценивали по коэффициенту остаточной воды $K_{\text{ост}}$, после чего строили кривую испарения влаги во времени:

$$K_{\text{ост}} = \frac{m_i - m_{\text{сух}}}{m_{\text{вл}} - m_{\text{сух}}} \cdot 100 \quad (2)$$
 где $m_{\text{сух}}$ – масса сухого материала, гр; $m_{\text{вл}}$ – масса

влажного образца, гр; m_i – масса образца по истечении i -того времени.

Исследования проводили в естественных условиях (20°C) при отсутствии движения воздуха. Результаты исследований представлены на рис. 2.

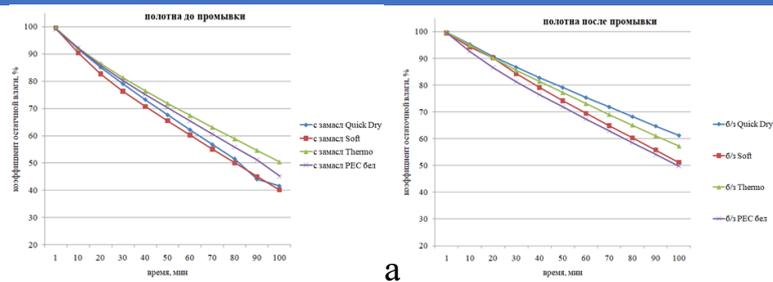


Рисунок 2 – Анализ влагосодержания образцов в процессе сушки в естественных условиях: а) до удаления замасливателя; б) после удаления замасливателя

Анализ данных показывает, что при наличии замасливателя (рис. 2а) полотна из полых нитей и из традиционных полиэфирных нитей имеют высокий коэффициент остаточной влаги, меньшее влагосодержание характерно полотнам из нитей Soft.

После промывки (рис. 2б) образцы из традиционных полиэфирных нитей PES и микрофиламентных Soft высыхают быстрее, так как площадь поверхности испарения значительно выше по сравнению с другими нитями, что коррелирует с данными индекса диффузии образцов. За счет конденсирования влаги в боковых макрокапиллярах нити Quick Dry и во внутренних каналах в нити Thermo процесс испарения влаги с поверхности полотна проходил медленнее.

Наличие замасливателя на полотнах не позволяет влаге проникнуть в боковые макрокапилляры нити, что приводит к ускорению процесса влагопереноса жидкости с полотен в окружающую среду.

По результатам испытаний процесса влагоотдачи построены кривые испарения капли воды с поверхности образцов в установленном временном интервале (100 мин). Анализ кривых испарения (рис. 3) показывает, что полотна из нити Soft отличаются высокой скоростью испарения, наиболее интенсивно процесс отдачи воды происходит в первые 30 минут, в последующие 30 минут скорость несколько снижается, однако продолжается интенсивная влагоотдача, после чего процесс замедляется. Равномерная скорость испарения отмечается на полотнах из традиционных полиэфирных нитей. Для полотен из полых нитей характерна высокая скорость отдачи воды в первые 40 минут с переходом на плавное снижение скорости. Следует отметить, что за 60 минут полотна из мультифиламентных, полых и традиционных нитей достигают одинаковой скорости испарения (уровень влагосодержания 38%). Исключение составляет полотно из нити Quick Dry, которое характеризуется более низкой скоростью испарения, в первые 50 минут происходит интенсивная влагоотдача, после чего скорость замедляется.

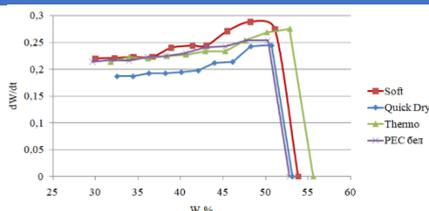


Рисунок 3 – Кривые испарения влаги в естественных условиях на заданном временном интервале

Таким образом, выявлены особенности в способности поглощать, транспортировать и удерживать влагу трикотажных полотен из функциональных нитей, что позволит проектировать структуру многослойных композиционных материалов с заданными свойствами.

Список использованных источников:

1. ОАО «СветлогорскХимволокно». Режим доступа: <http://www.sohim.by/>

2. Скобова Н.В., Ясинская Н.Н. Оценка гигиенических свойств трикотажных полотен из комбинированных функциональных нитей / Актуальные проблемы экспертизы, технического регулирования и подтверждения соответствия продукции текстильной и легкой промышленности: сборник трудов по итогам работы Круглого стола с международным участием / РГУ.-М.: РГУ им.А.Н.Косыгина, 2021. - С. 94-96.

© Скобова Н.В., Ясинская Н.Н., Ленъко К.А., 2022

УДК 677.017

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МНОГОКРАТНЫХ СТИРОК НА ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТКАНЕЙ СПЕЦОДЕЖДЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ ОБЩИХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ

Суккари А.Р., Курденкова А.В.

Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Специальные функции профессиональной одежды в значительной степени зависят от материала, выбранного для ее изготовления. Однако при разработке текстильных материалов для спецодежды необходимо учитывать, что на практике, при осуществлении различных видов профессиональной деятельности, обычно действуют одновременно несколько неблагоприятных факторов. Это затрудняет разработку универсальных защитных материалов. Поэтому для изготовления профессиональной, рабочей и специальной одежды создаются специальные

материалы различного назначения, соответствующие общим и специальным требованиям [1].

В качестве объектов исследования были выбраны 8 тканей специального назначения с масло- и водоотталкивающей пропиткой. Их характеристика приведена в табл. 1

Таблица 1 – Характеристика объектов исследования

Наименование показателя	Ткань 1	Ткань 2	Ткань 3	Ткань 4	Ткань 5
Плотность по основе, число нитей/10см	380	380	460	350	490
Плотность по утку, число нитей/10см	220	220	250	230	240
Линейная плотность нитей основы, текс	44	44	30	48	30
Линейная плотность нитей утка, текс	43	43	55	44	50
Уработка нитей основы, %	9,9	9,9	11,5	9,1	12,17
Уработка нитей утка, %	8,1	8,1	11,4	9,26	10,2
Толщина, мм	0,43	0,43	0,48	0,44	0,52
Поверхностная плотность ткани, г/м ²	253	253	270	263	260
Состав	65% ПЭ 35% ХЛ	67% ПЭ 33% ХЛ	60% ХЛ, 40% ПЭ	80% ХЛ, 20%ПЭ	100% ХБ

В процессе эксплуатации спецодежда подвергается различного рода загрязнениям, которые удаляются с помощью стирки.

Образцы подвергались 50 стиркам, что соответствует 1 году эксплуатации в соответствии с нормой выдачи специальной одежды [2-5].

Наибольшее изменение линейных размеров после мокрых обработок имеет ткань, выработанная из 100 % хлопка. Ткани с большим содержанием полиэстера изменили размеры незначительно. У всех тканей наблюдается уменьшение линейных размеров после мокрых обработок, то есть усадка.

Для тканей, предназначенных для изготовления специальной одежды, важными показателями качества являются воздухопроницаемость, обеспечивающая комфортность изделий в эксплуатации и поглощение различных веществ, с которыми может контактировать работающий. Воздухопроницаемость определялась в соответствии с ГОСТ 12088 «Материалы текстильные и изделия из них. Метод определения воздухопроницаемости» [5]. Поглощение масла определялось путем полного погружения образца в моторное масло. До погружения образцы взвешивали. Далее образцы отжимались и еще раз взвешивали. Поглощение масла было рассчитано как соотношение разности масс до и после погружения, выраженное в процентах от массы сухого образца.

Результаты испытаний приведены в табл. 2.

В процессе стирок вымывается пропитка, поэтому воздухопроницаемость и поглощение масла тканями увеличиваются.

К увеличению воздухопроницаемости также приводит вымывание волокон, составляющих нити основы и утка, так как пористость тканей увеличивается.

Наименьшую воздухопроницаемость до и после стирок имеет ткань 3, выработанная из нитей утка с наибольшей линейной плотностью. Наибольшую воздухопроницаемость после 50 стирок имеет ткань 5, выработанная из нитей основы с наименьшей линейной плотностью.

Таблица 2 – Результаты определения воздухопроницаемости и поглощения масла

Наименование образца	Без стирок	5 стирок	10 стирок	25 стирок	50 стирок
Воздухопроницаемость, $\text{дм}^3/\text{м}^2\text{сек}$					
Ткань 1	115	120	125	131	137
Ткань 2	102	106	115	125	140
Ткань 3	76	81	89	95	97
Ткань 4	139	143	159	162	170
Ткань 5	132	139	141	159	172
Поглощение масла, %					
Ткань 1	162	178	196	224	280
Ткань 2	130	148	169	220	282
Ткань 3	152	178	196	216	254
Ткань 4	125	142	168	215	278
Ткань 5	133	165	186	232	295

Наибольшее поглощение масла после 50 стирок имеет ткань 5, выработанная из 100 % хлопка.

По результатам проведенного исследования можно сделать вывод, для изготовления специальной одежды можно рекомендовать ткань 2, так как оптимальным смесовым составом является 80 % ХЛ и 20% ПЭ, что является оптимальным по защитным свойствам и комфортности.

Список использованных источников:

1. Ткани для спецодежды: характеристики и особенности // <https://textiletrend.ru/pro-tkani/ispolzovanie/dlya-spetsodezhdy.html>
2. Текстильное материаловедение: лабораторный практикум: учебное пособие / Ю.С. Шустов, С.М. Кирюхин, А.Ф. Давыдов [и др.]. – 4-е изд., испр. и доп. – Москва : ИНФРА-М, 2021. – 357 с.
3. Техническая экспертиза продукции текстильной и легкой промышленности: учебное пособие / Давыдов А.Ф., Шустов Ю.С., Курденкова А.В. - Москва : Форум, НИЦ ИНФРА-М, 2014 - 384с.
4. Кирюхин С.М., Шустов Ю.С. Текстильное материаловедение. - М.: КолосС, 2011. – 360 с.
5. ГОСТ 12088 «Материалы текстильные и изделия из них. Метод определения воздухопроницаемости»

© Суккари А.Р., Курденкова А.В., 2022

УДК 677.017

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ТКАНЕЙ СПЕЦОДЕЖДЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ ОБЩИХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ПОСЛЕ МНОГОКРАТНЫХ СТИРОК

Сухов Д.Г., Курденкова А.В.

Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Спецодежда для защиты от общих производственных загрязнений является наиболее распространенным средством индивидуальной защиты.

Для исследования изменения физико-механических свойств специальных тканей, предназначенных для изготовления специальной одежды для защиты от общих производственных загрязнений, были взяты образцы 5 различных артикулов. Структурные характеристики исследуемых тканей определялись по стандартным методикам [1-4] и представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Структурные характеристики

Наименование показателей	Мастер-Стандарт Д25	Атлант	Томбой	Престиж	Метеор
Поверхностная плотность ткани М1, г/м ²	280	320	245	250	185
Линейная плотность нитей основы То, текс	50	45	30	40	35
Линейная плотность нитей утка Ту, текс	54	58	40	44	35
Число нитей основы на 100 мм ткани По	300	360	380	300	280
Число нитей утка на 100 мм ткани Пу	250	250	300	270	250
Толщина ткани b, мм	0,54	0,63	0,45	0,49	0,33
Волокнистый состав	100 % ХЛ	60% ХЛ, 40% ПЭ	33% ХЛ, 67% ПЭ	80% ХЛ, 20% ПЭ	20% ХЛ, 80% ПЭ

Результаты определения изменения линейных размеров после мокрых обработок тканей для спецодежды приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Результаты определения изменения линейных размеров после мокрых обработок тканей для спецодежды

Количество стирок	Образец № 1		Образец № 2		Образец № 3		Образец № 4		Образец № 5	
	Основа	Уток								
1 стирка	-1,5	-0,9	-1,2	-0,6	-1,0	-0,9	-1,4	-0,8	-0,8	-0,4
5 стирок	-1,8	-1,0	-1,4	-0,8	-1,2	-1,1	-1,6	-1,0	-0,9	-0,6
10 стирок	-2,0	-1,2	-1,6	-0,9	-1,2	-1,1	-1,9	-1,2	-1,1	-0,7
25 стирок	-2,6	-1,6	-1,8	-1,2	-1,4	-1,3	-2,2	-1,4	-1,2	-0,9
50 стирок	-2,9	-1,6	-1,9	-1,2	-1,5	-1,3	-2,4	-1,5	-1,4	-0,9

Можно отметить, что все ткани имеют уменьшение линейных размеров после мокрых обработок, то есть усадку. Наибольшую усадку имеет образец № 1, выработанный из 100% ХЛ. Хлопок под действие тепла и влаги набухает, что приводит к сокращению его длины. Также снимаются напряжения нитей, полученные в процессе ткачества, что приводит к увеличению усадки по основе, в процессе ткачества они натягиваются сильнее. У образца № 5, содержащего 80% ПЭ, 20% ХЛ, наблюдается

наименьшая усадка. Усадка по основе у всех тканей больше, чем по утку, так как в процессе ткачества нити основы натягиваются сильнее.

Разрывные характеристики текстильных полотен определяются в соответствии с ГОСТ 3813 «Материалы текстильные. Ткани и штучные изделия. Методы определения разрывных характеристик при растяжении» [5]. Испытания проводились на разрывной машине Инстрон серии 4411. Результаты определения разрывной нагрузки тканей для спецодежды приведены в табл. 3.

Таблица 3 – Разрывная нагрузка тканей для спецодежды, %

Количество стирок	Образец № 1		Образец № 2		Образец № 3		Образец № 4		Образец № 5	
	Основа	Уток								
Без стирок	1792	906	2595	970	1963	920	1583	752	999	715
1 стирка	1777	847	2554	937	1923	897	1552	739	900	706
5 стирок	1752	835	2523	905	1852	867	1488	703	874	660
10 стирок	1718	782	2397	887	1793	840	1452	685	815	626
25 стирок	1620	734	2200	843	1732	785	1390	605	786	583
50 стирок	1529	667	2024	797	1597	737	1319	554	746	531

У всех образцов разрывная нагрузка по основе выше, чем по утку. Это связано с видом переплетения и различной плотностью тканей по основе и утку. Разрывная нагрузка после многократных стирок снижается, так как происходит изнашивание полотен из-за моющих средств и механических воздействий. Наиболее интенсивно снижается прочность у образца № 2, у которого, несмотря на наибольшую линейную плотность нитей, в процессе стирок происходит расшатывание структуры нитей из-за невысокой величины крутки, то есть пряжа становится более рыхлой и ворсистой. Однако величина прочности у данного образца остается наибольшей, так как он выработан с наибольшим сочетанием величин линейной плотности и плотности ткани по обоим направлениям. Наименьшее изменение по основе происходит у образца № 1, в то время как по утку интенсивность приблизительно одинаковая.

Воздухопроницаемость тканей для спецодежды определяют по ГОСТ 12088 [6]. Результаты воздухопроницаемости приведены в табл. 4.

Таблица 4 – Воздухопроницаемость тканей для спецодежды, $\text{дм}^3/(\text{м}^2\text{с})$

Количество стирок	Образец № 1	Образец № 2	Образец № 3	Образец № 4	Образец № 5
без стирок	41,1	33,3	52,8	49,4	67,7
1 стирка	39,8	31,6	50,5	48,0	66,0
5 стирок	37,5	28,4	50,0	47,7	63,1
10 стирок	37,0	25,5	47,9	45,4	62,2
25 стирок	33,4	18,5	46,6	43,2	59,1
50 стирок	26,5	14,5	42,5	39,8	55,9

Воздухопроницаемость тканей зависит от их пористости. У исследуемых тканей пористость имеет приблизительно равные значения, однако выработаны они различным переплетением. Поэтому воздухопроницаемость исследуемых образцов отличается. Наибольшей воздухопроницаемостью обладает образец № 5, выработанный саржевым переплетением. А наименьшую воздухопроницаемость имеет образец № 2, выработанный из нитей наибольшей линейной плотности с наибольшей

плотностью ткани. Однако у образца № 2 происходит наиболее резкое снижение воздухопроницаемости после многократных стирок, что связано с увеличением ворсистости пряжи в процессе стирок при механических воздействиях. Концы волокон выходят на поверхность пряжи и заполняют поры.

Стойкость к истиранию по плоскости тканей для спецодежды определяют по ГОСТ 18976 [7]. Результаты определения стойкости к истиранию приведены в табл. 5.

Таблица 5 – Стойкость к истиранию тканей для спецодежды, циклы

Количество стирок	Образец № 1	Образец № 2	Образец № 3	Образец № 4	Образец № 5
без стирок	8451	13844	10437	6799	5109
1 стирка	8341	13643	10332	6708	4985
5 стирок	8278	13338	10207	6593	4863
10 стирок	8047	13148	10074	6524	4803
25 стирок	7709	12801	9964	6019	4586
50 стирок	7605	12653	9886	5993	4524

С увеличением количества стирок стойкость к истиранию исследуемых тканей снижается. Наименьшей стойкостью к истиранию обладает образец № 5, выработанный с наименьшей толщиной. Наибольшую величину стойкости к истиранию имеет образец № 2, выработанный сатиновым переплетением с наибольшей толщиной.

Таким образом, по результатам проведенного исследования, образец № 2 можно рекомендовать для изготовления спецодежды для защиты от общих производственных загрязнений.

Список использованных источников:

1. Ткани для спецодежды: характеристики и особенности // <https://textiletrend.ru/pro-tkani/ispolzovanie/dlya-spetsodezhdy.html>
2. Текстильное материаловедение: лабораторный практикум: учебное пособие / Ю.С. Шустов, С.М. Кирюхин, А.Ф. Давыдов [и др.]. – 4-е изд., испр. и доп. – Москва : ИНФРА-М, 2021. – 357 с.
3. Техническая экспертиза продукции текстильной и легкой промышленности: учебное пособие / Давыдов А.Ф., Шустов Ю.С., Курденкова А.В. - Москва: Форум, НИЦ ИНФРА-М, 2014 - 384с.
4. Кирюхин С.М., Шустов Ю.С. Текстильное материаловедение. - М.: КолосС, 2011. – 360 с.
5. ГОСТ 3813 «Материалы текстильные. Ткани и штучные изделия. Методы определения разрывных характеристик при растяжении»
6. ГОСТ 12088 «Материалы текстильные и изделия из них. Метод определения воздухопроницаемости»
7. ГОСТ 18976 «Ткани текстильные. Метод определения стойкости к истиранию»

© Сухов Д.Г., Курденкова А.В., 2022

УДК 677.017

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ТРИКОТАЖНЫХ ПОЛОТЕН ДЛЯ ВЕРХНЕЙ ЛЕТНЕЙ ОДЕЖДЫ

Сухов П.Г., Курденкова А.В.

Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

В настоящее время все большие требования предъявляются к одежде. Она должна быть красивой по форме, качественной по исполнению, а также функциональной, удобной в носке, невредной для здоровья, в общем, дающей предельный комфорт и создающей определенный эстетический образ. Всем этим требованиям как нельзя лучше отвечает одежда из трикотажа.

В качестве объектов исследования были выбраны 5 трикотажных полотен (табл. 1). Испытания проводились по стандартным методикам [1-6].

Таблица 1 – Структурные характеристики трикотажных полотен

Наименование показателя	Вариант трикотажного полотна				
	1	2	3	4	5
	ХЛ 50% ПЭ 50%	ХЛ 20% ПЭ80%	ХЛ 100%	ХЛ 80% ПЭ 20%	ХЛ 60% ПЭ 40%
Толщина полотна, мм	0,95	0,89	1,16	1,80	1,53
Линейная плотность нити, текс	24,230	15,730	66,210	38,360	28,130
Поверхностная плотность, гр/м ²	148,3	138,0	165,8	180,1	223,1
Плотность по горизонтали Пг, столбиков / 10 см	55	80	55	64	60
Плотность по вертикали Пв, рядов / 10 см	90	80	85	55	95

Из вышеприведённой таблицы видно, что:

максимальное число петельных столбиков на 10 см имеет полотно № 2, а минимальное – полотна № 1 и №3;

максимальное число петельных рядов на 10 см имеет полотно № 5, минимальное – полотно № 4;

максимальную длину нити в петле имеет полотно № 4, а минимальную – полотно № 1;

максимальная линейная плотность пряжи у полотна № 3, а минимальная – у полотна № 2;

максимальная поверхностная плотность у полотна № 5, а минимальная – у полотна № 2.

В процессе эксплуатации трикотажные полотна подвергаются загрязнению, для удаления которого используется стирка. Образцы подвергались 4 стиркам, после каждой из которых измерялись их линейные размеры. В результате стирок происходит увеличение толщины исследуемых трикотажных полотен.

Наибольшее увеличение толщины наблюдается у полотна № 4, а наименьшее – у полотна № 1, что связано с набуханием нитей. Воздействие температуры и влаги приводит к изменению линейных размеров образцов. Наибольшей поверхностной усадкой обладает полотно № 4, имеющее наименьшую плотность по горизонтали и вертикали, а наименьшей усадкой обладает полотно № 2, так как происходило увеличение толщины, следовательно, объемная усадка имеет меньшие значения, чем поверхностная. Наибольшей объемной усадкой обладает полотно № 4, а наименьшей полотно № 1.

В процессе научно-исследовательской работы были проведены испытания для определения механических свойств образцов, результаты которых представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Механические свойства трикотажных полотен

№ полотна	Направление полотна	Разрывная нагрузка Pp, Н	Разрывное удлинение Lp, мм
1	вдоль петельных столбиков	108,1	43,25
	вдоль петельных рядов	90,3	185,9
2	вдоль петельных столбиков	556,0	85,61
	вдоль петельных рядов	150,2	317,9
3	вдоль петельных столбиков	382,6	95,91
	вдоль петельных рядов	105,1	288,9
4	вдоль петельных столбиков	338,4	81,31
	вдоль петельных рядов	174,2	207,6
5	вдоль петельных столбиков	495	117,7
	вдоль петельных рядов	293,8	259,1

Наибольшей разрывной нагрузкой обладает полотно № 5, имеющее наибольшую плотность по горизонтали и вертикали. Данное полотно имеет наибольшее разрывное напряжение. Наименьшую разрывную нагрузку имеет полотно № 1, имеющее наименьшую плотность по горизонтали и вертикали. Следовательно, данный образец обладает наименьшим разрывным напряжением.

Наибольшее разрывное удлинение по направлению петельных столбиков имеет полотно № 5, а наименьшее разрывное удлинение у полотна № 1. Наибольшим разрывным удлинением по направлению петельных рядов обладает полотно № 5, а наименьшее разрывное удлинение у полотна № 2.

Можно отметить, что удлинение по направлению вдоль петельных рядов больше, чем вдоль петельных столбиков. Наибольшей работой разрыва обладает полотно № 2, а наименьшей – полотно № 1.

Изменение плотности ткани приводит к снижению воздухопроницаемости образцов, что связано со снижением их пористости. Результаты определения воздухопроницаемости трикотажных полотен после многократных стирок приведены в табл. 3.

Из табл. 3 видно, что наибольшей воздухопроницаемостью обладает полотно № 5, имеющее наибольшую пористость, а полотно № 1 – наименьшую воздухопроницаемость. У полотна № 3 наблюдается наибольшее снижение воздухопроницаемости после 4 стирок, а у полотна

№ 5 – наименьшее. Можно отметить, что наибольшее снижение воздухопроницаемости наблюдается после первой стирки.

Таблица 3 – Воздухопроницаемость трикотажных полотен после многократных стирок, $\text{дм}^3/(\text{м}^2\text{с})$

Номер стирки	Вариант полотна				
	№1	№2	№3	№4	№5
0	123,4	145,0	150,1	160,3	170,1
1	118,2	138,0	148,4	154,8	165,2
2	108,6	132,0	137,3	149,7	158,6
3	96,8	104,7	125,6	136,5	147,2
4	79,5	92,0	100,5	117,4	129,1

По результатам исследования можно сделать вывод, что наилучшим полотном является полотно № 5. Его можно рекомендовать для изготовления одежды.

Список использованных источников:

1. Текстильное материаловедение: лабораторный практикум: учебное пособие / Ю.С. Шустов, С.М. Кирюхин, А.Ф. Давыдов [и др.]. – 4-е изд., испр. и доп. – Москва: ИНФРА-М, 2021. – 357 с.

2. Техническая экспертиза продукции текстильной и легкой промышленности: учебное пособие / Давыдов А.Ф., Шустов Ю.С., Курденкова А.В. - Москва: Форум, НИЦ ИНФРА-М, 2014 - 384с.

3. Кирюхин С.М., Шустов Ю.С. Текстильное материаловедение. - М.: КолосС, 2011. – 360 с.

4. ТР ТС 017/2011 «О безопасности продукции легкой промышленности»

5. ГОСТ 8847 «Полотна трикотажные. Методы определения разрывных характеристик и растяжимости при нагрузках, меньше разрывных»

6. ГОСТ 12088 «Материалы текстильные и изделия из них. Метод определения воздухопроницаемости»

© Сухов П.Г., Курденкова А.В., 2022

УДК 621.9.015

КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ТЕКСТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ

Трошин А.А., Яковишин А.С., Захаров О.В.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», Саратов

За последние десять лет произошли существенные изменения в метрологии поверхности. Во-первых, произошел переход от двумерного (профильного) анализа поверхности к трехмерному (пространственному). Во-вторых, стали использоваться новые методы анализа – фрактальный

метод и сегментация. В-третьих, существенно расширились методы фильтрации при измерении. Все это стало возможным с развитием измерительных приборов и особенно компьютерных алгоритмов обработки данных [1-3]. Метрология поверхности сейчас является активно развивающимся научным направлением. Это обусловлено появлением новых материалов с особыми свойствами, например, композиционные материалы, полученными методами аддитивной технологии, с различными износостойкими покрытиями. По сравнению с традиционными материалами в машиностроении у новых материалов не наблюдается регулярный рельеф и характерны смешанные анизотропные структуры [4-6]. Установить взаимосвязь между эксплуатационными свойствами изделия и параметрами его текстуры поверхности во многих случаях является затруднительным. Несмотря на то, что физический смысл большинства параметров известен, назначение количественных значений параметров представляет собой проблему.

Одной из серьезных проблем, по нашему мнению, является большое число параметров текстуры поверхности, которые используются в международных и национальных стандартах. Все это затрудняет назначение оптимального набора параметров для конкретных условий эксплуатации изделий. Известно, что в технологии машиностроения из 14 параметров в ISO 4287:1997 обычно использовались не более шести. Поэтому актуальна задача минимизации числа параметров, назначаемых для описания свойств поверхности с заданным набором свойств.

В ISO 25178-2:2012 описаны 18 функциональных параметров. Для проведения анализа из них выбраны 8 следующих параметров:

S_{mr} – коэффициент смятия ареала поверхности ограниченного масштаба;

S_{pk} – сниженная высота пика;

S_{vq} – среднеквадратичное отклонение желоба;

S_{pq} – среднеквадратичное отклонение плато;

V_{vv} – объем пустот желоба поверхности ограниченного масштаба;

V_{vc} – объем пустот ядра поверхности ограниченного масштаба;

V_m – объем материала;

S_{xp} – максимальная высота пика.

Процедура обработки данных включала следующие основные этапы:

1) калибровка устраняет систематические погрешности и обеспечивает метрологическую прослеживаемость измеренных данных;

2) измерение методом зондовой микроскопии;

3) трехмерная фильтрация позволяет устранить случайные погрешности и выявить дефекты поверхности;

4) графическое представление текстуры позволяет визуально оценить направление неровностей и анизотропию;

5) определение различных параметров текстуры поверхности в соответствии с ISO 25178-2:2012.

В эксперименте использованы поверхности деталей из стали ШХ15 после круглого шлифования, плоского шлифования, суперфиниширования и полирования [7-11]. Перед началом эксперимента были выполнены двумерные измерения шероховатости поверхности, чтобы определить образец и длину оценки для каждой поверхности. Шероховатость поверхности по параметру Sa составила от 0,07 до 0,3 мкм. Поэтому в соответствии с базовой длиной область анализа была выбрана размера 0,25×0,25 мм. Текстура поверхности этого участка была измерена с шагом 0,001 мкм по осям с помощью зондового микроскопа. После обязательных преобразований результаты представлены в виде матрицы размером 100×100. Элементы матрицы есть отклонение текстуры от средней плоскости, полученные по методу наименьших квадратов. Значения элементов в матрице представляют собой средние значения, полученные из трех измерений поверхностей. Графические результаты представлены на рис. 1, где показаны: а – шлифование круглое, б – шлифование плоское, и – суперфиниширование, г – полирование. Арифметическое среднее абсолютного значения в области определения составило соответственно Sa = 0,26; 0,18; 0,08; 0,28 мкм.

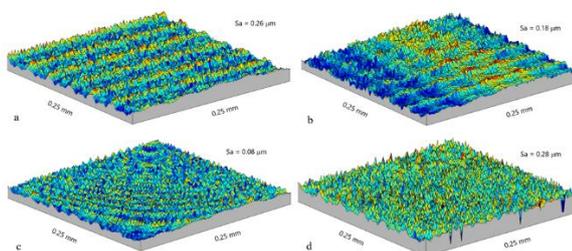


Рисунок 1 – Текстура поверхности

Коэффициенты корреляция Пирсона, рассчитанные для параметров текстуры поверхности, представлены в виде матриц на рис. 2.

a	Smr	Spk	Svq	Spq	Vvv	Vvc	Vm	Sxp
Smr	1	0.81	-0.65	-0.78	-0.60	-0.74	-0.92	-0.56
Spk	0.81	1	0.75	0.94	0.80	0.90	0.85	0.93
Svq	-0.65	0.75	1	0.78	0.91	0.84	0.50	0.91
Spq	-0.78	0.94	0.78	1	0.83	0.95	0.79	0.93
Vvv	-0.60	0.80	0.91	0.83	1	0.87	0.96	0.99
Vvc	-0.74	0.90	0.84	0.95	0.87	1	0.62	0.94
Vm	-0.92	0.85	0.50	0.79	0.96	0.62	1	0.51
Sxp	-0.56	0.93	0.91	0.93	0.99	0.94	0.51	1

b	Smr	Spk	Svq	Spq	Vvv	Vvc	Vm	Sxp
Smr	1	0.84	-0.70	-0.75	-0.64	-0.70	-0.89	-0.52
Spk	0.84	1	0.67	0.91	0.88	0.92	0.81	0.94
Svq	-0.70	0.67	1	0.84	0.92	0.85	0.53	0.92
Spq	-0.75	0.91	0.84	1	0.85	0.92	0.75	0.92
Vvv	-0.64	0.88	0.92	0.85	1	0.86	0.95	0.98
Vvc	-0.70	0.92	0.85	0.92	0.86	1	0.64	0.92
Vm	-0.89	0.81	0.53	0.75	0.95	0.64	1	0.55
Sxp	-0.52	0.94	0.92	0.92	0.98	0.92	0.55	1

c	Smr	Spk	Svq	Spq	Vvv	Vvc	Vm	Sxp
Smr	1	0.78	-0.66	-0.72	-0.64	-0.70	-0.91	-0.61
Spk	0.78	1	0.78	0.92	0.84	0.93	0.82	0.90
Svq	-0.66	0.78	1	0.79	0.95	0.80	0.55	0.92
Spq	-0.72	0.92	0.79	1	0.87	0.92	0.74	0.92
Vvv	-0.64	0.84	0.95	0.87	1	0.82	0.95	0.96
Vvc	-0.70	0.93	0.80	0.92	0.82	1	0.65	0.91
Vm	-0.91	0.82	0.55	0.74	0.95	0.65	1	0.53
Sxp	-0.61	0.90	0.92	0.92	0.96	0.91	0.53	1

d	Smr	Spk	Svq	Spq	Vvv	Vvc	Vm	Sxp
Smr	1	0.83	-0.67	-0.82	-0.64	-0.78	-0.90	-0.59
Spk	0.83	1	0.80	0.92	0.84	0.91	0.81	0.92
Svq	-0.67	0.80	1	0.82	0.90	0.85	0.54	0.93
Spq	-0.82	0.92	0.82	1	0.79	0.93	0.74	0.92
Vvv	-0.64	0.84	0.90	0.79	1	0.83	0.92	0.98
Vvc	-0.78	0.91	0.85	0.93	0.83	1	0.64	0.92
Vm	-0.90	0.81	0.54	0.74	0.92	0.64	1	0.54
Sxp	-0.59	0.92	0.93	0.92	0.98	0.92	0.54	1

Рисунок 2 – Матрицы коэффициента корреляции

Анализ полученных результатов позволяет сделать следующие выводы. Значения коэффициента Пирсона, равные или выше 0,8, указывают

на значимую корреляцию. Таким образом, установлена значимая корреляция между параметрами в 16-18 случаях из общего числа 28 случаев. Для всех четырех матриц сохраняется общий характер корреляции. Это свидетельствует о наличии общих физических или геометрических свойств параметров текстуры поверхности. Поэтому можно сделать вывод, об избыточности назначения большого числа параметров текстуры поверхности для практических целей.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект 22-29-01269).

Список использованных источников:

1. Уайтхауз Д. Метрология поверхностей. Принципы, промышленные методы и приборы / Д. Уайтхауз. М.: ИД Интеллект. 2009. 472 с.
2. Фомин А.А. Обеспечение микрогеометрии поверхностей при обработке заготовок с неоднородными свойствами / А.А. Фомин // Сборка в машиностроении, приборостроении, 2012. № 12 С. 27-29.
3. Печенин В.А. Методика повышения точности механической обработки сложнопрофильных деталей / В.А. Печенин, А.Н. Жидяев, М.А. Болотов // Вестник машиностроения. 2017. № 8. С. 35-40.
4. Захаров О.В. Бесцентровое шлифование конических поверхностей на станках с продольной подачей / О.В. Захаров // Автоматизация и современные технологии. 2006. № 7. С. 14-16.
5. Технология шлифования труднообрабатываемых материалов и сплавов / Д.В. Лобанов, Л.С. Секлетина, Н.В. Мулюхин, А.Р. Янюшкин // Качество продукции: контроль, управление, повышение, планирование: сб. науч. тр. 5-й Международной конф. Курск: Изд-во "Университетская книга", 2018. С. 15-18.
6. Захаров О.В. Проектирование формообразующих систем бесцентровых суперфинишных станков / О.В. Захаров, В.В. Погораздов, Б.М. Бржозовский. Саратов: СГТУ, 2004. 140 с.
7. Свитковский С.Ю. Исследование закономерностей и повышения эффективности процесса шлифования деталей из труднообрабатываемых материалов / С.Ю. Свитковский, Т.Н. Иванова // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). 2004. № 1 (21). С. 22-24.
8. Наномодификация приповерхностных слоев при электроэрозионной обработке оксидных нанокompозитов / С.Н. Григорьев, М.А. Волосова, А.А. Окунькова и др. // Вестник МГТУ Станкин. 2020. № 4 (55). С. 11-22.
9. Захаров О.В. Минимизация погрешностей формообразования при бесцентровой абразивной обработке: монография / О.В. Захаров. Саратов: СГТУ, 2006. 152 с.

10. Табенкин А.Н. Шероховатость, волнистость, профиль. Международный опыт / А.Н. Табенкин, С.Б. Тарасов, С.Н. Степанов. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2007. 136 с.

11. Алгоритмизация вычисления фрактальных параметров рельефа шероховатой поверхности по ГОСТ Р ИСО 25178-2-2014 / Б.Н. Марков, Д.А. Мастеренко, П.Н. Емельянов, В.И. Телешевский // Измерительная техника 2020. № 8. С. 20-27.

© Трошин А.А., Яковишин А.С., Захаров О.В., 2022

УДК 677.076.44

КЛАССИФИКАЦИЯ ГЕОТЕКСТИЛЬНЫХ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ ТЕХНИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Плеханова С.В., Тюменев И.А.

Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Нетканые материалы (НМ) стали одним из перспективных направлений развития текстильной промышленности. Многообразие способов и технологий производства НМ (из штапельного волокна, из расплава непрерывных нитей «спанбонд – мелтблаун», айрлайд, спанлейс и др.), разнообразие используемого сырья, в т.ч. вторичного из бутылочных флексов, возможность сочетания с другими текстильными и нетекстильными материалами (полимерными, мембранной пленкой, сеткой, решеткой, алюминиевой фольгой и др.) обусловили широкий диапазон областей применения главным образом технического и специального назначения.

Востребован на российском рынке нетканый технический текстиль: агро- и геотекстиль; медицинский и санитарно-гигиенический; фильтрующий, сорбирующий и защитный; строительный; автомобильный; мебельный; тароупаковочный; обтирочный, протирочный и прокладочный; утеплители различного назначения. Каждая из перечисленных ассортиментных групп имеет свои особенности производства и применения, тенденции, проблемы, номенклатуру оцениваемых показателей и методы исследований (испытаний).

Создание единой и общепринятой классификации НМ по способу, технологиям производства и назначению, исходному сырью облегчило бы идентификацию, разработку терминологии и нормативной документации и сертификации. Принятый в 2008 г. национальный стандарт ГОСТ Р 53225-2008 «Материалы геотекстильные. Термины и определения» на основе ISO 104318:2005, следует рассматривать началом такой работы.

Геотекстильные материалы (ГМ) – класс строительных материалов, предназначенных для создания дополнительных слоев (прослоек) различного назначения (армирующих, защитных, фильтрующих, дренирующих, гидроизолирующих, теплоизолирующих) в основании земляного полотна, в самом земляном полотне, в дорожной одежде, в дренажах, сооружениях поверхностного водоотвода и укрепления откосов, защиты почвы от эрозии и др.

Геотекстильные нетканые материалы (ГНМ) начали применяться в отечественной практике дорожного строительства с 1973г. Всего в мире выпускается более 400 видов геосинтетиков и геопластиков, объем производства которых превысил к настоящему времени более 1 млрд.м² в год, причем примерно 65% всех выпускаемых ГНМ используются в дорожном строительстве [1].

В настоящее время ГНМ находят все более широкое применение в строительстве автодорог (60%), аэропортов, взлетно-посадочных полос, мостов, железнодорожных и трамвайных линий. Кроме того, геотекстиль используют в мелиоративном строительстве, укреплении насыпей, откосов и дамб и других инженерных и гидротехнических сооружений, в обустройстве нефтяных и газовых месторождений, а также для балластировки магистральных трубопроводов. Сфера применения ГНМ постоянно расширяется: от фильтрующих, прокладочных до дренажных, армирующих, разделяющих слоев почвы, адсорбции и укрепления.

Различные строительные организации, производители и продавцы геотекстиля устанавливают свою терминологию и предлагают свою классификацию, нередко обращаясь к западным стандартам. В связи с тем, что единой официально принятой классификации геотекстильных материалов в России пока нет, наиболее часто в России используются термины и определения, разработанные Международным обществом геосинтетики (International Geosynthetic Society – IGS), РосдорНИИ и Научно-исследовательским обществом дорожного и транспортного строительства.

Родоначальником геосинтетических материалов является геотекстиль. Первоначально зарубежные нормативы создавались именно на этот продукт. Затем, с расширением ассортимента геосинтетики, стандарты менялись. Но и сейчас в зарубежной практике остальные геосинтетические материалы рассматриваются как сопутствующие геотекстилю. В соответствии со стандартом Международного общества геосинтетики (International Geosynthetic Society – IGS) [2] предлагаются следующие термины и определения.

Геосинтетика – это любые полимерные материалы, предназначенные для изменения естественных свойств грунтов. Это изменение обычно касается либо фильтрационных свойств почвы (как правило, производится

понижение коэффициента фильтрации слишком рыхлого грунта), либо ее прочностных характеристик (например, с помощью армирования георешетками повышается прочность слабых грунтов).

Геочайка – трехмерная, проницаемая, полимерная (синтетическая или природная) структура в виде пчелиных сот или полотна, выполненная из полос геотекстиля, георешеток или геомембран, соединенных попеременно и работающих в контакте с почвой или другим геотехническим материалом.

Геокompозит – изготовленный или выполненный сборкой материал с использованием, по крайней мере, одного геосинтетического продукта среди других компонентов. Наиболее распространенными считаются дренажные геокompозиты, применяемые для гидроизоляции заглубленных сооружений.

Геопена – легкий полимерный материал с высоким содержанием пустот, сформированный путем применения полимера в полужидкой форме при помощи вспенивающего средства.

Георешетка – плоскостная полимерная структура, открытая сеть правильной формы, состоящая из неразрывно соединенных друг с другом элементов, работающих на растяжение. Элементы могут быть соединены штамповкой, связыванием или переплетением.

Геомат – трехмерная, проницаемая, полимерная (синтетическая или природная) структура, выполненная из связанных нитей, используемая для защиты почвы и для связывания корней и небольших растений с целью контроля эрозии.

Геомембрана – плоский, относительно проницаемый, полимерный (синтетический или природный) лист. Изготавливается из природных битумов или полимеров.

Геосеть – плоскостная полимерная структура, состоящая из правильной формы плотной сети, составляющие элементы которой соединены узлами или штамповкой. Размер отверстий сети гораздо больше составляющих частей.

Геотекстиль – плоскостной, проницаемый, полимерный (синтетический или природный) текстильный материал, который может быть вязаным, тканым или нетканым [2].

Более подробная строительная классификация геосинтетических материалов (ГСМ) разработана РосдорНИИ.

В ОСТ 218.2.0-2003 Геосинтетические материалы. Термины, определения, общие требования [3], согласно этой классификации, приняты признаки (табл. 1)

Таблица 1 – Признаки классификации

Группа	- по общему характеру структуры и производства;
подгруппа	- по технологии производства;
Тип	- по составу сырья;
Вид	- по способу соединения (упрочнения), структурным особенностям (с учетом групп и подгрупп структурообразующих элементов для геокомпозигов, геооболочек, геолент, отдельных показателей геомембран пленочных, геоэлементов и геоплит);
разновидность	- по основным определяющим показателям;
Подвид	- по выполняемым функциям;
Марка	- по зарегистрированному наименованию производителя.

При выделении типа ГСМ указывают основной состав сырья (волокон, нитей), относя дополнительные элементы (покрытие волокон, нитей, вводимые наполнители – бентонит, семена трав и др.).

При выделении подвида ГСМ указывают одну или несколько из основных функций (армирование, защита, фильтрование, дренирование, гидроизоляция, теплоизоляция), которые они могут выполнять с учетом требований к показателям.

При выделении марки указывают зарегистрированное производителем наименование и номер ТУ, требованиям которых должен удовлетворять ГСМ.

Список использованных источников:

1. Г.К.Мухамеджанов, М.В.Дмитриева, В.К.Ратников, Изучение и выбор текстильных материалов, используемых в строительстве, Ж. «Технический текстиль», 2004, №10, с. 26.
2. Nonwovens Report Inter, 2004, сентябрь, с. 61
3. ОСТ 218.2.0 - 2003 Геосинтетические материалы. Термины, определения, общие требования

© Плеханова С.В., Тюменев И.А., 2022

УДК 658.562.3

**УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ВЫПУСКАЕМОЙ ПРОДУКЦИИ
НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ**

Тяшкевич Я.О.

Научный руководитель Голубова О.С.

*Учреждение образования «Белорусский национальный
технический университет», Минск, Беларусь*

В настоящее время качество промышленной продукции, включающее в себя требование соблюдения государственных стандартов, строительных норм и правил всеми участниками процесса производства, носит стратегический характер и влияет на конкурентоспособность предприятия. При повышении качества промышленной продукции происходит подъем экономики страны; рациональное использование сырья, материалов, техники и трудовых ресурсов.

В большом терминологическом словаре-справочнике [1, с. 221] предлагается термин «качество» рассматривать как «степень, с которой совокупность собственных характеристик выполняет требования или совокупность полезных свойств, позволяющих удовлетворять определенные материальные или духовные потребности».

Повышение качества промышленной продукции фактически характеризует уровень развития предприятия, степень внедрения научно-технических достижений в производственную деятельность, рост эффективности производства.

Следует отметить, что на всех стадиях управления качеством необходимо предотвращать возникновение дефектов, недоделок, брака. Практически всегда затраты на предотвращение брака значительно ниже, чем затраты на его исправление после обнаружения в результате инспекции или в процессе эксплуатации.

Рассмотрим мнение В.Н. Стабникова [2, с. 57], который считает, что «управление качеством представляет собой рассмотрение комплексов требований, а именно:

обязательные нормативные требования к качеству, предусмотренные законодательством, соблюдение которых контролируется государственными органами;

требования заказчика к качеству, предусмотренные условиями договора, которые определяют, как осуществляются внедрение и контроль конкретных требований к качеству, а также устанавливают критерии технического качества и приемки;

конкретные требования исполняющего предприятия, соответствующие его коммерческим потребностям (оптимизация прибыли, окупаемость инвестиций, повышение репутации на рынке)».

Действительно, предприятия, выпускающие промышленную продукцию, проходят инспекционные проверки качества вышестоящими органами и контроль соблюдения требований технологической и иной документации. При приемке определенного объема выпущенной продукции заказчик также проводит проверку качества.

Х. Энь [3, с. 7] считает, что «управление качеством должно осуществляться системно, т.е. на предприятии должна функционировать система управления качеством, представляющая собой организационную структуру, четко распределяющую ответственность, процедуры, процессы и ресурсы, необходимые для управления качеством». Действительно, на промышленных предприятиях при управлении качеством большое значение должно уделяться ответственности руководства, которое, в свою очередь, обеспечивает производство денежными средствами, необходимыми ресурсами, оборудованием и т.д. Промышленные предприятия должны

постоянно совершенствоваться, развивать систему менеджмента качества и управлять рисками.

Для повышения качества промышленной продукции необходимо оценить уровень качества. При определении целесообразности повышения качества особое значение имеет учет показателей качества. От повышения качества по его отдельным показателям зависит объем затрат предприятия, поэтому необходимо учитывать финансовые и производственные возможности при планировании повышения качества.

Таким образом, эффективное управление качеством в современных условиях рынка – это необходимое условие повышения эффективности бизнеса, создания, развития и реализации конкурентных преимуществ.

Конкурентоспособность промышленных предприятий определяется характеристиками, которые представляют интерес и обеспечивают удовлетворение потребностей заказчика. Престижность позволяет привлекать заказчиков, заключать договора (контракты), получать прибыль. Имидж позволяет занять лидирующие позиции на промышленном рынке.

Согласно СТБ ISO 9001 [4, с. 2], «основным назначением системы менеджмента качества является удовлетворение запросов заказчиков».

Соответствие функционирующей системы менеджмента качества требованиям стандарта СТБ ISO 9001 позволяет предприятию достигать и поддерживать ожидаемый заказчиками уровень качества при оптимальных затратах.

По мнению О.П. Глудкина [5, с. 364] «можно выделить четыре следующих направления деятельности, посредством которых система менеджмента качества воздействует на процесс формирования качества: планирование, управление, обеспечение, улучшение качества».

Рассмотрим первое из направлений – планирование качества. Оно включает в себя деятельность руководителей предприятий по классификации и оценке качества, по установлению требований и целей к качеству и системе менеджмента качества. Между тем, управление качеством включает в себя методы, которые руководители предприятий используют для выполнения требований к качеству. В свою очередь обеспечение качества включает в себя те виды деятельности, которые необходимы для подтверждения уверенности в том, что выпускаемая промышленная продукция удовлетворяет требования заказчиков к качеству. И, наконец, улучшение качества включает мероприятия, осуществляемые на предприятиях для повышения результативности деятельности, направленной на получение выгоды, как для самого предприятия, так и для заказчиков.

К основным элементам системы контроля качества, по мнению Г.Г. Бакрадзе [6, с. 18-19], «относятся следующие общие подсистемы:

подсистема планирования, инспекционного контроля, стимулирования и ответственности».

Следует сказать, что подсистема планирования включает в себя процесс составления текущих и перспективных планов проведения работ по контролю качества. В свою очередь, подсистема инспекционного контроля включает в себя проведение постоянных проверок качества, методов и средств контроля. Подсистема стимулирования и ответственности позволяет обеспечивать необходимую материальную и моральную заинтересованность работников в достижении высоких результатов при выполнении контроля качества.

Самоконтроль качества. Основной задачей самоконтроля качества является осуществление рабочими непосредственно на рабочем месте всех предусмотренных мероприятий контроля качества в полном соответствии с требованиями нормативной, проектной и технологической документации.

При проведении самоконтроля у рабочих формируется ответственность за качество выполняемых работ на доверенном им участке, зачастую появляется творческое отношение к порученной работе. Также самоконтроль качества позволяет сократить пропуск брака и недоделок на следующий вид выполняемых работ. При проведении самоконтроля рабочий постоянно получает информацию о ходе технологического процесса и имеет возможность оперативно устранять выявленные замечания с минимальными затратами ресурсов. И, наконец, рабочий при проведении самоконтроля имеет возможность активного воздействия на производственный процесс в целях предупреждения возникновения брака.

Система менеджмента качества промышленных организаций. По мнению О.П. Глудкина [5, с. 337] «система менеджмента качества (далее по тексту – СМК) – это совокупность организационной структуры, методик, процессов и ресурсов, необходимых для осуществления общего руководства качеством».

Действительно, СМК является инструментом для управления и обеспечения качества на предприятии. Другими словами, СМК охватывает как большинство методов и установившийся порядок в работе предприятия, так и распределение, и практическую реализацию ответственности для обеспечения качества, требуемого заказчиком.

В заключение следует отметить, что обеспечение качества промышленной продукции и внедрение СМК на предприятии во многом определяют количество контрактов и являются важнейшими составляющими эффективности, рентабельности предприятия.

Список использованных источников:

1. Большой строительный терминологический словарь-справочник / В.Д. Наумов [и др.]: РУП «Минсктиппроект». – Минск, 2008. – 424 с.

2. Стабников, В.Н. Расширение для строительной отрасли к третьему изданию Руководства к своду знаний по управлению проектами / В.Н.Стабников, М.С.Горский – Москва : Олимп-Бизнес, 2015. – 214 с.

3. Хуан Энь. Экономический анализ процессов повышения качества продукции предприятия / Хуан Энь, Б.И.Герасимов, А.Ю.Сизикин – Тамбов: ФГБОУ ВПО, 2011. – 88с.

4. СТБ 9001-2015. Системы менеджмента качества. –Введ.14.12.2015. – Госстандарт РБ : ОАО «Стройтехнорм», 2020. – 24 с.

5. Всеобщее управление качеством / О.П.Глудкин [и др.]. – М: Телеком, 2001. – 600с.

6. Бакрадзе, Г.Г. Контроль качества продукции / Г.Г.Бакрадзе.- Тбилиси: Технический университет, 2005. – 234с.

© Тяшкевич Я.О., 2022

УДК 691.175.664

АНАЛИЗ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ АРМИРОВАННОГО ПОЛИМЕРНОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ПОЛИУРЕТАНА

Федотова А.В., Шмакова Н.С., Новиков В.И.

Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Разработка методик по созданию полимерных материалов со специальными свойствами остается важным направлением в исследовательских работах. Главным инструментом в процессе придания новых свойств исходному материалу выступает модифицирование полимерной матрицы различными добавками. Механизмы модификации, могут быть различны, как и варианты наполнения. Материалы, состоящие из нескольких компонентов и имеющие гетерофазную структуру с поверхностью раздела фаз, называются композитами. Обычно, полимерные композиционные материалы (ПКМ) являются сложными системами, состоящих из нескольких компонентов. В полимерную основу могут вводиться добавки с различными исходными свойствами, придавая конечному продукту либо новые свойства, либо улучшают имеющиеся. Современные материаловеды продолжают активно разрабатывать новые композиты для применения в разных отраслях промышленности. Например, в ортопедии большее значение имеют такие характеристики, как прочность, жесткость, эластичность. Использование ПКМ для производства ортопедических изделий позволит упростить методику производства и удешевить затраты. Данная работа направлена на разработку методики по улучшению физико-механических показателей полимерного листового

материала, используемого для создания различных ортопедических изделий. Исследование проводилось на базе предприятия «ОРТЕЗ» [1]. Несмотря на широкую методическую базу компании, остается практическая значимость в исследовании дополнительных возможностей материала и придания новых свойств с целью улучшения имеющейся продукции.

В качестве испытательной модели использовались стельки. Это объясняется двумя причинами, первая – зона стопы обладает повышенным потоотделением, вторая – при эксплуатации на изделие будут воздействовать высокие нагрузки, деформации.

Методика изготовления стелек состоит из нескольких этапов. В качестве вспомогательного материала используется трикотажный рукав, который натягивается на гипсовый слепок стопы и фиксируется резинками, без образования складок на поверхности. Далее вручную наносится замешанная полиуретановая композиция, формируя область в форме стельки и забинтовывается стрейч пленкой. Спустя 24 часа, стелька снимается и подвергается механической обработки [2].

Роль полимерной матрицы выполняет двухкомпонентный полиуретановый герметик (смесь полиола и изоционата), который является основой будущего изделия. В паспорте на материал, установленном на предприятии изготовители, рекомендуется использовать соотношение компонента А и В 1:1, при этом готовый полимерный лист обладает высокими эластичными свойствами. На практике было установлено, что при изменении пропорции исходных компонентов, свойства готового материала могут меняться. При увеличении компонента В, являющегося отвердителем компонента А, заполимеризованный полимер становится более жесткий, теряя свою гибкость. Эту закономерность можно использовать, как дополнительный инструмент при изготовлении изделия, позволяющий влиять на конечные свойства материала на начальной стадии полимеризации. Модификация полимерной матрицы осуществлялась за счет выкладки армирующего волокна, то есть дополнительного использования тканей между слоями трикотажной основы. Для эксперимента были выбраны следующие ткани, представленные на рынке: углеродные с различной линейной плотностью, углеродное с дополнительным включением ПАН или целлюлозными волокнами, стекловолокно, Русар. Ткани между собой отличались значениями поверхностной плотности и плетением. Методика проведения физико-механического исследования и оценки результатов опирается на ГОСТ 14236-69. Для этого были изготовлены листовые ПКМ и контрольный (полиуретановый материал без дополнительного включения волокон) с последующим вырезанием из них опытных корсетных образцов. На рис. 1 представлены результаты, полученные с электромеханического испытательного оборудования на одноосное растяжение.



Рисунок 1 – Анализ физико-механических характеристик полимерной матрицы с применением разных армирующих материалов.

Данные с разрывной машины показывают, что все волокна придают прочности ПКМ и снижают удлинение по сравнению с последним контрольным образцом. На диаграмме видно, что наибольшую устойчивостью к нагрузкам проявляет материал под номером шесть – Русар, а наименьшее по номером пять – стекловолокно. Русар превосходит другие углеродные волокна в 2 раза по показателю максимальной нагрузки.

После выбора оптимального углеродного материала для модифицирования ПКМ, была проведена оценка влияния положения ткани в матрице. Схемы армирования принято обозначать следующим образом $[0, \pm 45, 90]$. Такая запись показывает положение долевой нити в объеме полимера относительно прикладываемой нагрузки [3].

Из-за высокой жесткости образцы с моделью армирования продольно-поперечной (0°) и косопоперечной при 90° , обладают низким значением удлинения (рис. 2), а при повороте материала на 45° , этот показатель возрастает в 5 раз. Показатели максимальной нагрузки и прочности между последними двумя образцами близки, поскольку нить основы и утка обладают одинаковым значением текс и площадь сечения испытываемых «лопаточек» совпадает. Эти же показатели снижаются в 2 раза при схеме $[\pm 45^\circ]$. При повороте ткани 90° , наблюдается незначительный рост показателей.

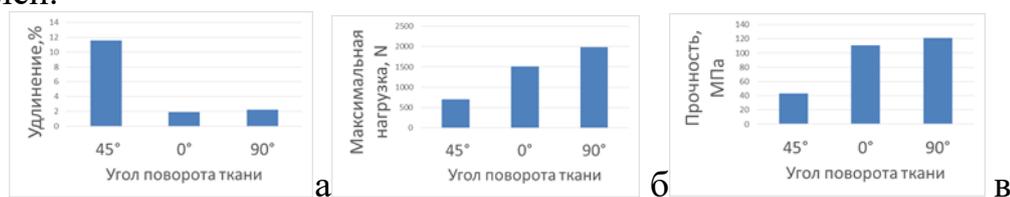


Рисунок 2 – Влияние поворота углеродной ткани на а) удлинение, б) максимальную нагрузку, в) прочность ПКМ

Результатом исследовательской работы стало создание прототипа ортопедического изделия (стелек) из композиционного полиуретанового материала, модифицированного разными армирующими волокнами. Данные исследования подтвердили, что полученные ПКМ превосходят свойства исходного полиуретанового материала по прочности. Наибольшую эффективность показывает результат модифицирования методом выкладки, когда долевая нить сведает с направлением нагрузки.

Список использованных источников:

1. Протезно-ортопедическое малое предприятие «ОРТЕЗ» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https:// www.mp-ortez.ru](https://www.mp-ortez.ru) (дата обращения: 18.03.22)
2. Разработка и получение композиционного материала с антимикробными свойствами для ортопедии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.kosygin-rgu.ru/naukan/rabota_stud/konf-konf_mgudt-vserossiiskie.aspx (дата обращения: 18.03.22)
3. Неразрушающий контроль: Справочник: в 7 т. Под общ.ред. В.В. Клюева. Ультразвуковой контроль/ И.Н. Ермолов, Ю.В. Ланге.- М.: Машиностроение, 2004.- 864с.

© Федотова А. В., Шмакова Н.С., Новиков В.И., 2022

УДК 676.017

АНАЛИЗ ГОСТОВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПО ВЫЯВЛЕНИЮ ФИЗИЧЕСКИХ КАЧЕСТВ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ АТАКТИЧЕСКОГО ПОЛИПРОПИЛЕНА

Филинчук А.Г., Шафрай А.В.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кемеровский государственный университет», Кемерово

В данной работе приведён обзор ГОСТов для проведения экспериментов с целью выявления физических показатели комбинированных материалов (бумага, картон) на основе атактического полипропилена, а именно метод определения поверхностной впитываемости воды при одностороннем смачивании, методы определения прочности на разрыв и удлинения при растяжении, методы определения прочности на разрыв и удлинения при растяжении, методы определения прозрачности и непрозрачности, метод определения белизны.

Атактический полипропилен является побочным продуктом при производстве полипропилена. Данный материал предполагается использовать в качестве материала для послепечатной обработки с целью повышения различных показателей готового оттиска. Для рассмотрения атактического полипропилена в качестве материала для послепечатной обработки необходимо провести ряд испытаний с целью выявления его положительных и отрицательных качеств. Данные эксперименты будут проводится на основании ГОСТов, описывающих эксперименты для выявления физических показателей бумажных и картонных материалов.

Метод определения поверхностной впитываемости воды при одностороннем смачивании (метод Кобба) (ГОСТ 12605-97(ИСО 535-91)). В данном эксперименте определяется поверхностная впитываемость материала (Кобб_х), т.е. просчитывается расчётная масса воды, поглощённая

поверхностью испытываемого материала площадью равной 1 метр при определённых условиях за энное количество времени. Для определения данного показателя необходим прибор, который обеспечит: контакт воды с поверхностью испытываемого образца; быстрое и контролируемое удаление излишков воды с поверхности испытываемого материала; быстрое удаление испытываемого образца с поверхности прибора с целью исключения повторного контакта с водой. Данный прибор должен отвечать таким параметрам как: сосуд для воды внутренним диаметром от 113 мм, что соответствует диаметру образца 100 мм, внутри сосуда должна быть отметка, соответствующая объёму воды 100 см.

Поверхность цилиндра соприкасающийся с испытуемым образцом, должна быть ровной, машинной шлифовки и иметь достаточную толщину, чтобы предотвратить прорезание образца. Высота цилиндра должна быть не менее 10 мм.

Для получения наиболее точных результатов испытания необходимо проследить чтобы поверхность пластины, на которой закрепляется образец, была сухой перед началом каждого испытания. Далее образец взвешивают с точностью до 0,001 г. Затем образец закрепляют на плоское основание испытуемой стороной к сосуду с водой. Время контакта образца с водой равно 60 секунд. В данный интервал входит как непосредственно контакт с водой, так и промокания сухой салфеткой. После этого образец прокатывают через отжимной валик с целью удаления излишков воды, прокатывая образец дважды, вперёд и назад. Сразу после удаления излишков воды образец немедленно взвешивают на лабораторных весах. Поверхностную впитываемость воды при односторонним смачивании $\text{Кобб}_x \text{ г/м}^2$, для каждого испытываемого образца бумаги или картона вычисляют по формуле: $\text{Кобб}_{60} = \frac{10^4(m_2 - m_1)}{A}$, где m_2 – масса образца после испытания, г; m_1 – масса образца до испытания, г; A – площадь испытуемой поверхности образца, см^2 .

Все полученные данные заносятся в таблицу для дальнейшего анализа и построения гистограммы [1].

Метод определения прочности на разрыв и удлинение при растяжении (ГОСТ 13525.1-79). Для проведения данного эксперимента подготавливают порядка 30 образцов бумаги и картона с нанесённым на них атактическим полипропиленом в один и два слоя, шириной 15 мм для бумаги и 50 мм для картона, длина образцов должна быть не менее 250 мм.

Данные образцы должны быть с ровными кромками, без складок, чистыми, без вмятин и морщин.

Для данных испытаний необходима разрывная машина со следующими параметрами: относительная погрешность измерения силы не должна превышать $\pm 1\%$; абсолютная погрешность измерения удлинения не должна превышать для машин 0,5 мм; ширина зажимов должна

соответствовать ширине испытуемых образцов; зажимы должны удерживать образец без скольжения в течение всего испытания; расстояние между зажимами должно быть регулируемым и обеспечивать установку значений: (50 ± 1) мм, (100 ± 1) мм, (180 ± 1) мм; скорость перемещения подвижного зажима должна быть переменной с плавной регулировкой и ее отклонение при любом установочном значении не должно превышать $\pm 5\%$.

Для определения прочности при растяжении предварительно измеряют толщину каждого образца в трёх местах (по краям и в середине). Так же определяют массу каждого образца с точностью до 0,001 г.

Далее образец закрепляют между губок разрывной машины с силой натяжения не более 0,3 Н так, чтобы образец не скользил во время испытаний. Разрушающее усилие должно находиться в области 0,1 и 0,9 конечных значений шкалы, а для разрывных машин маятникового типа – в области 0,2 и 0,8 конечных значений шкалы. Данные при разрыве образцов у кромок зажимов или сместившихся при испытании не учитываются.

После получения необходимых данных рассчитываются следующие показатели.

Удельное сопротивление разрыву $F_{уд}$, кН/м, вычисляют по формуле:
$$F_{уд} = \frac{F}{b}$$
 где F – разрушающие усилие, Н; b – ширина образца, мм.

Индекс прочности при растяжении L_F , Н*м/г, вычисляют по формуле:
$$L_F = \frac{F_{уд}}{m_a} * 10^3$$
 где $F_{уд}$ – удельное сопротивление разрыву, кН/м; m_a – масса материала, г.

Предел прочности при растяжении σ , МПа, вычисляют по формуле:
$$\sigma = \frac{F}{b * h}$$
 где F – разрушающие усилие; b – ширина образца, мм; h – толщина образца, мм (среднее арифметическая толщина всех испытуемых образцов).

Полученные результаты округляют до 0,1 МПа.

Относительное удлинение при растяжении δ в процентах вычисляют по формуле: $\delta = \frac{\Delta l}{l_0} * 100$, где Δl – среднее арифметическое значение удлинения всех испытуемых образцов, мм; l_0 – номинальное расстояние между зажимами. Полученные результаты округляются с точностью до 0,1.

Все полученные данные заносятся в таблицу для дальнейшего анализа и построения гистограммы для визуализации результатов [2].

Метод определения прозрачности и непрозрачности испытуемых образцов (ГОСТ 8874-80). Для данного эксперимента нужны чистые образцы бумаги без морщин, складок, вмятин и других дефектов.

Из каждого подготовленного листа бумаги подготавливают образцы размером 70*140 мм. На каждом образце отмечают сеточную и верхнюю сторону. Далее на каждый образец наносится атактический полипропилен в один и два слоя, затем ждут высыхания данного материала.

Далее пять испытуемых комбинированных образцов складывают в стопу. Для дальнейшего не влияния на значение коэффициента отражения необходимо чтобы данная стопа была светонепроницаема. Для достижения светонепроницаемости в неё подкладывают листы из данного комбинированного материала.

Для проведения эксперимента так же необходимо следующее оборудование: чёрная подложка; фотометрический прибор типа лейкометра Цейса; пластины коэффициента зонального отражения.

При проведении эксперимента на прозрачность и непрозрачность комбинированного материала используют поток света от лампы накаливания фотометра при введённом синем светофильтре. При измерении данных показателей необходимо не касаться образцов.

Для данных образцов определяют такие показатели как коэффициент отражения образца, помещённого на светоотражающую стопу (ρ_{∞}), а также коэффициент отражения образца, помещённого на чёрную подложку (ρ_0).

Сперва эксперименты путём выясняют коэффициент отражения ρ_{∞} верхнего образца стопы, далее верхний образец перемещают под стопу и производят измерение коэффициент отражения следующего образца и так далее. Затем каждый образец помещают на чёрную подложку и измеряют коэффициент отражения ρ_0 . Полученные данные заносят в таблицу с точностью до 0,1 %.

Прозрачность (Т) и непрозрачность (О) определяют в процентах по данным формулам: $T = \frac{(\rho_{\infty} - \rho_0)}{\rho_{\infty}}$ и $O = \frac{\rho_0 * 100}{\rho_{\infty}}$.

Результатами эксперимента является среднеарифметическое значение, определённое из пяти показателей, полученное значение считают ближайшее число кратное 0,5%. Максимальная абсолютная погрешность определения непрозрачности $\pm 1,1\%$, прозрачности $\pm 1,8\%$ [3].

Метод определения белизны (ГОСТ 30113-94). Для определения данного показателя проводится выборка из общей стопы 10 листов. Из данных листов вырезают 10 образцов прямоугольной формы размером 75*150 мм, на данные образцы наносят атактический полипропилен в один и два слоя.

Для непосредственного измерения белизны прибор для эксперимента должен содержать источник света, близкий к дневному свету, например, ртутная лампа высокого давления с длинной волны порядка 368 нм, оснащённая световым фильтром из стекла марки БС-8, толщиной 1,2 мм, или же источник D_{65} .

Для проведения эксперимента образцы должны содержать оптический люминесцентный отбеливатель, для таких образцов применяют фотометр белизны бумаги – лейкометр фирмы Carl Zeiss JENA.

Для определения верхней стороны образца, данную сторону маркируют. Далее все испытуемые образцы складывают в стопу, сверху и

снизу стопы защищают листами бумаги, для того чтобы избежать теплового и светового воздействия.

Для измерения данного показателя необходим синий светофильтр обеспечивающий эффективную длину волны, а именно 457 нм.

Подготовив образцы и аппаратуру производят измерение белизны, для этого со стопы удаляют предохраняющие листы, не касаясь испытуемых образцов. Полученные данные считывают с прибора и заносят в таблицу округляя полученные значения до 0,1 %. После измерения белизны первого образа его перекалывают вниз стопы и так далее. После измерения данного показателя верхней стороны образцов, стопу переворачивают и измеряют белизну нижней стороны комбинированных материалов.

В качестве результата эксперимента применяют среднеарифметическое значение всех испытуемых образцов округляя полученный показатели до 0,5% [4].

Исходя из анализа вышеописанных экспериментов можно сделать вывод о том, что исследование атактического полипропилена в качестве материала для послепечатной обработки на практике осуществим.

Список использованных источников:

1. ГОСТ 12605-97 (ИСО 535-91) Бумага и картон. Метод определения поверхностной впитываемости воды при одностороннем смачивании (метод Кобба). – Введ. 01.07.01 - М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.

2. ГОСТ 13525.1 - 79 Межгосударственный стандарт полуфабрикаты волокнистые, бумага и картон. Методы определения прочности на разрыв и удлинения при растяжении. Введ. 01.07.80 - М.: Стандартиформ, 2007.

3. ГОСТ 8874-80 Государственный стандарт союза сср бумага. Методы определения прозрачности и непрозрачности. Введ 01.01.81 - М.: ИПК Издательство стандартов, 1998.

4. ГОСТ 30113-94 (ИСО 2470-77) Межгосударственный стандарт бумага и картон. Метод определения белизны. Введ. 01.01.97 - М.: ИПК Издательство стандартов, 1996

© Филинюк А.Г., Шафрай А.В., 2022

УДК 658.5

АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РИСКА ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ БЕЗОПАСНОСТИ И КАЧЕСТВА ТКАНЕЙ ДЛЯ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ

Ходанов Г.А., Давыдов А.Ф.

Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Условия работ на производстве и организация безопасности существует как процесс, который характеризует постоянный обмен информации для снижения неопределенности и возможного прогноза для данного производства. Такие процессы как закупка оборудования, средств индивидуальной защиты можно соотнести с процессами организации безопасности, они входят в обеспечения единства измерений которая достигается за счет проверок и калибровок измерительного оборудования, правильности эксплуатации. В процессе (организация условий работ) закупки средств индивидуальной защиты подпроцессом (обеспечения безопасности) является оценка соответствия данной продукции на основе обязательных требований и стандартов, принятых на данном производстве.

Безопасность на производстве характеризуется уровнем риска, который вытекает из анализа тех процессов, которые являются системными и существуют в рамках производства.

Аналізу подвергается документация, производственный процесс, травмоопасные события, причины возникновения данных событий. На основе полученных данных выстраивается стратегия применения тех или иных инструментов (технологии, методов) по определению риска.

На сегодняшний день существует не столь большое количество документов (стандартов, методик) дающие полный обзор процессам определения, оценки риска. В процессе анализа нормативно-технической документации по данной теме (оценки риска) была составлена табл. 1. Основными правилами подбора стандартов: наличие метода определения и оценки риска; возможность классификации риска (методология подхода); организация принципов с целью снижения риска; способность инструментов (технологии, методов) к воспроизводимости полученных данных.

Документальное сопровождения процессов по определению рисков позволяет структурировать, а также систематизировать деятельность по снижению травмоопасных событий. Применение стандартизованных методов также отражается на менеджмент риска и оказывает влияние на стратегию развития производства.

Началом анализа служит исследование производственного процесса на возможные травмоопасные события. Экспертами устанавливается производственный процесс и ему присваивают группу видов деятельности (пример процесса: добыча нефти; пример деятельности: бурение). Данные виды деятельности соотносятся с уровнем производственного риска и в следствии этого выявляют процедуры по его снижению.

Таблица 1 – Анализ нормативно-технической документации

Нормативно-техническая документация	Примечание
ГОСТ Р 12.0.007-2009 [1]	Не имеют отношение к методам оценки рисков. Включают описание процессов переноса информации между подразделениями на производстве.
ГОСТ 12.0.230.1-2015 [2] (также ГОСТ 12.0.230-2007, ГОСТ 12.0.230.2 и ГОСТ 12.0.230.5)	
ГОСТ Р ИСО 45001-2020 [3]	
ГОСТ 12.0.230.3-2016 [4]	Данные стандарты могут содержать полезные термины и определения.
ГОСТ 12.0.230.4-2018 [5]	
ГОСТ Р 51901.23-2012 [6]	Стандарты содержат полезные термины и определения. Включают в себя описания инструментов (технологии, методов) оценки риска.
ГОСТ Р 12.0.010-2009 [7]	
ГОСТ Р ИСО 31000-2019 [8]	
ГОСТ Р 58771-2019 [9]	

Важно отметить, что инструменты (технологии, методы) по определению риска должны включать процедуры верификации, а также возможности сравнений полученных данных экспертной группой и иметь наименьший разброс в полученной информации с целью снижения неопределенности при принятии решений.

Следующим этапом является изучение объекта, который интегрирует в производственный процесс с целью снижения риска. Примером анализа может служить специальная защитная одежда. Систематизация свойств при помощи «Диаграммы Исикавы» позволяет наглядно представить комплекс показателей для проведения испытаний и классифицировать их по соответствующим типам: механические, химические, технологические, геометрические, физические свойства.

За счет полученных данных при анализе производства (потребителя спецодежды) устанавливаются ключевые требования (не перечисляю ТР ТС 019 которые являются обязательными), что дает возможность увеличить ассортимент данной продукции за счет специфики осуществляемой деятельности на производстве (потребителя спецодежды) где специфика выражается в установленных производственных рисках.

Анализ позволяет составить общий алгоритм (рис. 1) действий по оценке риска начиная с анализа производственного процесса и будущих интегрированных объектов (систем) с целью снижения риска на производстве. Многие производственные процессы можно представить в виде модели при помощи методов [9, 12]: «Цепи Марков», «Дерево событий», «Метод Монте-Карло» и т.д.



Рисунок 1 – Общий алгоритм оценки риска

Определение риска через (не)соответствие заданным требованиям тканей для пошива специальной защитной одежды можно выявить рост тенденции к травмоопасной ситуации. Приемочное число изделий (тканей) можно установить при помощи метода AQL (Acceptable Quality Limit / Приемлемый Предел Качества). Размер образцов указывают в стандартизованных методиках испытаний по заданным показателям безопасности и качества.

Показатели безопасности и качества тканей можно определить как зависимость уровня риска нанесения вреда здоровью работников, соответствующего определенному классу условий труда, от величины позитивного (негативного) показателя безопасности тканей для специальной защитной одежды, которую можно представить в виде кривой вероятности риска [10, 12].

В процессе проведения анализа производства и объектов, интегрированных в производственный процесс с целью снижения риска, приобретают системность, что в свою очередь позволяет организовать готовую процедуру для повторных и систематических проверок.

Полученную информацию следует использовать в целях обеспечения безопасности, корректировки критериев приемки (модернизация внешних или внутренних стандартов), повышение качества изделия и дальнейших научных исследований.

Список использованных источников:

1. ГОСТ Р 12.0.007-2009 «Система управления охраной труда в организации. Общие требования по разработке, применению, оценке и совершенствованию»;
2. ГОСТ 12.0.230.1-2015 «Система стандартов по безопасности труда. Системы управления охраной труда»;
3. ГОСТ Р ИСО 45001-2020 «Системы менеджмента безопасности труда и охраны здоровья. Требования и руководство по применению»;
4. ГОСТ 12.0.230.3-2016 «Система стандартов безопасности труда. Оценка результативности и эффективности»;

5. ГОСТ 12.0.230.4-2018 «Система стандартов безопасности труда. Системы управления охраной труда. Методы идентификации опасностей на различных этапах выполнения работ»;

6. ГОСТ Р 51901.23-2012 «Менеджмент риска. Реестр риска. Руководство по оценке риска опасных событий для включения в реестр риска»;

7. ГОСТ Р 12.0.010-2009 «Система стандартов безопасности труда. Системы управления охраной труда. определение опасностей и оценка рисков»;

8. ГОСТ Р ИСО 31000-2019 «Менеджмент риска. Принципы и руководство»;

9. ГОСТ Р 58771-2019 «Национальный стандарт РФ. Менеджмент риска. Технологии оценки риска».

10. Лагунов, В.В. Нормирование показателей безопасности тканей, предназначенных для пошива специальной одежды работников газовой промышленности, на основе теоретического анализа кривых вероятности риска / В.В. Лагунов, А.Ф. Давыдов. – Москва: Научно-технический сборник · ВЕСТИ ГАЗОВОЙ НАУКИ, 2013. – 4 с.;

11. Ходанов Г.А. Оценка рисков нанесения вреда рабочему персоналу в взрывопожароопасных условия эксплуатации специальной защитной одежды / Ходанов Г.А., Давыдов А.Ф. // Сборник научных трудов «Теория и практика экспертизы, технического регулирования и подтверждения соответствия продукции» 2021 УДК 65.018;

12. Давыдов А.Ф. Анализ производственных рисков нефтегазового комплекса и метода оценки специальной защитной одежды по показателям безопасности / Давыдов А.Ф., Ходанов Г.А. // Инновационное развитие техники и технологий в промышленности ИНТЕКС-2021 УДК 658.5// [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://kosygin-rgu.ru/naukan/rabota_stud/konf-konf_mgudt-vserossiiskie.aspx.

© Ходанов Г.А., Давыдов А.Ф., 2022

УДК 677.017

РАЗРАБОТКА КЛАССИФИКАЦИИ НИТОК ДЛЯ РУЧНОГО ВЯЗАНИЯ

Ходжматов Ф.Ш., Демократова Е.Б., Чернышева Г.М.
Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

В настоящее время вязание в домашних условиях, как ручное, так и на машинах, становится все более популярным. Это можно объяснить ростом благосостояния населения и его возрастающими эстетическими и

культурными потребностями. Между тем нитки для вязания зачастую стоят достаточно дорого. Это не останавливает рукодельниц от приобретения ниток, но создает определенные ограничения при их выборе.

В то же время сейчас на рынке имеется очень много производителей и поставщиков ниток, и ассортимент их продукции очень разнообразен. Это сильно усложняет задачу как обеспечения взаимозаменяемости ниток, так и их выбора, особенно в условиях продаж в режиме онлайн.

Соответственно, целесообразно помочь рукодельницам в компетентном выборе материалов, а торговым организациям – в организации такого информирования. Учитывая огромное разнообразие ниток, представляется правильным начать эту работу с построения классификации ниток для ручного вязания. Эти соображения делают тему работы актуальной.

Таким образом, в работе было принято решение составить такую классификацию ниток для ручного вязания, которая бы максимально охватывала пожелания и наблюдения рукодельниц. Эти пожелания и наблюдения были выявлены путем анализа собственного опыта авторов, а также их родственников и знакомых. В результате в основу предлагаемой классификации легли следующие положения, полученные при анализе сложившейся практики и изучении литературы [1, 2].

1. Фактура будущего изделия зависит в основном от характера поверхности пряжи: наличие, длина и густота ворса, наличие и размеры петель, наличие грубых волокон, особенности крутки и др. [1].

2. Перед началом вязания возможна перемотка пряж с их соединением вместе (трощением). Это позволяет получить нитку необходимой толщины, нитку с эффектом сочетания разных цветов и эффектов блеска, и др.

3. Зачастую необходимо изготовить изделие с цветным узором.

4. Часто бывает выгодно использовать «остатки» ниток, которых недостаточно для изготовления самостоятельного изделия.

5. Не обязательно использовать для изготовления изделия нитки строго одного сырьевого состава. Небольшое вложение не предусмотренных изначально моделью видов сырья практически не влияет на свойства изделия, но при этом возможны дополнительные декоративные эффекты.

6. Каждое наименование ниток может выпускаться изготовителем в огромном количестве цветов, причем карта цветов может меняться в среднем раз в год.

На базе этих соображений был проведен анализ ассортимента ниток для ручного вязания, представленных в магазинах «Семеновская пряжа», «Леонардо», «Иголочка», «Наперсток» и др. В результате были выведены следующие признаки для классификации ниток (признаки перечисляются в порядке убывания значимости):

характер поверхности и наличие декоративных эффектов;
вид или виды использованного сырья;
толщина;
содержание конкретных видов сырья;
способы цветового оформления (секционное крашение, меланж, гладкокрашенная и др.).

Как видно из перечисления, авторами предлагается в основу классификации положить внешний вид ниток. Это решение обосновано тем фактом, что обычно мастерицы обращают внимание прежде всего на наличие у ниток декоративных эффектов, и только после этого изучают сырьевой состав.

Классификация ниток, построенная на основе этих признаков, вкратце схематично приведена на рис. 1, а более полно охарактеризована иерархическим списком ниже.

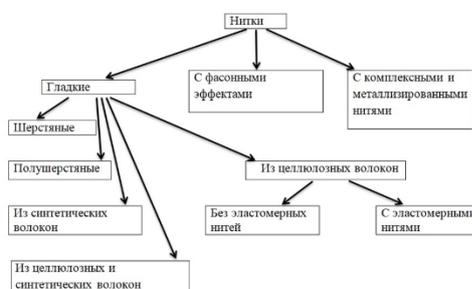


Рисунок 1 – Основные виды ниток для ручного вязания

1. Нитки с фасонными эффектами (ворс, петли, утолщения и утонения и т.п.) [2]. Как правило, это нитки, на 100% состоящие из синтетических волокон и нитей или содержащие значительную долю синтетического сырья. Нитки с одним и тем же декоративным эффектом обычно имеют схожий сырьевой состав и приблизительно одинаковую толщину. В частности, популярные в настоящее время нитки с эффектами ворса чаще всего на 100% выработаны из полиэфирных материалов. В качестве примера можно назвать пряжу «Трафка», 150 м которой имеют массу 100 г.

2. Нитки с вложением металлизированных нитей («люрекс», «метанит» и др.), а также блестящих комплексных нитей. В изделии это дает эффект «искорки» и ненавязчивого блеска. Примеры: пряжа «Лухе» (состав: 50% полиэфирные, 35% вискозные волокна, 15% люрекс), 100 г – 240 м; нитки «Спарк» (состав: шерсть 45% акрил 48% метанит 7%), 100 г – 740 м.

Как видно из приведенных примеров, в данную категорию входят нитки различных линейных плотностей. Как правило, в их составе есть заметная доля гигроскопичного волокна: шерстяного или вискозного. Но около 50% сырьевого состава – полиэфирные или полиакрилонитрильные волокна.

3. Гладкие нитки, т.е. крученая пряжа, полученная скручиванием одинаковых по составу однородных или смешанных пряж, или одиночная пряжа.

3.1. Чистошерстяная пряжа. Эта категория достаточно разнообразна, т.к. в нее входят нитки как из овечьей шерсти, так и нитки, содержащие козий пух (мохер), шерсть альпаки, верблюжью шерсть и др. Также эти нитки разнообразны по толщине, их линейная плотность составляет от 62 («Лидия ЧШ») до 500 («Овечья шерсть») текс, а иногда и более.

Органолептически было отмечено, что нитки разных производителей, имеющие одну линейную плотность, воспринимаются как одинаково толстые. Т.е. средняя плотность чистошерстяной пряжи приблизительно одна и та же для разных образцов, и легко заменить одну нитку на другую, имеющую аналогичные характеристики. Исключением являются нитки наименований, ассоциирующихся у потребителя с деревенским кустарным производством, т.к. в этой пряже встречаются грубые остевые волокна.

По причине огромного количества возможных линейных плотностей и их практически непрерывного ряда более подробная классификация представляется нецелесообразной.

Данные нитки обычно выпускаются гладкокрашеными (упомянутые выше «Лидия ЧШ», «Овечья шерсть» и многие другие).

3.2. Полушерстяная пряжа, содержащая 20% шерстяного волокна и более. Остальную долю сырья обычно составляют полиакрилонитрильные волокна, но могут присутствовать также полиэфирные, полиамидные и вискозные волокна. С точки зрения потребителя, особенности данных видов сырья заключаются в следующем [1]. Полиакрилонитрильные волокна внешне имитируют шерсть, так что нитка часто сохраняет «благородный» внешний вид, но эти волокна придают ей несколько сниженную формоустойчивость. Полиэфирные волокна более упруги, так что изделие из такой нитки меньше мнется, имеет низкую остаточную деформацию и др., но приобретает заметную пиллингуемость. Еще сильнее эти особенности выражены у полиамидных волокон. Вложение вискозного волокна позволяет сохранить гигроскопичность, присущую шерстяной пряже, но снижает формоустойчивость изделия.

В качестве примеров можно назвать: «Кроха», 80% акрил, 20% шерсть, 50 г – 135 м; «Nelly», «Альпака» и «Северная», см. выше; «Lada», 50% акрил, 25% альпака, 25% полиамид, 100 г – 392 м; «Jenny», 78% мохер, 22% нейлон, 50 г – 450 м.

Иногда название используемого синтетического вида сырья не конкретизируется. Пример: пряжа «Детский каприз», состав: 50% мериносовая шерсть, 50% «микрофибра», 50 г – 225 м.

Данная категория пряжи еще более разнообразна, чем предыдущая. Так же, как в п. 3.1, возможен выпуск ниток очень разных линейных

плотностей. Но при этом можно отметить, что среди полушерстяных пряж встречаются «объемки», т.е. нитки пониженной средней плотности. Например, у пряжи «Аэлита» линейная плотность в 2 раза выше, чем у пряжи «Лидия» (состав обеих пряж: 50% шерсти, 50% полиакрилонитрильного волокна). Но при этом визуально нитка «Аэлита» заметно толще, чем две нитки «Лидия», скрученные вместе. Более того, встречаются нитки линейной плотности до 1000 текс. Такова, к примеру, пряжа «Северная» (состав: 40% акрил, 30% ангора, 30% полутонкая шерсть, 50 г – 50 м).

Кроме того, нитки данной категории более разнообразны по цветовому оформлению. Среди них встречаются как гладкокрашенные («Аэлита», «Лидия» и др.), так и нитки секционного крашения («Nelly», 70% шерсть, 30% акрил), и суровые («Монгольский верблюд», 50% верблюжья шерсть, 50% акрил, 100 г – 300 м), и нитки с меланжевым эффектом («Альпака», состав: 65% альпака, 20% вискоза, 15% акрил, 50 г – 150 м).

3.3. Нитки из синтетических волокон, характеристики которых даются в соответствии с [1]. Все они имеют низкую гигроскопичность, а у ниток из полипропилена она нулевая. В торговле имеются нитки из 100% каждого из перечисленных ниже видов сырья, а также нитки из их сочетаний, например Пряжа «Karapuz есо», 90% акрил, 10% капрон, 50 г – 125 м.

3.3.1. Нитки из полиакрилонитрильных волокон внешне похожи на шерстяные нитки. Изделия из них практически не подвержены пиллингу, но легко меняют форму при эксплуатации, что требует тщательного расчета изделия. Пример: пряжа «Школьная», 50 г – 150 м, и др.

3.3.2. Нитки из полиамидных или полиэфирных волокон, наоборот, имеют высокую формоустойчивость. Но в процессе эксплуатации поверхность изделия быстро приобретает специфический внешний вид и теряет сходство с шерстяными изделиями. Важная особенность – стойкость таких ниток к истиранию очень высокая. Пример: нитки «TULIP микрофибра», 100% полиамидное волокно, 50 г – 250 м.

3.3.3. Нитки из полипропилена очень легкие и жесткие, так что логично использовать их для придания жесткости объемной форме изделия или для изготовления изделий с повышенными теплозащитными свойствами. При этом надо учитывать, что высокая жесткость может способствовать механическому раздражению кожи. Пример: нитки «Люкс», 50 г – 150 м.

3.4. Нитки из целлюлозных волокон: хлопкового, льняного, вискозного, «бамбукового» и др. Все эти нитки имеют высокую гигроскопичность [1], как правило, они гладкие и отличаются несколько повышенной средней плотностью.

3.4.1. Нитки из 100% целлюлозных волокон, как правило, снижают формоустойчивость изделия, особенно при низком модуле петли. Но у них

есть достоинство: характер поверхности ниток таков, что на изделиях из них легко получить четкий цветной рисунок или рисунок из отверстий. Органолептически они воспринимаются как менее растяжимые и сжимаемые, чем шерстяные или полушерстяные нитки. В качестве примеров можно назвать нитки «Крапивная» (100% волокна крапивы, 50 г – 25 м) и «Кружевица» (100% хлопка, 20 г – 190 м).

3.4.2. Нитки из целлюлозных волокон с вложением эластомерных нитей (лайкры, спандекса, эластана и др.). Содержание эластомерных нитей, как правило, не превышает 5%. Этого достаточно, чтобы обеспечить повышенную растяжимость и упругость пряжи. Соответственно, изделия из нее воспринимаются как мягкие, но формоустойчивые. Пример: пряжа «Бамбук стрейч», состав: 98% бамбук, 2% лайкра, 50 г – 260 м.

3.5. Нитки из целлюлозных и синтетических волокон. Как правило, в качестве синтетического волокна используется полиэфирное. Такие нитки используются для тех же целей, что нитки п. 3.4, но при этом они отличаются меньшей гигроскопичностью и большей упругостью. Пример: пряжа «Samanta», состав: 75% вискозного и 25% полиэфирного волокна, 50 г – 160 м.

Данная классификация при необходимости может быть углублена, например, за счет деления ниток с фасонными эффектами на ворсовые, петельные и неравномерные нитки, или подразделения шерстяных и полушерстяных ниток в зависимости от высоты ворса, и др. Также она может быть расширена, если производители сочтут целесообразным выпуск ниток, например, из 100% триацетатных комплексных нитей.

Как видно из приведенной классификации, огромное разнообразие имеющихся на рынке ниток связано с необходимостью изготовления из них различных изделий. Соответственно, в настоящее время нерационально формулировать единые требования ко всем ниткам для вязания в домашних условиях.

Таким образом мы можем сделать следующие выводы. В работе построена классификация ниток для вязания, которой можно руководствоваться при выборе ниток в зависимости от назначения, организации и проведении экспертизы ниток и др. Данная классификация имеет достаточный модернизационный потенциал. Разработка единого стандарта на нитки для ручного вязания затруднительна и нецелесообразна. Но на основе предложенной классификации возможна разработка стандартов, каждый из которых будет учитывать конкретное целевое назначение ниток, на которые он будет распространяться.

Список использованных источников:

1. Кирюхин, С.М. Текстильное материаловедение : учебное пособие для вузов / С.М. Кирюхин, Ю.С. Шустов. – М. : КолосС, 2011. – 360 с. – (Учебники и учеб. пособия для высших учебных заведений)

2. Бузов, Б.А. Материаловедение в производстве изделий легкой промышленности (швейное производство): учебник для студентов высших учебных заведений / Б.А. Бузов, Н.Д. Алыменкова. – М. : Академия, 2004 – 448 с.

© Ходжматов Ф.Х., Демократова Е.Б., Чернышева Г.М., 2022

УДК 677.074

ПРЕДПОСЫЛКИ ОЦЕНКИ ОПАСНОСТЕЙ И РИСКОВ ПРИ БУРЕНИИ

Давыдов А.Ф., Шампарова Н.В.

Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Переориентирование трудового процесса на снижение уровня потенциальной опасности для работников, станет законодательной нормой. Риск – ориентированный подход, который заложен в основе единых норм по обеспечению средствами индивидуальной защиты предполагает, что выдача средств индивидуальной защиты будет организована не по профессии, а по результатам специальной оценки условий труда и оценки рисков. В новой редакции ТК РФ, которая вступила в силу 1 марта 2022 года, впервые появился термин «опасность» – источник потенциальной угрозы для сотрудников и имущества организации, главным образом, для людей.

В современных экономических условиях функционирование промышленных предприятий сопряжено с высокой степенью неопределенности и риска. Для потенциально опасных производств, к которым в полной мере можно отнести производства нефтегазовых предприятий, одной из наиболее значимых групп рисков, оказывающих существенное влияние на рабочих и, в конечном счете, на показатели ее экономической эффективности, являются риски травматизма и возникновения профессиональных заболеваний среди персонала предприятия. Ключевым направлением нефтегазового предприятия в рамках реализации политики в области промышленной безопасности, охраны труда и окружающей среды должно быть внедрение открытых инноваций, связанных с снижением травматизма работников; повышением компетентности работников в области безопасности, охраны труда и окружающей среды; обеспечением персонала современными средствами индивидуальной защиты; повышением уровня транспортной безопасности; управление экологической безопасностью.

В связи с этим, использование средств индивидуальной защиты (далее СИЗ) является эффективным способом снижения травматизма в условиях

неустраняемых вредных и (или) опасных производственных факторов. Действенность средств защиты увеличивают знание и понимание персоналом назначения СИЗ и правил их использования, а также системный подход к их применению с учетом выявленных рисков на конкретных рабочих местах [1].

Помимо определения появились и нормы по предупреждению производственных опасностей, акцентированные именно на превентивные действия по устранению угроз, а не ликвидацию последствий.

Отличие оценки опасностей и рисков от оценки профессиональных рисков заключается в том, что оценка профессиональных рисков осуществляется на основании данных:

условия труда (физических, химических, биологических и гигиенических факторов), на основании критериев Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда» [2];

технологические процессы и оборудование, которое используют работники;

существующая профессиональная заболеваемость и производственный травматизм.

На основании этих данных условиям труда присваивается класс (всего их четыре: оптимальные, допустимые, вредные и опасные, в соответствии со ст. 14 Федерального закона от 28 декабря 2013 г. № 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда», рассчитывается индекс профессиональной заболеваемости и ряд других показателей, и оценка риска и категория его доказанности. Класс условий труда есть не что иное, как риск развития у работника профессионального заболевания. Механизм проведения спецоценки (СОУТ) достаточно близок к классическому способу оценки рисков [3].

Общими являются следующие процессы: идентификация опасностей; обоснование, планирование и финансирование мероприятий по улучшению условий труда; информирование работников об условиях труда; накопление статистических данных об условиях труда; включение в трудовой договор характеристики условий труда; коллективная работа (комиссия по СОУТ, оценочная команда при оценивании рисков).

Самое значительное отличие СОУТ от оценки рисков, которое выводит СОУТ из понятия управления риском, это статичность данной процедуры (периодичность проведения СОУТ 1 раз в 5 лет), при оценке рисков обязательно учитываются результаты специальной оценки в соответствии с Федеральным законом от 28.12.2013 № 426-ФЗ (ред. от 19.07.2018) «О специальной оценке условий труда» [3].

В соответствии с Федеральным законом от 27.12.2002 № 184-ФЗ (ред. от 02.07.2021) «О техническом регулировании» (с изм. и доп., вступ. в силу

с 23.12.2021): «Риск – вероятность причинения вреда жизни или здоровью граждан, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений с учетом тяжести этого вреда» [4].

В соответствии с ГОСТ Р 51901.1 «Менеджмент риска. Анализ риска технологических систем»:

1. «Риск – сочетание вероятности события и его последствий. Риски делят на индивидуальный, технический, социальный».

2. «Индивидуальный риск – прогнозируемая частота смертности или заболеваемости применительно к отдельному человеку».

3. «Индивидуальный риск может быть добровольным, если он обусловлен деятельностью человека на добровольной основе, и вынужденным, если человек подвергается риску в составе части».

4. «Технический риск – риск, источниками которого являются промышленное оборудование, сооружения, транспортные системы, потребительская продукция, пестициды, гербициды, фармацевтические препараты».

5. «Социальный риск (общее воздействие на сообщество людей) – риск, источником которого являются вооруженное нападение, война, диверсия, инфекционное заболевание и т.д.».

6. «Анализ риска – систематическое использование информации для определения источников и количественной оценки риска» [5].

В соответствии с ГОСТ Р 12.0.010 «Системы управления охраной труда. Определение опасностей и оценка рисков»: «Риск: Сочетание (произведение) вероятности (или частоты) нанесения ущерба и тяжести этого ущерба» [6].

Согласно Трудовому кодексу Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ (с изменениями на 25 февраля 2022 года) (редакция, действующая с 1 марта 2022 года):

«Профессиональный риск – вероятность причинения вреда здоровью в результате воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов при исполнении работником обязанностей по трудовому договору или в иных случаях, установленных настоящим Кодексом, другими федеральными законами. Порядок оценки уровня профессионального риска устанавливается федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере труда с учетом мнения Российской трехсторонней комиссии по регулированию социально-трудовых отношений» [7].

В соответствии с ТРТС 019 «О безопасности средств индивидуальной защиты»: «При выборе форм подтверждения соответствия средства

индивидуальной защиты классифицируются по степени риска причинения вреда пользователю:

первый класс – средства индивидуальной защиты простой конструкции, применяемые в условиях с минимальными рисками причинения вреда пользователю, которые подлежат декларированию соответствия;

второй класс – средства индивидуальной защиты сложной конструкции, защищающие от гибели или от опасностей, которые могут причинить необратимый вред здоровью пользователя, которые подлежат обязательной сертификации [8].

Основной задачей оценки профессионального риска с позиции современных систем управления охраной труда, основанных на ГОСТ 12.0.230 «ССБТ. Системы управления охраной труда. Общие требования», является идентификация опасностей (факторов риска) производственного травматизма и профессиональной заболеваемости, принятие решений и мер по его устранению либо снижению. При этом, рассматривая риск получения травмы, акцент делается и на степени тяжести производственной травмы. Достижение безопасных условий труда проведением мероприятий не только по идентификации опасностей и оценке рисков, но и управлению рисками. Данный процесс может быть схематично изображен в виде блок-схемы, представленной на рис. 1 [9,10].

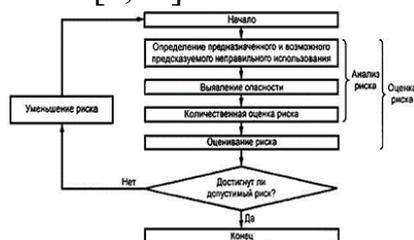


Рисунок 1 – Принципиальная схема оценки и управления рисками

Для выявления взаимосвязей условий труда с производственными процессами Т.В. Грунковой, А.Г. Бердник, М.М. Бердник, предлагается алгоритм комплексной оценки риска воздействия уровней вредных факторов и развития производственно обусловленных отклонений в состоянии здоровья и случаев получения профзаболеваний (рис. 2) [11].

В результате исследований, проводимых сотрудниками Уфимского научно-исследовательского института медицины труда и экологии человека, выявлено, что условия труда работников, занятых эксплуатацией нефтяных скважин и их ремонтом, характеризуется сочетанием воздействия производственного шума, вибрации, вредных химических веществ и неблагоприятных параметров наружного воздуха. Комплекс вредных производственных факторов химической природы представлен преимущественно веществами 2-4 класса опасности (нефть и ее компоненты, а также дигидросульфид, серы диоксид, углерода оксид, азота оксиды). Труд работников при эксплуатации нефтяных месторождений

связан с физическим и психоэмоциональным перенапряжением. Наиболее часто профессиональные заболевания диагностированы у бурильщиков и их помощников (67,1% случаев). С учетом тяжести и частоты установленных профессиональных заболеваний определен индекс профзаболеваний. Суммарный индекс профзаболеваний, учитывающий как вероятностную меру профессионального риска, так и степень тяжести профзаболеваний за 35-летний период в группах бурильщиков и их помощников, составил 2,48, операторов КРС, ПРС – 2,28, машинистов – 1,38. Интегральный уровень профессионального риска ущерба здоровью, по результатам априорной и апостериорной оценки, соответствует высокому уровню в профессиональных группах бурильщиков и их помощников, операторов КРС, ПРС, машинистов и среднему уровню- в группе операторов ДНГ, ППД, ООУ (табл. 1) [12].

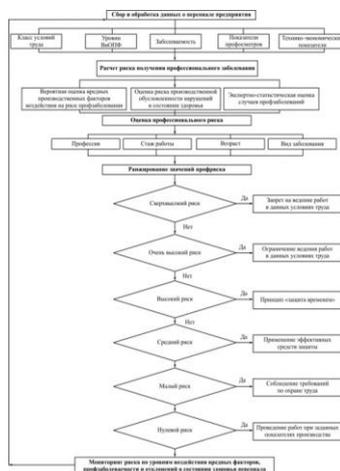


Рисунок 2 – Алгоритм комбинированной оценки риска получения и развития профессиональных заболеваний с ранжированием критериев для системы управления охраной труда при термошахтном способе добычи нефти

Таблица 1 – Интегральная оценка профессионального риска у работников, занятых добычей нефти

Профессиональные группы	Априорный риск		Апостериорный риск		Интегральный уровень профессионального риска
	гигиенические критерии	профессиональная заболеваемость	производственно-обусловленная заболеваемость		
Бурильщики, помощники бурильщиков	3.3-3.4 Выше среднего-высокий	Высокий	Высокий	Высокий	Высокий
Операторы КРС, ПРС	3.3 Выше среднего	Высокий	Высокий	Высокий	Высокий
Машинисты агрегатов по обслуживанию нефтепромыслового оборудования	3.2-3.3 Средний- выше среднего	Средний	Высокий	Высокий	Высокий
Операторы ДНГ, ППД, ООУ	3.1-3.2 Низкий -средний	-	Средний	Средний	Средний

Категорирование риска по классам условий труда, медико-биологическим показателям позволило установить, что профессиональный риск для здоровья работников, занятых добычей нефти, определен

преимущественно как высокий, что требует неотложных мер по его снижению.

По результатам проведенных исследований можно сделать вывод о том, что необходимо проведение комплексной оценки рисков.

Дальнейшая оценка рисков при бурении – это первый шаг к созданию системы их управления.

Процедура оценки рисков при бурении, решает следующие задачи:

1. Выявление всех потенциально опасных ситуаций.
2. Оценка связанных с ними рисков.
3. Определение вероятности их наступления.
4. Оценка потенциальной опасности.
5. Разработка методов снижения рисков.

Идентификация опасностей предполагает, что все операции, которые необходимо выполнить работникам бригад бурения будут выполнены с использованием безопасных и эффективных методов работы. Идентификация фокусируется на рабочем процессе, как способе выявления опасностей, прежде чем они произойдут. Это приведет к сокращению случаев травматизма во время выполнения работы, затрат в случае травматизма работника и увеличению производительности труда.

Процесс выявления опасностей и оценки рисков состоит из этапов:

1. Сбор предварительной информации.
2. Выявление опасностей.
3. Определение действующих мер снижения опасностей и минимизации рисков.
4. Определение тяжести последствий.
5. Определение вероятности возникновения рисков.
6. Оценка рисков.
7. Определение действующих мер по снижению тяжести последствий происшествий.

Средства индивидуальной защиты должны защищать не профессии и не должности, их основная задача – минимизировать риск воздействия вредных и опасных производственных факторов. Риск – ориентированный подход, который заложен в основе единых норм по обеспечению спецодеждой предполагает, что выдача средств индивидуальной защиты будет организована не по профессии, а по результатам специальной оценки условий труда и оценки рисков. Это позволяет увидеть реально существующие опасности на каждом рабочем месте и подобрать эффективные средства защиты.

Исследовательская работа продолжается, на следующем этапе будут выявлены основные опасности и риски при бурении, выбраны методы их оценки и меры по снижению тяжести последствий.

Список использованных источников:

1. <https://www.trudohrana.ru/article/102608-qqe-16-m3-korporativnyu-standart-siz-kak-effektivnyu>
2. Р 2.2.2006-05 "Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда".
3. Федеральный закон "О специальной оценке условий труда" от 28.12.2013 № 426-ФЗ (последняя редакция).
4. Федеральный закон от 27.12.2002 № 184-ФЗ (ред. от 02.07.2021) "О техническом регулировании" (с изм. и доп., вступ. в силу с 23.12.2021).
5. ГОСТ Р 51901.1-2002 «Менеджмент риска. Анализ риска технологических систем».
6. ГОСТ Р 12.0.010-2009 «Системы управления охраной труда. Определение опасностей и оценка рисков».
7. Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 № 197-ФЗ (с изменениями на 25 февраля 2022 года) (редакция, действующая с 1 марта 2022 года).
8. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 019/2011 "О безопасности средств индивидуальной защиты".
9. ГОСТ 12.0.230-2007 «ССБТ. Системы управления охраной труда. Общие требования».
10. Степанов И.С. Методы анализа и оценки рисков в системах управления охраной труда и промышленной безопасности [Текст] / И.С. Степанов // Горный информационно-аналитический бюллетень: науч.-техн. журн. – 2016. – №3; Спец. вып. 11. – С. 3-12.
11. Т.В. Грунковой, А.Г. Бердник, М.М. Бердник. Гигиеническая оценка риска развития профзаболеваний у работников, занятых термошахтной добычей нефти. Вестник ПНИПУ. Геология. Нефтегазовое и горное дело. 2018 Т.18, №1. С.85-100.
12. Г.Г. Гимранова, А.Б.Бакиров, Л.К.Каримова, Н.А.Бейгул, Э.Р. Шайхлисламова. Факторы и показатели профессионального риска при добыче нефти. / Вестник РГМУ, 2014, № 1, с. 72-75.

©Давыдов А.Ф., Шампарова Н.В., 2022

УДК 677.017

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ СПОРТИВНОГО БЕЛЬЯ ПОСЛЕ МНОГОКРАТНЫХ СТИРОК

Шамсутдинова А.М., Буланов Я.И.

Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Важным элементом гардероба девушек и женщин, занимающихся спортом, является спортивное белье, которое может быть выполнено из различных материалов в зависимости от фирмы-производителя с учетом стандартных женских размеров одежды.

В процессе использования изделия подвергаются механическим нагрузкам и многократным стиркам, что значительно ускоряет изнашивание, и приводит к дискомфорту при занятиях спортом.

Для обеспечения комфорта в процессе использования важны также физические свойства материалов для спортивного белья, а также эксплуатационные и эргономические свойства готовых изделий [1-3].

В Евразийском экономическом союзе установлены требования к общей группе корсетных изделий в техническом регламенте ТР ТС 017/2011 «О безопасности продукции легкой промышленности» [4]. Но конкретные требования для оценки качества спортивного белья в нормативно-технической документации не установлены.

Для оценки качества были проведены испытания образцов по определению физико-механических свойств. Данные изделия подвергались воздействию «пота» (раствор по методу 2, ГОСТ 9733.6) [5] в течение 1 часа перед каждой стиркой. Было проведено 50 стирок по режиму, указанному на маркировке. Характеристика образцов приведена в табл. 1.

Таблица 1 – Характеристика образцов

Образец	Условное обозначение	Состав	Поверхностная плотность, г/м ²	Толщина до стирок, мм	Толщина после 25 стирок, мм
БИФЛЕКС FITFLEX 260 INDIGO МАТОВЫЙ	Образец 1	78% ПЭ + 22% эластан Dri Fit	260	0,459	0,551
INTERLOK SUPRIM BLUE DF –	Образец 2	85% ПЭ + 15% эластан Dri Fit	150	0,587	0,611
БИФЛЕКС FITFLEX 260 VASILEK МАТОВЫЙ	Образец 3	78% ПЭ + 22% эластан Dri Fit	260	0,726	0,753
ИНТЕРЛОК DALGIK 250 XB BLACK	Образец 4	92% ПЭ + 8% эластан	250	0,374	0,601
INTERLOK SUPRIM DT	Образец 5	85% ПЭ + 15% эластан Dry Touch	150	0,481	0,533

После стирок толщина образцов увеличилась. Наибольшее увеличение показателя наблюдается у образца 4 с наименьшим содержанием эластана.

Для оценки качества были проведены испытания образцов по следующим показателям: разрывная нагрузка (ГОСТ 8847, п.4), воздухопроницаемость (ГОСТ 12088) [6-7].

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

После многократных стирок прочность полотен снижается. Наибольшее изменение разрывной нагрузки по длине полотна наблюдается у образца 1 с наибольшей поверхностной плотностью и 22% эластана Dri Fit, а по ширине полотна – у образца 4, выработанного с 8% эластана. Разрывное удлинение и растяжимость полотен увеличиваются после многократных стирок. Наибольшее изменение растяжимости по длине полотна наблюдается у образца 3 с наибольшей поверхностной плотностью и 22% эластана Dri Fit, а по ширине – у образца 5, выработанного с поверхностной плотностью 150г/м² и 15% эластана Dry Touch. Наибольшую воздухопроницаемость имеет образец 2 с поверхностной плотностью 150 г/м², а наименьшую – образец 3 с наибольшей поверхностной плотностью и 22% эластана Dri Fit. Поверхностная плотность, процентное содержание эластана и его разновидности, оказывают влияние на изменение физико-механических свойств полотен для спортивного белья после многократных стирок. Для изготовления спортивного белья можно рекомендовать образец 2, так как его показатели не значительно изменяются после многократных стирок. Таким образом, белье из данного материала будет сохранять свои свойства и форму в процессе эксплуатации.

Список использованных источников:

1. Текстильное материаловедение: лабораторный практикум: учебное пособие / Ю.С. Шустов, С.М. Кирюхин, А.Ф. Давыдов [и др.]. – 4-е изд., испр. и доп. – Москва: ИНФРА-М, 2021. – 357 с.

2. Техническая экспертиза продукции текстильной и легкой промышленности: учебное пособие / Давыдов А.Ф., Шустов Ю.С., Курденкова А.В. - Москва: Форум, НИЦ ИНФРА-М, 2014 - 384с.

3. Кирюхин С.М., Шустов Ю.С. Текстильное материаловедение. - М.: КолосС, 2011. – 360 с.

4. ТР ТС 017/2011 «О безопасности продукции легкой промышленности»

5. ГОСТ 9733.6 «Материалы текстильные. Методы испытаний устойчивости окрасок к «поту»

6. ГОСТ 8847 «Полотна трикотажные. Методы определения разрывных характеристик и растяжимости при нагрузках, меньше разрывных»

7. ГОСТ 12088 «Материалы текстильные и изделия из них. Метод определения воздухопроницаемости»

© Шамсутдинова А.М., Буланов Я.И., 2022

УДК 677.014

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА В УГЛЕРОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Акутина Ю.В., Середина М.А.

Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Утилизация полимерных отходов является одной из сложно решаемых экологических и технологических проблем. Использование продуктов переработки полиэтилентерефталата (ПЭТФ) представляет собой актуальную экологическую проблему. Наиболее распространенные способы решения проблем утилизации ПЭТФ – термическая переработка и рециклинг.

Одним из направлений переработки полимерных синтетических отходов является их использование для получения углеродных материалов [1, 2]. Углеволкнистые материалы (УВМ) получают с помощью специально разработанных технологических процессов. Разнообразие типов исходного сырья естественно предполагает различия в технологии их превращения в углеродные волокна (УВ). Процесс карбонизации волокон целесообразно подразделить на две стадии: пиролиз и собственно карбонизацию. Пиролиз – термическая обработка при температурах, достигающих 250-400°C. В этой области температур протекают основные реакции термодеструкции полимеров и получается предматериал, участвующий в образовании углеродного «скелета» волокна. Разработанные УВМ обладают комплексом свойств, характерных как для угольных, так и для волокнистых материалов. Волокна, предназначенные для переработки в углеродные материалы, должны удовлетворять следующим основным требованиям [3, 4]:

- не плавиться в процессе карбонизации;
- давать высокий выход карбонизованного остатка или углеродного волокна;
- перерабатываться в углеродное волокно с высокими физико-механическими показателями.

Поскольку ПЭТФ является термопластичным полимером его следует перевести в неплавкое состояние. Для этого полимер окисляют, в результате образуются межмолекулярные химические связи. Происходит переход от линейной структуры к сшитой и полимер теряет способность плавиться.

В качестве объекта исследования были выбраны отходы производства полиэфирного штапельного волокна. Для изучения термохимических превращений полиэфирного волокна при получении углеродных

материалов проведен термогравиметрический анализ (ТГА) указанного волокна (рис. 1).

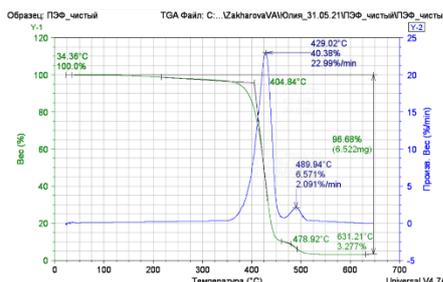


Рисунок 1 – Кривая ТГА полиэфирного волокна

Анализ кривой ТГА полиэфирного волокна показывает, что термическая деструкция ПЭТФ протекает достаточно в узком температурном интервале от 370 до 470С. Максимальная потеря массы волокном происходит при температуре 429°С, со скоростью 23%/мин. При термодеструкции ПЭТФ происходит разрыв молекулярной цепи, после чего идут вторичные реакции, приводящих к выходу низкомолекулярных соединений в виде – ацетальдегида, метана и оксида углерода [5]. Практически полная потеря массы волокном происходит при температуре около 500°С.

В технологии получения УМ используют пиролитические добавки различной химической природы, способствующие повышению выхода углеродного материала в результате усиления процесса карбонизации [6].

В работе использовали борную кислоту (БК), диаммоний фосфат (ДАФ) и полифосфат аммония (ПФА). Выбор указанных соединений основан на том, что они являются замедлителями горения полимерных материалов и эффективными пиролитическими добавками при получении углеродных материалов [7]. При разложении H_3BO_3 образуется защитная плёнка из тугоплавкого оксида бора, которая препятствует доступу кислорода к поверхности полимера. При термолизе ДАФ и ПФА происходит их разложение на аммиак и фосфорную кислоту, которые образуют поверхностный слой из полифосфорных кислот и защищают структуру полимера от окислительных процессов. Процесс термоокисления ПЭТФ в присутствии пиролитических добавок проводили в термошкафу при $t = 200-400^{\circ}C$ в течении 1 часа, данные представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Результаты термообработки ПЭТФ в присутствии пиролитических добавок

Наименование материала	Содержание в материале, %	КО, % При температуре термоокисления, °С				
		200	250	300	350	400
ПЭТФ исходный	-	95,7	91,55	81,16	60,95	24,51
ПЭТФ + H_3BO_3	B = 5,6	89,52	87,8	78,54	53,81	32,85
ПЭТФ + ПФА	N = 14,9 P = 31,6	94,37	91,13	68,89	30,00	26,83
ПЭТФ + $(NH_4)_2HPO_4$	N = 4,76 P = 5,17	55,66	89,71	63,46	32,86	33,17

С увеличением температуры термоокисления, выход карбонизированного остатка исходного ПЭТФ уменьшился с 95,7% до

24,51%. Для всех использованных добавок характерно незначительное снижения выхода карбонизированного остатка в интервале $t = 200-400^{\circ}\text{C}$. Термоокисленные материалы были подвергнуты термообработке при 800°C в муфельной печи в среде летучих продуктов термолиза (табл. 2).

Таблица 2 – Результаты термоокисления и термообработки полиэфирного волокна в присутствии пиролитических добавок.

Наименование материала	КО, %		
	При температуре термоокисления, 350°C	При температуре термообработки, 800°C	Общий выход
ПЭТФ исходный	60,95	-	-
ПЭТФ + H_3BO_3	53,81	15,04	8,10
ПЭТФ + ПФА	30,00	20,63	6,19
ПЭТФ + $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	32,86	27,54	9,05

При термообработке всех исследуемых образцов наблюдается снижение выхода карбонизированного остатка за счет повторной потери массы углеродсодержащими материалами при термоокислении. В связи с этим, происходит низкий выход продукта термолиза, который составляет от 6 до 9%. Предполагается, что любое волокно, дающее высокий выход коксового остатка, можно рассматривать как потенциальный материал для получения углеродного волокна. Однако существуют и другие факторы, играющие важную роль при получении углеродных волокон.

Так, для волокон из полимеров, плавящихся при повышенной температуре, обязательным является предварительное окисление волокна для преобразования его в неплавкое состояние. Только после этого волокно можно подвергать карбонизации [8]. Процесс карбонизации термоокисленных волокон проводили на лабораторной установке при температуре 500°C в атмосфере азота. Результаты процесса представлены в табл. 3.

Таблица 3 – Результаты термоокисления и карбонизации полиэфирного волокна в присутствии пиролитических добавок

Наименование материала	КО, %		
	При температуре термоокисления, 350°C	При температуре карбонизации, 500°C	Общий выход
ПЭТФ + H_3BO_3	52,34	43,75	22,9
ПЭТФ + $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	30,37	60,00	18,22

Как видно из представленных данных, выход КО материала, содержащего диаммоний фосфат превышает выход продукта карбонизации, содержащего борную кислоту, что связано, по-видимому, с процессами структурирования указанных соединений при высоких температурах. При этом, общий более высокий выход карбонизированного материала наблюдается при введении пиролитической добавки в виде борной кислоты и составляет около 23%. Продукт карбонизации представляет собой рыхлый черный порошок. Можно предположить, что указанные пиролитические добавки могут быть использованы при получении углеродных материалов на основе полиэтилентерефталата.

В работе установлено влияние параметров процесса термоокисления исследуемых материалов на выход карбонизированного остатка термолиза

ПЭТФ. Наиболее высокий выход карбонизованного остатка наблюдается при термоокислении полиэфирного волокна, содержащего диаммоний фосфат. Показано, что борная кислота способствует усилению коксообразования в процессе карбонизации термоокисленных материалов по сравнению с другими добавками.

Список использованных источников:

1. High value carbon materials from PET recycling / J.B. Parra, C.O. Ania, A. Arenillas, F. Rubiera, J.J. Pis // Applied Surface Science. – 2004. – V. 238. – P. 304–308.
2. Dalsu, Choi Fabrication of low-cost carbon fibers using economical precursors and advanced processing technologies / Choi Dalsu, Kil Hyun-Sig, Lee Sungho. // Carbon. 2019. V142. P. 610-649.
3. Варшавский В.Я. Углеродные волокна. // М.: В. 2005. – 497 с.
4. Конкин А.А. Углеродные и другие жаростойкие волокнистые материалы.//М.: Химия, 1974. - 376 с.
5. Зубкова Н.С. Полимерные материалы пониженной пожарной опасности. – М.: МГТУ им А. Н. Косыгина, 2004. – 198 с.
6. Ла Мантя Ф. Вторичная переработка пластмасс// СПб.: Профессия, 2007. - 400 с.
7. Кодолов В.И. Замедлители горения полимерных материалов. – М.:Химия, 1980.-274 с.
8. Мелешко А.И., Половников С.П. / Углерод, углеродные волокна, углеродные композиты. // М.: САЙНС-ПРЕСС, 2007. – 192с

© Акутина Ю.В., Середина М.А., 2022

УДК 664.9.03:664.8.037.1:664.8.037.51

**ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ХЛОРИДА КАЛЬЦИЯ
НА СВОЙСТВА ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ
НА ОСНОВЕ АЛЬГИНАТА НАТРИЯ**

Ахмедов М.М., Захарова В.А., Кильдеева Н.Р.

Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Биополимерные пленки и волокна, с заданными на молекулярном уровне характеристиками, востребованы во многих отраслях промышленности. Биосовместимые материалы, на основе природных биоинертных, биodeградируемых полимеров с программируемой биореакционной способностью, являются перспективными для использования в косметологии, медицине, пищевой и сельскохозяйственной промышленности, а также в упаковочной отрасли [1]. В качестве биополимерного сырья используют белки и полисахариды. Альгинат натрия

зарекомендовал себя в качестве наиболее широко используемого полисахарида, за счет ряда уникальных свойств [2]. Изделия на основе природного полисахарида бурых водорослей обладают исключительными химическими, физическими, регенеративными, оптическими характеристиками. Для улучшения ряда свойств изделий на основе натриевой соли альгиновой кислоты, в особенности физико-механических показателей, используют направленную химическую модификацию. Одним из путей модификации является сшивание солями щелочных и щелочно-земельных металлов.

Альгинат натрия – полисахарид бурых морских водорослей, представляющий собой блок-сополимер D-маннуроновой и L-гулууроновой кислот, формула которого представлена на рис. 1. Их соотношение определяет физико-химические свойства полисахарида.

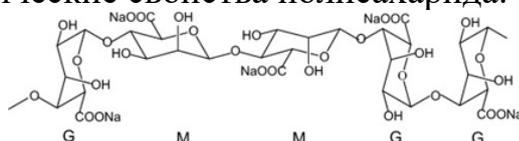


Рисунок 1 – Формула альгината натрия [1]

Альгинат является природным полиэлектролитом, который зарекомендовал себя как биосовместимый, нетоксичный, неиммуногенный и биоразлагаемый полимер. Его можно охарактеризовать как анионный полисахарид, состоящий из блоков маннуроновой кислоты (блок М) и гулууроновой кислоты (блок G), расположенных в неправильном порядке по часовой стрелке с различной пропорцией блоков GG, MG и MM. Маннуроновая кислота образует β (1 → 4) связи, поэтому сегменты блока М имеют линейную и гибкую конформацию; гулууроновая кислота, напротив, образует α (1 → 4) связи, что создает стерические препятствия вокруг карбоксильных групп. По этой причине сегменты блока G обеспечивают складчатые и жесткие структурные конформации, которые отвечают за выраженную жесткость молекулярных цепей. На рис. 1 представлены М и G блоки альгинатов с их представительной последовательностью. Альгинаты являются биосовместимыми неразветвленными бинарными сополимерами, которые используются в качестве биоматрицы для иммобилизации клеток, тканевого инжиниринга, направленной доставки и контролируемого высвобождения лекарств, иммобилизации микроорганизмов, а также широко используются в пищевой промышленности.

Существенным недостатком использования альгината натрия для получения различного вида изделий является его высокая гидрофильность. Натриевая соль альгиновой кислоты известна хорошей растворимостью, как в горячей, так и в холодной воде. Раствор альгината способен образовывать прочные и упругие гидрогели, при сшивании. Альгиновая кислота имеет свободные карбоксильные и гидроксидные группы, распределенные вдоль

макромолекул, которые обеспечивают возможность, как химического, так и физического связывания. Формирование производных альгината путем задействования свободных карбоксильных групп оказывает влияние на свойства конечного изделия, например: растворимость, гигроскопичность, физико-химические и биологические показатели.

В сшитом виде, например при обработке ионами щелочных и щелочно-земельных металлов, растворимость альгината существенно снижается, а полученное изделие способно лишь ограниченно набухать, не теряя при этом способности к биодegradации и биорезорбции. Альгинаты образуют нерастворимые и прочные гидрогели в присутствии двухвалентных катионов, таких как кальций (Ca^{2+}), которые образуют трехмерные структуры с кислотными группами альгинатных цепей, по принципу «egg-blocks» (рис. 2).

Целью работы является обоснование выбора и изучение влияния концентрации CaCl_2 на свойства полученных волокнистых материалов на основе альгината натрия.

Для приготовления водных растворов использовали мелкодисперсный порошковый альгинат натрия (Terra, Россия), соответствующий ТУ 15-544-83. Были приготовлены водные растворы альгината натрия следующих концентраций (%): 1,5, 2,25, 3, 4, 5 и 6. Было исследовано влияние концентрации на pH, электропроводность и вязкость полученных водного раствора альгината натрия (табл. 1).

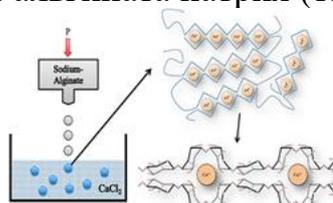


Рисунок 2 – Ионная сшивка альгината натрия ионами двухвалентного кальция, проходящая при взаимодействии растворов [2]

С использованием сшивающих реагентов можно осуществить фазовый переход раствор полимера – гидрогель, который лежит в основе получения различных типов полимерных материалов.

Таблица 1 – Численные значения pH, электропроводности и вязкости для растворов альгината натрия различной концентрации

Концентрация, %	1,5	2,25	3	4	5	6
pH, ед.	6,41	6,47	6,59	6,77	6,88	6,91
Электропроводность, мСм/см*ч	2,34	3	3,4	3,9	5,22	6
Вязкость, мПа/с	260	1990	3360	6890	9900	13860

С ростом концентрации исследуемых водных растворов альгината натрия наблюдали увеличение электропроводности и вязкости. Показатель pH с увеличением доли содержания альгината в растворе стремится к нейтральной среде. Следует отметить, что 3 и 4% концентрация является наиболее манипулятивной для равномерной экструзии растворов.

Формование пленок осуществляли методом полива на чашки Петри водных растворов альгината натрия, до полного испарения растворителя (воды). Для полученных пленочных изделий исследовали процессы набухания и растворения (рис. 3).

Набухание альгината натрия в воде сопровождалось образованием вязкого коллоидного раствора. Полученные результаты подтверждают литературные данные, о том, что в несшитом виде альгинат натрия является гидрофильным материалом и его скорость набухания и растворения уменьшаются при увеличении концентрации полисахарида. Пленочные образцы с долей альгината 1,5 и 2,25% обладают наибольшей скоростью набухания и растворения, т.к. плотность упаковки макромолекул наименьшая.

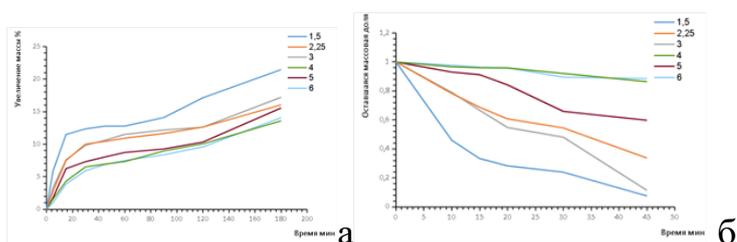


Рисунок 3 – Изучение влияния концентрации альгината натрия на процесс набухания полимерного пленочного материала (а) с последующим изучением его растворения в воде (б).

Для пленочных изделий также было измерено напряжение при разрыве, полученное делением силы в момент разрыва на первоначальную площадь поперечного сечения образца (табл. 2).

Таблица 2 – Показатели напряжения при разрыве для биополимерных пленок, изготовленных из растворов альгината натрия различной концентрации.

Концентрация, %	1,5	2,25	3	4	5
Напряжение при разрыве, мПа	10333	3617	2391	2348	1908

Пленки, полученные из растворов с концентрацией 5% обладают недостаточной прочностью по причине слишком плотной упаковки макромолекул. Образцы, полученные из растворов с концентрациями 3% и 4% обладают схожей прочностью и оптимальной для фильерного формования вязкостью, более низкими показателями набухания и растворения.

В результате проведенных испытаний были установлены оптимальные рабочие концентрации растворов натриевой соли альгиновой кислоты (3% и 4%) для получения полимерных волокнистых и пленочных изделий, с целью их дальнейшей направленной модификации.

Нерастворимые сшитые альгинатные волокна получали методом формования растворов полисахарида в осадительную ванну, содержащую раствор ионного сшивающего агента хлорида кальция, различной молярной концентрации (М) (0,05; 0,1; 0,25). Сшитые волокна исследовали методом

физико-механического анализа (рис. 4), на разрывной машине, были установлены следующие параметры: удлинение и напряжение при разрыве.

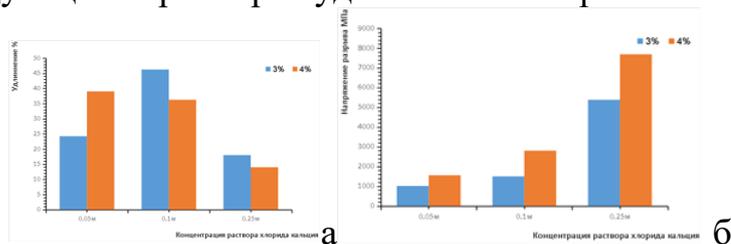


Рисунок 4 – Зависимость максимального удлинения (а) и напряжения при разрыве (б) для волокнистых изделий на основе сшитого ионами кальция альгината натрия, от молярной концентрации хлорида кальция в осадительной ванне.

На основании физико-механических исследований сшитых волокон при формовании из растворов альгината натрия с концентрациями 3% и 4% в осадительную ванну с концентрацией хлорида кальция 0,25M волокна обладали наименьшим удлинением и наибольшим напряжением при разрыве. При этом показатели удлинения и напряжение при разрыве волокон из раствора альгината натрия с концентрацией 4% были выше, чем у волокон из раствора с концентрацией 3%. Для дальнейшего изучения свойств был выбран раствор альгината натрия с концентрации 4% и раствор сшивающего агента хлорида кальция концентрацией 0,25M. Нити, приготовленные из раствора альгината с концентрацией 4%, сшитые 0,25M CaCl₂ обладают удлинением ~14% относительно исходной длины и являются на 4% менее упругими, чем приготовленные из 3% растворов. Однако, напряжение при разрыве у сшитых волокон, с концентрацией альгината 4% (7690 мПа) на 2310 мПа больше, чем у приготовленных из раствора с концентрацией 3%.

Изучено влияние коэффициента вытягивания в процессе экструзии (фильерной вытяжки) на физико-механических свойства сшитых 0.25M раствором CaCl₂ волокон (рис. 5).

На основании физико-механического анализа волокон сшитого 4% альгината натрия 0.25M хлоридом кальция были установлены значения фильерной вытяжки, способствующей получению наиболее прочных волокон.

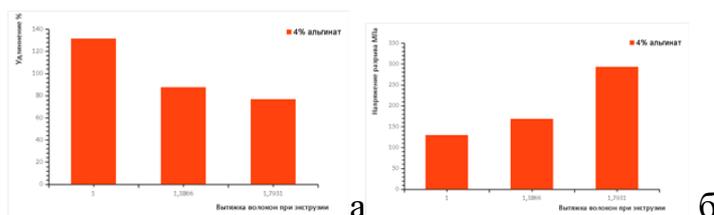


Рисунок 5 – Диаграммы зависимости показателей удлинения (а) и напряжения при разрыве (б) от коэффициента вытягивания (1; 1,3866; 1,7931)

Волокна, сформованные из раствора 4% альгината натрия в осадительную ванну 0,25М хлорида кальция, с коэффициентом вытягивания 1,7931 обладают 76,75% удлинением и значением напряжения при разрыве равным 293 мПа.

Таким образом, в ходе работы, были установлены оптимальные условия для получения хирургических шовных нитей медико-биологического назначения методом формования растворов альгината натрия в осадительную ванну, содержащую раствор ионного сшивающего агента хлорида кальция. Для полученных нерастворимых в воде волокон было изучено влияние ионной сшивки раствора альгината натрия солями хлорида кальция различной молярной концентрации на прочностные показатели. Изучено влияние вариативности коэффициента вытягивания в процессе фильерной вытяжки на физико-механические свойства получаемых нитей. Установлены значения фильерной вытяжки, способствующей получению наиболее прочных и упругих волокон.

Выражаем благодарность генеральному директору ООО «PharmPrint» Гордееву В.В. за предоставленное для исследований оборудование.

Список использованных источников:

1. Yang J. S., Xie Y. J., He W. Research progress on chemical modification of alginate: A review //Carbohydrate polymers. – 2011. – Т. 84. – №. 1. – С. 33-39.

2. Paredes Juárez G. A. et al. Immunological and technical considerations in application of alginate-based microencapsulation systems //Frontiers in bioengineering and biotechnology. – 2014. – Т. 2. – С. 26.

© Ахмедов М.М., Захарова В.А., Кильдеева Н.Р., 2022

УДК 677.027.625.111.1

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНЫХ ВОЛОКОН «НОМЕКС», МОДИФИЦИРОВАННЫХ ФТОРСОДЕРЖАЩИМИ СОЕДИНЕНИЯМИ

Беримец Р.М., Колоколкина Н.В.

Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

В настоящее время охрана жизни и здоровья человека во время выполнения работы, особенно, если процесс происходит под влиянием агрессивных сред, является одной из важных задач. Для проведения таких работ предусмотрена специальная одежда. Особое место занимает одежда из огнестойких и прочностных материалов. Огнестойкая спецодежда

изготавливается из материалов «Номекс». Данное мета-арамидное волокно имеет высокий уровень физико-механических показателей прочности [1].

Мета-арамидное волокно обладает термической стойкостью при температурах свыше 300°C с сохранением высоких показателей механической прочности.

Волокно «Номекс» (Nomex) – особенное волокно, идущее на изготовление термостойкой и огнеупорной защитной специальной одежды. По своим физическим характеристикам мета-арамидное волокно «Номекс» можно сравнить с Найлоном 6.6. Относительно высокий модуль эластичности означает, что он может выдержать экстремальные нагрузки без серьезной постоянной деформации. Отличная стойкость к абразивному износу приводит к очень длительной эксплуатации материала в тяжелых условиях труда.

Термостойкость «Номекса» в широком диапазоне температур позволяет применять этот материал для фильтрации горячих газов в промышленности, особенно в процессах со значительными температурными колебаниями. Волокно не плавится, а начинает обугливаться при температуре, превышающей $+370^{\circ}\text{C}$. Это объясняет его свойства без ущерба выдерживать нагрев до $+240^{\circ}\text{C}$ в относительно сухой и нейтральной среде [2]. Однако у волокна «Номекс» существует недостаток: при намокании снижается прочность изделия из арамидной ткани. В дальнейшем при высыхании прочностные свойства волокна восстанавливаются, но потеря прочности со временем накапливается, что приводит к непригодности изделия к эксплуатации.

Главной целью работы являлась разработка способа модификации волокон специального назначения, позволяющего в наименьшей степени снижать прочность в мокром состоянии.

В работе использовали два вида латексов на основе полифторалкиакрилатов: «Rucostar EEE6» и «Nanoflex F-Bond», фторалкильный радикал которых содержит группы $(-\text{CF}_2)_n$, где $n = 6$. Выбор этих латексов объясняется экологической и экономической целесообразностью по сравнению с латексами, полимеры которых содержат фторалкильный радикал $n=8$. Данные латексы применяются для придания тканям специального назначения повышенного уровня антиадгезионных свойств.

С целью улучшения эффективности использования латексной композиции для антиадгезионной обработки тканей на основе волокна «Номекс» также использовали ультразвуковую обработку.

В работе исследовали прочностные характеристики модифицированного арамидного волокна в сухом и мокром состояниях как после обработки латексами, так и после воздействия на них ультразвука.

Результаты исследования прочности арамидного волокна «Номекс», модифицированного латексами «Rucostar EEE6» и «Nanoflex F-Bond» представлены в табл. 1-3.

Таблица 1 – Прочность волокна «Номекс», обработанного латексными композициями «Rucostar EEE6» и «Nanoflex F-Bond»

Показатель прочности	Волокно без обработки	После обработки 1% латексной композицией	
		Rucostar EEE6	Nanoflex F-Bond
P, сН/текс	30,2	30,0	28,8
	в мокром состоянии:		
P, сН/текс	23,2	26,5	27,0
	после сушки:		
P, сН/текс	29,6	28,7	29,7

Таблица 2 – Прочность волокна «Номекс», обработанного латексными композициями «Rucostar EEE6» и «Nanoflex F-Bond» с воздействием ультразвука на латексную композицию

Показатель прочности	Волокно без обработки	После обработки 1% латексной композицией	
		Rucostar EEE6	Nanoflex F-Bond
P, сН/текс	30,2	29,1	29,9
	в мокром состоянии:		
P, сН/текс	23,2	27,5	25,7
	после сушки:		
P, сН/текс	29,6	28,6	27,6

Как показывают данные табл. 1 и 2 исходное волокно «Номекс» в мокром состоянии (обработка водой) теряет около 23% прочности от первоначального состояния. Обработка волокна латексом «Rucostar EEE6» позволяет снизить потерю прочности в мокром состоянии, которая составила 5%. После сушки волокна не наблюдается больших потерь прочности. Однако полностью первоначальная прочность волокна не восстанавливается. Обработка волокна латексом «Nanoflex F-Bond» позволяет также снизить потерю прочности в мокром состоянии, но с меньшей эффективностью. Потеря прочности волокна в этом случае составила 14%. После сушки волокна наблюдаются более значительные потери прочности по сравнению с использованием для обработки латекса «Rucostar EEE6».

Таблица 3 – Прочность волокна «Номекс» в латексах «Rucostar EEE6» и «Nanoflex F-Bond» с одновременным воздействием ультразвука на латексную композицию и волокно

Показатель прочности	Волокно без обработки	После обработки 1% латексной композицией	
		Rucostar EEE6	Nanoflex F-Bond
P, сН/текс	30,2	29,6	29,8
	в мокром состоянии:		
P, сН/текс	23,2	23,7	22,5
	после сушки:		
P, сН/текс	29,6	28,6	28,8

Как видно из данных табл. 3, при одновременной обработке волокна «Номекс» латексами и ультразвуком в мокром состоянии происходит значительное снижение прочности волокна: приблизительно на 19%, что значительно выше случая, когда волокно ультразвуковому воздействию не подвергается.

Таким образом, основываясь на результатах исследований, показано, что обработка мета-арамидного волокна латексами, подвергнутыми ультразвуковому воздействию, способствует повышению прочности волокна в мокром состоянии. Однако метод обработки волокна антиадгезионным латексом одновременно с ультразвуком является нецелесообразным.

Разработка направлена на повышение сроков эксплуатации материалов специального назначения, например, спецодежды для специализированных отраслей промышленности.

Список использованных источников:

1. Хисамиева Л.Г., Шведчикова А.А., Абуталипова Л.Н. Сравнительный анализ подбора негорючего полимерного материала с низкой теплопроводностью и свойствами самозатухания для комбенизонов картенгистов и автогонщиков// Технологии материалов. – 2011. - №4.- С. 22-31

2. С.М. Моштари, М.А. Заньянчи, О. Багхи. Особенности горения хлопчато – бумажной ткани, пропитанной гидрооксикарбонатом цинка в качестве замедлителя пламени // Физика горения и взрыва. – 2005.- № 4.- С. 73-76

© Беримец Р.М., Колоколкина Н.В., 2022

УДК 54.056:544-971

НОВЫЕ ТОНИРУЮЩИЕ СОСТАВЫ ДЛЯ ВОЛОС НА ОСНОВЕ ЭКСТРАКТОВ ХНЫ

Бокарева Н.А., Борисова К.Е., Ручкина А.Г.

Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Хной принято называть кустарник (*Lawsonia inermis* L.), листья которого содержат красящее вещество лавсон (*lawson*) или порошок из высушенных листьев этого растения. Порошок издавна применяют в странах Средней Азии, Ближнего и Дальнего Востока, Северной Африки для окрашивания волос, кожи, ногтей, тканей (шелк и шерсть) [1, 2]. В настоящее время хна получила широкое распространение во всем мире. Интерес к использованию хны стабильно высок, что связано с безопасностью ее применения, а также возможностью получения на основе хны современных красящих составов для волос различной формы и состава. Так, в 2018 г. компания L'Oreal выпустила линейку средств Botanea для окрашивания волос с 100% растительными компонентами – хной, кассией и индиго. Выпуск красок для волос, основанных исключительно на растительных компонентах, стал ответом компании на растущий спрос в

такого рода продукции от потребителей. Сами краски для волос представляют собой порошкообразную субстанцию и активируются обычной горячей водой. В комплект Botanea входят три травяные пудры – Pure Henna, Pure Indigo и Pure Cassia – натуральные ингредиенты из индийских растений, которые в комбинации между собой способны создавать самые разнообразные варианты окрашивания: от блонда до глубокого темного с сине-фиолетовыми переливами. Российская компания ФИТОкосметик производит натуральные крем-краски, бальзамы, гели и эмульсии на основе хны. Для приготовления перечисленных композиций применяют экстракты хны.

Предварительное получение экстрактов хны и последующее их использование при разработке красящих составов позволяет преодолеть недостатки традиционной технологии, связанные с необходимостью использования горячей воды при приготовлении неудобной в применении красящей массы. На кафедре Органической химии РГУ им. А.Н. Косыгина проводятся эксперименты по поиску удобных в применении красящих форм для тонирования волос с использованием экстрактов хны и пищевого красителя синего цвета индигокармина.

В работе использованы следующие ингредиенты: хна Sanam (Bakht rawan & sons, Пакистан), краситель пищевой водорастворимый индигокармин E132 (Динамик Продактс ЛТД. Индия). Оценку красящей способности и стойкости окрасок проводили на образцах натуральных женских волос темно-каштанового цвета, не подвергавшиеся ранее окрашиванию. Для обесцвечивания волос применяли осветляющую пудру «Magnet blondes. Ultimate powder 9» производитель Revlon professional, крем-оксидант 9% «Concept profy touch crème oxidant» производитель Concept.

Для приготовления красящих композиций использован высушенный экстракт хны, приготовленный при соотношении сырье: экстрагент 1:5, индигокармин, диоксид кремния (INCI: Hydrated Silica), этоксилированное касторовое масло в качестве поверхностно-активного вещества (INCI: Castor Oil Ethoxylated). Красящие составы при различном соотношении экстракт хны: индигокармин были приготовлены для получения выкрасок цветового ряда от характерного для хны красно-оранжевого цвета до каштанового (табл. 1).

Таблица 1 – Состав порошковых композиций

Ингредиент	% ввода			
	1	2	3	4
Сухой экстракт хны	90	59,6	44,6	29,6
Индигокармин	-	30	45,0	60
Hydrated Silica	10	10	10	10
Castor Oil Ethoxylated	0,4	0,4	0,4	0,4

Перед применением порошковые композиции 1-4 следует смешать с водой в соотношении 1:2,5, при этом получают гелевый однородный

красящий продукт, легко распределяющийся на волосах. Выдержка гелевой краски на волосах составила 1 час. После этого краску с волос смывали большим количеством воды, мыли образец с шампунем, затем обрабатывали бальзамом для волос и сушили на воздухе.

Цветовые характеристики окрашенных образцов оценивали с помощью спектрофотометра Datascolor mod.3880 (Швейцария) с программным обеспечением «Павлин» для решения задач текстильной колористики.

Составами 1-4 были окрашены образцы обесцвеченных натуральных волос. Показано, что выкраски сохраняют цвет после пяти обработок (промыть шампунем и последующая обработка бальзамом-ополаскивателем), что может соответствовать сохранению окраски в течение примерно 1 месяца после тонирования (рис. 1). Безразмерная величина цветового различия ΔE для образцов, окрашенных составом 1 и 2 (с низким содержанием индигокармина) не превышает 2 после двух процедур, что соответствует практически исходному цвету окраски. Составы 3 и 4 (с высоким содержанием индигокармина) заметно сильнее теряют исходный цвет в зависимости от количества проведенных процедур, что подтверждает известные данные о нестойкости окрасок, полученных с помощью этого натурального красителя [3].

Были проведены испытания сохранности красящих составов в условиях воздействия возможных повышенных и пониженных температур хранения. Для этого композиции разделили на 3 группы: первую – выдержали при комнатной температуре в течение 7 дней, вторую – в течение 7 дней при температуре $+42^{\circ}\text{C}$, третью – в течение 7 дней при -18°C . После этого всеми составами были окрашены образцы волос, влияние воздействия различных температур оценивали с помощью цветовых различий. Следует отметить, что составы, выдержанные при температуре $+42^{\circ}\text{C}$ окрашивали волосы несколько ярче, чем составы, выдержанные при -18°C . Однако, цветовые различия в обоих случаях не превышали 2, значения характеризующего сохранение исходной красящей способности. Наблюдались некоторые изменения в поведении красящего порошка при разведении его водой: составы с высоким содержанием индигокармина отличались более жидкой консистенцией, что может быть не очень удобно в применении.

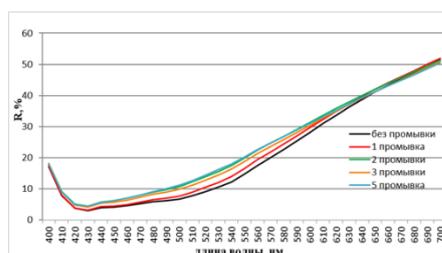


Рисунок 1 – Изменение спектров отражения образцов, окрашенных составом 1 при испытании на устойчивость к процедурам промывки

В результате проведенных исследований показана перспективность разработки цветовой линейки порошковых тонирующих составов для волос на основе экстрактов хны и индигокармина, сохраняющих окраску в течение 1 месяца.

Список использованных источников:

1. Packianathan N., Karumbayaram S. Formulation and Evaluation of Herbal Hair Dye: An Ecofriendly Process // Pharmaceutical Sciences and Research. - 2010. - № 2 (10). – P. 648-656.

2. Bhuiyan M.A. R., Islam A., Ali A., Islam M.N. Color and chemical constitution of natural dye henna (*Lawsonia inermis* L) and its application in the coloration of textiles // Cleaner Production. - 2017. - № 167. - P. 14-22.

3. Shahi Z., Khajeh Mehrizi M., Hadizadeh M. A Review of the Natural Resources Used to Hair Color and Hair Care Products // Pharmaceutical Sciences and Re-search. - 2017. V.9. № 7. - P. 1026-1030.

© Бокарева Н.А., Борисова К.Е., Ручкина А.Г., 2022

УДК 581.192: 677.042.24

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПОНЕНТОВ
РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ
В СОСТАВЕ КОСМЕТИЧЕСКИХ МОЮЩИХ
И ОЧИЩАЮЩИХ СРЕДСТВ**

Варварычева А.В., Ручкина А.Г.

Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

В последние десятилетия наблюдается резкий рост внимания к натуральным компонентам в качестве основных функциональных ингредиентов в составе косметических гигиенических средств. Процесс очищения является важным элементом современного системного ухода за кожей лица и тела, волос, полостью рта. Исторически сложилось так, что первым гигиеническим очищающим средством стало мыло, затем в результате развития технологий, повышения спроса и расширения возможностей производства, появились очищающие средства более сложного состава с использованием синтетических поверхностно-активных веществ (ПАВ), при этом предполагалось, что они более мягко воздействуют на кожу. На сегодняшний день рынок форм косметических моющих средств очень разнообразен по назначению, составам и свойствам. Моющие и очищающие средства могут быть представлены растворами, гелями, эмульсиями, безводными формами.

Клиническими испытаниями подтверждено, что ежедневное использование смягчающих/увлажняющих средств, а также правильное

очищение и питание кожи, позволяет предупредить развития кожных заболеваний или уменьшить проявления уже имеющиеся, таких как, например, атопический дерматит или патологическая сухость кожи [1].

Одной из основных причин правильного и бережного очищения кожи является поддержание в здоровом состоянии ее барьерной функции – защиты организма от вредных воздействий, будь то ультрафиолетовое излучение, токсичные химические вещества или длительное/повторяющееся воздействие воды.

Верхний слой эпидермиса находится под постоянным воздействием абиотических и биотических факторов. Прослеживается причинно-следственная связь между загрязнением воздуха различными экзогенными факторами, в том числе УФ-излучения, и внешними факторами старения кожи. Это связано с основным механизмом образование активных форм кислорода (АФК) и последующим окислительным стрессом, который может запускать цепь клеточных реакций.

В составе очищающих средств многие годы традиционно главным компонентом являются ПАВ синтетического происхождения, но в настоящее время реальную альтернативу им стали составлять растительные препараты или составы на их основе [2].

Вещества природного происхождения с выраженными пенообразующими характеристиками представляют собой, как правило, высокомолекулярные гликозиды – сапонины. Они встречаются во многих растениях, но получили свое название от растения мыльнянка (*Saponaria* от латинского *sapo* – мыло), корень которой исторически использовали в качестве моющего ингредиента.

Сапонины – это вещества с высоким пенообразованием, поэтому они отлично проявляют поверхностно-активные свойства. Сапонины превосходны при использовании в рецептурах мыла, шампуней, кремов, лосьонов, средств для бритья, средств для очищения тела и т.д.

Сапонины, как природные эмульгаторы, могут образовывать мицеллы в водном растворе, способны снижать поверхностное натяжение воды [3]. Функциональная активность обусловлена дифильным характером строения молекулы. Из-за возникновения межмолекулярных водородных взаимодействий моносахаридных остатков на границе раздела фаз могут образовываться прочные двухслойные адсорбционные слои, они обеспечивают высокую устойчивость пен и эмульсий.

Таким образом, сапонинсодержащее сырье нашло практическое применение, благодаря способности к пенообразованию не только в практической косметологии и медицине, но и в пищевой и фармацевтической промышленности.

Цель настоящей работы – получение и испытание линейки косметических очищающих композиций, на безводной основе, содержащих

в своем составе сапониноактивное сырье, которое частично или полностью может заменить синтетические поверхностно-активные вещества для улучшения потребительского имиджа конечного продукта.

Для изучения моющих составов была разработана методика испытаний потребительских свойств косметических изделий для лица, она была предназначена для определения соответствия действия и заявленного эффекта воздействия на кожу.

Исследование проводили с участием 10 добровольцев женского пола. На анализируемые участки поверхности кожи наносили некоторые виды декоративной косметики, которые затем удаляли с помощью приготовленных составов.

Рецептуры очищающих составов были изготовлены на основе введения в них сапонинсодержащих ингредиентов: Extract Soapnut powder (INCI: Sapindus trifoliatus fruit extract, поставщик: Sabinsa Corporation 20 Lake Drive, East Windsor, NJ 08520, U.S.A.), Soapsuds extract power (INCI: Sapindus mukurossi peel extract, поставщик: Maruzen pharmaceuticals co., ltd.), Sapnov-Vegan (INCI: Quillaja saponaria wood extract, Sodium benzoate, Phosphoric acid, поставщик: Chile Botanic S.p.A.Panamericana sur Kilometro 297, Linares, Chile).

Таблица 1 – Рецептуры очищающих составов, не содержащие дополнительных ПАВ

Ингредиенты	№ рецептуры						
	1	2	3	4	5	6	7
Сода пищевая	52.00	52.00	52.00	47.00	47.00	47.00	42.00
Лимонная кислота	27.50	27.50	27.50	27.50	27.50	27.50	27.50
Крахмал	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
Extract Soapnut powder	5,00	-	-	5,00	-	5,00	5,00
Soapsuds extract power	-	5,0	-	5,00	5,00	-	5,00
Sapnov-Vegan	-	-	5,0	-	5,00	5,00	5,00
Отдушка	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
pH	5,59	6,23	5,32	5,84	5,78	5,80	6,83
Пенное число, мм	111	127	99	157	134	142	162
Устойчивость пены	0,39	0,43	0,36	0,85	0,71	0,76	0,91

Таблица 2 – Рецептуры очищающих составов с дополнительным введением ПАВ

Ингредиенты	№ рецептуры							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Сода пищевая	29.00	24,00	24,00	47.00	42.00	42.00	42.00	37.00
Лимонная кислота	27.50	27,50	27,50	27.50	27.50	27.50	27.50	27.50
Крахмал	15.00	15,00	15,00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
Hostapon ТРНС	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
Suga Nate 160 Dry	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Hostapon 85 С	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Extract Soapnut powder	-	5,0	-	-	-	5,00	5,00	5,00
Soapsuds extract power	-	-	5,0	-	5,00	-	5,00	5,00
Sapnov-Vegan	-	-	-	0,5	5,00	5,00	-	5,00
Отдушка	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
pH	6,68	6,82	5,15	5,87	5,78	5,86	5,59	5,59
Пенное число, мм	123	129	135	125	156	161	173	195
Устойчивость пены	0,85	0,57	0,61	0,67	0,98	0,97	0,99	0,99

Результаты исследования показали, что сапонинсодержащие продукты проявляют поверхностно-активные свойства, хорошо удаляют загрязнения с поверхности кожи, улучшают устойчивость пены, и в комбинации с другими растительными ПАВ улучшают уровень пены и свойства конечного продукта (рис. 1).



Рисунок 1 – Фотографии загрязненных участков кожи до (а) и после (б) применения очищающего средства

Список использованных источников:

1. Juliano C., Magrini G. A. Cosmetic functional ingredients from botanical sources for anti-pollution skincare products //Cosmetics. – 2018. – Т. 5. – №. 1. – С. 19.

2. Moghimipour E., Jsemnezhad M., Mohammad Soleymani S., Salimi A. Preparation and evaluation of a free surfactant herbal shampoo with *Acanthophyllum Squarrosum* Saponins/ J Cosmet Dermatol . 2021 ; 20 : 181 - 187 .

3. Nadaf S. et al. Microbial Biosurfactants as Cleaning and Washing Agents//Microbial Biosurfactants. – Springer, Singapore, 2021. – С. 293-314.

4. Patel I., Talathi A. Use of traditional Indian herbs for the formulation of shampoo and their comparative analysis/ International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences, Vol. 8, no. 3, Mar. 2016, pp. 28-32

© Варварычева А.В., Ручкина А.Г., 2022

УДК 544.4616+666.198

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕРМИЧЕСКОЙ ДЕСТРУКЦИИ ЛЬНЯНОГО ВОЛОКНА ПРИ ПОЛУЧЕНИИ УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Гольцова С.В., Середина М.А.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Поскольку мир продолжает развиваться, и почти все среды обитания человека стремятся к урбанизации, есть все тенденции к увеличению потребности в пористых углеродных материалах (ПУМ). Мировая потребность в ПУМ на данный момент составляет более 1 млн. тонн в год и продолжает расти [1].

Анализ производства активных углей (АУ) в Российской Федерации (РФ) показывает, что годовая потребность в адсорбентах для очистки воды, почвы, продуктов питания и воздуха увеличилась с 25 тысяч тонн в 2019 году до 30 тысяч тонн в 2020 году [2].

АУ используются во многих сферах как в промышленности, так и в повседневной жизни каждого человека. Обработка питьевой воды, медицинское использование, удаление вкуса и цвета в пищевой промышленности, использование в катализе, фильтрация – наиболее известные области применения АУ [3].

АУ в РФ добываются в основном из древесины, торфа и каменного угля. Для промышленного развития производства адсорбентов из недревесного сырья в России большой интерес представляют отходы переработки льна. Посевы масличных культур льна в России достигают более 700000 гектаров. Это возобновляемый доступный источник целлюлозного сельхозсырья для производства АУ [2].

Использование продуктов переработки льна в производстве углеродных адсорбентов является актуальной задачей, которая полностью исключает полевое сжигание и вывоз на свалку в экологических и экономических целях.

С целью изучения термохимических превращений льняных материалов при получении углеродных материалов необходимо исследовать процесс термолиза льняных волокон.

Для проведения эксперимента было выбрано сантехническое (трепанное) льняное волокно ГОСТ 10330-76. Процесс термолиза проводили в муфельной печи в диапазоне температур 250-400°C со скоростью нагрева 23°C/мин. Температурный диапазон термолиза выбирался с учетом температуры интенсивной деструкции льна. Изучена кинетика процесса термолиза, результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Результаты кинетики термолиза льняного волокна

Наименование материала	Продолжительность, мин	КО при температуре термолиза, %		
		250°C	350°C	400°C
Льняное волокно ГОСТ 10330-76	15	93,2	79,1	42,5
	30	90,1	39,6	19,4
	40	81,4	21,6	9,3

Данные показывают, что при температуре 350°C происходит резкое падение массы льняным волокном. Это объясняется тем, что при температуре 350°C наблюдается максимальная скорость деструкции целлюлозы льна. Дальнейшее увеличение температуры и продолжительности термолиза приводит к ещё более значительному снижению выхода карбонизованного остатка (КО) термолиза.

Для повышения выхода КО термолиза в технологии получения углеродных волокон используется обработка исходного сырья пиролитическими добавками, многие из которых являются замедлителями горения. Известно, что огнезащитное действие большинства добавок связано с катализом реакций дегидратации и ингибированием деполимеризации, а также с участием таких веществ (антипиренов) во

вторичных реакциях, связанных с деструкцией и полимеризацией легковоспламеняющихся летучих и смолистых продуктов [4].

Исходное волокно было обработано борной кислотой, полифосфатом аммония и двузамещенным фосфатом аммония. Выбор основан на том, что эти добавки являются эффективными замедлителями горения для целлюлозных материалов.

Таблица 2 – Результаты обработки льняного волокна пиролитическими добавками

Наименование материала	Наименование добавки	Привес, %	Содержание в материале, %		
			P	N	B
Льняное волокно ГОСТ 10330-76	H ₃ BO ₃ (11,1%)	16,9			3,1
	Полифосфат аммония P (31,6%) N (14,9%)	10,9	3,5	1,6	-
	(NH ₄) ₂ HPO ₄ P (17,2%) N (26,9%)	5,8	0,9	1,7	-

Исследован процесс термолиза обработанных льняных материалов в тех же условиях, что и исходных материалов. Полученные результаты представлены в табл. 3.

Таблица 3 – Результаты кинетики термолиза обработанных волокон

Наименование материала	Продолжительность, мин	КО при температуре термолиза, %		
		250°C	350°C	400°C
Льняное волокно с H ₃ BO ₃	15	90,4	65,1	47,1
	30	86,2	47,7	38,4
	40	86,3	42,4	34,1
Льняное волокно с полифосфатом аммония	15	93,3	61,1	46,1
	30	85,3	48,1	41,1
	40	83,1	42,4	36,9
Льняное волокно с (NH ₄) ₂ HPO ₄	15	94,1	64,8	48,7
	30	89,1	46,1	45,4
	40	82,2	44,3	35,8

Из представленных данных следует, что для всех исследуемых образцов наблюдается заметное увеличение выхода КО, так как пиролитические добавки способствуют усилению процесса карбонизации и увеличению выхода КО.

Пиролитические добавки кислотного типа существенно интенсифицируют процессы деструкции целлюлозы при тепловых воздействиях, что выражается в низкотемпературном сдвиге реакций деструкции, связанных с основной потерей массы, а также реакций, приводящих к формированию ароматических структур [5].

Сравнение результата термолиза льняных волокон, обработанных полифосфатом аммония, двузамещенным фосфатом аммония и борной кислотой показывает высокий выход КО термолиза при температуре (350°C) – максимальной скорости разложения льна и составляет около 60%. Характер термических превращений обоих обработанных материалов практически одинаков. Это свидетельствует о том, что механизм действия обоих фосфоразотосодержащих добавок является аналогичным и заключается в образовании при термолизе аммиака и фосфорной кислоты. Фосфорная кислота в дальнейшем превращается в полифосфорную кислоту,

образуя сшитую структуру, которая защищает волокно от термоокислительной деструкции. В процессе термолиза борсодержащего волокна образуется защитная пленка из тугоплавкого оксида бора на поверхности полученного КО.

Методом термогравиметрического анализа (ТГА) были исследованы исходное льняное волокно и обработанное борной кислотой. Кривые ТГА представлены на рис. 1.

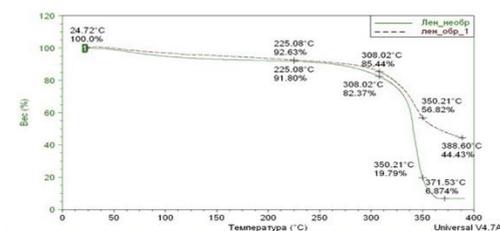


Рисунок 1 – ТГА исходного льняного волокна и обработанного борной кислотой

Как видно из кривых ТГА льняных материалов на начальной стадии процесса термолиза можно заметить, что характер термического разложения обоих волокон идентичен до температуры $\sim 308^{\circ}\text{C}$. С увеличением температуры характер процесса термолиза волокон начинает значительно меняться. Максимальная потеря массы обоих образцов наблюдается при температуре $\sim 350^{\circ}\text{C}$. Так, для исходного образца выход КО при этой температуре составляет около 20%, а для обработанного образца борной кислотой выход КО значительно выше и достигает $\sim 57\%$. Дальнейшее повышение температуры до 400°C приводит к практически полной потере массы исходного образца (при 371°C , КО=6,8%), по сравнению с образцом с борной кислотой (при 388°C , КО=44%).

Основной характеристикой УВ сорбентов так и АУ является их сорбционная способность к раствору йода. Определены сорбционные свойства термоокисленных льноволокна обработанных всеми используемыми добавками.

Результаты эксперимента показывают, что самая высокая сорбционная способность у льняного волокна обработанного борной кислотой и подвергнутое термолизу при 600°C . Значение сорбции составляет 55,8%, что значительно выше по сравнению со значениями сорбции при использовании добавки полифосфата аммония 42,7% и двузамещённого фосфата аммония 44,3%.

Значения сорбционной способности исследуемых образцов находится на уровне сорбции йода для промышленных АУ, при этом выход готового продукта с использованием всех добавок составляет 22-26%, что сопоставимо с выходом УМ на основе гидратцеллюлозных волокон, получаемых путём карбонизации в защитной среде. Модификация льняных материалов пиролитических добавок приводит к появлению в КО термолиза функциональных групп: основного и кислотного характера.

Определение содержания кислотных групп в КО термолиза исследуемых материалов показало, что во всех образцах присутствуют кислотные группы. Это свидетельствует о том, что все полученные материалы способны к реакциям ионного обмена и могут использоваться для извлечения различных катионов из водных растворов.

Таким образом, в работе получены сорбционные материалы путем высокотемпературного термоокисления льняных волокон, исключая стадии карбонизации и активации исходного сырья, что обеспечивает сокращение продолжительности процесса и снижает затраты при получении углеродного материала.

Список использованной литературы:

1. Greiner E., Kalin T., Inoguchi Y. Marketing research report: Activated carbon, chemical economics handbook. SRIconulting – 2010.– P. 5.
2. Пучков Е.М., Галкин А.В., Ущиповский И.В. Технология производства сорбентов из костры масличного льна // Оригинальные статьи: Механизация, Электрификация, Автоматизация. – 2019.– С. 517-525.
3. Özşen, Gamzenur. Production and characterization of activated carbon from pistachio-nut shell. – 2011. – P.190.
4. Михайлин Ю.А. Тепло-, термо- и огнестойкость полимерных материалов. - Спб.: Научные основы и технологии .-2011. -416с
5. Ермоленко И.Н., Люблинер И.П., Гулько Н.В. Элементосодержащие угольные волокнистые материалы. – Мн.: Наука и техника, 1982.-272с.

© Гольцова С.В., Середина М.А., 2022

УДК 577.114.7: 577.181.6

СИНТЕЗ ХИТОЗАН-ПЕКТИНОВЫХ МИКРОЧАСТИЦ С ВКЛЮЧЁННЫМ ЦЕФТРИАКСОНОМ МЕТОДОМ ИОНОТРОПНОГО ГЕЛЕОБРАЗОВАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИОНОВ ЦИНКА

Ерохин Л.М., Красноштанова А.А.

Федеральное государственное бюджетное

образовательное учреждение высшего образования

«Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», Москва

В настоящее время всё большее развитие получают направления персонализированной медицины и адресной доставки лекарственных средств. В частности, это обусловлено возможностью ухода от применения инъекционных форм препаратов и тем, что снижение разовой применяемой дозы лекарственного средства за счёт постепенного его высвобождения из носителя позволяет избежать побочных эффектов при приёме препарата. Например, в этом случае проще добиться попадания в терапевтический

диапазон концентраций, не оказывая при этом негативного воздействия на здоровые клетки и ткани пациента [1]. Ключевая роль в создании новых систем адресной доставки принадлежит химической технологии и биотехнологии.

Одним из перспективных материалов для создания систем адресной доставки лекарств являются природные полисахариды благодаря их биосовместимости и возможности синтеза в водных растворах без применения органических растворителей. Влияние рН среды на проницаемость гелеобразных микрочастиц позволяет обеспечить постепенное высвобождение включаемых веществ в носовой полости. Также возможна целевая доставка лекарственных средств в кишечник, одновременно защищая их от условий среды желудка. Такие системы предлагается использовать, в частности, для разработки неинвазивных лекарственных форм цефтриаксона, которых в настоящее время не существует [2]. Цефтриаксон – антибиотик цефалоспоринового ряда третьего поколения. В сравнении с аналогами первого и второго поколений цефалоспоринов он обладает большей устойчивостью к действию бета-лактамаз и большей активностью в отношении грамотрицательных бактерий [3].

Основным способом получения гелевых микрочастиц из природных полимеров является метод ионотропного гелеобразования. Формирование микрочастиц в этом случае осуществляется за счёт образования прегеля при частичном связывании биополимера ионами металлов с последующей стабилизацией гелевой структуры в виде близких по размеру микрочастиц. Если в рабочем растворе биополимера присутствовало вещество, имеющее сродство к полимерной матрице, оно оказывается внутри образующихся частиц. В качестве сшивающего агента традиционно используются ионы кальция благодаря отсутствию токсичности и ингибирующего эффекта в отношении ферментных систем человека [4].

Одним из природных полимеров, которые могут быть использованы для создания систем доставки лекарств, является пектин, который формирует прегелевую структуру в присутствии катионов двухвалентных металлов, стабилизируемую в виде микрочастиц полимерными цепями хитозана. Пектин образован остатками галактуроновой кислоты, её солями и метиловыми эфирами, хитозан представляет собой гетерополимер, состоящий из частично ацетилированных β -(1-4)-D-глюкозаминовых звеньев [5]. Использование частиц на основе пектина для адресной доставки в толстый кишечник примечательно тем, что помимо рН-зависимого высвобождения в этом случае наблюдается выход лекарственного средства в среду кишечника за счёт деструкции полимерной матрицы носителя под действием ферментов местной микрофлоры [6].

Имеются сведения о перспективах использования в качестве сшивающего агента для пектиновой матрицы ионов цинка [7]. Авторы утверждают, что цинк-пектиновая матрица в сравнении с кальций-пектиновой обеспечивает более медленное высвобождение в модели кишечника действующего вещества, включённого в микрокапсулы. Внимания заслуживают и утверждения о возможности интраназального введения препаратов цефтриаксона [8].

В связи с вышеизложенным представляет интерес изучение процесса синтеза хитозан-пектиновых микрочастиц с включённым цефтриаксоном при использовании ионов цинка в качестве сшивающего агента, а также оценка свойств полученных частиц. В данном исследовании оценивались такие важные характеристики получаемых микрочастиц, как массовый выход, ёмкость по цефтриаксону и кинетика высвобождения антибиотика в модельных средах.

В исследовании использовались цефтриаксона натрия трисесквигидрат производства ООО «Компания «ДЕКО» (все концентрации приведены в пересчёте на цефтриаксон), хитозан с молекулярной массой 200 кДа и степенью деацетилирования более 85% производства Sigma-Aldrich, яблочный пектин с молекулярной массой 12 кДа и степенью метоксилирования 70%, диметилсульфоксид (ДМСО), 99,9% масс., производства PanReac Applichem.

Хитозан-пектиновые микрочастицы получали методом ионотропного гелеобразования, добавляя к 39,2 см³ раствора пектина (0,093% масс., рН 4,3), содержащему известное количество цефтриаксона, по каплям 1,5 мл раствора семиводного сульфата цинка (ч) с помощью перистальтического насоса со скоростью 0,125 см³/мин при постоянном перемешивании со скоростью 1000 об./мин. Затем к полученному раствору, не прекращая перемешивания, добавляли 8,3 см³ раствора хитозана (0,070% масс., рН 4,6) в 1% уксусной кислоте с помощью перистальтического насоса со скоростью 0,425 см³/мин. Затем в течение 30 мин выдерживали полученную суспензию микрочастиц при постоянном перемешивании со скоростью 1000 об./мин. Полученную суспензию стабилизированных микрочастиц подвергали центрифугированию при 15000g в течение 25 минут. Осадок сушили на воздухе до постоянной массы [9].

Надосадочную жидкость анализировали на содержание цефтриаксона методом УФ-спектрофотометрии (при длине волны 275 нм) при добавлении к образцу раствора равного объёма ДМСО [10, с. 57]. Моделирование высвобождения цефтриаксона из микрочастиц *in vitro* осуществлялось в соответствии с международным протоколом [11] с учётом не только изменения значения рН, но и ионной силы, вязкостей растворов и влияния ферментов.

Мутность суспензии микрочастиц определялась спектрофотометрически при длине волны 540 нм. Изменение антимикробной активности цефтриаксона после включения в микрочастицы и высвобождения в модельные растворы определяли с помощью оценки отношения зон просветления в дисковом тесте на чувствительность к антибиотику. Агаризованная питательная среда содержала 20 г/л глюкозы, 10 г/л дрожжевого экстракта, 10 г/л пептона, 2 г/л хлорида натрия, 20 г/л микробиологического агара. В качестве модельного микроорганизма использовался непатогенный штамм *Bacillus Cereus* DPRK-17.

На первой стадии исследования осуществлялся подбор концентрации раствора сульфата цинка для получения микрочастиц без включённого цефтриаксона. В ранее оптимизированной технологии получения хитозан-пектиновых частиц используется раствор с концентрацией хлорида кальция 22 мМ [9]. Поэтому использовался раствор с эквивалентным количеством сульфата цинка. Однако при данной концентрации наблюдалась коагуляция образующегося геля и образование хлопьеобразного осадка. В связи с этим проводилось постепенное уменьшение концентрации рабочего раствора сульфата цинка. Контроль образования осадка проводили с помощью измерения мутности суспензии микрочастиц в процессе отстаивания. При концентрации сульфата цинка в рабочем растворе 11 мМ мутность суспензии микрочастиц оставалась постоянной после 5 часов отстаивания. Во всех дальнейших экспериментах использовалась данная концентрация $ZnSO_4$ в рабочем растворе.

Затем осуществляли оптимизацию концентрации цефтриаксона в растворе по параметрам ёмкости микрочастиц и степени включения антибиотика при условии отсутствия образования осадка. Степень включения определялась как отношение включённого количества цефтриаксона к исходному. Результаты исследований представлены на рис. 1 и 2.

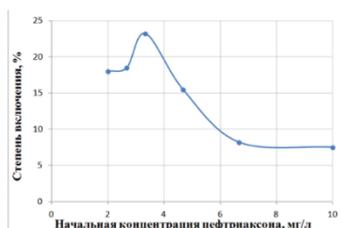


Рисунок 1 – Степень включения цефтриаксона в микрочастицы

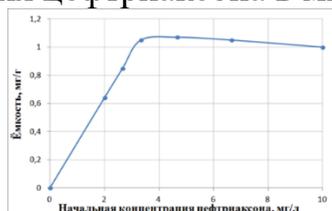


Рисунок 2 – Ёмкость микрочастиц по цефтриаксону

Массовый выход хитозан-пектиновых микрочастиц не зависел от начальной концентрации цефтриаксона и во всех опытах составлял около 90%.

Далее исследовали кинетику высвобождения антибиотика в условиях желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) *in vitro*. В моделируемых условиях ротовой полости (рН 6,8) микрочастицы выдерживались в течение 10 минут, желудка (рН 3,0) – 2 часа, кишечника (рН 7,0) – 2 часа (рис. 3). В качестве модели носовой полости *in vitro* использовался фосфатный буферный раствор (рН 6,5) с добавлением сульфата двухвалентного железа (10 мкМ, ч) и интенсивным аэрированием воздухом путём перемешивания на магнитной мешалке при 1200 об./мин в течение 30 минут (рис. 4).

Затем проводили сравнение зон просветления при диффузии цефтриаксона в агар в дисковом тесте. Сравнивались минимальные диаметры зон просветления для препаратов после высвобождения антибиотика и препарата аналогичной концентрации, приготовленного из стандартного порошка цефтриаксона. Сохранение антимикробной активности цефтриаксона при высвобождении из микрочастиц в условиях ЖКТ составило 78%, в условиях носовой полости – 84%.

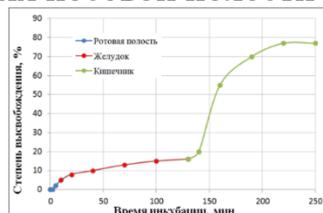


Рисунок 3 – Высвобождение цефтриаксона в модели ЖКТ

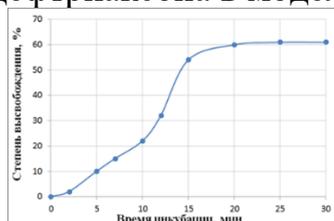


Рисунок 4 – Высвобождение цефтриаксона в модели носовой полости

Таким образом, в исследовании были определены оптимальные концентрации сульфата цинка в рабочем растворе и цефтриаксона для получения хитозан-пектиновых микрочастиц методом иотропного гелеобразования. Они составили 11 мМ для раствора $ZnSO_4$ и 3,33 мг/л для цефтриаксона. Полученный с применением ионов цинка в качестве сшивающего агента препарат данных микрочастиц с включённым цефтриаксоном характеризуется относительно низкой степенью включения антибиотика и ёмкостью по действующему веществу. Это затрудняет крупномасштабное получение такого препарата и ставит под сомнение его применение в качестве перорального средства.

С другой стороны, данный вид микрочастиц характеризуется высоким массовым выходом (около 90%) и хорошими показателями высвобождения

в условиях ЖКТ (62% с учётом потерь в 16% на стадиях ротовой полости и желудка) и носовой полости (60% за 20 минут). Важно отметить и высокий процент сохранения антимикробной активности цефтриаксона после включения в микрочастицы и высвобождения в модельные среды: 78% в условиях ЖКТ и 84% в условиях носовой полости.

Проведённое исследование показывает потенциал совершенствования технологии синтеза данного вида микрочастиц для обеспечения возможности их применения в качестве перорального препарата. Заслуживает внимания и возможное применение полученных микрочастиц в процессах интраназальной доставки цефтриаксона.

Список использованных источников:

1. Гельперина С.Э., Швец С.И. Системы доставки лекарственных веществ на основе полимерных наночастиц // Биотехнология. – 2009. – №. 3. – С. 8-23.
2. Patel N. et al. Development and evaluation of a calcium alginate based oral ceftriaxone sodium formulation // Progress in biomaterials. – 2016. – V. 5. – №. 2. – P. 117-133.
3. Мостовой Ю. М. Цефалоспорины: разочарования и оптимизм // Новости медицины и фармации. – 2011. – №. 19. – С. 18-20.
4. Sarmiento B. et al. Insulin-loaded nanoparticles are prepared by alginate ionotropic pre-gelation followed by chitosan polyelectrolyte complexation // Journal of nanoscience and nanotechnology. – 2007. – V. 7. – №. 8. – P. 2833-2841.
5. Коновалова М. В. и др. Получение, свойства и перспективы применения частиц на основе хитозана и пектина // Известия Уфимского научного центра Российской академии наук. – 2015. – №. 4. – С. 68-70.
6. Sinha V. R., Kumria R. Polysaccharides in colon-specific drug delivery // International journal of pharmaceutics. – 2001. – V. 224. – №. 1-2. – P. 19-38.
7. Dupuis G. et al. Colonic drug delivery: influence of cross-linking agent on pectin beads properties and role of the shell capsule type // Drug development and industrial pharmacy. – 2006. – V. 32. – №. 7. – P. 847-855.
8. Hathout R. M. et al. Comparing cefotaxime and ceftriaxone in combating meningitis through nose-to-brain delivery using bio/chemoinformatics tools // Scientific Reports. – 2020. – V. 10. – №. 1. – P. 1-7.
9. Krasnoshtanova A.A., Bezyeva A.D. Determination of optimal concentrations of pectin and calcium chloride for the synthesis of chitosan-pectin microparticles // Geolinks International Conference. Conference proceedings. – 2021. – Book 1. – P. 91-100.
10. Безъязычная А.А. Разработка методик анализа некоторых цефалоспоринов в традиционных и иммобилизованных формах и биологических объектах: дис. ... канд. фарм. наук – Курск, 2019. – 196 с.

11. Brodkorb A. et al. INFOGEST static in vitro simulation of gastrointestinal food digestion // Nature protocols. – 2019. – V. 14. – №. 4. – P. 991-1014.

© Ерохин Л.М., Красноштанова А.А., 2022

УДК 54.061

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ КОСМЕТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ, СОДЕРЖАЩИХ МИНЕРАЛЬНЫЕ МАСЛА, МЕТОДОМ ЯМР

Ершов А.К., Ручкина А.Г.

Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Минеральное масло – это бесцветная прозрачная маслянистая жидкость без запаха и вкуса, нерастворимая в воде и этаноле, растворимая в бензоле, эфире, петролейном эфире, сероуглероде и летучих маслах. По химическому составу минеральное масло представляет собой смесь углеводородов, преимущественно насыщенного ряда, состава C15 – C50, прошедшую интенсивную обработку серной кислотой и олеумом, или гидрогенизацию, или комбинацию методов. Минеральное масло одобрено FDA для офтальмологии, перорального и местного применения и присутствует во многих фармакопеех.

Минеральные масла принято характеризовать наличием двух фракций: предельные углеводороды минерального масла (Mineral oil saturated Hydrocarbons – MOSH) и ароматические углеводороды минерального масла (Mineral oil aromatic hydrocarbons – MOAH). MOAH являются потенциально мутагенными и канцерогенными [1]. Для анализа минеральных масел используют методы ядерно-магнитного резонанса (ЯМР) и высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ).

Преимуществами метода ЯМР являются простая подготовка образца, а также короткое время измерения (около 25 минут), возможность определить ряд других соединений, не принадлежащих фракциям MOSH / MOAH. Метод позволяет наиболее точно количественно определить содержание ароматических соединений, и, следовательно, результаты метода представляются наиболее подходящими для токсикологической оценки продукта.

Метод ВЭЖХ часто не позволяет определить углеводороды с более высокой молекулярной массой, что приводит к заниженным результатам по фракции MOSH и, соответственно, к завышенному содержанию MOAH, при этом сумма обеих фракций (MOSH + MOAH) редко достигает 100%, в отличие от метода ЯМР [2].

Исследование качества доступных минеральных углеводов для производства косметики важно для получения репрезентативных данных. Косметические и медицинские продукты, содержащие в своём составе минеральное масло и его аналоги, должны быть проанализированы, чтобы получить полное представление о статистически обоснованных ориентировочных значениях МОАН.

На данный момент, в Российской Федерации отсутствуют требования о содержании MOSH / МОАН в косметическом сырье. Согласно ГОСТ 32852-2014, для косметических масел установлены физико-химические показатели по плотности, показателю преломления, водородному показателю, микробиологическому показателю, а также по массовой доле свинца, мышьяка и ртути [3]. Требования по содержанию МОАН не прописаны в стандарте, хотя это является характеристикой фактора риска и может служить основанием для ограничения применения [4].

Несмотря на то, что в настоящее время мировая тенденция в косметической отрасли направлена на использование ингредиентов природного происхождения, существует группа косметических средств, для которых использование минерального масла незаменимо. К ним относятся: антиперспиранты, бальзамы для губ, губные помады, туши для ресниц, кремы для ухода за кожей, в том числе детские и пр. Именно для этих продуктов и следует определять возможное присутствие МОАН.

В настоящей работе предложен метод качественного определения алифатической и ароматической фракций минеральных масел в составе некоторых косметических продуктов и приведены полученные результаты. В качестве объектов исследования были использованы образцы косметических средств: детское масло Johnson's (Johnson's & Johnson's) и косметический вазелин для наружного применения (ОАО «САМАРАМЕДПРОМ», Россия). В качестве образца сравнения использовано индустриальное масло GAZPROMNEFT И-40 (Россия). Для определения потенциально опасных для здоровья человека ароматических углеводов использовали метод ^{13}C ЯМР с использованием ЯМР-спектрометра AVANCE III 600 (Bruker, Германия), с датчиком ВВО, с рабочей частотой ядер ^{13}C 150,91 МГц и программным обеспечением TopSpin версии 3.5. В качестве растворителя использован хлороформ- d_1 (CDCl_3). Спектры были получены с использованием импульсной программы Bruker zg с 20980 сканированиями, 2 предварительными фиктивными сканированиями (DS), и усиление приемника 9 (RG). Пробоподготовка исследуемых образцов проведена по известной методике [5]. В ^{13}C ЯМР-спектре наблюдается сигнал остаточных протонов в виде одиночного синглета (7,26 м.д.).

В спектре детского масла присутствуют сигналы предельной алифатической части, расположенные в сильном поле в диапазоне от 10 до

50 м.д., химических сдвигов, характерных для ароматических соединений не обнаружено.

В спектре косметического вазелина присутствуют сигналы предельной алифатической части, расположенные в сильном поле в диапазоне от 10 до 50 м.д., а также химические сдвиги, характерные для ароматических соединений в диапазоне от 120 до 150 м.д.

В спектре индустриального масла, присутствуют сигналы предельной алифатической части, расположенные в сильном поле в диапазоне от 10 до 50 м.д. и химические сдвиги, характерные для ароматических соединений в диапазоне от 120 до 150 м.д.

При наложении трёх спектров друг на друга (рис. 1) становится очевидно, что химические сдвиги, характерные для ароматических соединений, практически идентичны на спектрах индустриального масла и косметического вазелина. Это может говорить о том, что сырьё, использованное для приготовления данного косметического продукта, было недостаточно очищено от нефтяных фракций, и должно быть подвергнуто дополнительным проверкам.

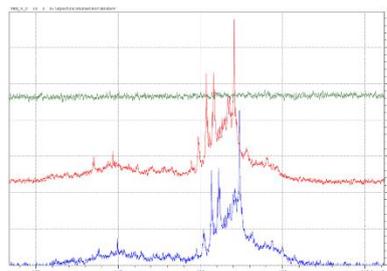


Рисунок 1 – Диапазон от 120 до 150 13С ЯМР спектров исследованных образцов. Зелёным цветом обозначен спектр детского масла, красным – косметического вазелина, синим – индустриального масла.

Таким образом показано, что анализируемые образцы: косметический вазелин и индустриальное масло представляют собой схожую по составу смесь соединений, возможно содержащие канцерогенные и мутагенные ароматические соединения. Спектр детского масла показывает абсолютно чистый фон в конкретном диапазоне, что исключает наличие в данном продукте ароматических углеводородов.

Список использованных источников:

1. В.М. van de Ven et al.: Mineral oils in food; a review of toxicological data and an assessment of the dietary exposure in the Netherlands, 25 (2012)
2. Lommatzsch M, Biedermann M, Grob K, et al.: Analysis of saturated and aromatic hydrocarbons migrating from a polyolefin-based hot-melt adhesive into food. Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess. 2016; 33(3): 473–88.
3. ГОСТ 32852-2014 Масла косметические. Общие технические условия.

4. ТР ТС 009/2011 О безопасности парфюмерно-косметической продукции.

5. S. Weber, K. Schrag, G. Mildau, T. Kuballa, S. G. Walch, and D. W. Lachenmeier, "Analytical methods for the determination of mineral oil saturated hydrocarbons (MOSH) and mineral oil aromatic hydrocarbons (MOAH)-a short review," Analytical Chemistry Insights, vol. 13, Article ID 1177390118777757, 2018.

© Ершов А.К., Ручкина А.Г., 2022

УДК 54.05

**СИНТЕЗ НОВОГО КОНЬЮГАТА МЕЗО-ОКСИМА
ДИФЕНИЛПОРФИРИНА
С 1,2,4,8,9,11-ГЕКСАЗА-5,12-БИС(ПАРА-БРОМФЕНИЛ)-
ТЕТРАДЕКА-7,14-ДИЕН-3,10 ДИОНОМ**

Жестяникова М.В., Шуталев А.Д., Тюрин В.С.,
Замилацков И.А., Чернышев В.В.

Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Тетрапиррольные соединения – порфирины, хлорины, их производные и металлокомплексы привлекают огромное внимание исследователей благодаря своим уникальным фотофизическим и химическим свойствам. Эти соединения участвуют во многих биологически значимых процессах, таких как фотосинтез, транспортировка и хранение кислорода в тканях организмов, обмен веществ. Ароматическая система порфиринов обуславливает их использование в различных областях науки и техники: в качестве сенсоров в биоанализе, активных субстанций препаратов в диагностике и терапии заболеваний, фотосенсибилизаторов для преобразования солнечной энергии [1, 2]. Модификация порфиринового кольца за счёт присоединения других макрогетероциклов, таких как краун- и аза-краун-эфиры, циклические полиамины, среди которых широко известны циклен и циклам, является одним из наиболее перспективных направлений современной химии, и позволяет создавать универсальные, многоцелевые молекулярные устройства и материалы с заранее заданными свойствами, которые могут найти применение во многих областях науки.

В настоящей работе предложен метод синтеза нового конъюгата мезо-оксима дифенилпорфирина с 1,2,4,8,9,11-гексааза-5,12-бис(пара-бромфенил)-тетрадека-7,14-диен-3,10 дионом.

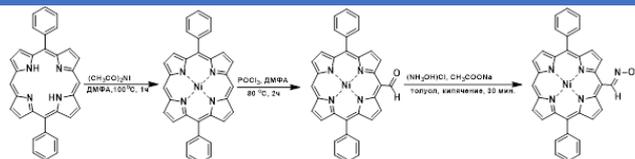


Рисунок 1 – Получение оксима мезоформил-5,15-дифенилпорфирина

На первом этапе была осуществлена функционализация свободного мезо-положения 5,15-дифенилпорфирина путем формилирования по Вильсмейеру-Хааку. Для синтеза Ni(II) 10-формил-5,15-дифенилпорфирина на первом этапе был получен соответствующий «фосфорный комплекс» реакцией реагента Вильсмейера, полученного *in situ* при взаимодействии N,N-диметилформамида и оксахлорида фосфора (V). Ni(II) комплекс формилпорфирина был получен в результате гидролиза насыщенным раствором NaHCO₃ и CH₃COONa, реакцию контролировали по ТСХ (рис. 1). Далее альдегидная функциональная группа была трансформирована в оксимную. Для этого никелевый комплекс 10-формил-5,15-дифенилпорфирин вводили в реакцию с гидрохлоридом гидроксилamina в присутствии ацетата натрия. Синтез протекал в течение 30 минут, в итоге с выходом 40% был получен целевой оксим (рис. 1).

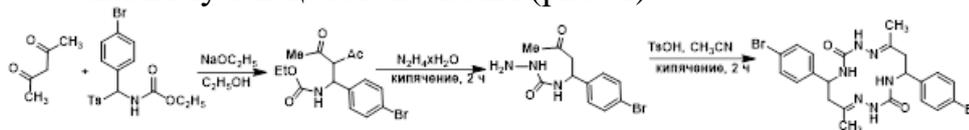


Рисунок 2 – Получение пара-бромфенил-1,2,4,8,9,11-гексаазатетрадека-7,14-диен-3,10-диона

В качестве второго компонента для конъюгации с порфирином были получен 14-членный циклический бис-семикарбазон при помощи кислотно-катализируемой циклизации гидразонов 3-(3-оксобутил)семикарбазидов. Исходные семикарбазиды получали в соответствии с четырехстадийной стратегией, включающей амидоалкилирование енолята натрия ацетилацетона N-((α-тозилбензил)карбаматом с последующей промотированной основанием ретро-реакцией Кляйзена и обработкой полученного N-(3-оксобутил)карбамата с гидразином (рис. 2)

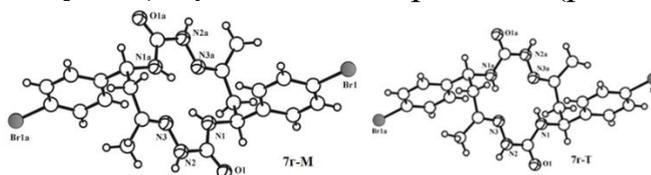


Рисунок 3 – Кристаллические структуры макроцикла по данным РФА

Был проведен порошковый рентгеноструктурный анализ полученного макроцикла. Было установлено, что все атомы азота семикарбазидного и гидразонового фрагментов находятся в одной плоскости поскольку выход за плоскость является минимальным, а оба фенильных кольца находятся в перипланарном расположении. Следует отметить, что пара-бромфенил-1,2,4,8,9,11-гексаазатетрадека-7,14-диен-3,10-дион в твердом состоянии

существует в виде двух полиморфных модификаций кристаллизующиеся в моноклинной и триклинной сингониях соответственно. В результате проведения рентгеновских синхротонных исследований две полиморфные фазы были отделены друг от друга и однозначно установлено их строение (рис. 3).

Целевой конъюгат был получен реакцией нуклеофильного замещения оксим замещенного порфирина с макроциклом, содержащим бром в параположении арильной группы (рис. 4).

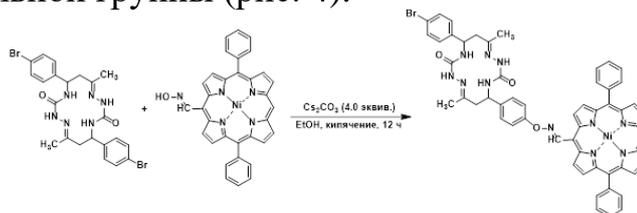


Рисунок 4 – Получение конъюгата дифенилпорфирина с 1,2,4,8,9,11-гексаазатетрадека-7,14-диен-3,10-дионом

Строение полученного конъюгата было доказано ¹H ЯМР спектроскопией: в протонном спектре полученного соединения присутствовали спектры, характерные для макроцикла и протоны оксим-замещенного порфирина, однако отсутствовал сигнал протона –ОН группы при 8.18 м.д., доказывающий сшивку макроцикла с порфирином.

Список использованных источников:

1. Belyaev E.S., Shkirdova A.O., Kozhemyakin G.L., Tyurin V.S., Emets V.V., Grinberg V.A., Cheshkov D.A., Ponomarev G.V., Tafeenko V.A., Radchenko A.S., Kostyukov A.A., Egorov A.E., Kuzmin V.A., Zamilatskov I.A. Azines of porphyrinoids. Does azine provide conjugation between chromophores? *Dyes and Pigments*, 2021, 191, 109354.

2. Zhdanov A.V., Li L., Yang P., Shkirdova A.O., Tang S., Yashunsky D.V., Ponomarev G.V., Zamilatskov I.A., Papkovsky D.B. Advanced multi-modal, multi-analyte optochemical sensing platform for cell analysis. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 2022, 131116.

© Жестяникова М.В., Шуталев А.Д.,
Тюрин В.С., Замилацков И.А., Чернышев В.В., 2022

УДК 547.917.04

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФЛУОРЕСЦЕНТНЫХ МЕТОК ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ БЕЛКОВ

Журина М.С., Сажнев Н.А., Кильдеева Н.Р.

Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Аминопполисахарид хитозан является перспективным носителем лекарственных соединений, поскольку он представляет собой биосовместимый природный полимер, способный к биodeградации без выделения токсичных соединений [1]. Благодаря такому набору уникальных свойств материалы на основе хитозана представляют большой интерес для использования в медицине и тканевой инженерии [2]. В частности, из совместных растворов хитозана и белков можно получить пленочные и гидрогелевые лекарственные формы, раневые покрытия, а также системы с контролируемым высвобождением лекарственных соединений. В настоящее время ведется разработка методов, позволяющих определять следовые концентрации белка путем введения в такие системы флуоресцентных меток.

Одной из самых эффективных флуоресцентных меток является изотиоцианат флуоресцеина (FITC). Он широко используется в биологии и медицине в качестве флуоресцентного маркера различных белков [3].

Были получены меченые FITC белки альбумин и фиброин, а также биологически активный препарат противовоспалительных и антибактериальных пептидов и белков, секретируемых мезенхимальными стволовыми клетками. Для идентификации флуоресцентной метки на спектрофлуориметре для растворов лиофильно высушенных белков/белково-пептидного препарата были получены спектры флуоресценции, которые представляют собой зависимость интенсивности флуоресценции от длины волны падающего света. Наличие флуоресценции высокой интенсивности подтверждает факт конъюгирования белка альбумина с FITC и позволяет предположить возможность обнаружения в растворе низких концентраций альбумина (рис. 1). В результате взаимодействия флуоресцеина FITC с биологически-активным белково-пептидным препаратом из мезенхимальных клеток был получен конъюгат, также обладающий способностью к высокоэффективной флуоресценции (рис. 2).

Отсутствие пика при 500 нм у фиброина, содержащего лишь концевые аминокислотные группы, указывает на отсутствие флуоресценции, однако на спектре появляется не идентифицированный максимум интенсивности флуоресцеина FITC при длине волны 495 нм, что указывает на возможность идентификации фиброина (рис. 3).

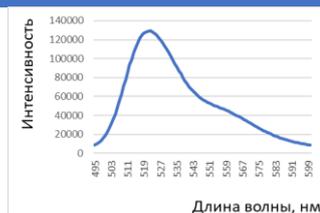


Рисунок 1 – График зависимости интенсивности флуоресценции от длины волны падающего света для продукта взаимодействия альбумина и FITC. Концентрация раствора 0,165 мг/мл.

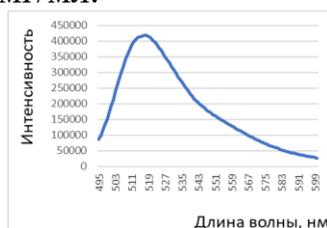


Рисунок 2 – Зависимость интенсивности флуоресценции от длины волны падающего света для меченого белково-пептидного препарата. Концентрация раствора 0,18 мг/мл.

Синтезированные меченые белки использовались для создания пленок на основе хитозана с применением природного сшивающего реагента дженипина (степень сшивки варьировалась). Была изучена кинетика высвобождения меченых белков из полученных пленок.

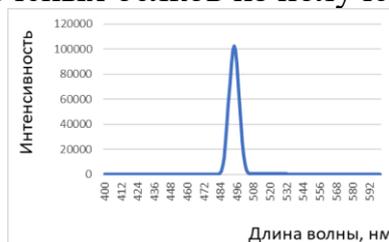


Рисунок 3 – Зависимость интенсивности флуоресценции от длины волны падающего света для меченого фиброина. Концентрация раствора 0,205 мг/мл.

Было установлено влияние сшивки на кинетику высвобождения белка из пленок: не сшитая пленка хитозана растворялась в воде и высвобождала весь включенный альбумин в течение 30 минут. Введение сшивающего реагента привело к пролонгированному высвобождению меченого белка, и при содержании сшивающего реагента 0,04 моль/моль высвобождение белка из пленки продолжалось после суток выдерживания в воде. Сравнение кинетических кривых высвобождения альбумина и белково-пептидного препарата с одинаковой степенью сшивки 0,0025 моль/моль показало более медленное высвобождение белкового препарата по сравнению с альбумином, что может быть связано с большим числом аминокрупп, участвующих в реакции сшивки, в белково-пептидном препарате по сравнению с альбумином.

Список использованных источников:

1. Rodríguez-Vázquez, M., B. Vega-Ruiz, R. Ramos-Zúñiga, D. Saldaña-Koppel and L. Quiñones-Olvera, 2015. Chitosan and Its Potential Use as a Scaffold for Tissue Engineering in Regenerative Medicine. Hindawi Publishing Corporation, 3.
2. Chunmeng, S., Y. Zhu, X. Ran, M. Wang and Y. Su, 2006. Therapeutic Potential of Chitosan and Its Derivatives in Regenerative Medicine. Journal of Surgical Research, 133.
3. Lanz, E., M. Gregor, J. Slavik and A. Kotyk, 2017. Use of FITC as a Fluorescent Probe for Intracellular pH Measurement. Journal of Fluorescence, 4(7).

© Журина М.С., Сажнев Н.А., Кильдеева Н.Р., 2022

УДК 677.027.625.121:677.017.42

**АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ СПОСОБОВ ПРИДАНИЯ
ТЕКСТИЛЬНЫМ МАТЕРИАЛАМ
АНТИАДГЕЗИОННЫХ СВОЙСТВ**

Игнатов А.Л., Редина Л.В.

Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Текстильные материалы с антиадгезионными (гидро-, олеофобными) свойствами широко применяются для изготовления специальной одежды и обуви рабочих, связанных с химической, нефтеперерабатывающей и нефтедобывающей промышленностью и имеющих контакт с нефтью, маслами, кислотами, а также в качестве костюмных, плащевых, мебельно-обивочных тканей, искусственного меха, ковров, ковровых покрытий и других материалов технического и бытового назначения.

Процесс придания антиадгезионных свойств текстильным материалам заключается в обработке их поверхности различными высоко- и низкомолекулярными соединениями определённой химической природы, которые способны понижать поверхностную энергию материала, так чтобы она была меньше поверхностного натяжения смачивающей жидкости. Традиционно считается, что устойчивый гидрофобный эффект достигается при снижении поверхностного натяжения до 40 мДж/м², олеофобные свойства – до 20 мДж/м², а супергидрофобные свойства – при 10 мДж/м² [1].

Явление смачивания поверхности материалов рассматривают на примере капли жидкости, нанесенной на поверхность твердого тела (рис. 1).

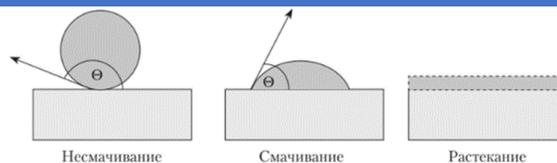


Рисунок 1 – Капля жидкости, нанесенная на поверхность твердого тела

Гидрофобность (или гидрофильность) поверхностей материалов оценивают обычно по значению краевого угла смачивания θ . Краевой угол смачивания представляет собой значение угла между касательной, проведенной к поверхности капли и поверхностью твердого тела в месте их контакта [2]. Общепринято что, гидрофобными считаются материалы и покрытия, угол смачивания которых водой и водными растворами более 90° . Гидрофильные же материалы характеризуются показателем краевого угла смачивания менее 90° [3].

Наиболее эффективными модификаторами поверхности являются, как описано в литературе, фторорганические соединения. Авторами исследований [4, 5] было установлено, что практически максимальный уровень олео- и гидрофобных свойств придают материалу полимерные модификаторы, которые содержат в своем строении длинный неразветвленный радикал. Полимерные составы, содержащие в своем составе длинную, разветвленную углеродную цепь и фторалкильные радикалы, вместе с атомами кислорода, являются менее эффективными гидро- и олеофобизаторами, чем полимеры с неразветвленным радикалом, но при этом соответствуют требуемым, в большинстве случаев, показателям олео- и гидрофобности.

Из новых способов модифицирования на поверхностях описан метод прямого фторирования [6]. Суть метода заключается в гетерогенном взаимодействии молекулярного фтора в газовой фазе, а также газовой смеси, включающей такие газы как N_2 , He, Ar, O_2 и др., с поверхностью полимера. Для этого метода отмечено несколько значительных особенностей. Процесс фторирования идет спонтанно, с приемлемой скоростью возможно его протекание при комнатной температуре, при этом не требуется ни дополнительного термического воздействия, ни инициирования УФ и рентген лучами. Использование метода прямого фторирования способно улучшить эксплуатационные характеристики полимеров, в том числе их гидрофобность и хемостойкость к различным агрессивным средам [6].

Помимо прямого фторирования в литературных данных имеются сведения о другом экологически чистом методе придания антиадгезионных свойств текстильным изделиям. Метод заключается в использовании среды сверхкритического диоксида углерода для нанесения фторсодержащих модификаторов [7]. Сверхкритический CO_2 – представляет собой растворитель, обладающий высокой эффективностью, использующийся для формирования наноразмерных пленок. При таких условиях конечный продукт

приобретает гидрофобные или супергидрофобные свойства ($\Theta > 150^\circ$). Отмечается также небольшая вязкость конечного продукта и малая величина его поверхностного натяжения, что обеспечивает более полное прохождение раствора полимерного состава в поры и дефекты поверхности целевого материала [7-9].

Наибольшее распространение в качестве гидро-, олеофобизаторов в текстильной промышленности получили препараты на основе фторполимеров, содержащих в своем составе длинный фторуглеродный радикал. Такие препараты представлены следующими марками: Dipolit 450, Dipolit 481 («Rotta», Германия), Oleophobol C, Oleophobol SL («Ciba», Швейцария), Chimique Belge SA: Ucelon («Union», Бельгия), MS-148 («Lei», Великобритания), Rhodorsil 10606 («Rhone-Poulenc», Франция), Repellent 34, Repellent EX («Color-Tec», Япония), Кратан ВО, Кратан ВГО, ФОБОРИТ М (Россия). Указанные препараты в основном применяют в форме водных эмульсий (латексов) и обеспечивают изделию увеличенный срок эксплуатации, по сравнению с другими типами покрытий [10].

В настоящее время гидро-, олеофобизаторы на основе фторполимеров считаются экологически небезопасными и дорогостоящими препаратами, поэтому исследования последних лет в области получения текстильных материалов с антиадгезионными свойствами посвящены не только способам оптимизации и удешевления технологии получения как самих препаратов, так и модифицированных текстильных материалов, но также поиску и созданию новых соединений и композиций, применение которых позволило бы избежать негативного влияния на человека и окружающую природу.

Для решения этих проблем было предложено создавать комбинации полимеров, содержащих фтор, с другими гидро-, олеофобизаторами, поверхностно-активными веществами и соединениями, среди которых, в литературных данных, упоминается использование метилолмеламина и его производных, изоцианатов, а также алкилмочевины и других веществ с реакционноспособными функциональными группами (метилольные, хлорангидридные), способными к взаимодействию с функциональными группами химических волокон [11, 12].

Также, на основе анализа литературных данных были выявлены наиболее безопасные альтернативы фторсодержащим антиадгезионным добавкам, широкое распространение из которых получили покрытия на основе кремнийорганических соединений, изготовленных по технологии «fluorine-free». Основой для таких покрытий выступают такие соединения, как наноразмерные оксиды кремния и титана, полидиметилсилоксан, гексадецилтриметоксисилан, полидиметилсилоксан с концевыми гидроксильными группами и полиметилгидросилоксан. Полученные покрытия обладают супергидро-, олеофобными свойствами, а также являются устойчивыми к агрессивным средам, таким как растворы кислот,

щелочей и солей и обладают хорошей химической стабильностью в различных экстремальных условиях. Отсутствие фтора в структуре соединений позволяет избежать образование экологически небезопасных соединений в процессе разложения.

Так, авторы работы [13] разработали композиционное покрытие для тканей из полиэтилентерефталата (ПЭТ), имеющее умеренную шероховатость. Очищенную и обработанную гидроксидом натрия NaOH ПЭТ-ткань погружали в смесь, состоящую из следующих компонентов: этанол, полифосфат аммония, тетраэтоксисилан, полидопамин и полидиметилсилоксан. После сушки, модифицированную ПЭТ-ткань обрабатывали раствором нитрата серебра AgNO_3 . Полученное композиционное покрытие обладает эффектом супергидрофобности, что подтверждается высоким значением краевого угла смачивания – 156° . Кроме этого, наличие частиц серебра Ag на поверхности сообщает композиционному покрытию антибактериальные свойства.

Авторы исследования [14] в качестве гидрофобизирующих агентов использовали комплекс из измельченных на установке сверхтонкого помола наночастиц оксида кремния SiO_2 и оксида титана TiO_2 , которые затем совмещали с гексадецилтриметоксисиланом (ГДТМС). Полученное на стеклянной подложке методом распыления покрытие $\text{A-SiO}_2/\text{N-TiO}_2@$ ГДТМС показало супергидрофобные свойства, т.к. значение краевого угла смачивания составило 157° . Также отмечается, что данное покрытие обладает способностью к самовосстановлению после воздействия УФ-излучения.

В исследовании [15] авторы получили гидрофобное покрытие с помощью золь-гель метода. В качестве исходных материалов использовались полидиметилсилоксан, гексадецилтриметоксисилан, полидиметилсилоксан с концевыми гидроксильными группами и полиметилгидросилоксан. Полученное покрытие обладало супергидрофобными свойствами, которые подтверждаются значением краевого угла смачивания ($\Theta > 150^\circ$), способностью к самоочищению, а также долговечностью.

Таким образом, проведенный обзор и анализ существующих на сегодняшний день методов и препаратов для сообщения текстильным материалам антиадгезионных свойств показал, что существует огромное многообразие материалов и методов гидро- и олеофобизации текстильных материалов. Отдельное внимание исследователей обращено в сторону «fluorine-free»-методов, благодаря которым можно значительно снизить вредное воздействие на окружающую среду.

Список использованных источников:

1. Пугачевич, П.П. Поверхностные явления в полимерах / П.П. Пугачевич, Э.М. Бегляров, И.А. Лавыгин. – М.: Химия, 1982. – 200 с.

2. Питтман, А. Фторполимеры / под ред. И.Л. Кнунянца, В.А. Пономаренко. – М.: Мир, 1975. – 363 с.
3. Николаенко, Г.Р. Обзор существующих гидрофобизирующих материалов, используемых в легкой промышленности / Г.Р. Николаенко, М.Н. Минлебаева // Вестник технологического университета. – 2015. – Т. 18, №2. – С. 165-168.
4. Гальбрайт, Л.С. Модифицированные волокнистые и пленочные материалы / Л.С. Гальбрайт // Хим. Волокна. – 2005. – № 5. – С. 21-26.
5. Слеткина, Л.С. Влияние некоторых коллоидно-химических свойств латексов фторсодержащих сополимеров на кислотоотталкивающие свойства модифицированных текстильных материалов / Л.С. Слеткина // Межвузовский сборник научных трудов. – 1990. – С. 129-132.
6. Kendall, J.L. Nitroxide-mediated precipitation polymerization in supercritical carbon dioxide: Effects of monomer loading and pressure / J.L. Kendall, D.A. Canelas, J.L. Young, J.M. De Simone // Chem. Rev. – 1999. – №99. – P. 543-563.
7. Mertdogan, A.C. Cosolvency effect of SF₆ on the solubility of poly(tetrafluoroethylene-co-19 mol % hexafluoropropylene) in supercritical CO₂ and CHF₃ / A.C. Mertdogan, M.A. McHugh, M.H. Tuminello // J. Appl., Polym. Sci. – 1999. – v. 74. – № 8. – P. 2039-2041.
8. Никитин, Л.Н. Сверхкритический диоксид углерода как активная среда для химических процессов с участием фторполимеров / Л.Н. Никитин, Н.О. Галлямов // Журн. Рос. хим. о-ва им. Менделеева. – 2008. – Т. LII, №3. – С.56-65.
9. Никитин, А.Н. Сверхкритичный диоксид углерода – перспективный растворитель для процессов гидрофобизации текстильной химии / А.Н. Никитин, Т.О. Кумеева, Т.П. Пророкова // Тез. докл. научной конференции «Достижения текстильной химии в производстве». – Иваново: 2008. – С. 117. – РЖХ 02.10-19Ф.145.
10. Слеткина, Л.С. Придание текстильным материалам гидрофобности и олеофобности / Л.С. Слеткина, Ю.Я. Ануфриева // ЖВХО им. Д.И. Менделеева. – 1976. – Т. 21. – №1. – С. 82-89.
11. Пат. 7056846 США, МПК7 D 32, В 29/02. Композиции на основе фторхимических соединений для придания отталкивающих свойств / J.C. Clark., В.В. Malcolm, P.J. Chetan, Z. Qiu. – №10/004847; Заявл. 04.12.2001; Оpubл. 06.06.2006; НПК 442/94. – РЖХ 07.13-19Ф.109П.
12. Пат. 7094829 США, МПК7 С 08, К 3/00. ЗМ Композиция, содержащая фторированные полимеры, и обработка волокнистых материалов этой композицией / F.A. Audenaert, R.J. Dams, R.S. Buckanin. – №10/444878; Заявл. 23.05.2003; Оpubл. 22.08.2006; НПК 524/544. – РЖХ 07.12-19Ф.106П.

13. Li, Q., Fabrication of multifunctional PET fabrics with flame retardant, antibacterial and superhydrophobic properties / Q. Li, S. Zhang et al. // Progress in Organic Coatings. – 2021. – №157. – 10 p.

14. Wang, X. Self-healing superhydrophobic A-SiO₂/N-TiO₂@HDTMS coating with self-cleaning property / X. Wang, H. Ding et al. // Applied Surface Science. – 2021. – №567. – 10 p.

15. Huang, G. Fluorine-free superhydrophobic PET fabric with high oil flux for oil–water separation / G. Huang, L. Huo et al. // Progress in Organic Coatings. – 2022. – №163. – 8 p.

© Игнатов А.Л., Редина Л.В., 2022

УДК 628.316.6.094.3

**ФОРМИРОВАНИЕ СОЕДИНЕНИЙ АЗОТА,
КАРБОНОВЫХ КИСЛОТ И АРОМАТИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ
ПРИ ПЛАЗМЕННОЙ ДЕГРАДАЦИИ ПАРАЦЕТАМОЛА В ВОДЕ**

**FORMATION OF NITROGEN COMPOUNDS, CARBOXYLIC ACIDS
AND AROMATIC COMPOUNDS DURING PLASMA DEGRADATION
OF PARACETAMOL IN WATER**

Игнатьев А.А., Иванова П.А.

Научный руководитель Квиткова Е.Ю.

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Ивановский государственный
химико-технологический университет», Иваново*

Currently, the problem of pollution of water bodies is being discussed all over the world, and more and more often there is information about the discovery of a special group of compounds in natural and drinking water - pharmaceuticals and their derivatives. These substances are found in water in extremely low concentrations, but their presence poses a potential threat to environmental objects. Their impact on biota can be enhanced by the fact that these substances are highly stable and bioaccumulative [1-3].

Among the methods of purifying water containing compounds that are difficult to oxidize, AOPs technologies (Advanced Oxidation Processes) are increasingly used. Such water treatment technologies make it possible to almost completely oxidize complex organic compounds to simpler mineral compounds (for example, carbon dioxide and water). At the same time, the toxicity of pollutant solutions, in particular drugs, is significantly reduced when using these cleaning methods [5,6].

The aim of this work was the qualitative and quantitative determination of the content of the main products of paracetamol transformation in a dielectric barrier discharge.

Processing in the reactor dielectric barrier discharge (DBD) were subjected to aqueous solutions of paracetamol at a concentration of concentrations from 6,29 to 31,45 mg/l. The experiment was carried out on the installation, which led to the operation of the plasma-chemical reactor (Fig.1).

The reactor was a coaxial system consisting of an external Pyrex tube 12 mm in diameter, which is a dielectric discharge barrier, and an internal aluminum alloy electrode 8 mm in diameter. The outer electrode was an aluminum foil uniformly deposited on the outer surface of the glass tube. The size of the discharge zone was 12 cm. A hydrophilic glass cloth 1 mm thick was deposited on the inner electrode, which provided the film flow of the model solution in the system.

The purified solution was removed through a hole located at the bottom of the electrode. The volumetric flow rate of the solution supplied for purification varied from 0,02 to 0,4 ml/s.

The barrier discharge was excited from a high-voltage transformer (6), the value of the alternating (current with a frequency of 50 Hz) voltage between the electrodes (U) was varied by changing the voltage on the primary winding of the transformer. The control of voltage values was carried out by a voltmeter (7) brand V7-47. The discharge current was measured with a variable milliammeter. Commercial oxygen was used as a carrier gas (flow rate 3 cm³/s).

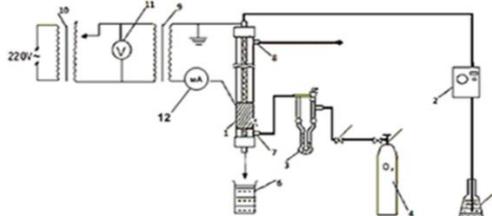


Figure 1 – Scheme of the experimental setup: 1 - dielectric barrier discharge reactor; 2 - peristaltic pump; 3 - liquid flowmeter; 4 - cylinder with oxygen (99.8%); 5 - model solution; 6 - treated solution; 7 - branch pipe for oxygen inlet; 8 - branch pipe for the exit of the gas-air mixture; 9 - high-voltage transformer; 10 - LATR; 11 - voltmeter; 12 - ammeter

The contact time of the solution (t_{kont}) with the discharge zone was determined according to [7]. Since the temperature changes little, then for the contact time it is possible to calculate the calibration curve $t_{\text{kont}} = F(Q)$ using the relation: $t_{\text{kont}}(s) = \frac{\pi D h L}{Q}$ (1), Where D – diameter of the inner electrode (cm), h – is the thickness of the solution film (cm), L – is the length of the discharge zone (cm), Q – is the volumetric flow rate of the liquid (cm³/s).

The content of products (nitrogen compounds) of paracetamol degradation in the liquid phase was monitored at the outlet of the discharge device by standard methods [8].

The content of carbon-containing decomposition products of paracetamol was controlled at the outlet of the reactor according to the documents [9,10].

Processing was subjected to aqueous solutions of paracetamol (PC) with initial concentrations equal to: 6,29 mg/l; 15,72 mg/l; 31,45 mg/l. As was studied earlier, with an increase in the contact time of the solution with the discharge zone, a hypochromic effect was observed - the absorption intensity of the treated paracetamol solutions decreased at a discharge current of 0,9 mA (voltage 12,9 kV) (Fig. 2).

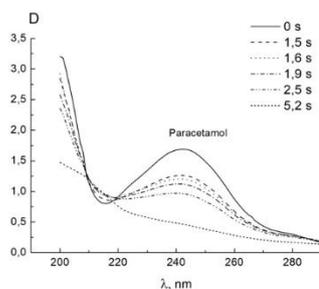


Figure 2 – Absorption spectra under the action of DBD on aqueous solutions of PC. Discharge current 0.9 mA ($C_0 = 31,45$ mg/l)

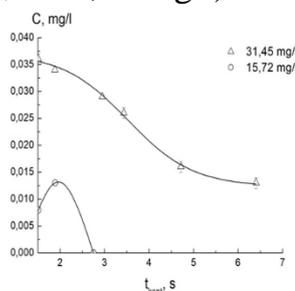


Figure 3 – The dependence of the concentration of nitrites on the time of treatment of paracetamol in DBD ($C_0 = 31,45$ mg/l)

In this case, no characteristic absorption peaks are observed at a wavelength of 210 nm. From this, it can be assumed that nitrite and nitrate ions are not formed or little is formed under the given experimental conditions. The decomposition efficiency of the drug reached $99 \pm 1\%$. Complete removal of paracetamol was achieved in an average of 5,5 seconds of treatment, indicating complete mineralization of paracetamol during this time [11].

At the same time, the authors of [12] found that when paracetamol is exposed to active plasma particles, the final degradation products are: CO, C₂H₂ and NH₃.

The kinetic curves of nitrite formation (the dependence of the concentration at the reactor outlet as a function of the time of contact with the discharge zone) for the studied range of concentrations (average and maximum) are shown in Figure 3. The share of the yield of these products during the destruction of paracetamol in the dielectric barrier discharge reactor does not exceed 0.4% for all initial concentrations (in terms of nitrogen). At the same time, the content of nitrites in the sample increases with a processing time of up to 2 seconds for a concentration of 15,72 mg/l, where it reaches it's maximum, and then decreases. In turn, for a concentration of 31,45 mg/l at the same times of contact of the

solution with the discharge zone, a steady state value of concentrations is observed and its further decline when it reaches 2 seconds.

It should be noted that when processing the minimum initial concentration of paracetamol at any time of contact of the solution with the discharge zone, nitrites were not detected. This suggests that nitrites are not the main degradation products of aqueous solutions of paracetamol under the influence of DBD.

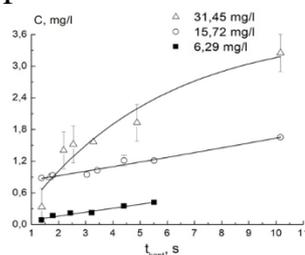


Figure 4 – Kinetics of the formation of ammonium ions after treatment of aqueous solutions of paracetamol in DBD. Discharge current 0,9 mA

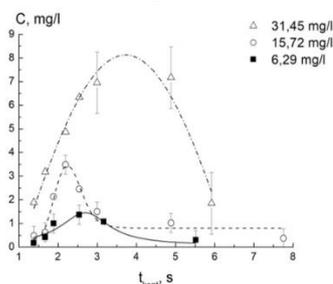


Figure 5 –The dependence of the concentration of nitrates on the time of treatment of paracetamol in DBD. discharge current 0,9 mA

The course of the kinetic curves for the formation of ammonium ions in a solution after treatment of model solutions has a different form: with an increase in the treatment time to 10 seconds, their concentration increases for all concentrations under study (Fig. 4). With a solution treatment time of 5,5 seconds, the share of the release of ammonium ions (in terms of nitrogen) reaches 55% (for $C_0 = 6,29$ mg/l), 63,9% (for $C_0 = 15,72$ mg/l) and 61,83% (for $C_0 = 31,45$ mg/l). In this case, the maximum yield for concentrations of 15,72 mg/l and 31,45 mg/l is achieved when the contact time of the solution with the discharge zone is 10 seconds and is $86 \pm 1\%$.

In turn, studies have shown that as a result of the treatment of aqueous solutions, nitrates are formed (Fig. 5), and the course of the kinetic curves proves that these compounds are intermediate products of the decomposition of the original compound.

The maximum yield of nitrite ions as degradation products (in terms of nitrogen) is achieved on average in 2,5 seconds and is 55% (for $C_0 = 31,45$ mg/l), 54% (for $C_0 = 15,72$ mg/l) and 53% (for $C_0 = 6,29$ mg/l). After passing this time interval, the content of nitrate ions decreases significantly, while the content of ammonium ions in the samples, as can be seen from the kinetic dependences, after treatment of aqueous solutions of paracetamol in the DBD reactor, tends to peak values.

With an increase in the contact time of the solution with the discharge zone to an average of 6 s, the accumulation of carboxylic acids and aldehydes occurs. In this case, the sequence of transformations is as follows: hydroxy derivatives of paracetamol form carboxylic acids, the decomposition of which gives aldehydes (Fig. 6, 7). Degradation of these carbonaceous products can further lead to the formation of carbon monoxide and/or carbon dioxide.

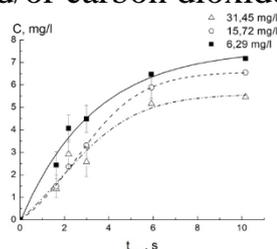


Figure 6 - Kinetics of the formation of aldehydes in treated solutions. Atmospheric oxygen pressure, discharge current 0,9 mA, voltage 12,9 kV

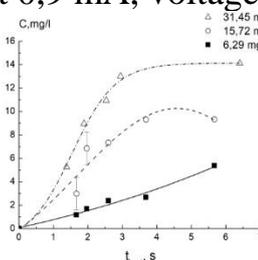


Figure 7 – Kinetics of formation of carboxylic acids in treated solutions. Atmospheric oxygen pressure, discharge current 0,9 mA, voltage 12,9 kV

Tables 1 show the yield percentages (θ , %) of the main degradation products of paracetamol from the initial content of nitrogen and carbon in the compound at a solution processing time of 5,5 seconds.

Table 1 – Yield of products of C₈H₉NO₂ degradation ($t_{\text{kont}} = 5,5$ s)

C ₀ C ₈ H ₉ NO ₂ , mg/l	Share of yield of products in % of the initial nitrogen content in the compound			α in % of the initial carbon content in the compound	
	NO ₂	NH ₄ ⁺	NO ₃	-CHO	-COOH
6,29	0	55,17 ± 1	14,16 ± 2	6,5 ± 0,5	53 ± 2
15,72	0,18 ± 0,05	63,9 ± 1	12,45 ± 2	5,88 ± 0,5	37 ± 2
31,45	0,15 ± 0,05	61,83 ± 1	11,66 ± 2	5 ± 0,5	28 ± 2

Thus, during the experiments it was found that the formation of nitrogen-containing decomposition products of paracetamol occurs due to the interaction of the iminogroup (NH) with active plasma particles (strong oxidizing agents). The nitrogen balance at the time of treatment of the PC solution in 5,5 seconds is generally carried out by $73 \pm 4\%$ (the main nitrogen-containing product of the destruction of paracetamol is NH₄⁺). The nitrogen balance problem is probably determined by both the additional process of free nitrogen formation and the release of nitric oxide (NO). At the same time, the carbon balance is carried out by 33-60%. From which it follows that the main carbon-containing degradation products of paracetamol can be CO or CO₂.

The work was carried out within the framework of the state task for the implementation of research work: topic № FZZW-2020-0009.

References:

1. ijani, J.O., Fatoba, O.O., Petrik, L.F. A review of pharmaceuticals and endocrine-disrupting compounds: Sources, effects, removal, and detections. *Water Air Soil Pollut.* 2013, 224, 1770.
2. Luo, X.C., Guo, Y., Ngo, W., Nghiem, H.H., Hai, L.D., Zhang, F.I., Liang, J., Wang, S. A review on the occurrence of micropollutants in the aquatic Environment and their fate and removal during wastewater treatment. *Sci. Total Environ.* 2014, 473–474, 619–641.
3. Daughton, T.A., Ternes, C.G. Pharmaceuticals and personal care products in the environment: Agents of subtle change *Environ. Health Perspect.* 1999, 107, 907–938.
4. Mouele, M. E. S, Jimoh, O, Fatoba O. O, Petrik, L. F. Degradation of organic pollutants and microorganisms from wastewater using different dielectric barrier discharge configurations - A critical review. *Environ Science Pollut R.* 2015; 22(23):18345-18362.
5. Xu, Z., Xue, X., Hu, S., Li, Y., Shen, J., Lan, Y., Zhou, R., Yang, F., Cheng, C. Degradation effect and mechanism of gas-liquid phase dielectric barrier discharge on norfloxacin combined with H₂O₂ or Fe²⁺. *Sep. Purif. Technol.* 2020, 230, 115862.
6. Saracino, M., Emmi, S.S., Zanelli, A. Water remediation 2.0: Advanced Oxidation Processes. *La Chimica e l'Industria* 2015, 18–25.
7. Bobkova, E.S., Rybkin V.V. Peculiarities of energy efficiency comparison of plasma chemical reactors for water purification from organic substances. *Plasma Chemistry and Plasma Processing.* 2015. T. 35. № 1. C. 133-142.
8. Lurie, Yu. Yu. Chemical analysis of industrial wastewater / Yu.Yu. Lurie, A. I. Rybnikova // - М.: Chemistry, 1974. - 336 p.
9. Lurie, Yu. Yu. Analytical chemistry of industrial wastewater. / Yu. Yu. Lurie. - Moscow: Chemistry, 1984. - 447 p.
10. GOST, 55227-2012 Russian National Standard. Methods for Determining the Content of Formaldehyde GOST R 55227-2012 (2012) (in Russian)
11. Kvitkova, E. Yu., Ignatev, A. A., Ivanova, P. A. Investigation of the processes of destruction of aqueous solutions of paracetamol in a dielectric barrier discharge // *Actual problems of natural sciences.* 2021, pp. 177-186.
12. Brault, P. et al. Insight into plasma degradation of paracetamol in water using a reactive molecular dynamics approach // *Journal of Applied Physics.* – 2021. – T. 129. – №. 18. – C. 183304

© Игнатъев А.А., Иванова П.А., 2022

УДК 664.231:547.458.613

АЛЬТЕРНАТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЛЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ АГАР-АГАРА

Калугина Д.С., Захарова В.А., Кильдеева Н.Р.

Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Возможность получения из нефтепродуктов синтетических полимерных multifunctional пленочных изделий, считается важнейшим достижением XX века, значительно повысившим уровень экономического развития ряда стран мира за счет создания крупнотоннажных промышленных производств, а так же оказавшим существенное влияние на необратимое повышение качества жизни [1]. С момента открытия высокомолекулярных соединений, объем производства и потребления материалов на их основе растет в геометрической прогрессии [2]. Так, в промежуток с 1950 по 2017 прирост производства полимеров составлял около 8,3% ежегодно. При этом, значительную долю валового выпуска (~438 мегатонны) составляли полимеры, полученные из нефтехимического сырья ~436 мегатонны, в то время как производственная мощность выпуска биополимеров составляла всего ~2 мегатонны [3]. Вследствие подобной сегментации, возникла прямая зависимость фонда синтетической промышленности от фонда природных ископаемых [1]. Ведь, установлено, что ежегодно в мире добывается около 1,8-2 млрд. тонн минеральных органических веществ, что составляет чуть более 1%, в сравнении с общим объемом биомассы, синтезируемой непосредственно в биосфере Земли [4].

Не меньшую обеспокоенность, помимо возможности наступления сырьевого кризиса, вызывают затруднения и негативные экологические последствия, непосредственно связанные с переработкой твердых полимерных отходов. Ежедневно, около 70% используемых в мире полимерных изделий выбрасываются после однократного использования, формируя при утилизации 15342 тонны ТБО – твердых бытовых отходов [5]. Сжигание, как способ борьбы с грядущей экологической катастрофой, не всегда является рациональным и высокоэффективным [4]. Образующиеся, в результате сгорания полиолефинов, парниковые газы, в том числе двуокись углерода (CO₂), стали основополагающим фактором повышения средней температуры климатической системы планеты, и, как следствие, вызвали ряд существенных тяжелых природных перемен. Вторым, но не по величине, однако, более гуманным вариантом утилизации ТБО является рециклинг, представляющий собой процесс переработки возвратного сырья с целью получения новых видов изделий и продукции.

Однако, данный способ непригоден для некоторых видов полимеров из-за высоких требований к чистоте материала и установленным ограничениям по числу циклов переработки [6].

В настоящее время, в качестве альтернативы существенно снижающей уровень нагрузки на окружающую среду, все чаще рассматривают широкомасштабное применение и массовизацию биополимеров и изделий на их основе [7]. Экологически чистые биополимерные материалы, согласно экономическим исследованиям в области экологии Department of Energy (DOE), к 2025 году должны составлять около 10% рынка полимерных материалов и изделий из них [8].

Среди существующего разнообразия природных полимеров, различающихся, в частности, по источнику происхождения, к особой категории веществ, следует отнести полисахариды бурых и красных водорослей. Водоросли, в клеточных стенках которых продуцируется подавляющее большинство гликанов, зарекомендовали себя ценнейшим биосырьем, способным к росту в широком диапазоне экологических условий и температур. В зависимости от вида, слоевища этой аквакультуры способны увеличиваться, в среднем на 30-60 сантиметров в день, позиционируя данный материал как быстро возобновляемый [9].

Одним из наиболее древних и ценных галактанов, продуцируемых фотоавтотрофными организмами, считается фикоколлоид, который сегодня называется агар-агаром. Вот уже на протяжении трехсот лет агар традиционно используется в качестве желирующего и пищевого агента в продовольственной промышленности, а также в роли питательной среды в микробиологии и гель-электрофореза в биотехнологии и фармации. Однако, лишь с недавних пор его стали рассматривать как эффективную альтернативу традиционным пленочным материалам.

В обзорном исследовании рассматривается перспектива использования полисахарида агара в качестве альтернативного природосберегающего материала для получения функциональных пленочных покрытий различного назначения. Целью данного обзора является обобщение функциональных свойств агаровых пленочных изделий, а также изучение возможных путей улучшения исходного материала.

Структура данного полисахарида представлена двумя компонентами: агарозой и агаропетином, которые могут быть непосредственно экстрагированы из агара [10] (рис. 1).

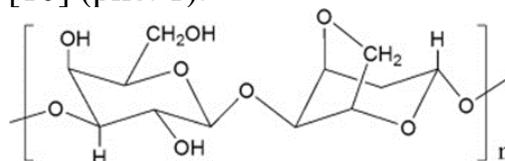


Рисунок 1 – Химическая структура агара ($C_{12}H_{18}O_9$)_n [11]

В своем составе содержит около 1,3-4,5% минеральных солей, 10-20% воды и ~80% D- и L-галактозы, пентозы, 3,6-ангидрогалактозы, пировиноградной и глюконовой кислот [11].

Непрерывные трехмерные сети образуются в результате тесного взаимодействия водородных связей в неионогенной линейной структуре агарозы во время сушки [12]. Известно, что получаемые пленочные изделия обладают рядом уникальных свойств: биоразлагаемостью, биосовместимостью, нетоксичностью, наряду с универсальными сорбционными и гигиеническими свойствами, инертностью, характеризуются высоким коэффициентом естественной вытяжки, обусловленным синерезисом агарового геля при сушке [13]. Свойства получаемых пленок и покрытий на их основе, во многом зависят от выбранной концентрации агаровой камеди, от вида, происхождения и типа используемого сырья, а также от наличия дополнительных компонентов в структуре пленки.

Повышение концентрации агар-агара в исходном изделии значительно влияет на удлинение и прочность при разрыве, а также снижает гидрофильность пленочного материала, однако, как и у большинства биополимерных пленок, агаровые изделия имеют существенные недостатки, среди которых стоит выделить высокую паропроницаемость и низкую эластичность [14]. Ограничения в применении чистых агаровых пленок можно скорректировать при помощи комбинирования агар-агар с различными веществами. В настоящее время проводится немало исследований, сосредоточенных на изучении влияния введения в структуру агара таких компонентов, как полиолы, сахара, липиды, наночастицы глины и целлюлозы [15, 16, 17, 18]. Полученные материалы, содержащие введенные функциональные компоненты, находят широкое применение в пищевой промышленности в роли увеличивающих срок годности покрытий, при этом сохраняющих качество продуктов.

Рядом исследователей установлено, что направленная модификация способствует повышению физико-механических показателей пленок, но в тоже время снижает прозрачность и термическую стабильность [19].

Таким образом, проведение дальнейших исследований, нацеленных на оптимизацию свойств агаровых пленок в соответствии с их целевым применением, необходимо для масштабизации использования данного полисахарида, в качестве конкурентоспособной альтернативы традиционным синтетическим полимерам [20].

Список использованных источников:

1. Valero-Valdivieso M.F., Ortegon Yu., Uscategi Yu. Biopolymers: advances and prospects // Dyna. - 2013. - Т. 80. - No. 181. - S. 171-180.

2. Тасекеев М. С., Еремеева Л. М. Производство биополимеров как один из путей решения проблем экологии и АПК: Аналит. обзор // Алматы: НЦ НТИ. – 2009. – С. 7.
3. Geyer R. Production, use and fate of synthetic polymers // Waste plastics and their processing. - Academic press, 2020. - P. 13-32.
4. Валеева Н. Ш., Хасанова Г. Б. Биополимеры–перспективный вектор развития полимерной промышленности // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – Т. 16. – №. 22.
5. Singh N. et al. Solid plastic waste recycling: a modern review and future applications // Composites. Part B: Technique. - 2017. - Т. 115. - S. 409-422.
6. Okan M., Aidyn H. M., Barsbay M. Modern approaches to the utilization and minimization of polymer waste: a review // Journal of Chemical Technology and Biotechnology. - 2019. - Т. 94. - No. 1. - S. 8-21.
7. Verma M.L. Microbial biosynthesis of biopolymers and applications in the biopharmaceutical, biomedical and food industries / Verma M.L., Lal M. // BEATS 2010 : Proceedings of the 2010 International Conference on Biomedical Engineering and Assistive Technologies, Jalandhar, India – 2010. – С.1–6.
8. Genome Portal of the Department of Energy Joint Genome Institute | Nucleic Acids Research | Oxford Academic [Электронный ресурс]. URL: <https://academic.oup.com/nar/article/40/D1/D26/2903587> (accessed: 07.11.2019).
9. Gamal A. A. Biological importance of marine algae // Saudi pharmaceutical journal. – 2010. – Т. 18. – №. 1. – С. 1-25.
10. Rhein-Knudsen N., Ale M. T., Meyer A. S. Seaweed hydrocolloid production: an update on enzyme assisted extraction and modification technologies // Marine drugs. – 2015. – Т. 13. – №. 6. – С. 3340-3359.
11. Mao B. et al. Heat-induced aging of agar solutions: Impact on the structural and mechanical properties of agar gels // Food Hydrocolloids. – 2017. – Т. 64. – С. 59-69.
12. Boral S., Saxena A., Bohidar H. B. Syneresis in agar hydrogels // International journal of biological macromolecules. – 2010. – Т. 46. – №. 2. – С. 232-236.
13. Freile-Pelegrín Y. et al. Degradation of agar films in a humid tropical climate: Thermal, mechanical, morphological and structural changes // Polymer Degradation and Stability. – 2007. – Т. 92. – №. 2. – С. 244-252.
14. The D. P. et al. Biopolymer interactions affect the functional properties of edible films based on agar, cassava starch and arabinoxylan blends // Journal of food Engineering. – 2009. – Т. 90. – №. 4. – С. 548-558.
15. Da Rocha M. et al. Effects of agar films incorporated with fish protein hydrolysate or clove essential oil on flounder (*Paralichthys orbignyanus*) fillets shelf-life // Food hydrocolloids. – 2018. – Т. 81. – С. 351-363.

16. Nazir M. S. et al. Characteristic properties of nanoclays and characterization of nanoparticulates and nanocomposites //Nanoclay reinforced polymer composites. – Springer, Singapore, 2016. – С. 35-55.

17. Atef M., Rezaei M., Behrooz R. Preparation and characterization agar-based nanocomposite film reinforced by nanocrystalline cellulose //International journal of biological macromolecules. – 2014. – Т. 70. – С. 537-544.

18. Madera-Santana T. J., Freile-Pelegrín Y., Azamar-Barrios J. A. Physicochemical and morphological properties of plasticized poly (vinyl alcohol)–agar biodegradable films //International journal of biological macromolecules. – 2014. – Т. 69. – С. 176-184.

19. Mostafavi F. S., Zaeim D. Agar-based edible films for food packaging applications-A review //International journal of biological macromolecules. – 2020. – Т. 159. – С. 1165-1176.

20. Siracusa V. et al. Biodegradable polymers for food packaging: a review //Trends in Food Science & Technology. – 2008. – Т. 19. – №. 12. – С. 634-643.

© Калугина Д.С., Захарова В.А., Кильдеева Н.Р., 2022

УДК 675.92.04

ЭЛЕКТРОФОРМОВАНИЕ ВОЛОКОН ИЗ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПОЛИУРЕТАНОВЫХ ДИСПЕРСИЙ

Лотоцкий Н.Р., Коваленко Г.М., Бокова Е.С., Евсюкова Н.В.
Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

В настоящее время в нашей стране и за рубежом среди полимерных композиций дисперсии полимеров занимают одно из ведущих мест по количеству областей применения. Основными преимуществами водных дисперсий полимеров являются: возможность их синтеза из довольно широкого круга полимеров, экологичность (отсутствие токсичных органических растворителей), а также регулирование структуры и свойств полимерной композиции различными модифицирующими добавками, которые могут быть введены в латекс в процессе синтеза. Таким условиям в большей степени удовлетворяют водные полиуретановые дисперсии [1].

Традиционно полиуретановые дисперсии используются для производства искусственных кож методом пропитки и/или нанесения полимерной композиции на волокнистую основу. Таким способом получают различные эластоискожи (одежные, обувные), а также синтетические кожи, где полиуретановый латекс используется для первичной пропитки нетканой основы перед обработкой раствором полиэфируретана.

При производстве полимерных композиционных материалов, к которым относятся искусственные и синтетические кожи, одним из научных направлений является разработка и получение новых волокнистых основ, в том числе с использованием ультратонких и нановолокон, полученных при помощи технологии электроформования (ЭФВ). Однако, вследствие недостаточной вязкости полимерные дисперсии в чистом виде не могут быть переработаны методом электропрядения, поэтому проблема модификации латексных композиций с целью их последующего использования в качестве прядильных составов является актуальной.

Цель работы – исследование рецептурно-технологических факторов процесса электроформования волокон и нетканых материалов из модифицированных полиуретановых дисперсий.

В качестве объектов исследования в работе были использованы водные дисперсии полиэфируретанов марок Аквапол® 10 и Аквапол® 21, производства ООО «НПП «Макромер им. В.С. Лебедева», г. Владимир (Россия), физико-химические свойства латексов представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Физико-химические свойства полиуретановых дисперсий

Марка	Природа полимера. Тип изоцианата.	Внешний вид	Массовая доля сухого вещества, %	pH	Вязкость динамическая при 25°C, мПа·с	Область применения
Аквапол® 10 ТУ 2251-051-10488057-2009	ПУ Ароматический	Жидкость от матового до молочно-белого цвета	28,0-32,0	6,5-8,5	Не более 100	Грунтование кож, покрытия обоев
Аквапол® 21 ТУ 2251-379-10488057-2007	ПУ Алифатический	Жидкость от матового до молочно-белого цвета	28,0-32,0	6,6-8,5	Не более 100	Водно-дисперсионные ЛКМ

В качестве модифицирующей добавки для осуществления процесса электроформования был выбран поливиниловый спирт (ПВС) с молекулярной массой 8,4·10⁴ и содержанием ацетатных групп порядка 10%, фирмы «Celvol» (США).

Для получения волокон методом бескапиллярного прядения в работе была использована лабораторная установка «Nanospider™» NS LAB 200S. Для определения динамической вязкости прядильных композиций использовали вискозиметр Брукфильда DV-II-Pro (США), испытания проводили по методике ГОСТ 25271-93. Электропроводность полимерных композиций измеряли с помощью кондуктометра Эксперт-002 (Россия). Поверхностное натяжение определяли методом отрыва кольца от поверхности жидкости, силу измеряли с помощью торсионных весов. Определение диаметра и распределения волокон по размерам определяли методом сканирующей электронной микроскопии на приборе Hitachi TM (Япония).

Из литературных данных известно, что основными параметрами, обеспечивающими стабильность процесса и образование бездефектных волокон в процессе электроформования, являются вязкость, электропроводность и поверхностное натяжение растворов, значения

которых, должны находиться в определенных интервалах значений: динамическая вязкость от 0,05 до 1 Па·с, электропроводность от 0,1 до 0,8-1,0 См/м и поверхностное натяжение ≈ 50 мН/м [2]. Поэтому для достижения необходимых и достаточных условий для осуществления процесса электропрядения в работе был использован поливиниловый спирт.

В ранее проведенных работах [3] была изучена зависимость вязкости, поверхностного натяжения и электропроводности от концентрации раствора поливинилового спирта. Было показано, что с ростом концентрации раствора ПВС процесс ЭФВ ухудшается, и оптимальной является концентрация раствора в пределах 10-12% по массе. В настоящей работе для получения смесевых композиций ПЭУ латекс: ПВС использовали раствор с 10% концентрацией.

Для получения волокон из системы ПЭУ латекс: ПВС были выбраны следующие соотношения смесевых композиций– 1:1, 2:1 и 4:1 соответственно. Электроформование проводилось при следующих параметрах: напряжение от 25 до 40 кВ, расстояние между электродами 16 см, вращение электрода 6,9 об/мин и скорости движения подложки 0,13 м/мин. В качестве подложки использовали нетканый материал торговой марки Komitex, состоящий из смеси полиэтилентерефталатных (70%) и вискозных (30%) волокон.

Рецептурно-технологические параметры процесса электроформования для системы латекс:ПВС представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Рецептурно-технологические параметры электроформования из латексов, модифицированных ПВС

Система	Свойства растворов			D, нм
	$\dot{\eta}$, Па·с	ε , См/м	σ , Н/м·10 ⁻³	
«Аквапол 10»:ПВС 1:1	5,44	0,36	47	400-600
2:1	3,09	0,33	45	350-500
4:1	2,08	0,34	52	300-400
«Аквапол 21»:ПВС 1:1	3,17	0,21	54	250-350
2:1	1,45	0,38	60	200-300
4:1	0,37	0,49	72	Электрораспыление

$\dot{\eta}$ – динамическая вязкость, ε – удельная электропроводность раствора, σ – поверхностное натяжение раствора, с – концентрация раствора

Видно, что при увеличении содержания поливинилового спирта в композиции средний диаметр волокон возрастает и процесс электропрядения идёт более стабильно. Это соотносится с данными микрофотографий (рис. 1), где можно увидеть, что при большем содержании латекса в композиции преобладают различные дефекты в виде утолщений, капель и «груш». Однако, при использовании таких нетканых материалов в качестве волокнистых основ для искусственных и синтетических кож, в процессе импрегнирования их полимерными связующими дефектность полотен будет нивелирована.

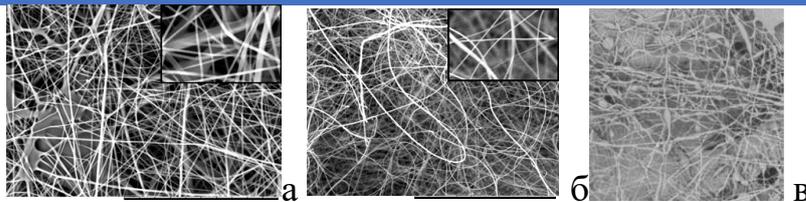


Рисунок 1 – Микрофотография волокон, полученных из смесевых композиций ПЭУ латекс : ПВС: а) состав композиции Аквапол®10:ПВС = 1:1; б) состав композиции Аквапол®10:ПВС = 4:1; в) состав композиции Аквапол®21:ПВС = 2:1. Увеличение 2000.

Таким образом, в работе установлены рецептурно-технологические параметры процесса электроформования из смесевых композиций, содержащих полиуретановый латекс и поливиниловый спирт в различных соотношениях. Доказано возможность получения нановолокон со средним диаметром от 200 до 600 нм. Выявлено, что снижении концентрации поливинилового спирта в композиции средний диаметр волокон уменьшается. Полученные нетканые материалы могут быть использованы в качестве основ при создании волокнисто-пористых полимерных композиционных материалов.

Список использованных источников:

1. Zafar F., Ghosal A., Sharmin E., Chaturvedi R., Nishat N. A review on cleaner production of polymeric and nanocomposite coatings based on waterborne polyurethane dispersions from seed oils // Progress in Organic Coatings – №131. – 2019. P. 259-275.
2. Филатов Ю. Н. Электроформование волокнистых материалов (ЭФВ-процесс) / Ю. Н. Филатов – М.: Нефть и газ, 1997. – 297 с.
3. Рылкова М.В. Создание волокнистых материалов на основе комплексообразующих водорастворимых полимеров методом электроформования. Диссертация канд. техн. наук - М.: РИО МГУДТ 2014. – 126 с.

© Лотоцкий Н.Р., Коваленко Г.М.,
Бокова Е.С., Евсюкова Н.В., 2022

УДК 547.789.14

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К СИНТЕЗУ ФУНКЦИОНАЛИЗИРОВАННЫХ ТИАЗОЛИДИНОВ И ТИАЗОЛКАРБАЛЬДЕГИДОВ-4

Малкова Е.А.

Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Гусейнов Ф.И.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского Российской академии наук, Москва

Анализ литературы показывает, что ацетальзамещенные хлоркетоны (1) обладая высокой реакционной способностью реагируют с O, S, N-содержащими нуклеофильными реагентами с образованием гетероциклических систем, в частности, гетероциклических карбальдегидов и их производных [1-4]. С целью синтеза новых тиазолкарбальдегидов-4 нами были исследованы реакции ацеталей (1) с тиоамидами (2) в различных условиях (рис. 1). В результате, нами было обнаружено, что при проведении конденсации хлоркетонов (1) с тиоамидами в присутствии ионной жидкости при комнатной температуре в растворе метанола с количественным выходом образуются малостабильные промежуточные продукты реакции Ганча – тиазолидиновые соли (3), имеющие ковалентную структуру. Структура соединений (3) доказана с помощью ядерного магнитного резонанса (ЯМР ¹H) и химическими превращениями.

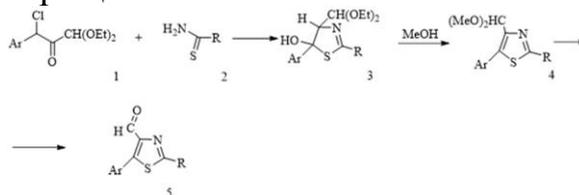


Рисунок 1 – Реакция конденсации моноацеталей 1,2-дикарбанильных соединений с тиоамидами (Ar = Ph, p-FPh, p-ClPh; R=NH₂, Me, p-ClPh)

Было установлено, что тиодиазолидины (3) при нагревании путём переэтерификации превращаются с выходом 88-92% в диметилацетали тиазолкарбальдегидов-4, структура которых доказана кроме ЯМР ¹H, ещё и методом рентгеноструктурного анализа (рис. 2). Гидролизом ацеталей получены ранее неописанные тиазолкарбальдегиды 5, представляющие интерес для синтеза тиазолсодержащих гетероциклических систем.

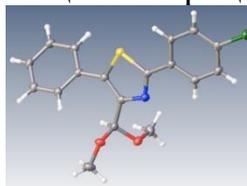


Рисунок 2 – РСА диметилацетала тиазол-4 карбальдегида

Ход гетероциклизации контролировали с помощью спектроскопии ядерного магнитного резонанса (ЯМР ^1H). Установлено, что в процессе реакции характерный синглет CHCl фрагмента в области 5.9 м.д. в исходном кетоне (рис. 3) полностью превращается в синглет метинового протона CHS в области 5.4 м.д., как показано на рис. 4.

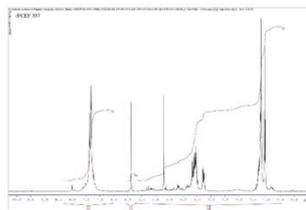


Рисунок 3 – ЯМР тиазолидин

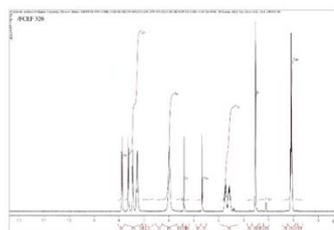


Рисунок 4 – ЯМР тиазол ацетата

Практическая значимость работы состоит в расширении синтетических возможностей карбальдегидов, путём разработки новых препаративных методов синтеза ранее неизвестных гетероциклических систем, входящих в состав природных соединений и обладающих потенциальными полезными свойствами.

Список использованных источников:

1. Guseinov F.I., Pistsov M.F., Movsumzade E.M., Kustov L.M., Tafeenko V.A., Chernyshev V.V., Gurbanov A.V., Mahmudov K.T., Pombeiro Tetrel A.J.L. Chalcogen, and Charge-Assisted Hydrogen Bonds in 2-((2-Carboxy-1-(substituted)-2-hydroxyethyl)thio) Pyridin-1-ium Chlorides. *Crystals*. 2017, 7 (11), p. 327.

2. Pistsov M.F., Lavrova O.M., Saifutdinov A.M., Burangulova R.N., Kustov L.M., Guseinov F.I., Musin R.Z. Synthesis of Functionally Substituted Cyano Carbonyl Compounds. *Russian Journal of General Chemistry*. 2017, 87 (12), p. 2887–2890.

3. Guseinov F.I., Pistsov M.F., Malinnikov V.M., Lavrova O.M., Movsumzade E.M., Kustov L.M. Recyclization of diethoxymethyl substituted benzimidazo-fused thiazolium salts. *MENDELEEV COMMUNICATIONS*. 2020, 30 (5), p.674-675.

4. Guseinov F.I., Malinnikov V.M., Lialin K.N., Kobrakov K.I., Shuvalova Elena V., Nelyubina Y.V., Ugrak B.I., Kustov L.M., Mahmudov K.T. Charge-assisted chalcogen bonding in 2-(4-substituted benzoyl)thiazolo [3,2-a]pyridin-4-ium bromides. *Dyes and Pigments*. 2022, 197 (109898).

© Малкова Е.А., Гусейнов Ф.И., 2022

УДК 677.027.625 (043.3)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МЕТАЛЛСОДЕРЖАЩИХ ЗАМЕДЛИТЕЛЕЙ ГОРЕНИЯ НА ПРОЦЕСС ТЕРМОЛИЗА ПОЛИМЕТИЛМЕТАКРИЛАТА

Мельникова О.Д., Середина М.А., Захарова В.А.

Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

В современных рекламных технологиях, в строительстве, автомобилестроении и многих других областях все больший удельный вес занимают изделия из полимерных материалов, в частности, и синтетический полимер полиметилметакрилат. Полимерные материалы из полиметилметакрилата находят широкое применение в авиации, машинно- и приборостроении, электронной, атомной и космической технике, изготовлении изделий медицинского назначения, в производстве предметов домашнего обихода и галантереи [1].

Полиметилметакрилат (ПММА) относится к числу пожароопасных материалов: его кислородный индекс составляет 17,5%, он легко воспламеняется, горит ярким пламенем с выделением CO, CO₂ и с образованием мономера. Температура начала горения 350°C, коэффициент дымообразования 360 м²×кг⁻¹. В результате термического разложения ПММА в интервале температур 420-470°C происходит образование практически со 100%-ным выходом мономера – метилметакрилата [2].

Создание полимерных материалов с пониженной горючестью, в том числе органического стекла, представляет собой весьма актуальную задачу. Это не только поиск оптимального замедлителя горения (ЗГ) для конкретного материала и снижения его горючести, а также сохранение и улучшение всего комплекса свойств полимера [3].

Для полиметилметакрилата наиболее распространенным и эффективным способом снижения горючести является применение антипиренов. Весьма эффективным методом снижения горючести ПММА является использование антипиренов, оказывающих влияние на процессы структурирования полимера при воздействии на него повышенных температур. Применение соединений, катализирующих пиролитические процессы, способствующие коксообразованию, также обеспечивает снижение загрязнения окружающей среды.

С технологической точки зрения наиболее приемлемым является способ введения замедлителя горения на стадию плавления полимера, которое обеспечивает равномерное распределение ЗГ в объеме полимера и дает возможность перерабатывать полимерный материал в изделие. Введение ЗГ не должно привести к деструкции полимера.

В качестве объекта исследования использовали ПММА, полученный методом цепной радикальной полимеризации в блоке. Для исследования были синтезированы два образца полимера с молекулярной массой ПММА1= 195689 г/моль и ПММА2= 69240 г/моль.

С целью изучения механизма термической деструкции образцы полимеров исследовали методом термогравиметрического анализа (ТГА) (рис. 1).

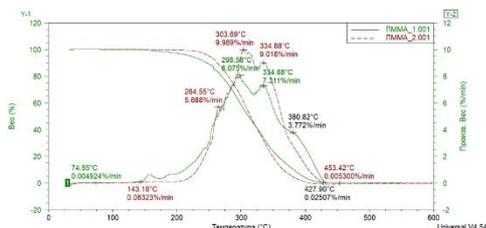


Рисунок 1 – Кривые ТГА образцов ПММА1 и ПММА2.

Как видно из представленных данных, термолиз полимеров протекает в широком температурном интервале от 200 до 400°C, а при температуре около 450°C полимеры полностью газифицируются. Процесс термораспада полимеров протекает ступенчато с наличием двух максимумов при 300 и 330°C. При этом скорость разложения ПММА1 с более высокой молекулярной массой составляет около 7%/мин, а у образца ПММА2 увеличивается до 9%/мин. Это объясняется тем, что при блочной полимеризации, вследствие большой скорости реакции, низкой теплопроводности мономера и полимера, высокой вязкости системы, трудно контролировать молекулярную массу полимера [4]. Это приводит к ускорению реакции и образованию полимера с низкой молекулярной массой и высокой полидисперсностью. Вероятно, в высокомолекулярном образце цепная деполимеризация не успевает дойти до конца, а протекает по закону случая. Ингибирование деструктивных процессов в ПММА может происходить при введении в готовый полимер замедлителей горения [5-7].

В качестве ЗГ в работе использовали гидроксид магния $Mg(OH)_2$, гидроксид алюминия $Al(OH)_3$, гидроксид циркония $Zr(OH)_4$, гексагидроксидантат цинка $ZnSn(OH)_6$, оксид магния MgO и оксид алюминия Al_2O_3 . Выбор указанных ЗГ основан на том, что в процессе термолиза и горения они не выделяют токсичных газообразных продуктов и не загрязняют атмосферу. В работе проведены исследования влияния молекулярной массы ПММА на процесс термолиза полимерных композиций, содержащих металлсодержащие ЗГ. Огнезащитные свойства полимерных материалов, модифицированных ЗГ, определяются величиной образующегося карбонизованного остатка (КО) в процессе термолиза. С этой целью готовили полимерные композиции путем механического смешивания (опудривания) полимера с замедлителем горения, взятым в количестве от 10 до 30% от массы полимера и проводили термолиз в

лабораторной печи при температуре $350\pm 3^\circ\text{C}$ в течение 30 мин. По результатам эксперимента рассчитывали КО термолита ПММА, содержащего ЗГ. Результаты исследований представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1 – Результаты термолита ПММА1 и ПММА2, содержащих оксиды металлов

Тип ЗГ	ЗГ, %	ПММА 1, %	КО, %	ЗГ, %	ПММА 2, %	КО, %
Al ₂ O ₃	10	90	14,6	10	90	6,0
	20	80	22,0	20	80	17,0
	30	70	31,2	30	70	27,4
MgO	10	90	7,2	10	90	13,0
	20	80	42,2	20	80	21,8
	30	70	45,8	30	70	30,6

Таблица 2 – Результаты термолита ПММА1 и ПММА2 в присутствии гидроксидов металлов

Тип ЗГ	ЗГ, %	ПММА 1, %	КО, %	ЗГ, %	ПММА 2, %	КО, %
Al(OH) ₃	10	90	7,0	10	90	7,6
	20	80	15,6	20	80	22,8
	30	70	22,4	30	70	23,2
Mg(OH) ₂	10	90	11,2	10	90	11,8
	20	80	18,6	20	80	19,6
	30	70	35,0	30	70	30,2
Zr(OH) ₄	10	90	7,4	10	90	14,0
	20	80	20,6	20	80	28,0
	30	70	60,8	30	70	26,6
ZnSn(OH) ₆	10	90	11,4	10	90	6,8
	20	80	20,8	20	80	21,8
	30	70	24,2	30	70	26,2

Анализ результатов термолита ПММА, содержащего оксиды металлов показывает, что с увеличением содержания оксидов в полимерной композиции с 10 до 30%, карбонизованный остаток термолита возрастает как для полимера ПММА1, так и для полимера ПММА2. Причем карбонизованный остаток полимерной композиции, содержащий оксид магния, составляет 45,8% а КО полимера с оксидом алюминия – 31,2%. Для полимера с более низкой молекулярной массой, соответствующий карбонизованный остаток термолита полимера значительно меньше при использовании оксида магния и составляет 30,6%, а при введении оксида алюминия не превышает 27,4%. Это объясняется тем, что отщепление звеньев мономера в низкомолекулярном ПММА происходит с большей скоростью, чем в более высокомолекулярном, так как концентрация активных концевых групп при одинаковых условиях полимеризации в низкомолекулярном образце выше [4].

В работе исследовано влияние гидроксидов металлов в процессе термолита ПММА (табл. 2). Гидроксид алюминия и магния занимают 1-ое место по объему применения (более 40%) всего объема замедлителей горения. Это обусловлено их низкой стоимостью по сравнению с системой на основе галогенов или фосфора. С увеличением содержания в ПММА гидроксидов металлов с 10 до 30% карбонизованный остаток термолита с гидроксидом алюминия возрастает до 22,4%, а при введении гидроксида магния достигает 35%. Это объясняется тем, что гидроксид алюминия

разлагается при температуре 190-230°C, а гидроксид магния обладает более высокой термостабильностью до 300°C.

Гидроксиды металлов под воздействием высоких температур разлагаются с выделением воды. Реакция разложения является эндотермической, что приводит к охлаждению субстрата до температур ниже точки воспламенения. Образование воды способствует разбавлению горючих газов, выделяющихся при разложении, ослабляет действие кислорода и уменьшает скорость горения. Эффективность гидроксидов прямо пропорциональна их содержанию в полимере [8-10].

Анализ результатов термолиза ПММА в присутствии гидроксидов металлов показывает, что наиболее высокой эффективностью огнезащитного действия обладает гидроксид циркония. Это объясняется характером термоокислительного разложения указанных гидроксидов. Так, максимальная потеря массы гидроксидом магния происходит при температуре 394°C (рис. 2), что выше температуры максимальной скорости разложения ПММА. Термолиз гексагидроксидантата цинка (рис. 3) протекает при температуре ниже температуры основной стадии разложения ПММА, что объясняет его более низкую эффективность.

Гидроксид циркония обладает высокой термической стабильностью (рис. 4). При нагревании вначале он переходит в аморфный диоксид циркония, а затем при температуре 400-500°C в тетрагональную (метастабильную) модификацию диоксида циркония и при дальнейшем повышении температуры до 600°C в моноклинную модификацию. Температура плавления диоксида циркония 2690°C.

По сравнению с гидроксидом магния и алюминия гидроксид циркония содержит больше воды, и он намного тяжелее, его молекулярная масса 159,2 г/моль. Молекулярная масса $Mg(OH)_2$ составляет – 58,3 г/моль, а $Al(OH)_3$ – 77,9 г/моль. Это обуславливает высокие показатели гидроксида циркония при термолизе ПММА, КО термолиза полимерной композиции, содержащей 30% гидроксида циркония, достигает 60,8%.

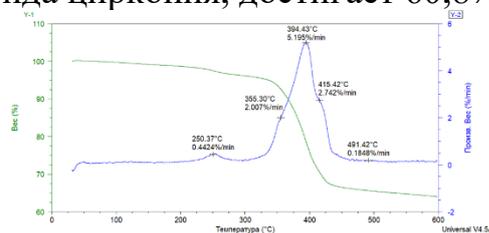


Рисунок 2 – Кривая ТГА гидроксида магния

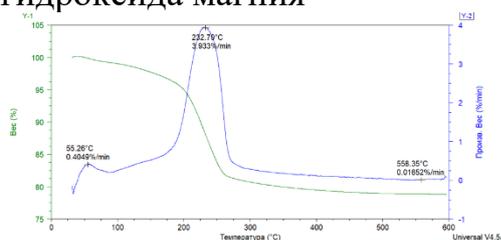


Рисунок 3 – Кривая ТГА гексагидроксидантата цинка

Таким образом, механизм огнезащитного действия $Zr(OH)_4$ для ПММА, по-видимому такой же, как при использовании $Mg(OH)_2$ и $Al(OH)_3$. Однако максимальное количество H_2O , выделяющееся при термолитезе полимера, содержащего гидроксид циркония, обеспечивает более высокий выход углеродсодержащего остатка по сравнению с другими гидроксидами.

Полученные данные согласуются с результатами определения огнезащитных показателей полимерных композиций, содержащих гидроксиды металлов, методом кислородного индекса.

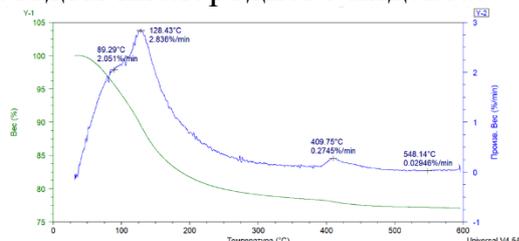


Рисунок 4 – Кривая ТГА гидроксида циркония

Список использованных источников:

1. Полиметилметакрилат.- URL: <http://www.rusplast.com/catalog/pmma> (дата обращения 05.03.2022)

2. Литовченко Д. И. Разработка составов и технологии пожаробезопасных светопрозрачных строительных конструкций и оргстекла: дис. ... канд. техн. наук: 05.17.06.- Саратов, 2014.- 128 с.

3. Производство оргстекла в России.— URL: <http://www.novattro.ru/articles/proizvodstvo-orgstekla> (дата обращения 05.03.2022)

4. Салимгареева В. Н., Колесов С. В. Термическая деструкция и стабилизация полиметилметакрилата// Изв. вузов. Сер . «Хим. и хим. технол.-2007. –Т. 50 (7).– с. 3-11.

5. Михайлин Ю. А. Тепло-, термо-, и огнестойкость полимерных материалов. – СПб.: Профессия, 2011. – 238 с.

6. Константинова Н.И., Смирнов И.В., Шебеко А.Ю. К вопросу об оценке эффективности огнезащиты полимерных материалов// Пожаровзрывобезопасность. 2018. Т.27. №7-8. с.32-42.

7. Ушков В. А. Воспламеняемость и дымообразующая способность полимерных композиционных материалов //Вестник МГСУ. – 2017. – Т. 12. – №. 8. – С.71-87.

8. Hamdy M. Naguib. Environmental-friendly recycled Polyester/ $Mg(OH)_2$ nanocomposite: Fire retardancy and thermal stability // Polymer Testing. -2018. Vol. 72. P. 308–314.

9. Jing Cai, Hui-Min Heng, Xiao-Ping Hu, Qi-Kui Xu, Fei Miao. A facile method for the preparation of novel fire-retardant layered double hydroxide and its application as nanofiller in UP // Polymer Degradation and Stability-. 2016. Vol.126. P. 47-57.

10. Qin Kai, Cheng Bo-wen, Liu Xiao-hui. Tianjin gongyedaxue xuebao// J. Tianjin Polytechn. Univ.-2012.- №2, с 50-54

© Мельникова О.Д., Середина М.А., Захарова В.А., 2022

УДК 691.175.2

**ИЗМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ТЕКУЧЕСТИ РАСПЛАВА
ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ
В ВИДЕ МАСТЕРБАТЧЕЙ
НА ОСНОВЕ ВТОРИЧНОГО ПОЛИЭТИЛЕНА
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ ДИСПЕРГАТОРОВ**

Миролубова Т.В., Редина Л.В.

Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Каждый год в мире неустанно растут объемы переработки полимеров, в особенности полимеров полиолефинового ряда, значительная часть которых используется для производства экструзионных изделий. Это создает проблему дефицита материалов, поскольку существует группа товаров, которая выпускается исключительно из первичного полимерного сырья – водонапорные трубы, пищевая упаковка, детские игрушки и изделия медицинского назначения. Однако одновременно растет потребительский спрос на окрашенные полимерные полиолефиновые пленочные материалы технического назначения. Такие пленочные материалы используются для производства мусорных мешков, термоусадочных пленок для транспортировки и хранения товаров, мешков для шин, одноразовых медицинских бахил и прочих изделий. Зачастую, из-за нехватки свободных объемов первичного сырья и для уменьшения их себестоимости они выпускаются на основе вторично переработанных полимеров, которые не обладают высокой степенью прозрачности, имеют структурную неоднородность, а также содержат различные примеси в виде цветных включений от флексокраски или ранее окрашенного материала. Поэтому основным требованием для окрашивания таких видов пленок является использование экономичных высоко пигментированных полимерных композиционных материалов (ПКМ) в виде мастербатча – суперконцентрата для окрашивания в массу, обладающих качественным и равномерным распределением пигмента в пленке. Как правило, полимерной основой для этих мастербатчей являются вторично переработанные полиолефины на основе полиэтилена высокого давления (ПЭВД). Необратимые изменения полимеры приобретают еще в процессе эксплуатации из-за протекающих фотохимических процессов, которые инициируют старение полимерных материалов, снижают срок их службы. В

процессе вторичной переработки, рециклинга, в полимере усиливаются необратимые процессы, вызванные термической деструкцией, термоокислительным и механохимическим воздействием. Происходит изменение и ухудшение свойств полимера, зависящие от кратности переработки. Поэтому вторичные полимеры характеризуются резким снижением разрушающего напряжения и особенно относительного удлинения, морозостойкости и теплостойкости при сравнительно низких напряжениях сдвига, а также резким снижением текучести расплава вследствие образования низкомолекулярных соединений и нерастворимых гель-фракций. Средний показатель текучести расплава (ПТР) вторичного гранулята ПЭВД обычно равен 0,3-3,0 г/10 минут. Для ПКМ в виде мастербатчей, ПТР является ключевой характеристикой, которая позволяет определить и прогнозировать в дальнейшем качество окрашивания и диспергирования пигмента в экструзионной пленке. Техническим решением для устранения проблемы брака готовой продукции и неоднородности окрашивания исходного вторичного сырья, обладающего крайне низким ПТР [1], является использование суперконцентрата с показателем текучести расплава в несколько раз превышающим ПТР исходного вторичного сырья.

В данной работе представлено получение суперконцентратов, окрашивающих полимерные изделия в синий цвет. Они имеют в своем составе пигмент голубой фталоцианиновый а-модификации РВ 15:1 (производства АО «Пигмент», Россия), неорганический наполнитель – микрокальцит (производства АО «Коелгамрамор», Россия), полимерную матрицу на основе вторичного ПЭВД с исходным ПТР=2,1 г/10минут, различные диспергаторы повышенной дозировки [2], комплекс термостабилизаторов и антиоксидантов. Для чистоты эксперимента рецептуры мастербатчей не изменялись по количеству и составу, за исключением использования различных типов диспергатора.

Стандартным диспергатором при производстве высоконаполненных мастербатчей является гомополимерный полиэтиленовый воск марки ПВ-200 (производства ОАО «Нафтан» завод «Полимир», Республика Беларусь), получаемый путем высокотемпературной деполимеризации из полиэтилена высокого давления. Полиэтиленовый воск ПВ-200 представляет собой мелкозернистый гранулят с размером частиц приблизительно 500 мкм, молекулярная масса около 7000. В качестве альтернативы использовали низкомолекулярный полиэтилен (НМПЭ-1) (производства ОАО «Казаньоргсинтез», Россия), который является отходом в производстве полиэтилена высокого давления, а также эпоксицированное соевое масло Е-10 (производитель ООО НПК «Изомер», Россия). НМПЭ-1 представляет собой мазеподобную массу с наличием жидкой фракции, средняя молекулярная масса ~3000. Эпоксицированное соевое масло – это

нетоксичная прозрачная жидкость, получаемая из натурального соевого масла, широко используемая как пластификатор при переработке ПВХ со средней молекулярной массой ~1000.

На базе ООО «Полистом» были произведены опытные партии образцов ПКМ в виде гранулированных мастербатчей трех описанных композиций с различными диспергаторами: образец №1 – на основе стандартного диспергатора полиэтиленового воска ПВ-200, образец №2 – на основе низкомолекулярного полиэтилена НМПЭ-1, образец №3 – на основе эпоксицированного соевого масла. Составы композиций представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Составы композиций с разными типами диспергаторов

Наименование компонента	Содержание, %		
	Образец №1	Образец №2	Образец №3
Вторичный гранулят ПЭВД	30	30	30
Пигмент голубой 15:1	10	10	10
Полиэтиленовый воск ПВ-200	5		
НМПЭ-1		5	
Эпоксицированное соевое масло			5
Микрокальцит	50	50	50
Антиоксидант	3	3	3
Термостабилизатор	2	2	2
Итого	100	100	100

Все составляющие компоненты (премиксы) предварительно смешивались в высокоскоростном лабораторном смесителе LMX10-VS для лучшей гомогенизации. Процесс производства мастербатчей проводился на линии грануляции, включающей двухшнековый экструдер с низким напряжением сдвига марки Leistritz, для более равномерного распределения наполнителя внутри полимерной матрицы. Для определения показателя текучести расплава (г/10 мин) по ГОСТ 11645 использовался прибор Пластометр RR/6МРСА/112. Испытания проводили при температуре 190°C и нагрузке 2,16 кг. Сравнение полученных показателей представлено в табл. 2.

Таблица 2 – Результаты измерения основных показателей мастербатчей

Наименование показателей	Фактическое значение		
	Образец №1	Образец №2	Образец №3
ПТР (2,16 кгс/190°C), г/10мин	3,8	5,1	5,4
Тпл, °C	127,2	122,6	120,8

В результате исследований выявлено увеличение показателя ПТР у образца №2 (на 35%) и у образца №3 (на 42%), по сравнению с образцом №1 стандартной рецептуры. Также отмечены более низкая температура плавления у образца №2 (на 4,6°C) и у образца №3 (на 6,4°C) по сравнению с образцом №1. Увеличение ПТР мастербатчей образцов №2 и №3 может быть связано с более низкой молекулярной массой находящихся в их составе диспергаторов, что приводит к ослаблению межмолекулярных взаимодействий основного полимера, в результате чего ускоряется его истечение через фильеру. Полученные результаты свидетельствуют об эффективности замены стандартного диспергатора гомополимерного

полиэтиленового воска ПВ-200 на НМПЭ-1 или эпоксирированное соевое масло. Немаловажным является фактор простоты приготовления премиксов таких мастербатчей. Так, на стадии смешения образца №3 с использованием эпоксирированного соевого масла труднее было производить выгрузку композиции из смесителя из-за большого налипания на стенки миксера. Агрегатное состояние эпоксирированного соевого масла затрудняет его использование в качестве диспергатора. Производство мастербатчей на его основе представляется возможным только при использовании дополнительного оборудования, а именно – компрессорного насоса для налива масла из тары и специального дополнительного бокового дозатора на линии грануляции, который способен подавать жидкое масло непосредственно в экструдер. Следует отметить, что применение альтернативных диспергаторов снижает себестоимость готового продукта, что также является существенным фактором.

Список использованных источников:

1. Раувендааль К. Экструзия полимеров / под ред. А. Я. Малкина. - Санкт-Петербург : Профессия, 2010. - 762 с.
2. Мюллер Альбрехт. Окрашивание полимерных материалов. - Санкт-Петербург : Профессия, 2006 (СПб. : ИПК Бионт). - 277 с.

© Миролюбова Т.В., Редина Л.В., 2022

УДК 677.027.625:677.4:519.2

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ТЕРМООКСИЛИТЕЛЬНОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ МОДИФИЦИРОВАННОЙ ПКА НИТИ

Морозова М.А., Редина Л.В., Блинкова П.О.

Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Углеродное волокно (УВ) применяется в самых разнообразных сферах и областях, так как имеет качества, превосходящие другие материалы. Однако недостаточная сырьевая база и высокая стоимость ограничивает широкое применение УВ. Использование поликапроамидных (ПКА) волокон в качестве прекурсора УВ может быть экономически более выгодным [1-3].

Процесс получения УВ из прекурсоров состоит из трех основных стадий: окисление, карбонизация и графитация. Предокисление – наиболее важная стадия, на которой образуются предструктуры УВ. Поскольку ПКА является термопластичным полимером, то важной задачей является перевод волокна в неплавкое состояние с сохранением волокнистой структуры, что может быть достигнуто путем поверхностной модификации волокон

веществами, способствующими улучшению физико-механических характеристик, а также термостойкости, например, силоксановым каучуком [4]. Также важно подобрать оптимальные параметры термоокислительной стабилизации и спрогнозировать свойства предокисленного волокна.

В качестве прекурсора была использована высокопрочная поликапроамидная нить линейной плотностью 187 текс (ПАО «КуйбышевАзот», ТУ 2272-028-00205311-04), модификатор – терморезактивный силоксановый каучук (СКТН-А), отвердитель – катализатор 18 (раствор диэтилдикаприлата олова в этилсиликате-32).

С целью оптимизации параметров режима термоокислительной стабилизации поликапроамидного волокна проводили математическое моделирование процесса, для которого был выбран двухфакторный эксперимент нелинейной модели.

Основными факторами, определяющими достижение высокого уровня свойств термостабилизированного волокна, являются привес модификатора на волокне (X1) и режим (время) термообработки (X2), которые были выбраны в качестве управляемых параметров (табл. 1).

Привес силоксанового каучука изменялся от 21,4 до 92%, что обусловлено минимально и максимально возможным количеством модификатора на волокне.

Таблица 1 – Значения параметров процесса на разных уровнях

Входные параметры	Кодовое обозначение	Привес, % (X1)	Режимы обработки, ч (X2)
Основной уровень	О	56,7	3,75 (3ч 45мин)
Шаг варьирования	Ш	24,9	1,6 (1ч 36мин)
Нижний уровень	-	35,3	2,15 (2ч 9мин)
Верхний уровень	+	81,7	5,35 (5ч 21мин)
"Звездные" точки	-1,414	21,4	1,5 (1ч 30мин)
	+1,414	92	6 (6ч)

Минимальную (1 час 30 минут) и максимальную (6 часов) длительность термообработки выбирали на основе литературных данных [5]. Выбор температурных интервалов (табл. 2) основывался на свойствах поликапроамидного волокна, в частности, на температуре его плавления. Распределение времени проводили пропорционально для каждого уровня. Термостабилизирование модифицированного ПКА при температуре (180°C-230°C) близкой к температуре плавления дает возможность провести внутримолекулярные превращения, что подтвердилось исследованием растворимости поликапроамидного волокна 4,47 М соляной кислотой: исходное ПКА волокно и модифицированное без термостабилизации растворились в отличие от предокисленного образца.

Таблица 2 – Режимы термоокислительной стабилизации

Уровень	+1.414	-1.414	+	-	Осн.
180°C	2часа	30мин	1час47мин	43мин	1час15мин
200°C	2часа	30мин	1час47мин	43мин	1час15мин
210°C	1час	15мин	54мин	22мин	38мин
230°C	1час	15мин	54мин	22мин	38мин

В качестве параметров оптимизации (Y_n) были выбраны: усадка (Y_1), потеря массы (Y_2), удлинение (Y_3), разрывная нагрузка (Y_4) и коксовый остаток (Y_5). Был составлен план эксперимента (табл. 3), который включал 13 опытов.

Таблица 3 – Плановая и рабочая матрица нелинейной модели второго порядка для двухфакторного эксперимента

Номер опыта	X1 привес, %	X2 режимы обработки, ч	Y1 удлинение, % мм	Y2 разрывная нагрузка, Н	Y3 потеря массы, %	Y4 усадка, %	Y5 КО, %
«Ядро плана»							
1	81,7 (+)	5,35 (+)	2,26	11,3	10,3	3,4	10,525
2	35,3 (-)	5,35 (+)	3,1	15,5	7,55	3,16	15
3	81,7 (+)	2,15 (-)	3,1	15,5	10,5	7,95	30
4	35,3 (-)	2,15 (-)	2,8	14	6,56	5,27	40
«Звездные точки»							
5	21,4 (-1,414)	3,75 (0)	2,25	12	7,5	2,32	20,6
6	92 (+1,414)	3,75 (0)	2	10	11,55	2,1	9,37
7	56,7 (0)	1,5 (-1,414)	2,7	13,5	9,7	6,9	40,48
8	56,7 (0)	6 (+1,414)	2,4	12	8,03	3,05	18,18
«Центр плана»							
9	56,7 (0)	3,75 (0)	2,2	11	6,8	3,6	26,6
10	56,7 (0)	3,75 (0)	2,2	11	8,2	4,45	18,75
11	56,7 (0)	3,75 (0)	2,2	11	9,7	3,2	12,5
12	56,7 (0)	3,75 (0)	2,4	12	9,7	4,2	6,6
13	56,7 (0)	3,75 (0)	1,9	9	10,2	2,06	6,6

Расчет коэффициентов уравнения регрессии проводился на ЭВМ с помощью кафедральной программы r2p2fe-exe. Получены следующие уравнения регрессии (с учетом значимости коэффициентов):

$$Y_1 = 2,18 - 0,2850X_1X_2 + 0,3023X_2^2 \quad (1)$$

$$Y_2 = 8,92 + 1,5521X_1 \quad (2)$$

$$Y_3 = 3,5020 - 1,5130X_2 + 1,0712X_2^2 \quad (3)$$

$$Y_4 = 14,21 - 9,5040X_2 \quad (4)$$

$$Y_5 = 7,4940 + 2,2371X_1 \quad (5)$$

Проверка адекватности уравнений проводилась по критерию Фишера F , путем сравнения его расчетного значения, которое дает ЭВМ, с табличным на 5% уровне значимости [6]. Для уравнения (1) $F_{расч.} = 4,8142$, для уравнения (2) $F_{расч.} = 0,3044$, для уравнения (3) $F_{расч.} = 1,9248$, для уравнения (4) $F_{расч.} = 0,1235$, а для уравнения (5) $F_{расч.} = 1,0452$. Полученные значения оказались меньше табличного, равного 6,59, следовательно, данные уравнения являются адекватными, что позволяет анализировать их и использовать для подбора оптимальных параметров термоокислительной стабилизации модифицированного поликапроамидного волокна.

Анализ уравнений позволяет сделать вывод о том, что уменьшение продолжительности (X_2) термоокисления приводит к увеличению усадки (Y_1) нити. Потеря массы (Y_2) и удлинение (Y_3) нити в результате термического воздействия также зависит от продолжительности (X_2), при увеличении этого фактора наблюдается рост параметров Y_2 и Y_3 . Разрывная нагрузка (Y_4) термоокисленной нити и коксовый остаток (Y_5) зависят от количества модификатора (X_1) на ней, с увеличением которого оба параметра повышаются.

Предложенная математическая модель процесса термоокислительной стабилизации модифицированной поликапроамидной нити позволяет с достаточной степенью точности прогнозировать указанный процесс, что дает возможность проводить оценку функционально-эксплуатационных свойств нити и осуществлять поиск оптимальных условий процесса.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-33-90055.

Список использованных источников:

1. Karacan I. Characterization of amorphous carbon fibers produced from thermally stabilized polyamide 6 fibers // J. Ind. Text. – Vol. 65, 2016. – P. 1 – 27.

2. Okamba-Diogo O., Femagut F., Guilment J., Pery F., Fayolle B., Richaud E. Thermal stabilization of polyamide 11 by phenolic antioxidants // Polymer Degradation and Stability. – Vol. 179, 2020. – P. 109 – 206.

3. Qi S., Wen X. New insight into the thermal-oxidative stability of polyamide 6: a comparison investigation on the effect of hindered amine and CuI/KI // Polymer engineering and science. – Vol. 61 (2), 2021. – P. 348 – 361.

4. Морозова М.А. Влияние поверхностной модификации поликапроамидных волокон термореактивными смолами на процесс термоокисления / Морозова М.А., Редина Л.В. // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – Иваново: Ивановский государственный политехнический университет. – 2021. – С. 141 – 145.

5. Конкин, А.А. Углеродные и другие жаростойкие волокнистые материалы / А. А. Конкин. – М. : Химия, 1974. – 376 с.

6. Дружинина Т.В. Химические волокна: основы получения, методы исследования и модифицирования / Т.В. Дружинина, Л.С. Слеткина, И.Н. Горбачева, Л.В. Редина – М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2006. – 472 с.

© Морозова М.А., Редина Л.В., Блинкова П.О., 2022

УДК 621.6

МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Николаева Е.Ю.

Научный руководитель Чичиров А.А.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань

В данной статье рассмотрены существующие методы производства водорода в промышленности. Проведено сравнение методов: электролиз воды, паровая или парокислородная конверсия метана (ПКМ), газификация угля, коксование.

Водород – один из многих элементов, который в чистом виде практически не встречается в природе, но активно используется в

промышленности и быту. Одним из основных преимуществ водородной энергетики является широкий спектр химических методов получения водорода, как теоретических, так и коммерческих.

Электролиз воды – очень дорогая технология получения водорода. В общей сложности, на неё приходится всего 5% от общего объема производимого водорода.

Технология электролиза воды кажется привлекательной благодаря бережному отношению к окружающей среде и возможности создания установок с широким диапазоном производительности (от нескольких литров до сотен кубометров водорода в час). Метод прост и комфортен в эксплуатации, имеет высокую чистоту получаемого водорода. Кроме того, побочным продуктом является производство кислорода, ценного химического вещества.

Щелочное электролизное устройство – это устройство, которое использует процесс проведения электрического тока через электролит 30% растворов гидроксида калия и гидроксида натрия из анода в катод, в результате чего на них формируются газы: водород и кислород.

Паровая или парокислородная конверсия метана (ПКМ). Метан – основной компонент природного газа, его концентрация в нем колеблется от 75 до 99%. Высокое содержание метана в попутных нефтяных газах составляет от 30 до 90%. Метан на самом деле представляет собой большую молекулу водорода, состоящую из одного атома углерода и 4 атомов водорода. Химическая формула показывает, что метан «сильно обогащен» водородом. Следовательно, производство водорода из метана должно быть самым дешевым. Это самый дешевый и рентабельный способ получения водорода.

Газификация угля. Производство водорода связано с термическим разложением воды, а сам уголь используется непосредственно в качестве источника энергии и химического реагента. Уголь содержит много углерода, который вступает в реакцию с кислородом, водой и оксидом углерода.

Недостатками методов производства водорода из природного топлива являются выбросы большого количества углекислого газа в атмосферу, утилизации которого требуются значительные капитальные затраты и эксплуатационные расходы, что увеличивает стоимость конечных продуктов.

Водород можно получить при сильном нагреве углеводородов, например метана. Термические разложения углеводородов могут быть выполнены различными технологиями. В расплавленное железо впитывают углеводороды. Распад углеводорода происходит, образовав свободный водород и растворив углерод в жидких металлах. Из железа выжигается выделяющийся углерод при проработке расплава кислорода. В процессе

выжигания углерода получается больше тепла, чем потребуется, чтобы разложить углеводород. Избыток тепла используется для того, чтобы получить пара.

Коксование – это разложение при высоких температурах без доступа воздуха твердого и жидкого ископаемого топлива с образованием летучих веществ и твердого остатка – кокса. Газообразные продукты, полученные при коксовании, вместе с водородом содержат водяной пар, летучие газообразные углеводороды, азот, углекислый газ, метан. Содержание водорода в газообразных продуктах коксования могут значительно отличаться – от 50% в угле, 20% в торфе, 35% в буром угле, до 80% в каменноугольной и буроугольной смолах.

Водород может быть получен при помощи биологических методов. Из биомассы выделяются два основных способа получения водорода: термохимия и биохимия. Биохимическая обработка водорода не связана с выбросом парниковых газов и прочими загрязняющими отходами. Известно, что микроскопические зеленые водоросли и цианобактерии могут в некоторых условиях выделять молекулярный водород в реакциях фотосинтеза, использующих воду в качестве источника электронов, а солнце в качестве источника энергий. Эти растущие в воде организмы легко разделяют воду на водород и кислород.

При фотосинтезе электроны из водой переносятся на углекислый газа, который становится углеводом. В безвоздушных условиях, не имеющих углекислых газов, кислорода, азота, зеленые водоросли и цианобактерии переносят электрон на протоны, выделяют водород. Фотобиологическое деление водорода водорослей и цианобактерий оказывает влияние на активность двух ферментов – гидрогеназы и нитрогеназы, чувствительных к кислороду. В случае непрямого биофотолиза воды микроводоросли и цианоцианобактерии выработка водорода происходит внутриклеточных энергоресурсов, в том числе углеводов, например крахмалов и гликоген.

Для сравнения методов необходимо учитывать экономические затраты. Газификация угля и паровая конверсия являются самыми недорогостоящими для получения водорода. Переход на электролиз или термохимические циклы – достаточно дорогостоящий процесс.

Таблица 1 – Основные характеристики методов получения водорода.

Методы получения водорода	КПД, %	Температура, К	Стоимость, тыс. долл./т
Паровая конверсия	60-70	1000-1300	1,5-3
Парокислородная конверсия	65-70	1000-1200	1,1-1,5
Газификация угля	60-80	1200-1400	2,0-2,5
Щелочной электролиз	20-30	320-370	3,9-5,1
ТПЭ	20-35	350-450	2,5-3,2
Высокотемпературный электролиз	40-42	1000-1300	2-3,5
Термоэлектрохимические циклы	35-45	1000	1,6-6,7
Термохимические циклы	>50	1100-1300	1,5-7,4
Биохимические процессы	10	310-340	12

Таким образом, основные запасы водорода, полученные в промышленности, основаны на переработке углеводородного материала. Более 90% водорода, произведенного и применяемого в промышленности, нефтеперерабатывающих и прочих отраслях, получают путем парового и парокислородной конверсии газа на установках с мощностью 6-50 тысяч тонн в год. Метод электролиза, который также хорошо изучается сейчас, получает около 5% общего водородного производства.

Список использованных источников:

1. Методы получения водорода в промышленном масштабе. Сравнительный анализ, Шафиев Д.Р., Трапезников А.Н., Хохонов А.А., Агарков Д.А., Бредихин С.И., Чичиров А.А., Субчева Е.Н., Успехи в химии и химической технологии. 2020. Т. 34. № 12 (235). С. 53-57.

2. Семенова, И.В. Производство электролитического водорода. Физико-химические закономерности, современное состояние и перспективы развития / И.В. Семенова // Энергосбережение и водоподготовка. - 2010. - № 3. - С. 15-21.

3. Астановский, Д.Л. Энергосберегающее, экологически чистое получение водорода из углеводородного сырья / Д.Л. Астановский, Л.З. Астановский, П.В. Кустов // НефтеГазоХимия. – 2016. – №. 3. – С. 10–16.

4. Дуников, Д.О. Водородные энергетические технологии / Д.О. Дуников // Водородные энергетические технологии: Материалы семинара лаборатории ВЭТ ОИВТ РАН: сборник научных трудов. –2017. – С. 5–21.

5. Глобальное энергетическое объединение: новые возможности водородных технологий, Филимонов А.Г., Филимонова А.А., Чичиров А.А., Чичирова Н.Д., Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23. № 2. С. 3-13.

© Николаева Е.Ю., 2022

УДК 666.9-127

ПОРООБРАЗОВАТЕЛИ В ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ЯЧЕИСТЫХ ГЕОПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Новиков Ю.В., Яценко В.С.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова», Новочеркасск

Геополимеры – новый класс материалов – гидравлических вяжущих щелочной активации. Они представляют собой трехмерные алюмосиликатные матрицы, состоящие из тетраэдров $[\text{SiO}_4]^{4-}$ и $[\text{AlO}_4]^{5-}$ соединенных мостиковым кислородом, при этом соединения Si-O-Al замыкаются в цепи и кольца [1]. Эмпирическая формула геополимеров

выглядит следующим образом: $M_n\{(SiO_2)_zAlO_2\}_n, wH_2O$ (1), где: M – атом щелочного металла; z – значение равное 1, 2, 3 и более, описывающее соотношение Si/Al; n – степень полимеризации или поликонденсации [2].

Геополимерные материалы возможно получить на основе природного сырья (полевой шпат, глинистые минералы, магматические горные породы), но с экологической и экономической точек зрения целесообразно использование техногенные отходы (зола-унос, золошлаки угольных электростанций, металлургические шлаки). Золошлаковые отходы (ЗШО) угольной генерации являются наиболее перспективным сырьем для получения геополимеров, в связи с большим наличием стеклокристаллических алюмосиликатных фаз и высокой дисперсности. Ежегодно в Российской Федерации образуется около 2 млн. т ЗШО, которые занимают территории более 22000 га, 20% которых в основном сосредоточены в Арктической зоне страны [3, 4]. При этом объем переработки данного отхода не превышает 10-12%, в связи с чем проблема накопления и утилизации ЗШО в РФ стоит наиболее остро.

Геополимерные материалы на основе ЗШО получают путем обработки золошлаков щелочным активатором – смесью растворов гидроксида натрия и силиката натрия. Считается, что при данном процессе происходит растворение SiO_2 и Al_2O_3 с образованием силикатов и алюминатов, разрушение полимерных структур в составе сырья с образованием мономеров и дальнейшее схватывание и уплотнение в результате полимеризации мономеров [5].

Особый интерес представляют ячеистые геополимерные материалы, обладающие плотностью менее 1000 кг/м^3 и высокими теплоизоляционными свойствами, что может позволить использовать их в дорожном строительстве в условиях Арктической зоны РФ, в качестве дополнительного морозозащитного слоя, предотвращающего разрушение дорожного полотна, за счет вспучивания грунта из-за высокой влажности и длительных периодов с отрицательной температурой окружающей среды [6]. Для достижения ячеистой структуры геополимеров, в сырьевой состав необходимо вводить добавки – порообразователи, обеспечивающие создание системы пор.

Наиболее актуальными порообразующими добавками для получения ячеистых геополимерных материалов являются алюминиевый порошок и пероксид водорода, ввиду своей дешевизны и доступности. При введении алюминиевого порошка в геополимерную суспензию, состоящую из ЗШО, воды и щелочного активатора, происходит его взаимодействие с NaOH, которое условно описывается формулой: $2Al+2NaOH+6H_2O=2Na[Al(OH)_4]+3H_2$ (2).

При данном процессе происходит образование гидроксоалюминатов натрия и газообразного водорода, вспенивающего реакцию смесь.

При введении концентрированного раствора пероксида водорода (пергидроля) происходит его каталитическое разложение на воду и газообразный кислород по формуле: $2\text{H}_2\text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ (3).

Катализаторами разложения пероксида водорода являются соединения железа, присутствующие в ЗШО.

Для изучения порообразующих свойств алюминиевого порошка и пероксида водорода использовали ЗШО Северодвинской ТЭЦ-1 (истинная плотность – 2034 кг/м^3), состав которой приведен в табл. 1.

Таблица 1 – Химический состав ЗШО Северодвинский ТЭЦ-1 (мас. %)

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	TiO ₂	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	ППП
60,75	17,67	5,93	2,07	2,71	0,32	0,82	2,29	3,54	0,21	2,29

Золошлак предварительно подвергался сушке и помолу до размера частиц менее 250 мкм. Для получения геополимерной суспензии к сухому ЗШО добавляли щелочной активатор, состоящий из 45% раствора силиката натрия и 12М раствора гидроксида натрия, а также необходимое количество воды, до получения однородной суспензии, после чего в смесь вводили алюминиевую пудру марки ПАП-1 или 35% водный раствор пероксида водорода. Далее образцы подвергались сушке при температуре 70°C в течение 12 часов. Сырьевой состав исследуемых образцов геополимеров приведен в табл. 2.

Таблица 2 – Сырьевой состав геополимеров

№ образца	Содержание компонентов, %					
	ЗШО	Щелочной активатор		Порообразователь (сверх 100%)		Стеарат натрия (сверх 100 %)
		NaOH	Na ₂ SiO ₃	Al	H ₂ O ₂	
1	73,0	2,0	25,0	2,0	-	1,0
2	73,0	2,0	25,0	-	2,0	1,0

Стеарат натрия выступающий в роли ПАВ в состав сырьевой смеси вводится с целью стабилизации пенного каркаса геополимера, за счет возрастания стабильности структуры пены, которое достигается путем уменьшения и дальнейшего прекращения истечения междупеночной жидкости, за счет чего пенный каркас способен сохранять свою структуру более долгое время [7].

По результатам исследования были получены 2 образца, макроструктура которых представлена на рис. 1.

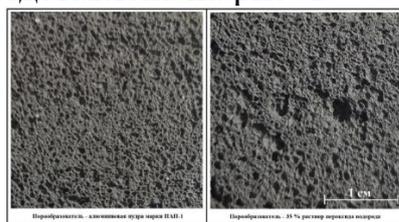


Рисунок 1 – Макроструктура синтезированных образцов геополимеров

Плотность образца №1 с добавлением в качестве порообразователя алюминиевой пудры марки ПАП-1 составляет 635 кг/м^3 , плотность образца №2 с добавлением в качестве порообразователя 35% раствора пероксида

водорода составляет 484 кг/м³. Отсюда видно, что раствор пероксида водорода проявил лучшие порообразующие свойства, по сравнению с алюминиевой пудрой, однако пористая структура образца №2 неравномерна, диаметр макропор колеблется в размере от 1 до 3,5 мм. Данный фактор может вести к снижению физико-механических свойств таких ячеистых геополимеров. Пористая структура образца №1 равномерна, диаметр макропор лежит в диапазоне от 0,8 до 1,5 мм.

Несмотря на то, что в данном случае алюминиевая пудра проявила худшие порообразующие свойства, она является предпочтительным порообразователем для получения ячеистых геополимерных материалов, так как позволяет получать равномерную пористую структуру образцов. Недостаточную порообразующую активность исследуемой пудры и как следствие, более высокую плотность образца, можно объяснить следующим образом: марка алюминиевой пудры ПАП-1 производится для нужд лакокрасочной промышленности и для достижения высокой кроющей способности алюминиевый порошок подвергают процессу полировки, в результате которого частицы алюминия приобретают чешуйчатую форму, покрытые пленкой оксида алюминия и оболочкой стеарина, используемого в процессе приготовления пудры для гидрофобизирования ее поверхности. Такой порошок обладает полидисперсным составом. Тонкодисперсные частицы алюминия при этом вступают в реакцию еще на стадии приготовления геополимерной суспензии, в результате чего происходит частичная потеря газа, а благодаря чешуйчатой форме частиц снижается равномерное распределение порообразователя по всему объему реакционной суспензии, ввиду всплывания отдельных частиц на ее поверхность.

В связи с этим можно предположить, что для достижения более низкой плотности ячеистых геополимерных материалов, необходимо использовать алюминиевую пудру, обладающую монодисперсным составом и сферической формой частиц металла, поверхность которых должна обладать гидрофильными свойствами.

Работа выполнена в ЮРГПУ (НПИ) при финансовой поддержке Российского научного фонда, Соглашение № 21-19-00203 “Эффективные температуроотверждаемые экогеополимеры для дорожного строительства в условиях Арктической зоны Российской Федерации на основе отходов сжигания твердых топлив на местных ТЭЦ” (руководитель – Е.А. Яценко).

Список использованных источников:

1. Ерошкина Н. А., Коровкин М. О. Геополимерные строительные материалы на основе промышленных отходов. Монография. – 2014.
2. Davidovits, J. Geopolymer chemistry and applications. 3rd eddition. France, Saint-Quentin: Institute Geopolymer, 2011.

3. Шамрай Е.И., Таскин А.В., Иванников С.И., Юдаков А.А. Исследование возможностей комплексной переработки отходов предприятий энергетики Приморского края // Современные наукоемкие технологии – 2017. – №3 С. 68-75.

4. «Круглый стол» на тему «Законодательное регулирование использования золошлаковых отходов угольных ТЭС» [Электронный ресурс] // Министерство энергетики Российской Федерации. URL: <https://minenergo.gov.ru/node/14014> (дата обращения 15.03.2022).

5. Davidovits J. 30 Years of Successes and Failures in Geopolymer Applications. Market Trends and Potential Breakthroughs // Geopolymer 2002 Conference, October 28-29, 2002, Melbourne, Australia.

6. Yatsenko, E.A.; Ryabova, A.V.; Vilbitskaya, N.A.; Kurdashov, V.M.; Trofimov, S.V. Ecogeopolymers based on ash and slag waste from thermal power plants - promising materials for the construction of roads in the Arctic zone of the Russian Federation. Glass and Ceramics. 2021, 12, 32-37.

7. Фролов Ю. Г. Курс коллоидной химии: Поверхностные явления и дисперсные системы. – Издательство Альянс, 2004.

© Новиков Ю.В., Яценко В.С., 2022

УДК 66

ИЗУЧЕНИЕ СОРБЦИОННОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ СКАНДИЯ ИЗ КРАСНОГО ШЛАМА ЯНТАРНОЙ КИСЛОТОЙ

Окилов Б.Р., Тошходжаев Н.А.

Худжандский политехнический институт Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими, Худжанд, Таджикистан

Бычкова И.Н.

Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Скандий (Sc) является типичным рассеянным лиофильным элементом и широко распространен в земной коре, а потому для добычи этого элемента важно полное извлечение его из перерабатываемых руд. Скандий используется в металлургии для получения алюминиево-скандиевых сплавов, в производстве твердых оксидных топливных элементов, оптических приборов, микроэлектроники и др. Также оксид скандия используется в осветительных элементах высокой интенсивности, а добавка иодида скандия к атмосфере ртутно-газовых ламп позволяет сделать их свет более похожим на естественный. Широкому применению скандия препятствует высокая цена, обусловленная в свою очередь отсутствием собственных месторождений и высокой рассеянностью.

Красный шлам – отход процесса Байера, в настоящее время его ежегодно образуется по различным оценкам до 120 млн. тонн [1], и в будущем это число будет расти вследствие увеличения промышленного производства алюминия. Принимая во внимание относительно высокое содержание и доступность скандия, красный шлам можно рассматривать как важный и перспективный скандиевый ресурс.

Другое перспективное направление – извлечение других ценных компонентов Al, Fe [2], Ga, V [3], Sc [4, 5].

К настоящему времени достаточно хорошо изучено выщелачивание скандия сорбционным методом из растворов красного шлама с минеральными кислотами. Сам процесс выщелачивания скандия янтарной кислотой из красного шлама был ранее изучен в работе [6]. Данная же работа посвящена изучению сорбционного выщелачивания скандия из красного шлама янтарной кислотой. Использование янтарной кислоты в ходе переработки подобных отходов, при нынешнем неудовлетворительном состоянии окружающей среды, является более экологичной альтернативой методам, использующим «традиционные кислоты».

Янтарная кислота (ЯК) является предельной двухосновной карбоновой кислотой. Она используется в производстве лекарственных препаратов и БАДов в форме таблеток, капсул, растворов для инъекций или расфасовывают по саше. Вещество добавляют в косметические маски, скрабы, зубные порошки, настойки для ингаляций. Янтарную кислоту применяют в качестве биологической добавки в питании животных и для подкормки растений.

Существуют исследования по применению ЯК в качестве выщелачивающего агента для извлечения лития, магния некоторых других элементов. Перспективы использования ЯК – меньшее воздействие процесса на окружающую среду, селективное выщелачивание, возможность рециклизации кислоты в процессе, путем кристаллизации отгонки или электрохимического восстановления [7].

Экспериментальная часть. В данном эксперименте был использован красный шлам (далее КШ) Уральского Алюминиевого завода.

Состав КШ определяли методом ИСП МС. Была взята навеска КШ и к нему добавили раствор царской водки в соотношении Т:Ж = 1:5. Далее проводили выщелачивание в течении 2 часов, фильтровали и разбавили. Состав красного шлама приведен в табл. 1.

Состав КШ определяли растворением навески в царской водке с последующим анализом методом ИСП МС.

Таблица 1 – Исходный состав красного шлама

Элемент	С, %	Элемент	С, %
Na	3,888	Sc	0,014
Al	7,308	Fe	32,872
Ca	8,294	Th	0,005
Ti	1,452	U	0,006
V	0,052	ΣРЗЭ	0,154

Для изучения сорбционного выщелачивания были использованы несколько видов смол, используемых для извлечения скандия: Lewatit TP260, Tulsion CH93, Purolite S957, а также ТВЭКсы на основе Д2ЭГФК: Lewatit VP-OC 1026, Puromet 7010, Hydrolite 800, Sunresin LSC 790.

Таблица 2 – Характеристика использованных сорбентов

Марка ионита	Функциональная группа ионита
Puromet 7010	Д2ЭГФК
LSC 790	Д2ЭГФК
Lewatit VP-OC 1026	Д2ЭГФК
Hydrolite 800	Д2ЭГФК
Tulsion CH93	Аминометилфосфоновая
Lewatit TP260	Аминометилфосфоновая
Purolite S957	Фосфоновая и сульфогруппа

Перед началом опытов исходный красный шлам нейтрализован от избыточной щелочи до pH 8 и отмыт дистиллированной водой.

В первом части работы было изучено сравнение степени извлечения скандия из красного шлама с минеральной и янтарной кислот при разных водородных показателях. В качестве минеральной кислоты была использована серная кислота. В данном опыте были приготовлены растворы янтарной и серной кислоты с водородным показателем (pH) 4; 3,5; 3; 2,2 и в течение 2 часов проводились выщелачивания при температуре 70°C, так как растворимость янтарной кислоты ограничена при малых температурах. После выщелачивания раствор отфильтровывался и анализировался.

Во второй части работы было изучено сорбционное выщелачивание с разными смолами. Этот способ более простой и он исключает уменьшить количество стадии выщелачивания со смолой. Для этого были использованы те смолы, которые указаны выше. Далее было взято по 8 г красного шлама и добавлено в 40 мл раствора янтарной кислоты с концентрации 60 г/л. А также было добавлено по 2 мл смолы и в течение 2 часов проводились выщелачивание. После этого смолу отделили от раствора, промывали дистиллированной водой и десорбировали раствором плавиковой кислотой с последующим анализом раствора.

Анализ растворов проводился методом ISP-MS на спектрометре Nexion 350X (Perkin Elmer, USA).

После проведения первого опыта были построены зависимости степени извлечения скандия от pH раствора (рис. 1).

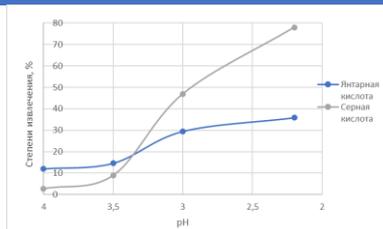


Рисунок 1 – Зависимость степени извлечения скандия от pH раствора.

Из графика видно, что при больших значениях показателя pH степень извлечения скандия из красного шлама с янтарной кислотой выше. Это вероятно связано с комплексообразованием скандия с янтарной кислотой.

После проведения предварительных опытов по степени извлечения скандия при сорбционном выщелачивании наилучший результат показала смола Lewatit VP-OC 1026. Конечные данные приведены в табл. 3.

Таблица 3 – Степень извлечения скандия при сорбционном выщелачивании.

Марка ионита	Степень извлечения Sc, %
Puromet 7010	8,895
LSC 790	5,146
Lewatit VP-OC 1026	9,320
Hydrolite 800	8,187
Tulsion CH93	7,695
Lewatit TP260	6,804
Purolite S957	8,669

Сорбционное выщелачивание позволяет упростить технологическую схему, убрав из нее операцию фильтрации, а также увеличить степень извлечения за счет увеличения градиента концентрации в системе твердое вещество-раствор.

В работе было изучено сорбционное выщелачивание скандия из красного шлама янтарной кислотой. А также был выбран смола Lewatit VP-OC 1026 для сорбционного выщелачивания так как он показал наилучший результат. Способ показал возможность извлечения скандия с методом сорбционным выщелачиванием, однако максимально достигнутая степень извлечения достаточно низка, поэтому требуется исследования по интенсификации выделения скандия.

Список использованных источников:

1. Liu W., Yang J., Xiao B. Review on treatment and utilization of bauxite residues in China // *Int. J. Miner. Process. Elsevier B.V.*, 2009. Т. 93, № 3–4. С. 220–231.
2. Ghosh I. и др. Leaching of metals from fresh and sintered red mud // *J. Hazard. Mater. Elsevier B.V.*, 2011. Т. 185, № 2–3. С. 662–668.
3. Abdulvaliyev R.A. и др. Gallium and vanadium extraction from red mud of Turkish alumina refinery plant: Hydrogarnet process // *Hydrometallurgy. Elsevier B.V.*, 2015. Т. 157. С. 72–77.
4. Borra C.R. и др. Leaching of rare earths from bauxite residue (red mud) // *Miner. Eng. Elsevier Ltd*, 2015. Т. 76. С. 20–27.

5. Zhang N., Li H.X., Liu X.M. Recovery of scandium from bauxite residue–red mud: a review // Rare Met. Nonferrous Metals Society of China, 2016. Т. 35, № 12. С. 887–900.

6. Oqilov B. R., Botalov M. S., Rychkov V. N., Kirillov E. V., Smyshlyaev D. V., Malyshev A. S., Taukin A. O., Yuldashbaeva A. R. Study of scandium leaching from the red mud by succinic acid // AIP Conference Proceedings, 2020. 2313, 050022

7. Gausmann M. и др. Recovery of succinic acid by integrated multi-phase electrochemical pH-shift extraction and crystallization // Sep. Purif. Technol. Elsevier, 2020. Т. 240, № December 2019. С. 116489.

© Окилов Б.Р., Тошходжаев Н.А., Бычкова И.Н., 2022

УДК 675.92.035

МОДИФИКАЦИЯ СИНТЕТИЧЕСКИХ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ ПРЯМОГО ГАЗОВОГО ФТОРИРОВАНИЯ С ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ПРОПИТКОЙ ДИСПЕРСИЕЙ

Переверзева Т.А., Черноусова Н.В.

Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Практическое использование синтезированных полимеров, таких как фторсодержащие полимеры, ограничено из-за их высокой стоимости и сложности синтеза. Однако свойства полимерных изделий определяются в основном их поверхностными свойствами. Следовательно, нет необходимости изготавливать изделия из фторполимеров, но проще, дешевле и удобнее применять поверхностную обработку широко используемых полимеров с целью их модификации.

Особенно эффективным подходом к модификации поверхности является прямое фторирование, потому что этот процесс не требует инициации и протекает с практически приемлемой скоростью при температуре окружающей среды. Прямое газовое фторирование является одним из самых эффективных химических методов модификации, который позволяет контролировать физико-химические свойства полимерных материалов [1].

В качестве объекта исследования в работе использовали нетканое иглопробивное полотно, изготовленное на основе полиэтилентерефталатных волокон с линейной плотностью 0,33 текс. Поверхностная плотность полотна составила 0,35 кг/м², толщина 4 мм и объемная плотность 85 кг/м³.

На основании экспериментальных данных был подобран оптимальный режим проведения прямого газового фторирования. При использовании смеси кислорода 10%, фтора 7,5% и гелия 82,5% оптимальное время модификации полотен из полиэтилентерефталатных волокон составляет 60 мин.

На рис. 1 представлены микрофотографии поверхности полиэфирных волокон нетканого иглопробивного полотна. Модификация поверхности нетканого полотна методом прямого газового фторирования приводит к образованию дефектов структуры поверхности полиэтилентерефталатных волокон.

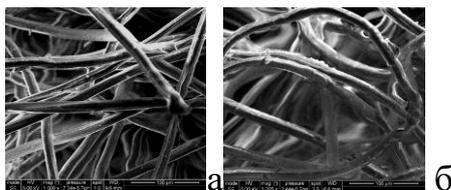


Рисунок 1 – Микрофотографии поверхности полиэфирных волокон нетканого иглопробивного полотна: а) немодифицированное полотно; б) оксифторированное полотно

Пропитывание является одним из способов придания дополнительной каркаемости материалам, образуя высокопористые материалы с улучшенными механическими свойствами. При этом необходимо добиться регулируемого и эффективного распределения полимерного связующего на поверхности волокон полимерных матриц.

Полимерные материалы с достаточной пористостью, необходимые для практического применения сопротивлением растяжению, получают пропиткой водными дисперсиями полимеров нетканых иглопробивных полотен, которые являются армирующими волокнистыми наполнителями композиционных материалов [2-4].

В ходе работы была проведена пропитка синтетических нетканых полотен. Для пропитки нетканых материалов на основе полиэтилентерефталатных волокон использовали дисперсии полиуретанов, которые по сравнению с эластомерными связующими, имеют меньшую плотность. Полиуретановые дисперсии сочетают экологичность (за счет отсутствия растворителей), однокомпонентность (т.к процесс отверждения протекает не за счет химической реакции, а благодаря испарению воды) и высокие физико-механические свойства, такие как износостойкость, хорошая адгезия, прочность и эластичность. Для пропитки полотна использовалась водная дисперсия анионного стабилизированного алифатического полиэфируретана марки IMPRANIL DL 1380.

Одним из методов определения параметров пористой структуры композиционных материалов является оценка их проницаемости по отношению к различным газам и жидкостям. В работе оценивали воздухопроницаемость полотна и композиционных материалов оценивали

по коэффициенту воздухопроницаемости, который отражает объем воздуха, прошедшего через образец площадью m^2 за секунду, в единицах по ГОСТ 12.088-77 $dm^3/(m^2 \cdot c)$ [5]. Измерения проводили при перепаде давления воздуха 49 и 100 Па. Полученные данные представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Воздухопроницаемость нетканого иглопробивного полотна

Наименование	Воздухопроницаемость	
	49 Па	100 Па
Исходный	390	755
Оксифторированный	350	695
Пропитанный без оксифторирования	365	742
Оксифторированный с пропиткой	370	745

Изменение структуры поверхности фторированного полипропиленового нетканого материала практически не сказывается на его воздухопроницаемости.

На рис. 2 представлены микрофотографии немодифицированного полотна с пропиткой водной дисперсией латекса. (рис. 2а) и оксифторированного нетканого полотна с пропиткой (рис. 2б).

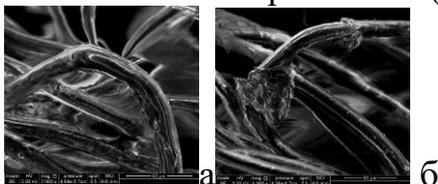


Рисунок 2 – Микрофотографии поверхности полиэфирных волокон нетканого иглопробивного полотна: а) немодифицированное пропитанное полотно; б) оксифторированное пропитанное полотно

На пористость композиционных материалов влияет пористость исходного нетканого материала, степень пропитки, а также изменение объема наполнителя в процессе отверждения связующего [5].

Получение пористых композиционных материалов происходит при преимущественной адсорбции частиц полимера на поверхности волокон, что приводит к незначительному снижению пористости наполнителя, ограничивая перемещение волокон нетканого материала в направлении действия механической нагрузки. Соотношение между адсорбцией частиц на поверхности волокон и концентрированием частиц в пространстве между волокнами зависит, в свою очередь, от смачиваемости волокон водными дисперсиями.

Исследование механических свойств композиционных материалов в продольном и поперечном направлении полотна позволили оценить комплекс физико-механических свойств и изменения, которые вносит модификация путем прямого газового фторирования с последующей пропиткой связующим. Механические свойства полотна и композиционных материалов определяли по ГОСТ 53226-2018.

На рис. 3 представлены графики зависимости нагрузки от удлинения.

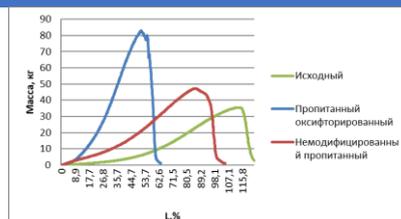


Рисунок 3 – График зависимости разрывной нагрузки от удлинения

Полученные значения разрывной нагрузки и удлинения для различных материалов представлены в табл. 2.

Таблица 2- Значения разрывной нагрузки и удлинения нетканых материалов

Наименование	P, Н	L, %
Исходный	343,9	114,7
Пропитанный	482,7	88,4
Пропитанный оксифторированный	811,9	50,9

Прочность полиэфирного нетканого иглопробивного полотна после фторирования увеличивается за счет уплотнения структуры поверхностного слоя нетканого материала, происходящего в результате «сваривания» отдельных волокон.

При использовании полотна, оксифторированного в течение 60 мин, был получен композиционный материал с самым высоким значением разрывной нагрузки при разрыве.

Увеличение сопротивления растяжению композиционных материалов происходит вследствие фиксации волокон в местах их контакта между собой частицами полимера.

Таким образом, модификация поверхности нетканого полотна с последующим пропитыванием полимерным связующим позволяет получить пористые композиционные материалы с увеличенным сопротивлением растяжению. Оксифторированное нетканое полотно сохраняет первоначальный объем при отверждении связующего, что позволяет получить композиционные материалы с развитой пористой структурой.

Поверхностная модификация волокон волокнистых материалов с последующим пропитыванием полимерным связующим является простым и экономичным подходом к приданию синтетическим волокнистым материалам улучшенных и новых, ранее им не присущих потребительских свойств.

Список использованных источников:

1. Харитонов, А. П. Кинетика и механизм прямого фторирования полимеров: дис. ... доктор физ.-мат. наук / А. П. Харитонов; Ин-т энергет. проблем хим. физики РАН. – Черногоровка, 2005. – 278с.
2. Истраткин, В. А. Придание новых потребительских свойств синтетическим волокнистым материалам методом прямого газового фторирования: дис. ... канд. техн. наук / В. А. Истраткин; Иван. гос. хим.-технол. ун-т – Иваново, 2016. – 144с.

3. Cai G., Effects of toughening agents on the behaviors of bamboo plastic composites / Wang J., Nie Y., Tian X., Zhu X., Zhou X. // Polym. Compos. – 2011. – V.32. – №12. – P. – 1945–1952.

4. Liu D., Bamboo fiber and its reinforced composites: structure and properties / Song J., Anderson D. P., Chang P. R., Hua Y. // Cellulose. – 2012. – V.19. – №5. – P. 1449–1480.

5. Т. А. Лещенко, Воздухопроницаемость композиционного волокнистого материала / Н. В. Черноусова, А.В. Дедов // Перспективные материалы. – 2021. - №1. – С. 42- 48.

© Переверзева Т.А., Черноусова Н.В., 2022

УДК 541.64:539.2

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ
РАСТВОРИМОСТИ И ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ
МАКРОМОЛЕКУЛ КАРРАГИНАНА
МЕТОДОМ АТОМНЫХ ВКЛАДОВ**

Полетаева П.А., Захарова В.А., Кильдеева Н.Р.

Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

При приготовлении растворов, получении изделий и изучении направлений модификации полимерных материалов необходимо учитывать следующие особенности: структуру звена и его атомистический состав, стереоизомерию, конформацию, поверхностную энергию и ориентацию, силы, действующие на макромолекулу и возникающие при ее адгезионном смачивании растворителем. Получение экспериментальных данные зачастую затруднено рядом факторов: дороговизна исходного сырья и оборудования, низкая квалификация специалистов, сложность подбора режимов и условий, и ограниченное время исследований. Для получения достоверных данных необходимо обеспечить единство условий и измерений, т.е. воспроизводимость. Возникает необходимость в получении численных значений, соответствующих экспериментальным, путем теоретического обоснования и математического прогнозирования результата.

Целью расчетной работы является получение теоретической информации о численных показателях растворимости биополимера каррагинана в различного рода растворителях, поверхностной энергии материала и межслоевой адгезии полисахарида, минуя при этом приборные измерения. В настоящее время существуют несколько достоверных методов расчета и прогнозирования свойств материала: етод групповых вкладов ван

Кревелена; метод атомных вкладов Аскадского; топологический метод Бицерано; моделирование взаимодействия групп Портера.

Исходя из того, что если известны все молекулярные данные атомных радиусов входящих в повторяющееся звено полимера, а также все длины химической связей между атомами, можно запросто рассчитать Ван-дер-Ваальсовый объем повторяющегося звена и построить модель этого звена. Все, что для этого нужно знать – инкремент Ван-дер-Ваальсового объема атома; межмолекулярный радиус этого атома; высота шарового сегмента атома и химически связанного с ним атома.

В случае полимеров и биополимеров расчеты удобно вести исходя из молярных объемов повторяющегося звена, поскольку практически все полимеры полидисперсны, за исключением белков и нуклеиновых кислот. А также потому, что при большой длине макромолекул влиянием концевых групп можно пренебречь.

С целью получения расчетных сведений об энергии когезии, поверхностном натяжении и растворимости биополимера каррагинана использовали значения атомных аддитивных вкладов Ван-дер-Ваальсовых объемов.

Один из способов предварительной оценки растворимости полимера – сопоставление величин растворимости Гильдебранда. Однако, ограничение состоит в том, что необходимо учитывать и надмолекулярную структуру полимера. Известно, что кристаллический полимер растворяется хуже, чем аморфный того же строения. Растворимость и полимера имеет большое практическое значение при его переработке и эксплуатации. Эти данные необходимы для различных сферы применения полимеров в качестве готовых изделий. Информация о надмолекулярной надстройке дает представление о таких базовых процессах как когезия, адгезия и адсорбция.

В основе данной расчетной работы лежит метод аддитивного атомного прогнозирования свойств полимерных материалов Андрея Александровича Аскадского [1]. Исходя из химического строения полимерного звена, базируясь на математической модели, рассчитывается поверхностное натяжение и осуществляется прогноз индивидуальных свойств полимерного материала. Аддитивная модель базируется на суммировании Ван-дер-Ваальсовых объемов атомов и, через математическую модель, преобразовывается в поверхностную энергию, с учетом длинноцепочного строения полимеров и сополимеров, а также неоднозначной трактовки повторяющегося звена.

В основном используют каррагинан трех типов: каппа, йота и лямбда, отличающиеся количеством сульфатных групп. Расчет будет проводиться для йота-каррагинана (рис. 1), как одного из наиболее используемого, но менее исследуемого.

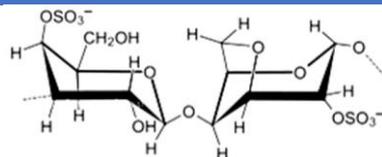


Рисунок 1 – Строение звена йота-каррагинана

В протонированном звене общее количество атомов 47, из них 12 углерода (С), 18 водорода (Н), 15 кислорода (О) и две серы (S).

Следует заметить, что в ходе работы, при оценке растворимости учитывали как энергетические, так и энтропийные члены.

Расчеты проводились по формулам, представленным ниже, а результаты представлены в табл. 1.

Расчет поверхностного натяжения полимера производится по формуле: $\gamma_{\text{п}} = C_i \frac{\sum_i \Delta E_i^*}{(\sum_i \Delta V_i)^{2/3} m^{1/3}}$ (1), где $\sum_i \Delta V_i$ – Ван-Дер-Ваальсовый объем, $\sum_i \Delta E_i^*$ – энергия когезии, m – число атомов в повторяющемся звене полимера, C_i – инкремента, зависящая от строения полимерного звена.

Условие растворимости: $\mu < 2\rho\Phi(\Phi - \sqrt{\Phi^2 - 1 + a})$ (2), где μ – параметр Гильдебранда для полимера, с учетом вклада поверхностного, как полимера, так и растворителя, Φ – мольные объемы полимера и растворителя.

В расчете энергии когезии учитывалось диполь-дипольное взаимодействие, обусловленное наличием полярных групп.

Таблица 1 – Полученные численные параметры для оценки критерия растворимости

Растворитель	μ , ед.	δ_p , (Дж/см ³) ^{1/2}	δ_r , (Дж/см ³) ^{1/2}	$\gamma_{\text{п}}$, дин/см	γ_p , дин/см	V_p , см ³ /моль	V_r , см ³ /моль	Φ , ед.	$\gamma_{\text{пр}}$, дин/см
Этанол	0,465	18,13	26,59	17,7	23,6	59,06	275,5	0,94	2,87
CCl ₄	1,44		15,09		26,75	94,42		0,97	2,24
H ₂ O (25°C)	0,58		23,77		72,86	18,01		0,82	31,66
H ₂ O (70°C)	0,58		23,77		64,47	18,01		0,82	23,28

В результате расчета адгезионного смачивания полимера растворителем, с учетом действующих на макромолекулу сил, установлена растворимость в воде, этаноле и четыреххлористом углероде. Результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Оценка критерия растворимости, на основании полученных данных

Полимер	Вид растворителя	T, °C	Параметры Гильдебранда для полимера		Учет мольных объемов полимера и растворителя	Вывод
i-Каррагинан	C ₂ H ₅ OH	25°C	0,465	<	1,117	P
	CCl ₄	25°C	1,44	>	1,08	HP
	H ₂ O	25°C	0,58	>	0,55	HP
		70°C	0,58	<	0,72	P

«P» – свидетельствует о растворимости полимера [2], а «HP» – о нерастворимости.

Работа когезии напрямую зависит от поверхностного натяжения и равна его удвоенному значению на границе раздела, описывается

следующей формулой: $W_k = 2\gamma_{\Pi}$ (3), где W_k – работа когезии; γ_{Π} – величина свободной энергии поверхности.

Результаты расчета по формулам 1 и 3 представлены в табл. 3.
Таблица 3 – Полученные численные параметры поверхностной энергии и работы когезии

Полимер	$\sum_i \Delta E_i^*$, Дж/моль	$\sum_i \Delta V_i$, АЗ	γ_{Π} по уравнению, Дж/м ²	W_k , Дж/м ²
Каррагинан	61714,51	311,5	17,7	35,4

В ходе расчетной работы впервые было проведено математическое прогнозирование растворения и поверхностного натяжения макромолекул каррагинана и получены численные значения, которые целесообразно использовать для дальнейшей экспериментальной работы.

Список использованных источников:

1. Аскадский А. А., Размадзе Т. Р. Универсальная расчетная схема для оценки поверхностного натяжения органических жидкостей и полимеров //Высокомолекулярные соединения. Серия А. – 1991. – Т. 33. – №. 5.
2. Vargaftik N. B., Volkov B. N., Voljak L. D. International tables of the surface tension of water //Journal of Physical and Chemical Reference Data. – 1983. – Т. 12. – №. 3. – С. 817-820.

© Полетаева П.А., Захарова В.А., Кильдеева Н.Р., 2022

УДК 622.24:691.4

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ
БУРОВЫХ ШЛАМОВ
ПРИ СИНТЕЗЕ КЕРАМИЧЕСКИХ
СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Романюк В.С., Яценко Е.А., Климова Л.В.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова», Новочеркасск

Актуальность выбранной темы обусловлена необходимостью решать экологические проблемы, возникающие при бурении нефтяных и газовых скважин. Рассмотрена возможность утилизации техногенного продукта получаемого, в процессе бурения нефтяных скважин, на объектах Морозовского месторождения (Краснодарский край) в производстве керамических изделий, а именно строительного кирпича.

В настоящее время экологические вопросы во всем мире становятся все более актуальными. В результате человеческой деятельности степень загрязнения окружающей среды достигла катастрофических масштабов. Остро стоят эти вопросы и в нефтегазовой отрасли. Технология бурения нефтегазовых скважин обуславливает образование технологических

отходов, снижающих экономическую эффективность предприятий нефтегазовой отрасли за счет необходимости отчуждения территории предприятий под их хранилища, увеличения экологических платежей за хранение отходов и выбросы загрязняющих веществ. Наибольшую трудность представляет утилизация отработанных буровых растворов и шламов [1].

Нефтеотходы относятся к вторичным материальным ресурсам, которые по своему химическому составу и физико-химическим свойствам могут применяться в строительной индустрии взамен первичного сырья. По своему химическому и минералогическому составу буровой шлам после обезвреживания может быть пригоден для получения строительных материалов. Одним из способов обезвреживания может стать технология производства керамических строительных изделий с параллельным удалением органической части, имеющей негативное влияние на окружающую среду. Это направление может совместить в себе химический и термический методы преобразования бурового шлама в сырье [2, 3].

Исследуемым сырьем были выбраны буровой шлам Морозовского месторождения и глина Губского месторождения (Краснодарский край).

Исследования химического состава буровых отходов проводились методом рентгеноспектрального флуоресцентного анализа (XRF) на вакуумном спектрометре последовательного действия модели PW2400 путем плавления проб со смесью боратов лития. Анализ выполнен по методике 439-РС НСАМ ВИМС 2010 г., обеспечивающей получение результатов III категории точности количественного анализа по ОСТ РФ 41-08-205-04 [4, 5].

Потеря массы при прокаливании определялась по методике Научного совета по аналитическим методам исследований с помощью вторичной ионной масс-спектрометрии (НСАМ, ВИМС) 418-X [6].

В ходе определения химического состава бурового шлама были получены следующие данные, представленные в табл. 1.

Таблица 1 – Химический состав бурового шлама Морозовского месторождения

Материал	Содержание, мас. %												
	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	SO ₃	Cl	BaO	Др.	П.П.П.
Буровой шлам	1,15	1,17	10,26	62,14	1,48	4,35	0,54	3,82	2,07	0,25	1,83	1,67	9,27

Как видно из табл. 1 химический анализ подтверждает преимущественное содержание в буровом шламе основных минералообразующих элементов, таких как SiO₂ – 62,14 % и Al₂O₃ – 10,26%, что является достаточным для использования его в качестве компонента в сырьевом составе кирпича.

Глина Губского месторождения состоит преимущественно из гидрослюды (около 80%) и небольшого количества (до 8%) монтмориллонита. Она включает в себя чешуйки гидрослюды

продолговатой формы с примесями мусковита, биотита, полевого шпата и зерен кварца. Исследуемая глина обладает ячеистой микроструктурой со значительным содержанием пелитовой части. Помимо пелитовой части, характеризующаяся очень мелкими размерами частиц (менее 0,01 мм), в глине содержатся в виде примесей алевроитовый (рыхлая мелкообломочная осадочная порода) и иногда песчаный материал, а также соединения железа, карбонаты кальция, магния и других солей [7, 8].

Химический состав глины Губского месторождения представлен в табл. 2.

Таблица 2 – Результаты химического анализа глины Губского месторождения

Материал	Содержание, мас. %							
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	R ₂ O	SO ₃	П.П.П.
Глина	60,1	16,5	7,9	1,2	1,7	3,5	1,1	8,0

Из табл. 2 можно заметить значительное содержание в глине основных оксидов SiO₂ (60,1%) и Al₂O₃ (16,5%). Она гидрослюдистая с содержанием гидрослюды около 80% и небольшим количеством (до 8%) монтмориллонита.

По результатам анализа химического состава бурового шлама и глины установлено, что содержание основных оксидов бурового шлама (SiO₂ – 62,14% и Al₂O₃ – 10,26%) и глины (SiO₂ – 60,1% и Al₂O₃ – 16,5%) практически одинаково, в результате чего можно сделать вывод о возможности использования бурового шлама в качестве сырьевого компонента, частично или полностью замещающего глину при производстве керамических строительных материалов.

Анализ гранулометрического состава буровых шламов производился с помощью исследования проб на зерновой состав, содержания пылевидных и глинистых частиц. По результатам было установлено преобладание в материалах пробы глинистой составляющей – 95,84%. По результатам разделения фракций по крупности псаммитовой (песчаной) части пробы выявлено, что в пробах преобладают более крупные фракции. Значения модулей крупности для проб варьируют от 1,40 до 0,96, соответственно [9, 10].

Далее был исследован фазовый состав бурового шлама и глины, который определялся при помощи порошкового рентгеноструктурного анализа (ПРД). Образец был исследован с помощью рентгеновского порошкового дифрактометра ARL X'TRA (Thermo Fisher Scientific), входящего в состав ЦКП «Нанотехнологии» Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) им. М.И. Платова. Интерпретация полученных данных проводилась с использованием базы данных ICDD (The International Center for Diffraction Data) [4-7]. Результаты определения фазового состава бурового шлама Морозовского месторождения представлены на рис. 1.

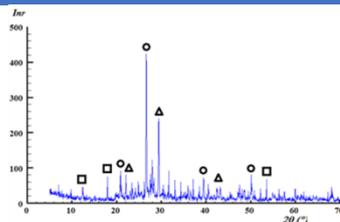


Рисунок 1 – Рентгенограмма бурового шлама Морозовского месторождения (○ – кварц; Δ – содалит; □ – каолинит)

Как видно из рис. 1, основной фазой в исследуемом буровом шламе является β -кварц (β - SiO_2), находящийся в количестве около 25-30%. Другими же фазами являются каолинит ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) и содалит ($3\text{Na}_2\text{O} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 2\text{NaCl}$).

Рентгенофазовый анализ глины (рис. 2) показал, что она состоит преимущественно из кварца и монтмориллонита, которые выражены дифракционными отражениями с размытыми максимумами в области малых и средних углов, также присутствуют примесь гидрослюда [9-11].

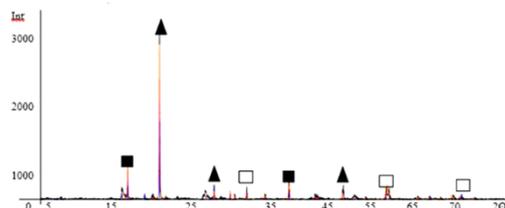


Рисунок 2 – Рентгенограмма глины Губского месторождения (▲ – кварц, ■ – монтмориллонит, □ – гидрослюда)

Значительная часть глины Губского месторождения представлена аморфным кремнеземом, глинистыми минералами, гидрослюдой. Наиболее интенсивные и отчетливые пики принадлежат α -кварцу – 4,28; 2,46; 1,66 Å° , наблюдаются небольшие пики характерные для монтмориллонита – 2,56; 1,49 Å° , а также пики характерные для гидрослюды – 3,52; 1,22; 1,18 Å° .

Немаловажным фактором при использовании буровых отходов является их радиологическая безопасность. Радиологические испытания отходов бурения проводились с использованием спектрометра «МУЛЬТИРАД» с программным обеспечением «ПРОГРЕСС». По результатам исследований можно сделать вывод, что буровые шламы Морозовского месторождения по значению эффективной удельной активности природных радионуклидов Ra-226, Th-232, K-40 (Аэфф – 89 ± 14 Бк/кг) относятся к 1-му классу материалов (Аэфф – менее 370 Бк/кг), что позволяет использовать их для производства керамических изделий [8, 12-15].

Определение числа пластичности в соответствии с ГОСТ 5184-8 исследуемых глины и бурового шлама проводилось в ЮРГПУ (НПИ) им. М.И. Платова в лаборатории кафедры «Общая химия и технология силикатов» на приборе Васильева. Результаты определения числа пластичности бурового шлама и глины представлены в табл. 4.

Таблица 4 – Определение пластичности бурового шлама Морозовского месторождения и глины Губского месторождения

Название образца	Верхний предел пластичности W_m	Нижний предел пластичности W_p	Число пластичности П, %	g1, [r]	g2, [r]	g3, [r]	g4, [r]
Буровой шлам	50,30	29,62	20,68	15,06	10,02	15,01	11,58
Глина	67,07	43,18	23,89	15,07	9,02	15,02	10,49

Пластичность материала в производстве керамического кирпича является одной из важнейших характеристик. Исходя из расчетных данных, представленных в табл. 4 можно заметить, что число пластичности бурового шлама (20,68 %) и глины (23, 89%) находится в интервале $\Pi = 15-25\%$, что указывает на отношение этих образцов к группе среднепластичных глинистых материалов [16]. На основе этих данных можно утверждать, что буровой шлам Морозовского месторождения может быть использован в качестве сырьевого компонента керамической шихты при производстве кирпича.

На данном этапе исследований в соответствии с полученными данными и методикой эксперимента была проведена сравнительная характеристика двухкомпонентной системы глина-буровой шлам.

На основании химического и фазового анализа бурового шлама его состав изменяется в широких пределах. Фазовый анализ пробы образца бурового шлама показал, что основной фазой в нем является β -кварц (β - SiO_2). Другими же фазами являются каолинит ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) и содалит ($3\text{Na}_2\text{O} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 2\text{NaCl}$). Наличие данных фаз в составе бурового шлама говорит о возможности его использования в качестве сырья.

Полученные результаты при проведении минералогического, гранулометрического, химического, фазового анализа, а также расчета числа пластичности было установлено, что буровой шлам Морозовского месторождения удовлетворяет по составу и качеству и может быть использован для дальнейшей переработки и подготовки к производству керамических строительных изделий, в частности кирпича, что является безопасным для населения.

Список использованных источников:

1. Кувыкин Н.А., Бубнов А.Г., Гриневиц В.И. Опасные промышленные отходы. Иваново: Иван. гос. хим.-технол. ун-т, 2004, стр. 148.
2. Пичугин Е.А. Оценка воздействия бурового шлама на окружающую природную среду. Молодой ученый, 2013, № 9, стр. 122-124.
3. Третьяк А.А., Яценко Е.А., Онофриенко С.А., Карельская Е.В. Идентификация отходов бурения и их использования. Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов (2021 г.).
4. Яценко Е.А., Третьяк А.А., Чумаков А.А., Головки Д.А. Перспективы использования буровых растворов для синтеза алюмосиликатных пропантов. Материалы сегодня: Материалы. 38 (2021). 1886-1888 гг.

5. Яценко Е.А., Гольцман Б.М., Чумаков А.А., Вильбицкая Н.А., Вэньшэн Ли. Исследования по синтезу пропантов, применяемых для добычи нефти методом гидравлической облицовки. Материаловедческий форум. 1037 (2021), стр. 181-188.

6. Третьяк А.А., Чумаков А.А., Смолий В.А., Головкин Д.А., Кузьменков Д.М. Изменение фторида натрия и оксида алюминия на прочностные характеристики алюмосиликатных пропантов, получаемых на основе бурового шлама.

7. Гольцман Б.М., Яценко Е.А., Комунжиева Н.Ю., Яценко Л.А., Герашенко В.С., Смолий В.А.. Влияние флюсов на синтез пористых материалов на основе самородного силикатного сырья. Стекло и Керамика (английский перевод Стекло и Керамика). 77 (5-6) (2020), стр. 240–244.

8. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. Производство керамических изделий. – Москва: Бюро НДТ, 2015 г., стр. 66-78.

9. Альмяшев В.И., Гусаров В.В. Термические методы анализа: учеб. пособие / СПбГТУ (ЛЭТИ). – СПб., 1999, стр. 40.

10. Уэндландт У. Термические методы анализа ./ Пер. с англ. под редакцией В. А. Степанова и В. А. Берштейна. – М.: Мир, 1978, стр. 527.

11. Шестак Я. Теория термического анализа: Физико-химические свойства твердых неорганических веществ. – М.: Мир. 1987, стр. 456.

12. Полигон по утилизации и переработке отходов бурения и нефтедобычи: Принципиальные технологические решения. Кн. 3. Разработка принципиальных решений по обезвреживанию и утилизации буровых шламов и нефтезагрязненных песков. Под ред. Савельева В.Н. Сургут: НГДУ, 1996, стр. 101.

13. Денек Ю.О проблеме переработки буровых отходов. Нефть и газ Сибири. 2014, № 1 (14), стр. 29-30.

14. Максимович В.Г., Буков Н.Н. Обезвреживание нефтешламов и очистка нефтевод нефтяных месторождений Краснодарского края. Материалы XI Международного семинара по магнитному резонансу (спектроскопия, томография и экология). Ростов-на-Дону, 2013, стр. 120.

15. Аминова А.С., Гайбуллаев С.А., Джураев К.А. Использование нефтешламов – рациональный способ их утилизации. Молодой ученый, 2015, № 2, стр. 124-126.

16. Горшков Б.С., Савельев В.Г., Федоров Н.Ф. Физическая химия силикатов и других тугоплавких соединений: учебник. М.: Высшая школа, 1988, стр. 400.

© Яценко Е.А., Климова Л.В., Романюк В.С., 2022

УДК 675.043.82

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЦЕССОВ ОТДЕЛКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КРАСИТЕЛЕЙ

Самиева Ш.Х., Худаярова Ф.О.

Бухарский инженерно-технологический институт, Бухара, Узбекистан

Бутко Т.В.

Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Контроль качества готовых тканей немислим без знания основ современного красильно-отделочного производства, его техники, технологии, организации труда и технического контроля. Основной задачей красильно-отделочных производств является придание тканям улучшенного внешнего вида и дополнительных повышенных потребительских свойств путем проведения последовательного комплекса технологических процессов и операций. Совокупность их составляет предмет отделки.

В основе большинства технологических процессов красильно-отделочного производства лежат закономерности и явления современной химии, физики и механики, составляющие сложную науку, называемую химической технологией волокнистых материалов. Эта наука изучает процессы, связанные с химическим, физико-химическими, механическими воздействиями на волокнистые материалы с целью улучшения их качества.

Структура производства зависит от вида выпускаемой продукции, ее объема, качественных характеристик и вида суровых тканей, уровня технического оснащения производства, его технологического уровня и т.д. Тем не менее для всех красильно-отделочных производств характерно наличие основных цехов, отделов или участков, входящих в его состав. В каждом из них осуществляются специфические процессы крашения и отделки.

В верхней части рис. 1 показаны процессы, осуществляемые на ранних стадиях переработки текстильных материалов, т.е. до поступления суровья в красильно-отделочное производство. Это – крашение в массе химических волокон в процессе их получения на заводах химического волокна, крашение в волокне (суконное, камвольное, хлопчатобумажное производство), в ровнице (льняное производство), в ленте (камвольное производство), в пряже (льняное производство), беление в ровнице или пряже (льняное производство) и карбонизация в волокне (шерстяное производство). Нижняя часть рисунка характеризует структуру и взаимосвязь основных технологических процессов, осуществляемых в красильно-отделочном производстве.

Принятые суровые ткани направляются на операции, называемые обычно подготовкой к крашению или печатанию. В хлопчатобумажной и льняной промышленности это могут быть операции отбеливания, в шерстяной – мокрой отделки, в шелковой промышленности – отварки и промывки. Если суровые ткани выпускаются в «товарном» виде, т.е. без крашения или печати в ткани, они направляются на заключительную отделку, точно так же ткани, прошедшие подготовку, могут идти на заключительную отделку, минуя крашение и печатание.

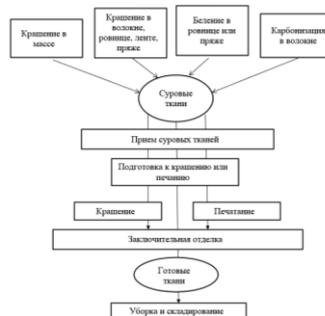


Рисунок 1 – Процесс переработки текстильных материалов

Большинство же подготовленных тканей окрашивается или подвергается печатанию, а после них проходят заключительные операции отделки. Полученные готовые ткани разбраковываются, меряются, если необходимо, сдваиваются, упаковываются и складываются.

Приведенная структурная схема процессов в красильно-отделочном производстве носит общий характер, последовательность и выбор этих процессов определяются типовыми нормами технологических режимов (регламентированными режимами). Одни и те же ткани в зависимости от их назначения могут обрабатываться по-разному, суровый миткаль после отбеливания и заключительной отделки выпускают в виде бельевой ткани – мадаполама, гладкокрашеным и напечатанный (набивной) миткаль, прошедший аппретирование (операция заключительной отделки), называют ситцем, и он же, окрашенный в темный цвет и аппретированный, представляет собой подкладочную ткань – коленкор.

В шерстяной промышленности ткани могут включать химические волокна, окрашенные в массе, и шерсть, окрашенную в волокне; в этом случае крашение в ткани исключается, если же ткань поступает в отделку в белом виде или окрашенной только по одному компоненту смеси, то в отделке ее окрашивают по тому или иному режиму.

Значительная часть продукции текстильной промышленности выпускается в окрашенном виде. Крашение в принципе может производиться на всех стадиях производства: в волокне, ленте, пряже и в полотне. Для тканей одни из волокон могут окрашиваться на ранних стадиях производства, другие – в полотне. Технологически крашение представляет собой комплекс операций, имеющих целью получение на волокнистом

материале прочной и равномерной окраски заданного цвета и тона. Крашение – это физико-химический процесс перехода красящего вещества из окружающей среды (ванны) в волокно с целью сообщения последнему устойчивой цветности.

Как правило, производственное крашение текстильных материалов включает следующие процессы: подготовку к крашению, собственно крашение и промывку. Если материал перед крашением был достаточно подготовлен (отпарен, отбелен и т.д.), то ограничиваются лишь его непродолжительной замочкой. Этим достигается равномерное окрашивание. После крашения следует обязательная промывка. Ее цель состоит в удалении с поверхности волокна не закрепившегося красителя и остатков красильного раствора. В результате прочность окраски повышается.

Крашение является сложным процессом, а на качество его влияют: тип красителя, вид волокна, выбор оборудования, условия ведения процесса и т.д.

К красителям относят вещества, как правило, имеющие собственный цвет и обязательно обладающие способностью придавать устойчивую цветность тем или иным материалам. В настоящее время известны несколько десятков классов, несколько сотен типов и десятки тысяч фирменных наименований красителей, окрашивающих текстильные волокна. Такое разнообразие прежде всего связано с требованиями расширения цветовой гаммы современного ассортимента текстильных изделий. Кроме того, сказывается многообразие текстильных волокон и способов их крашения и т.д.

Крашение волокнистых материалов производится из водных растворов или суспензий красителя. Сущность крашения следует рассматривать как совокупность физико-химических процессов, в результате которых материал приобретает равномерную и прочную окраску. Краситель при определенных условиях переходит из раствора (суспензии) в волокно. Его концентрация в волокне возрастает (волокно приобретает все более интенсивную окраску), а в окружающем растворе или суспензии уменьшается (ванна истощается). При этом краситель распределяется не на поверхности, а по всему поперечному сечению волокна. При последующей промывке окрашенного материала краситель остается в волокне. Наиболее распространенным является крашение в водных растворах красителя.

В современной практике красильно-отделочных производств применяются разнообразные методы крашения тканей. Выбор конкретных методов зависит от типа, свойств и состояния красителя, вида волокна, условий производства, требований к его экономичности и т.д.

В зависимости от агрегатного состояния красителя, участвующего в крашении, различают следующие методы.

1. Крашение в водных растворах. Это наиболее распространенный метод, применимый для крашения различных волокон водорастворимыми красителями. Наряду с красителем в состав раствора могут входить минеральные соли, кислоты или щелочи, поверхностно-активные вещества (смачиватели, выравниватели окраски и др.), ряд специфических добавок. Если такими добавками являются определенные вещества типа спиртов, аминов и др., то говорят о методе крашения с органическим растворителем. Существует метод крашения с катализаторами, в качестве которых используют, например, сложные органические амины. Применяют методы так называемого эмульсионного крашения. В этом случае в состав красильной ванны при определенных условиях вводят растворители типа Уайт-спирита, трихлорэтилена, которые образуют и воде устойчивую эмульсию. В последнее время хорошо зарекомендовали себя методы двухфазного крашения из коацерватах систем. В качестве добавки здесь используют вещества типа алкилоламидов. Методы крашения из водных растворов красителя с перечисленными добавками наиболее эффективны. Они сокращают для определенных красителей и волокон время крашения, улучшают прокрась волокна или повышают ровному окраски.

2. Крашение суспензиями красителей производится обычно в водных средах, в которых нерастворимый краситель находится в тонкодисперсном, взвешенном состоянии. Крашение суспензиями применяют чаще всего для тканей из химических волокон или тканей с плотной структурой.

3. Метод крашения парами красителей предложен для крашения, например, ацетатных волокон и капрона красителями, способными к сублимации (сухой возгонке).

В зависимости от способа фиксации красителя на волокне различают следующие основные методы: фиксация в процессе крашения, например, прямое окрашивание ткани в ванне, содержащей водный раствор красителя и необходимые добавки; фиксация в плотных средах, например, крашение в расплавленном металле, крашение в масляной среде; крашение по плюсовочно-запорному методу, включающее пропитку ткани раствором красителя с последующей фиксацией его в паровой среде (запаривание); термофиксационный способ крашения, заключающийся в плюсовании ткани раствором красителя с последующей фиксацией его горячим воздухом, инфракрасными лучами, токами высокой частоты и т.д.

5. Плюсовочно-роликовый способ, при котором заключительной обработкой является фиксация красителя путем выдерживания ткани, пропитанной красильным раствором, в некатаных роликах.

Три последние из названных методов наиболее перспективны. Они обеспечивают высокое качество крашения ряда тканей.

За короткое время объемы искусственных красителей стремительно выросли, и в настоящее время их насчитывается более 10 тысяч видов. Получение таких красок стоит не так дорого, как с экономической точки зрения, да и цвет получается красивый, однако искусственные красители вредны для человеческого организма, и такие красители со временем теряют свой цвет.

Несмотря на то, что в настоящее время искусственные красители стали неотъемлемой частью нашей жизни, спрос на качественные и нелетучие натуральные красители растет. Ткани, окрашенные в натуральные цвета, являются экологически чистыми, полезными для здоровья, окрашенные ими ткани не теряют и не меняются в течение длительного времени, а также пользуются спросом на мировых рынках.

Окрашивание каждой ткани в разные цвета также создает некоторые трудности. На сегодняшний день ведутся исследования по облегчению этих случаев. Например, совсем недавно был придуман метод формирования сложного узора, принцип работы которого довольно прост. Для этого необходимый узор наносят на специальную бумагу и с учетом определенных условий соединяют с тканью с помощью специального оборудования, таким образом, на ткани образуется сложный, красочный и изысканный узор на бумаге.

К настоящему времени спрос на натуральные красители значительно снизился из-за искусственных красителей. Натуральные красители в настоящее время используются только в небольших количествах некоторыми пищевыми компаниями и немногими художниками и ремесленниками. Поскольку это одна из актуальных проблем сегодняшнего дня, использование натуральных красителей является одним из наиболее эффективных решений проблемы загрязнения окружающей среды.

Природные красители являются возобновляемыми ресурсами и способствуют экономическому развитию легкой промышленности. Но, несмотря на это, многие используют в коммерческих целях искусственные красители, а не натуральные. Причина этого заключается в том, что существует так много видов искусственных красителей, и натуральные красители не могут конкурировать с ними.

Но стоит сказать, что ткани, окрашенные натуральными красителями, намного прочнее искусственных, легче поддаются цветопередаче, долговечны и устойчивы к солнечным лучам и не оказывают негативного воздействия на организм человека, наоборот, ткани, окрашенные натуральными красителями, превосходят искусственные красители еще и тем, что хорошо сохраняют воздухопроницаемость.

Подводя итог вышесказанному, можно сказать, что одной из актуальных задач, стоящих перед нами в настоящее время, является воссоздание отвечающих современным требованиям технологий

естественного окрашивания, опирающихся на древние традиции в области текстиля, ковроткачества, вышивки и росписи цветов на ткани, являющихся образцами узбекского народного прикладного искусства, использование инновационных методов, а также адаптация и автоматизация техник окрашивания тканей к естественному окрашиванию в целях облегчения этого процесса. Для этого требуется хорошее знание природных красящих средств и изучение способов приготовления из них красок, знание способов подготовки нитей и нитей к окрашиванию, а также хорошее знание свойств воды, используемой для окрашивания.

Список использованных источников:

1. Расулжон Мирзаахмедов, Азизбек Муртазаев – "Технология естественного окрашивания" Ташкент, 2015, с.80.
2. Р. Мирзаахмедов - "Секрет природных красителей", Ташкент, 2007.
3. Бутко Т. В., Самиева Ш. Х. Аспекты кастомизации швейной продукции //Вестник молодых ученых Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. – 2020. – №. 1. – С. 109-114.
4. Самиева Ш. Х., Рахматова Б. К., Бутко Т. В. ИННОВАЦИОННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ ТЕКСТИЛЯ. – 2021.
5. ХУДАЯРОВА Ф. О., АСАДОВА С. С., САМИЕВА Ш. Х. История натуральных красителей и использование их в окрашивании природных волокон //Молодые ученые-развитию Национальной технологической инициативы (ПОИСК). – 2021. – №. 1. – С. 407-411.

© Самиева Ш.Х., Бутко Т.В., Худаярова Ф.О., 2022

УДК [547.856.1+546.7]:628.543

**ДИЗАЙН, ПРОПЕДЕВТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА
ТОКСИЧНОСТИ И ФАРМАКОФОРНОЙ АКТИВНОСТИ
НОВЫХ АЗОПРОИЗВОДНЫХ 2,4,6-ТРИГИДРОКСИТОЛУОЛА,
СОДЕРЖАЩИХ ФРАГМЕНТЫ БЕНЗОЙНЫХ КИСЛОТ**

Совостьянов Н.Ю., Селезнев В.С., Кобраков К.И.

Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Баходурзода Д.

Худжандский политехнический институт Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими, Худжанд, Таджикистан

Исследования проведенные в последние 15-16 лет на кафедре органической химии РГУ им. А.Н. Косыгина со всей очевидностью показали высокий синтетический потенциал 2,4,6-тригидрокситолуола (ТГТ), который стал технологически и экономически доступными в

результате разработки метода его получения из 2,4,6-тринитротолуола (ТНТ) [1]. В РФ получение ТГТ в опытно-промышленном масштабе освоено в ИПХЭТ СО РАН. В серии работ [2-6] показано, что ТГТ успешно может быть использован для получения азокрасителей и азокрасителей, обладающих комплексом технологических свойств, превосходящих по ряду показателей свойства штатных аналогов, используемых в настоящее время, разнообразных карбо(гетеро)циклических соединений с выраженной биологической активностью, эффективных хелаторов ионов тяжелых металлов.

Настоящая работа выполнена в плане развития выполненных исследований и в ходе ее решались следующие задачи: пропедевтическая оценка методом *in silico* потенциальных токсичностей и фармакофорных свойств запланированных к синтезу соединений, разработка эффективных методик получения целевых молекул, исследование некоторых свойств синтезированных соединений.

Целесообразность постановки такого исследования подтверждается, в частности, тем, что азопроизводные салициловой кислоты проявляют выраженные антиоксидантные, фармакологические свойства, являются эффективными красителями и пигментами для колорирования текстильных материалов [7].

К синтезу были запланированы азопроизводные ТГТ №№ 1-5 (рис. 1).

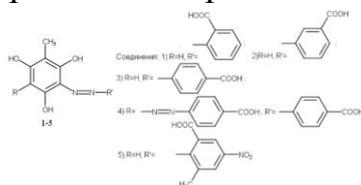


Рисунок 1.

Оценка токсичности соединений 1-5 проводилась с помощью программ QUSAR и PASS результаты приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Результаты оценки токсичности азосоединений 1-5 (вид токсичности: 1) Острая токсичность (LD50) 2) Канцерогенность 3) Мутагенность 4) Гематоксичность 5) Тератогенность)

Соединение №	Вид и уровень токсичности*					Соединение №	Вид и уровень токсичности*				
	1	2Pa	3Pa	4Pa	5Pa		1	2Pa	3Pa	4Pa	5Pa
1	VI	0,61	0,68	0,50	0,64	4	IV	0,56	0,61	0,46	0,46
2	V	0,58	0,67	0,50	0,56	5	V	0,82	0,61	0,71	0,64
3	IV	0,62	0,52	0,50	0,60						

Несмотря на то, что метод оценки токсичность *in silico* имеет известные недостатки, например не учитывают концентрацию соединений в растворе и в целом не является «истиной в последней инстанции» приведенные в табл. 1 результаты свидетельствуют, что при работе с соединения 1-5 следует соблюдать определенную осторожность.

Одновременно результаты прогноза фармакофорных свойств показывают, что соединения 1-5 обладают потенциальными активностями: Антисептической в диапазоне 0,79-0,95, фибринолитической в диапазоне

0,65-0,72, противовоспалительной в диапазоне 0,6-0,64, акарицидной в диапазоне 0,62-0,68. Также соединения 1-4 могут обладать потенциальной активностью к ингибированию инсулина с диапазоном 0,6-0,62. Все вышесказанное делает соединения 1-5 потенциально интересными для синтеза и углубленного изучения прогнозируемых свойств.

Для синтеза соединений 1-5 использована следующая последовательность реакций: диазотирование соответствующих амнобензойных кислот и последующее азосочетание полученных солей диазония с ТГТ.

Реакция диазотирования проводилась по стандартной методике в присутствии HCl, азосочетание проведено при температуре 0-3°C, с добавлением при перемешивании соли диазония к водному раствору ТГТ, соотношение реагентов ТГТ:соль диазония = 1:1, при синтезе бисазосоединения 4 использовался двухкратный избыток соли диазония. Реакция азосочетания проводилась при pH 1-2 в случае моноазосоединений и при pH 7-8 в случае бисазосоединения.

Образующиеся азосоединения выпадали в виде осадков коричневого цвета и выделялись фильтрованием.

Выходы соединений 1-5 составили от 48% до 87%. В ЭСП всех соединений имеются интенсивные полосы поглощения λ_{max} , лежащие в диапазоне 400-430 н.м. Никакой зависимости положения λ_{max} от положения карбоксильной группы нами не было обнаружено. Спектры ЯМР¹H (DMSO, δ , м.д.) подтверждают описанные структуры:

Соединение 1: 1,9 (3H, с СН₃ – ТГТ); 6,0 (1H, ТГТ); 7,4-8,5 (4H, м, Наром);

Соединение 2: 1,9 (3H, с СН₃ – ТГТ); 6,1(1H, ТГТ); 7,6-8,4 (4H, м, Наром);

Соединение 3: 1,9 (3H, с СН₃ – ТГТ); 6,0(1H, ТГТ); 7,4-8,4 (4H, м, Наром);

Соединение 4: 1,7 (3H, с СН₃ – ТГТ); 7,4-8, (8H, м, Наром); 17,5 (2H, карбоксильная группа);

Соединение 5: 1,9 (3H, с СН₃ – ТГТ); 2,5(3H, с СН₃ – diazosostavlyayushaya); 6,05(H, ТГТ); 8,2-8,5 (4H, м, Наром); 10 (2H, H-O-ТГТ); 13,5 (H, карбоксильная группа); 14,22 (H, H-O-ТГТ).

Ранее было показано, что волокна, окрашенные красителями, обладающими хелатирующими свойствами могут быть использованы для получения эффективных фильтров для очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов, например, хрома [4].

В настоящем сообщении приводим результаты предварительных испытаний красителя №5 в качестве сорбционно активного красителя.

Красителем 5 окрашены образцы шерстяной и поликапроамидной ткани по методики крашения кислотными красителями. Полученные

окраски красно-бордовой гаммы, обладающие высокой устойчивостью к действию стирки (4-5 балла), сухого и мокрого трения (4 балла).

Результаты спектро-фотометрического титрования красителя №5 в водно-спиртовом растворе ионами Cu^{2+} и Ni^{2+} показывают, что образующиеся комплексы имеют состав 1:1 и среднюю устойчивость.

Для предварительной оценки сорбционной активности окрашенных образцов мы использовали качественный (полуколичественный) метод, основанный на изменении цвета в следствии сорбции металлов на образце.

Измену цвета фиксировали на спектрофотометре Datascolor mod 3880. Можно констатировать, что окрашенные красителем №5 образцы сорбируют ионы Cr^{2+} и Cu^{2+} в 2 раза эффективнее, чем образцы окрашенные 2-метил-4-[2-(4нитрофенил)диазен-1-ил]бенезен-1,3,5-триолом, взятым в качестве эталона [2].

Полученные результаты дают основание заключить, что синтезированная линейка красителей представляют определенный интерес для изучения закономерностей комплексообразования, а также для исследований в ряду красителей с высокими технологическими характеристиками и обладающих при этом биоцидными, фармакофорными, фунгицидными свойствами.

Список использованных источников:

1. Алексеев С.Г., Петрова Е.К., Кузнецов Д.Н., Кобраков К.И., Краткий исторический очерк по химической трансформации 2,4,6-тринитротолуола. Бутлеровские сообщения, 2020, №4, т-62, с. 1-11

2. Ушкаров А.И. Синтез и исследование свойств азосоединений на основе метилфлорглиуцина: дисс.: канд.хим.наук: 02.00.03. - Москва, 2006.- 140с.

3. Алафинов А.Н. Синтез и исследование производных метилфлорглиуцина: дисс. канд. хим.наук: 02.00.01 - Москва, 2013. - 135с.

4. Волянский О.В. Комплексные соединения переходных металлов с новыми карбо(гетеро)циклическими хелатирующими лигандами. Синтез, строение, свойства: дисс. д-р. хим.наук: 02.00.01 - Москва: 2017- 274с

5. Бобылев С.С. Синтез и исследование некоторых свойств продуктов гетероциклизации 2,4,6-тригидрокситолуола: дисс. канд.хим наук. 02.00.03 - Москва. 2015. - 189с.

6. Шубин Д.А. Полуфункциональные карбо- и гетероциклические соединения на основе 2,4,6-тригидрокситолуола: синтез, строение, свойства: дисс. кад. хим. наук: 02.00.03 - Москва, 2021, - 145с

7. Chandrashekhar Y. Patil, Chandraskant A. Nehete The Azo Derivatives of Salicylic Acid, Ynt. Y. Pharm. Sci. Rev. Res., 33(2) 2015, p. 248-256

© Совостьянов Н.Ю., Селезнев В.С.,
Кобраков К.И., Баходурзода Д., 2022

УДК 547.9:582

**ИЗУЧЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ
И АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТИ
ЛИСТЬЕВ RUBUS FRUTICOSUS L., HIPPOPHAE RHAMNOIDES L.
И RUBUS CAESIUS L.**

Старовойтова М.О., Давыдова А.В., Караваева Е.Б.
Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

В связи с быстрым сокращением природных запасов, остро встает вопрос интенсивного природопользования. Одним из таких направлений является рациональное применение растительного сырья.

Растительное лекарственное сырье является главным источником биологически активных веществ незаменимых для человека. Важными биологическими активными веществами растений являются каротиноиды, флавоноиды, антоцианы, сахара, органические кислоты, в том числе аскорбиновая и аминокислоты, принимающие участие во всевозможных биохимических процессах, поддерживающих жизнедеятельность клеток организма. В животных организмах большая часть упомянутых биологически активных веществ не синтезируется, а поступает с пищей растительного происхождения.

Основным ресурсом биологически активных веществ растений считаются плоды. Однако кора и листовые побеги растений, как правило, становятся отходами при переработке плодов, которые также могут стать потенциальными источниками полезных веществ.

В качестве объектов исследования были выбраны листья облепихи крушиновидной (*Hippophae rhamnoides* L.), ежевики кустистой (*Rubus fruticosus* L.), и ежевики сизой (*Rubus caesius* L.).

Согласно литературным данным, в составе облепихи присутствуют каротиноиды (β - и α -каротин, зеаксантин, ликопин, лютеин), токоферолы (витамин E), витамины C, B1, B2, Bc (фолиевая кислота), PP, K1. Большой вклад в биологическую активность экстрактов облепихи вносят стерины, тритерпеновые и фенольные (флавоноиды, в частности, кверцетин, рутин и гиперозид) [1].

В листьях ежевики содержатся дубильные вещества, органические кислоты (яблочная, молочная, винная и щавелевая), флавоноиды, аскорбиновая кислота, группы витаминов B и A, флавоноиды, танины.

Для изучения состава дубильных веществ получали препарат из листьев по следующей методике. Высушенное сырье измельчали до частиц, проходящих сквозь сито с диаметром отверстий 2 мм, в качестве растворителя использовали 70% этиловый спирт, экстракцию проводили

методом отстаивания при комнатной температуре 1,5 ч. Извлечение фильтровали через складчатый бумажный фильтр, отбрасывая первые 5 мл фильтрата [2, 7]. Определение содержания дубильных веществ проводили спектрофотометрическим методом при длине волны 277 нм в кювете с толщиной слоя 10 мм.

Содержание дубильных веществ в пересчете на галловую кислоту (%) рассчитывали по формуле $X = \frac{D \cdot P \cdot 100}{E_{1\text{см}}^{1\%} \cdot A}$, (1), где X – содержание суммы дубильных веществ в пересчете на галловую кислоту, %; D – оптическая плотность раствора; A – навеска абсолютно сухого сырья, г; P – разведение; $E_{1\text{см}}^{1\%}$ – удельный показатель поглощения галловой кислоты [7].

Определение содержания лиофильных веществ проводили методом мацерации при комнатной температуре. Высушенное сырье измельчали до частиц, проходящих сквозь сито с диаметром отверстий 2 мм. В качестве экстрагента использовали гексан [2, 4].

Спектры поглощения в гексане показали наличие каротиноидов и хлорофилла. Спектр поглощения приведен на рис. 1.

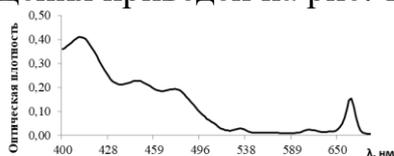


Рисунок 1 – Спектры поглощения экстракта листьев облепихи в гексане.

Состав липофильных веществ определяли по содержанию каротиноидов и хлорофилла по методикам [4, 5]. В табл. 1 представлены результаты измерений на содержание суммы каротиноидов и дубильных веществ в листьях.

Количество каротиноидов рассчитывали по формуле $C = \frac{D_1 \cdot 0,00208 \cdot P \cdot 10}{D_0 \cdot A}$ (2), где D1 – оптическая плотность исследуемого раствора; D0 – оптическая плотность раствора стандартного образца бихромата калия; P – разведение; 0,00208 – количество β-каротина в миллиграммах в растворе, соответствующем по окраске раствору стандартного образца бихромата калия; A – навеска абсолютно сухого сырья.

Таблица 1 – Содержание суммы каротиноидов и дубильных веществ в листьях

Сырье	Влажность сырья, %	Содержание суммы дубильных веществ, %	Содержание суммы каротиноидов, мг%
<i>Rubus fruticosus</i> L.	6,23	4,21±0,25	0,12±0,22
<i>Hippophae hamnoides</i> L.	8,51	6,13±0,31	2,50±0,12
<i>Rubus caesius</i> L.	7,46	5,49±0,21	0,4±0,11

В результате исследований было установлено, что содержание каротиноидов и дубильных веществ больше в облепихе (*Hippophae rhamnoides* L) практически в 2 раза.

Также была изучена антиоксидантная активность в 70% растворе этанола. В качестве характеристики интегральной антиоксидантной мощности действия изученных экстрактов использовали показатель RS – степень радикального захвата (в %) рассчитывается по формуле $RS = \frac{A_0 - A_x}{A_0} * 100$; (3), где A_0 – оптическая плотность (светопоглощение) исходного раствора радикала; A_x – оптическая плотность раствора после добавления образца (экстракта).

Величина светопоглощения с максимумом при 266-268 нм обусловлена главным образом содержанием веществ фенольного типа.

Результаты антиоксидантной активности представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Оптические свойства экстрактов в водно-этанольных растворах

№ образца	Вид сырья	Температура сушки сырья	Величина светопоглощения при λ макс, нм		
			217 – 220	266 – 268	430 – 470
1	<i>Hippophae hamnoides</i> L.	25°C	1.384	0.642	0.031
2	<i>Rubus fruticosus</i> L.	25°C	2.970	0.860	0.040
3	<i>Rubus caesius</i> L.	25°C	1.225	0.553	0.025

Все контрольные пробы, используемые для оценки антиоксидантных свойств экстрактов, содержали 100 мкг экстрактивных веществ в 5 мл раствора ДФПГ. На рис. 2 представлены результат измерений антиоксидантной активности водно-этанольных экстрактов.

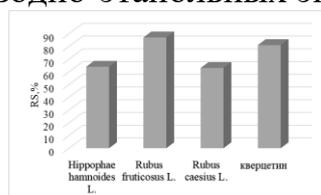


Рисунок 2 – Диаграмма результатов исследования водно-этанольных экстрактов из листьев облепихи и ежевики.

В результате исследований установлено, что большей антиоксидантной активностью обладает ежевика кустистая, на уровне кверцетина.

Список использованных источников:

1. Т.П. Кукина, Д.Н. Щербаков, К.В. Генъш, Н.В. Пантелеева, Е.А. Тулышева, О.И. Сальникова, А.Е. Гражданников, П.В. Колосов, Г.Ю. Галицын. Биоактивные компоненты эфирного экстракта древесной зелени облепихи *HIPPORHAE RHAMNOIDES* L. // Биоорганическая химия.2016. №1.С.37-42.

2. Государственная фармакопея РФ. XIV изд. Том 3., М.,2018.–2356 с.

3. ГОСТ 28561-90.Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сухих веществ и влаги. – Введен 1997-07-01. – М.:Стандартинформ, 2011.С. 22.

4. Ветров Л.П., Гарная С.В., Долганенко Л.Г. Определение содержания липофильных веществ и суммы каротиноидов в растительном сырье // Химико-фармацевтический журнал.-1989.-№3.-С. 320

5. Наймушина Л.В., Карасева А.Ю. Спектрофотометрическое исследование накопления хлорофилла и его производных в экстрактах Melissa лекарственной при использовании двухфазной системы растворителей // Новые достижения в химии и химической технологии растительного сырья. 2012. - С. 277-279.

6. О. В. Тринеева, а. И. Сливкин. Валидация методики определения каротиноидов в плодах облепихи различными способами консервации // Вестник воронежского государственного университета. 2016. №2. С.145-151.

7. Данилова Н.А., Попов Д.М. Количественное определение дубильных веществ в корнях щавеля конского методом спектрофотометрии в сравнении с методом перманганатометрии. Вестник ВГУ. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2004, №2, с.179-182

© Старовойтова М.О., Давыдова А.В., Каравеева Е.Б., 2022

УДК 541.128

ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ НАНОКАТАЛИЗАТОРОВ

Хайруллова Р.М.

Научный руководитель Бузаева М.В.

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Ульяновский государственный
технический университет», Ульяновск*

Катализаторы ежедневно ускоряют и регулируют тысячи различных химических процессов и реакций, являясь залогом успешного существования и работы химической промышленности во всем мире. Они незаменимы при создании и использовании экобиозащитных технологий. Область нанокатализа – использование наночастиц для катализа химических процессов, претерпела взрывной рост в начале XXI века. Подобные катализаторы сочетают в себе преимущества гомогенного и гетерогенного катализа. Моделируя их состав, размер частиц и химическую природу можно достигнуть высоких показателей стабильности, активности, селективности и выхода продукта. При этом такие каталитические материалы легко извлекаются из реакционной среды, характеризуются способностью к многократному использованию и регенерации [1].

Основные области применения нанокатализаторов – очистка воды, работа топливных ячеек, производство биодизеля, медицина, использование в твердых ракетных топливах, производство водорода для топливных элементов.

В качестве материалов для изготовления нанокатализаторов используются как традиционные, например, металлы с переменной

валентностью, так и новые материалы в исходном или модифицированном состоянии (углеродные нанотрубки).

Переходные металлы, в первую очередь – благородные, такие как Pt, Pd, Rh, Ru, Au, Ag, Cu, широко используются в качестве гомогенных и гетерогенных катализаторов в большинстве химических процессов благодаря переменным степеням окисления [2]. Они также обладают хорошими адсорбционными свойствами, необходимыми для гетерогенного катализа. Сочетание этих двух свойств позволяет наночастицам переходных металлов действовать в качестве электронных проводников для реагентов, адсорбированных на поверхности катализатора. Впервые наночастицы в катализе начали использоваться в фотографии (наночастицы серебра). Другим классическим примером является платина, используемая при разложении перекиси водорода (H_2O_2). После этого наночастицы благородных металлов стали широко использоваться в качестве катализаторов многих органических реакций, таких как реакции гидрирования, дегидрирования, окисления и т.д. [3].

Использование наночастиц и в катализе, и в других областях связано с различными техническими сложностями. Одной из них является склонность к агломерации. Наночастицы из-за высокой поверхностной энергии имеют тенденцию к агломерации, что приводит к увеличению размера частиц с меньшей площадью поверхности. Это приводит к уменьшению количества поверхностно-активных центров в катализаторе. Стабилизаторы, такие как поверхностно-активные вещества или полимеры, которые также могут действовать как функционализирующие агенты, часто используются для защиты поверхности наночастиц от агрегации. Такие процессы изменения поверхности также вызывают изменение электронной структуры наночастиц и, следовательно, их каталитической активности [4].

Другой методом решения этой проблемы является имплантация этих наночастиц на большую площадь поверхности, например, на нерастворимые твердые носители с низкой плотностью, такие как цеолиты, материалы на основе углерода и т.д. Материал носителя может быть относительно инертным, каталитические свойства материала обеспечивают наночастицы.

В качестве альтернативного способа применяют носитель, модифицирующий химические и адсорбционные свойства катализатора. Такие активные подложки могут повышать эффективность катализа (промоторы) или снижать активность работы катализатора для конкретной реакции, регулируя электронную плотность наночастиц. Также может быть использован носитель, являющийся лучшим адсорбентом для одного из реагентов и, таким образом, улучшающий характеристики катализатора.

В настоящее время наночастицы все чаще заменяют обычные гетерогенные катализаторы. Из-за меньших размеров наночастицы имеют

большую площадь поверхности и большее количество активных центров. Таким образом, наночастицы имеют большую площадь контакта с реагентами и каталитически более активны, чем обычные гетерогенные катализаторы. Различия в форме и составе нанокатализаторов открывают доступ к различным типам каталитических центров. Подбирая определенный тип центра можно регулировать селективность по отношению к определенному пути реакции. Таким образом, с точки зрения повышенной активности и селективности нанокатализаторы по своим свойства приближаются к свойствам гомогенных катализаторов. С другой стороны, нанокатализаторы значительно легче отделяются от реакционных смесей, то есть обладают преимуществами гетерогенных катализаторов. Кроме того, адсорбция реагента или нескольких реагентов на нанокатализаторе является необходимой предпосылкой для любой нанокатализируемой реакции. Это также характерно для гетерогенного каталитического процесса. Поэтому могут быть разработаны и синтезированы нанокатализаторы с лучшей активностью, стабильностью и селективностью путем управления их размером, формой и составом наноматериалов [4].

Одним из направлений использования нанокатализа является – производство водорода для топливных элементов. Экологически чистое водородное топливо и высокая эффективность топливных элементов – перспективная альтернатива ископаемому топливу. Благодаря современным технологиям мы можем отнести водород к возобновляемым видам топлива. Широкое внедрение водородных топливных элементов затруднено большими затратами при производстве, хранении и использовании водорода. Производство водорода осуществляется с применением электролитических, фотохимических или биохимических процессов. При этом доступные в настоящее время гидридные соединения не могут удовлетворить возрастающие потребности в водороде.

Нанотехнологии предлагают несколько решений этой проблемы. Одним из направлений является использование углеродных нанотрубок в качестве хранилища водорода. Нанокатализ помогает интенсифицировать традиционные химические процессы получения водорода и разрабатывать новые. Так алюминий может быть использован в качестве реагента и одновременно катализатора подобного процесса. Алюминий, один из самых активных металлов, быстро подвергается коррозии в сильноокислых или щелочных средах, но пассивируется при значениях pH около 5-9. Пассивацию алюминия в этом диапазоне pH, и, в частности, при попадании в обычную водопроводную воду, можно предотвратить путем измельчения алюминия с водорастворимыми неорганическими солями, такими как KCl или NaCl. Последующая гидролиз солей алюминия в водопроводной воде с выделением водорода и осаждением гидроксида алюминия при нормальном

давлении и умеренных температурах (55°C) происходит значительно быстрее.

Например, 92% Al в смеси с неорганическими солями при измельчении в течение 1 ч и 81% Al при измельчении в течение 15 мин, взаимодействует с водой за 1 час с выделением 1,5 моль водорода на каждый моль алюминия, вступившего в реакцию. Помимо газообразного водорода, в результате реакции образуются только твердые гидроксиды алюминия без образования побочных продуктов. Дополнительно ведутся исследования по увеличению скорости образования водорода в реакции алюминия с водой путем активации алюминиевых частиц и использованию тепла, выделяющегося в ходе реакции [5].

Список использованных источников:

1. Зейналов, Э.Б. Нанокатализ. Акценты / Э.Б.Зейналов, Э.Р.Гусейнов // Азербайджанский химический журнал. - № 2. - 2018. – С. 40 – 43.
2. Haruta M. Catalysis of gold nanoparticles deposited on metal oxides. *CATTECH*. 2002;6(3):102-115
3. Hutchings G. *Nanocatalysis: Synthesis and applications*. Hoboken, New Jersey, USA: John Wiley & Sons. Inc; 2013
4. Shukla M, Sinha I. Catalytic activation of nitrobenzene on PVP passivated silver cluster: A DFT investigation. *International Journal of Quantum Chemistry*. 2018;118:e25490
5. Chen, X.B., Mao, S.S., 2006. *J. Nanosci. Nanotechnol.* 6, 906

© Хайруллова Р.М., 2022

УДК 533.924:677.4

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЧЕ ПЛАЗМЕННОЙ МОДИФИКАЦИИ ПОЛИЭТИЛЕНОВОЙ ПЛЕНКИ МЕТОДОМ ИК-СПЕКТРОСКОПИИ

Харапудько Ю.В., Тимошина Ю.А., Вознесенский Э.Ф.
*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Казанский национальный
исследовательский технологический университет», Казань*

Полиолефины являются наиболее массовыми и универсальными полимерами для производства технических пленочных и текстильных материалов. Благодаря своим объемным свойствам полиолефины соответствуют механическим и термическим требованиям различных полимерных производств. При этом для получения материалов, обладающих новыми свойствами и улучшенными эксплуатационными характеристиками, перспективным направлением является модификация и функционализация поверхности пленочных и текстильных материалов на

основе полиолефинов [1-3]. Для модификации поверхности полимерных материалов в последнее десятилетие особенно востребованными становятся методы плазменной модификации, характеризующиеся устойчивостью получаемых эффектов и возможностью обрабатывать рулонные материалы.

В качестве объекта исследования выбрана полиэтиленовая (ПЭ) пленка, изготовленная методом каст-экструзии, толщиной 60 мкм, плотностью 0,92 г/см³, состоящая на 90% из ПЭ низкой плотности и 10% из линейного ПЭ низкой плотности. Модификация образцов ПЭ пленки осуществлялась в экспериментальной плазменной установке высокочастотного емкостного (ВЧЕ) разряда пониженного давления [4]. Параметры ВЧЕ плазменной модификации: мощность разряда 1,4-2,0 кВт; время обработки 3-7 мин; давление в рабочей камере 10-30 Па; расход плазмообразующего газа 0,01-0,04 г/с; в качестве плазмообразующих газов использовали аргон и воздух.

Для анализа изменений химического состава ПЭ пленки использовался ИК-Фурье спектрометр Vertex 70, Bruker (США), предназначенный для измерения оптических спектров пропускания, отражения в дальнем, среднем и ближнем ИК-диапазоне.

Полученные результаты ИК-спектроскопии для образцов ПЭ пленки до и после ВЧЕ плазменной модификации в плазмообразующих газах аргоне и воздухе представлены на рис. 1.

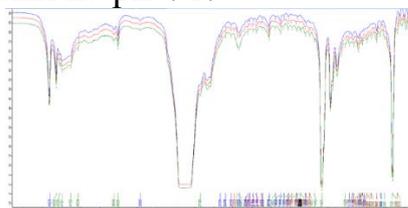


Рисунок 1 – ИК-спектры образцов ПЭ пленки: исходного (синий), модифицированного в ВЧЕ плазме аргона (красный), модифицированного в ВЧЕ плазме воздуха (зеленый)

На ИК-спектрах всех исследуемых образцов присутствуют характерные для ПЭ полосы поглощения, отвечающие за валентные асимметричные, валентные симметричные и деформационные колебания структурных фрагментов $-CH_2-$ и $-CH_3$. Для ПЭ пленок, модифицированных в ВЧЕ плазме воздуха, наблюдаются полосы поглощения, характерные для валентных колебаний карбонильной группы (1780-1670 см⁻¹), деформационных (1450-1250 см⁻¹) колебаний гидроксильной группы, плоских деформационных колебаний (1650-1580 см⁻¹) аминогруппы, а также неплоских деформационных колебаний одиночных и кумулированных двойных связей в алкенах (1050-950 см⁻¹).

Полученные результаты свидетельствуют, что в результате взаимодействия ВЧЕ плазмы воздуха с образцами ПЭ пленки на их поверхности образуются кислород- и азотсодержащих функциональные группы, а также протекают процессы образования двойных связей, что

характерно для карбоцепных полимеров. Для ПЭ пленки, модифицированной в ВЧЕ плазме аргона, химические изменения менее выражены, что связано с тем, что окисление происходит при взаимодействии модифицированных образцов с атмосферным воздухом и носит менее интенсивный характер по сравнению с модификацией в ВЧЕ плазме воздуха.

Список используемых источников:

1. Сергеева Е.А. Модификация синтетических волокнистых материалов и изделий неравновесной низкотемпературной плазмой. Теория, модели, методы / Е.А. Сергеева, В.С. Желтухин, И.Ш. Абдуллин. – Казань: КГТУ, 2011. – 252 с.

2. Тимошина, Ю.А. Применение ВЧ плазмы пониженного давления для повышения адгезии синтетических материалов к полимерным связующим и металлическим покрытиям / Ю.А. Тимошина, И.И. Морозова, Ю.В. Харापудько, А.Е. Карноухов, И.И. Каримуллин, Э.Ф. Вознесенский, Н.В. Тихонова // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2021. – №4. – С. 143–149.

3. Кутепов, А.М. Плазменное модифицирование текстильных материалов: перспективы и проблемы / А.М. Кутепов, А.Г. Захаров, А.И. Максимов, В.А. Титов. – Российский химический журнал. – 2002. – Т. 46, №1. – С. 103–115.

4. Абдуллин, И.Ш. Модификация нанослоев в высокочастотной плазме пониженного давления: монография / И.Ш. Абдуллин, В.С. Желтухин, И.Р. Сагбиев, М.Ф. Шаехов. – Казань: КГТУ, 2007. – 356 с.

© Харापудько Ю.В., Тимошина Ю.А., Вознесенский Э.Ф., 2022

УДК 666.32/36

**ВЛИЯНИЕ ПОРОШКА ОКСИДА АЛЮМИНИЯ И ПЛАВНЕЙ
НА СВОЙСТВА АЛЮМОСИЛИКАТНЫХ ПРОПАНТОВ
НА ОСНОВЕ БУРОВОГО ОТХОДА
ВОСТОЧНО-ЧУМАКОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

Яценко Е.А., Чумаков А.А., Яценко В.С., Сопина С.А.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова», Новочеркасск

В наше время традиционным вертикальным бурением скважин добывается нефть на территории Западно-Сибирского региона на глубинах порядка 5000-6000 м с толщиной залегания пластов от 4500 м. На территории же Южного федерального округа такие запасы нефти постепенно исчерпываются. В связи с этим на сегодняшний день крайне целесообразным является осваивание нефтеносных месторождений с

глубиной залегания до 3500 м и толщиной пласта до 2500 м. Однако, из-за малой глубины залегания применять вертикальное бурение крайне неэффективно, поэтому рекомендуется на территории Южного федерального округа использовать горизонтальное бурение с гидроразрывом пласта (ГРП), в процессе которого после образования трещины с жидкостью гидроразрыва (буровым раствором) закачивается пласт пропанта для ее удержания [1-4].

При использовании метода ГРП при бурении образуется достаточно большое количество бурового отхода (бурового шлама) – порядка 2500 тыс. т в год только на территории Южного федерального округа. Данные отходы оказывают негативное воздействие на окружающую среду, в связи с этим стоит важная экологическая задача – рециклинг данных отходов с целью дальнейшего использования в качестве сырья для получения силикатных материалов, например, алюмосиликатных пропантов. Использование в данной технологии буровых шламов позволит решить две важных проблемы: утилизация буровых отходов и разработка импортозамещающей технологии пропантов на основе техногенных сырьевых материалов [5-7].

Традиционным расклинивающим материалом в технологии ГРП на сегодняшний день является кварцевый песок. Это обусловлено тем, что он является самым распространенным природным материалом, однако из-за малой прочности (до 28 МПа) его эффективно использовать только на месторождениях с глубинами не более 1500 м [8-11].

В связи с этим, для разработки месторождений средней глубины 1500-3500 м нефтедобывающими компаниями используются синтезированные расклинивающие материалы – пропанты, обладающие прочностью не менее 68,9 МПа (10000 psi) при плотности не более 1900 кг/м³ в соответствии с ГОСТ Р 51761-2013 «Пропанты алюмосиликатные. Технические условия».

Пропант представляет собой гранулообразный материал с диаметром 0,5-1,2 мм, где каждая гранула представляет собой элементарное изделие, полученное высокотемпературным обжигом при температурах 1300-1600°C и изготовленное из природных сырьевых материалов – глинозема и кремнезема, которые вносят в химический состав основные оксиды Al₂O₃ и SiO₂. В табл. 1 представлен усредненный химический состав традиционного пропанта [12-15].

Таблица 1 – Химический состав традиционных пропантов

Материал	Содержание, мас. %			
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂
Пропант	50,0-65,0	15,0-45,0	4,5-5,0	4,5-5,0

В связи с тем, что пропанты из природного сырья являются достаточно дорогими из-за использования сырья, следовательно, крайне целесообразным будет разработка технологии с применением техногенных сырьевых материалов – буровых отходов.

В качестве основного сырья для исследования был выбран буровой отход Восточно-Чумаковского месторождения, расположенного на территории Краснодарского края.

Изучение химического состава бурового отхода. Определение концентрации порообразующих оксидов и некоторых микроэлементов в образцах проводили методом рентгеноспектрального флуоресцентного анализа (РФА) на последовательном вакуумном спектрометре (с дисперсией длины волны) модели PW2400 производства Philips Analytical (Нидерланды). Спектрометр оснащен рентгеновской трубкой мощностью 3 кВт с Rh-анодом. Максимальное напряжение на трубке составляет 60 кВ, максимальный анодный ток – 125 мА. При калибровке спектрометра использовались промышленные и государственные стандартные образцы химического состава горных пород, грунтов и донных отложений. Исследования проводились в ФГБУН «Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии Российской академии наук (ИГЕМ РАН)», расположенный в г. Москва [15, 16].

Исследование фазового состава бурового отхода Восточно-Чумаковского месторождения. Для определения фазового состава образец бурового шлама Восточно-Чумаковского месторождения подвергался измельчению и исследованию полученного порошка с помощью рентгеновского порошкового дифрактометра ARL X'TRA (Thermo Fisher Scientific), входящего в ЦКП «Нанотехнологии» Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова. Интерпретация полученных данных проводилась с использованием базы данных ICDD (The International Center for Diffraction Data).

Синтез сырьевых смесей для получения пропантов. Порядок приготовления смеси был следующий. Буровой отход предварительно высушивался при $(100\pm 5)^\circ\text{C}$ и измельчался до размера частиц менее 250 мкм. Стеклобой был измельчен в лабораторной шаровой мельнице и просеян через сито 025. Далее компоненты смешивались согласно составам и тщательно перемешивались в шаровой мельнице в течение 30 мин.

Из подготовленной сырьевой смеси с добавлением 5 мас. % воды формовали модельные лабораторные образцы в количестве 3 шт. в форме куба с длиной грани 20 мм и массой 10 г путем одноосного прессования с максимальной нагрузкой 5 МПа. Полученные образцы помещались на сетчатую подложку и загружали в холодную муфельную печь для обжига в атмосфере воздуха при температуре 1100°C со скоростью нагрева $6^\circ\text{C}/\text{мин}$ и выдержкой при максимальной температуре 30 мин. После спекания образцы находились в печи до полного остывания, затем извлекались и подвергались испытаниям (плотность, коэффициент спекания и прочность на сжатие). За окончательный результат бралось среднее арифметическое

трех измерений, по которому делался вывод о возможности использования состава.

Результаты химического анализа представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Химический состав бурового отхода Восточно-Чумаковского месторождения

Оксид	Содержание, мас. %	Оксид	Содержание, мас. %
Na ₂ O	1.36	P ₂ O ₅	0.17
MgO	1.43	BaO	15.53
Al ₂ O ₃	11.01	Cl	0.06
SiO ₂	35.14	CuO	0.03
K ₂ O	1.64	PbO	0.12
CaO	9.25	Rb ₂ O	0.01
TiO ₂	0.45	SO ₃	11.89
MnO	0.14	SrO	0.28
Fe ₂ O ₃	5.07	П.П.П. (1000°С)	6.36

Из табл. 1 видно, что буровой отход Восточно-Чумаковского месторождения имеет малое количество Al₂O₃ (11,01 мас. %) и SiO₂ (35,14 мас. %). Следовательно, при разработке сырьевых смесей необходимо использовать модифицирующие добавки: молотый стеклобой марки БТ-1, порошок оксида алюминия (очищенный технический глинозем) и порошок фторида натрия.

Результаты определения фазового состава бурового отхода Восточно-Чумаковского месторождения представлены на рис. 1.

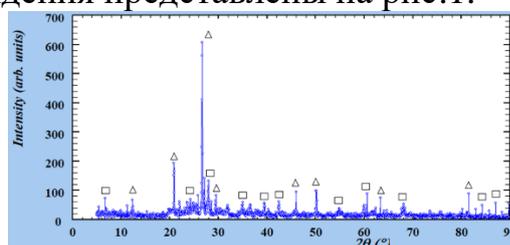


Рисунок 1 – Рентгенограмма бурового отхода Восточно-Чумаковского месторождения (Δ – кальцит, □ – кварц)

Из рис. 1 видно, что преобладающей фазой Восточно-Чумаковского шлама является кварц (SiO₂), находящийся сразу в двух модификациях α-SiO₂ и β-SiO₂, присутствующие в количествах 11 и 28% соответственно. Второй фазой является кальцит (CaCO₃), и третьей, малозаметной фазой, – барит (BaSO₄). Из всех фаз наиболее значимой для синтеза алюмосиликатных пропантов является наличие α- и β-модификаций кварца [6-9].

По описанной выше технологии готовились образцы из сырьевых смесей, состав которых представлен в табл. 3.

Таблица 3 – Компонентный состав сырьевых смесей

№ смеси	Компонентный состав, мас. %			
	Буровой отход Восточно-Чумаковского месторождения	Стеклобой марки БТ-1	Порошок оксида алюминия (сверх 100)	Порошок фторида натрия (сверх 100)
1	100	–	–	–
2	80	20	5	4,5

Ниже на рис. 2 представлен внешний вид обожженных образцов.



Рисунок 2 – Внешний вид обожженных образцов

Из рис. 1 видно, что образец из чистого бурового отхода (смесь 1) получился плохо спеченным, так как температуры обжига (1100°C) недостаточно для его спекания. Также образец имеет красноватые участки, которые свидетельствует о том, что малая часть оксида железа перешла в стеклофазу.

Образец с модифицирующими добавками (смесь 2) после обжига получился плотноспекшимся с характерной стекловидной пленкой на поверхности, которая образовалась за счет оплавления частиц стеклобоя и фторида. Данная пленка позволит получить образец, который будет обладать повышенной прочностью на сжатие.

Результаты физико-механических испытаний синтезированных образцов приведены ниже в табл. 4.

Таблица 4 – Физико-механические испытания синтезированных образцов

№ состава	Характеристика					
	Объем до обжига, V1, см ³	Плотность до обжига, ρ_1 , кг/м ³	Объем после обжига, V2, см ³	Плотность после обжига, ρ_2 , кг/м ³	Коэффициент спекания, Kс	Прочность, R, МПа (psi)
1	6,75	1601,10	6,62	1538,50	1,02	10,13 (1469,23)
2	4,61	2197,08	4,18	2029,82	1,11	70,35 (10203,41)

Как видно из табл. 4, образец 1 состава, состоящий из чистого бурового отхода Восточно-Чумаковского месторождения, обладает малой прочностью (10,13 МПа). Это обусловлено тем, что в своем химическом составе (табл. 2) малое количество прочностного оксида алюминия (11,01 мас. %). Увеличение же прочности практически в 7 раз (70,35 МПа), которая превышает прочность пропантов по ГОСТ, для состава 2 обусловлено тем, что кроме бурового отхода в смесь вносили также прочностную добавку (порошок оксида алюминия) и плавни (стеклобой марки БТ-1 и порошок фторида натрия). В процессе обжига данные добавки создают достаточное количество жидкой фазы, которое позволяет ускорить процессы спекания, тем самым получается плотноспеченный образец.

В результате исследования химического и фазового состава можно сделать предположение о том, что выбранный буровой отход Восточно-Чумаковского месторождения подходит для применения его в синтезе алюмосиликатных пропантов, так как он содержит в своем составе кварц (SiO_2), находящийся сразу в двух модификациях $\alpha\text{-SiO}_2$ и $\beta\text{-SiO}_2$, кальцит (CaCO_3) и барит (BaSO_4).

В ходе разработки сырьевых смесей готовились образцы из чистого бурового отхода и с различными добавками-модификаторами (порошок оксида алюминия, стеклобой марки БТ-1 и порошок фторида натрия). Образец с чистым отходом обладает пониженной прочностью (10,13 МПа),

однако с модифицирующими добавками прочность увеличивается в 7 раз (70,35 МПа), превышающую ГОСТовскую (68,9 МПа). Это обусловлено тем, что плавнями образуется достаточное количество жидкой фазы, которое позволяет полностью спечься частицам между собой, образуя плотный спек.

Работа выполнена в ЮРГПУ (НПИ) при финансовой поддержке РФФ по договору № 20-79-10142 «Разработка эффективной технологии синтеза алюмосиликатных пропантов с использованием отходов нефтегазового бурения Южного федерального округа». (руководитель – А.А. Третьяк).

Список использованных источников:

1. Воробьев Е.С. ГРП – метод повышения нефтеотдачи Трибуна ученого, 2020 г. № 11. с. 25-31.

2. Куренков В.В. Применение методики гидравлического разрыва пласта с промыслово-геофизическими методами для низкопроницаемых пластов Научные исследования; от теории к практике, 2016 г. № 4-1 (10). с. 94-97.

3. Серебрянников А.А. Эффективность гидравлического разрыва пласта при совместной разработке нефтяных пластов различной проницаемости Проблемы разработки месторождений углеводородных и рудных полезных ископаемых, 2020 г. Т. 2. с. 358-364.

4. Meng T., Lifeng M., Fengbiao W., Gan F., Yongbin X. Experimental Study on Permeability Evolution and Nonlinear Seepage Characteristics of Fractured Rock in Coupled Thermo-Hydraulic-Mechanical Environment: a Case Study of the Sedimentary Rock in Xishan Area Engineering Geology, 2021 г. Vol. 294. № 106339.

5. Сулейманов С.С.М. Проблемы, возникающие при ГРП и возможности их решений Аллея науки, 2020 г. Т. 2. № 12 (51). с. 210-215.

6. Татосов А.В., Шляпкин А.С. Движение пропанта в раскрывающейся трещине гидроразрыва пласта Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Математика. Механика. Информатика, 2018 г. Т 18 (№ 2). с. 217-226.

7. Bello A., Ozoani J., Kuriashov D. Proppant Transport in Hydraulic Fractures by Creating a Capillary Suspension Journal of Petroleum Science and Engineering, 2022 г. Vol. 208. № 109508.

8. Wang Q., Su X., Feng Y., Wang H., Song J. Experimental Study of Gas-Water Two-Phase Flow Patterns in Fracture: Implication for Enhancing Coalbed Methane Production Journal of Petroleum Science and Engineering, 2021 г. Vol. 207. № 109168.

9. Сакулин А.В., Иксанов Ф.Р., Коржавин А.Ю. Сравнительная оценка эффективности применения алюмосиликатных и магнезиально-кварцевых пропантов Бурение и нефть, 2020 г. № 11. с. 11-15.

10. Liu C., Li M., Guo T., Zhang G. Numerical Simulation on Proppant Transport in Fracture Junctions Affected by the Fracture Scale Journal of Energy Resources Technology, Transactions of the ASME, 2022 г. Vol. 144 (3). № 033002.

11. Basiuk L., Roschztardt F.I., Fernández M.E., Pugnali L.A., Sánchez M. Proppant Transport in Scaled Experiments: Effect of Drainage Configuration and Fracture Wall Roughness Journal of Petroleum Science and Engineering, 2022 г. Vol. 208. № 109433

12. Yatsenko E.A., Goltsman B.M., Chumakov A.A., Vilbitskaya N.A., Li Wensheng. Research on the Synthesis of Proppants Applied for Oil Production by the Method of Hydraulic Facing Materials Science Forum, 2021 г. Vol. 1037, p 181-188.

13. Yatsenko E. A., Smolii V. A., Gol'tsman B. M. Perspective and Experience of Use of Glass Fraction of Solid Municipal Waste in the Production of Silicate Heat-Insulating Materials IEEE. Saint Petersburg, Russia, 2018 г. p. 46-48.

14. Smolii V.A., Kosarev A.S., Yatsenko E.A. Ash-Slag Based Cellular Glass for Energy-Efficient 3-Ply Construction Panels Glass Ceram, 2019 г. V. 76. Is. 3-4. p. 105 – 108.

15. Yatsenko E., Tretyak A., Chumakov A., Golovko D. Prospects for the use of drilling slurries for the synthesis of aluminosilicate proppants Materials Today: Proceeding, 2021 г. Vol. 38. p. 1886-1888

16. Yatsenko E.A., Goltsman B.M., Tretyak A.A., Chumakov A.A. Influence of metallurgical slag additives on proppants synthesis processes based on drilling muds Chernye Metally, 2021. Т. 2021 (8). с. 49-53.

© Яценко Е.А., Чумаков А.А., Яценко В.С., Сопина С.А., 2022

УДК 667.281

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ ОБЛАСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ
АЗОСОЕДИНЕНИЙ
НА ОСНОВЕ ОРИГИНАЛЬНЫХ НИТРОФЕНОЛОВ**

Шукуров Р.О., Армянова М.В., Мелешенкова В.В., Кузнецов Д.Н.
Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва

Омонкулов Д.Э.

*Таджикский государственный медицинский университет
имени Абуали ибни Сино, Душанбе, Таджикистан*

Начиная с конца 19 века полифенолы активно изучались и использовались в качестве азокомпонентов в синтезе промышленно выпускаемых азокрасителей для текстильной промышленности. Однако

эффективное развитие подобных исследований сдерживалось малой доступностью и соответственно высокой стоимостью исходных полигидроксibenзолов.

В настоящее время в Российской Федерации, в рамках президентской программы по диверсификации производства высокотехнологичной продукции гражданского и/или двойного назначения, организациями оборонно-промышленного комплекса и программы Фонда развития промышленности РФ «Конверсия» разработаны технологически и экологически приемлемые способы получения флороглюцина (1,3,5-тригидрокситолуола) и метилфлороглюцина (2,4,6-тригидрокситолуола) из промышленно выпускаемых взрывчатых веществ (тринитробензол, тринитротолуол), что делает их реально доступным и дешевыми полупродуктами [1, 2].

В тоже время полигидросинитробензолы, а именно нитрофлороглюцин (2,4,6-тригидросинитробензол) 1 и 2-нитрорезорцин (2,6-дигидросинитробензол) 2, уже зарекомендовали себя как высокореакционноспособные субстраты для синтеза моно- и бисазосоединений различного строения 4,5a-h [3].

В связи с чем сформировалась необходимость поиска перспективных областей практического применения новых азопроизводных нитрофенолов.

Исходя из строения бисазосоединений 4a-h и моноазосоединений 5a-h следует, что их можно использовать в качестве кислотных и дисперсных красителей для крашения полиамидных тканей (капрон) в условиях стандартного крашения кислотными и дисперсными красителями (рис. 1).

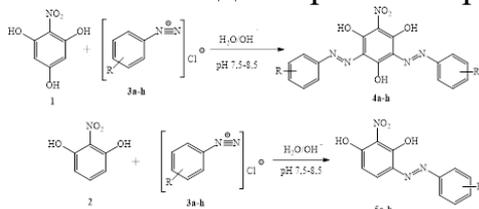


Рисунок 1 – 4,5a R = 4-NO₂; 4,5b R = H; 4,5c R = 4-CH₃; 4,5d R = 4-NHCOCH₃; 4,5e R = 2- OH, 5-NO₂; 4,5f R = 4-SO₃H; 4,5g R = 2-COOH; 4,5h R = 2- OH, 3-NO₂, 5-SO₃H

Окрашенные образцы были испытаны на устойчивость окраски к мокрой обработке ГОСТ 9733.4-83 и действию пота ГОСТ 9733.6-83 [4, 5]. Устойчивость окраски образцов оценивалась по 5-ти бальной шкале серых эталонов на спектрофотометре Datacolor mod.3880 с помощью пакета программ для решения задач текстильной колористики «Павлин». Результаты испытаний выкрасок представлены в табл. 1.

На основании данных, приведенных в табл. 1, можно сделать вывод, что азосоединения 4,5a-h могут быть использованы для колорирования тканей из поликапроамидного волокна и обеспечивают хорошие эксплуатационные свойства окрасок, а также, что увеличение количества

гидроксигрупп в молекуле азосоединений приводит к снижению устойчивости окраски к мокрым обработкам.

Таблица 1 – Устойчивость окрашенных материалов к физико-химическим воздействиям

№	Цвет окрашенного образца	Результаты испытаний на устойчивость к физико-химическим воздействиям**					
		Стирка			Пот		
		I	II	III	I	II	III
4a	Оранжевый	1-2	4-5	3-4	2	2-3	3
4b	Оранжевый	1-2	4-5	4-5	1-2	2-3	1-2
4c	Оранжево-красный	1-2	4-5	4	2	2	3
4d	Красный	2-3	4	4-5	2-3	3	3-4
4e	Красный	*	4-5	4-5	*	4-5	3-4
4f	Желтый	3-4	4-5	5	2	3-4	3-4
4g	Оранжевый	2-3	4-5	5	2	3-4	3-4
4h	Фиолетовый	*	5	5	*	5	5
5a	Желто-оранжевый	1-2	3	3	2-3	1	3-4
5b	Желтый	3	2-3	2-3	2	1	4-5
5c	Желто-оранжевый	3	2-3	3	1-2	1	3
5d	Красный	4-5	4-5	4-5	4-5	3-4	4
5e	Желтый	*	4-5	4-5	*	2	4-5
5f	Желтый	4-5	4-5	4-5	5	3-4	4-5
5g	Темно-желтый	4-5	4-5	4-5	4-5	2-3	4-5
5h	Розовый	*	4-5	5	*	3-4	4

* – В процессе испытания происходит резкое изменение окраски окрашенного образца; ** – В случае мокрых обработок: I – оценка изменения первоначальной окраски окрашенного образца, II – оценка степени закрашивания белого материала из того же волокна, III – оценка степени закрашивания смежной ткани.

Изучение оптических свойств красителей 4,5a-h при различных значениях pH позволило обнаружить, что некоторые из них обладают выраженными галохромными свойствами (рис. 1a). Соединения 4,5e и 4,5h в водно-спиртовых растворах проявляют ярко выраженные галохромные свойства и характеризуются узким диапазоном изменения окраски. Показано, что при иммобилизации красителей на твердый носитель (капрон) наблюдается обратимый эффект преобразования окраски при изменении pH, что указывает на перспективность использования изученных азосоединений в технологиях разработки новых многофункциональных pH-чувствительных сенсорных материалов.

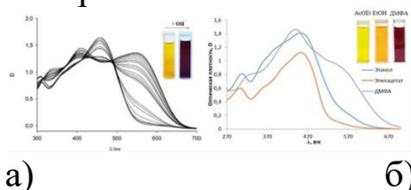


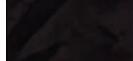
Рисунок 1 – Изменения в электронных спектрах поглощения соединения 4e: а) при различных значениях pH; б) в различных растворителях

Также было показано, что изменение полярности среды растворителя в случае соединений 4,5e и 4,5h приводит к смещению максимума их поглощения в ЭСП, что можно судить о проявлении этими соединениями выраженных сольватохромных свойств. Этот результат, по-видимому, связан с тем, что при увеличении полярности растворителя хромофорная

система соединений претерпевает изменение в следствии поляризации молекулы или за счет существования азо-гидразонный таутомерных превращений (рис. 1б).

Синтезированные в работе бисазосоединения 4,5e и 4,5h содержат в структуре молекулы фрагменты, которые по определению должны быть центрами комплексообразования. В связи с этим нам представилось интересным исследовать взаимодействие полученных азопроизводных нитрофлороглуцина с рядом трех- и двухвалентных катионов переходных металлов, имеющих вакантные d- и f-орбитали и являющихся хорошими акцепторами электронов (Cu^{2+} , Co^{2+} , Fe^{3+}). Методом спектрофотометрического титрования водно-этанольных растворов азосоединений 4e и 4h солями металлов установлено, что образующиеся комплексные соединения имеют среднюю устойчивость (константы образования металлокомплексов в пересчете на один лиганд лежат в пределах $\lg\beta = 5,42 - 9,15$).

Таблица 2 – Фотографии окрашенных образцов полиамидной ткани обработанных ионами металлов

№	Образец ткани без обработки	Образец полиамида, обработанный Cu^{2+}	Образец полиамида, обработанный Co^{2+}	Образец полиамида, обработанный Fe^{3+}
4e				

Как видно из таблицы 2, при обработке выкрасок полиамидной ткани солями металлов происходит углубление цвета на два – три тона, что свидетельствует о протекании процесса комплексообразования на волокне.

Список использованных источников:

1. Патент РФ 2292329. Способ получения 2,4,6-тригидрокситолуола / С.А. Шевелев, А.Х. Шахнес, С.С. Воробьев; заявитель Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского РАН. – Заявлено 12.10.2005. – Оpubл. 27.01.2007

2. Щурова И.А., Алексеева Н.А., Арбагозова А.А. Исследование метода получения флороглуцина гидролизом дисульфата 1,3,5-триаминобензола. Южно-сибирский научный вестник. 2019. Т.28. № 14. С. 104-106.

3. Мелешенкова В.В., Шукуров Р.О., Кузнецов Д.Н. Новые азокрасители на основе 1,3-дигидрокси-нитробензола и 2,4,6-тригидрокси-нитробензола для поликапроамидных волокон // Хим. волокна. – 2021. – №6. – С. 77-81.

4. ГОСТ 9733.4-83. Методы испытаний устойчивости окрасок к мокрому обработкам. М.: Изд-во Стандартов. 1992. 4с.

5. ГОСТ 9733.6-83. Методы испытаний устойчивости окрасок к действию пота. М.: Изд-во Стандартов. 1992. 4с.

© Шукуров Р.О., Армянова М.В.,
Мелешенкова В.В., Кузнецов Д.Н., Омонкулов Д.Э., 2022

УДК 664.25

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ФЕРМЕНТАТИВНОГО ГИДРОЛИЗА НА ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА УГЛЕВОДНОЙ ФРАКЦИИ КУКУРУЗНОЙ МУКИ

Шульц Л.В., Красноштанова А.А.

Федеральное государственное бюджетное

образовательное учреждение высшего образования

«Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», Москва

Кукуруза является одной из самых распространённых зерновых культур. Она используется непосредственно как продукт питания, а также служит сырьём для получения крахмала и других продуктов. Кукурузная мука при товарной влажности содержит в среднем около 70% крахмала и около 7% белка, а также менее 2% других углеводов, около 4% пищевых волокон, жир и другие компоненты [1]. Актуальным вопросом является комплексная переработка кукурузной муки с получением пищевых продуктов белковой и углеводной природы, которая предполагает извлечение крахмала или крахмалсодержащих продуктов в качестве основных и белков в качестве дополнительных, делая тем самым кукурузу источником растительного белка пищевого или иного назначения. Из белковой фракции наибольший интерес представляет зеин – проламин кукурузного зерна, так как он может использоваться в качестве компонента биопластика, а также для создания плёнок и систем адресной доставки лекарств [2, 3].

Исследование процесса экстракции белка показало, что белок кукурузной муки может быть достаточно полно извлечён 0,1 н раствором NaOH при комнатной температуре в течение 30 мин [4]. После данной экстракции остаётся осадок, который представляет собой богатую крахмалом углеводную фракцию кукурузной муки. Данная фракция может представлять интерес как сырьё для выделения крахмала, однако в данном исследовании она рассматривается непосредственно как потенциальный компонент продуктов питания, который возможно использовать как функциональный, то есть такой, который способен регулировать не только химический состав конечного продукта, но и его физико-химические свойства. Функциональные свойства богатого крахмалом продукта во многом зависят от степени гидролиза крахмала, входящего в его состав.

Таким образом, целью данного исследования является выяснение влияния ограниченного ферментативного гидролиза крахмала на функциональные свойства углеводной фракции кукурузной муки.

В качестве объекта исследования выбрана кукурузная мука производства ООО «Гарнец» с влажностью 15% и содержанием сырого протеина 7%.

Углеводная фракция была получена после извлечения из муки белка 0,1 н раствором NaOH при комнатной температуре при длительности экстракции 30 мин. После экстракции измерили содержание растворённых углеводов в белковом экстракте фенол-серным методом, в результате чего установили, что в экстракт уходит масса углеводов, соответствующая менее чем 2% от массы муки. Данные углеводы не дают окраски с йодом и, вероятно, являются растворимыми олигосахаридами.

Для гидролиза крахмала был выбран ферментный препарат амилосубтилин ГЗх с удельной активностью 28500 ед./г. Гидролиз проводили в суспензии углеводной фракции (10 г/л) при содержании ферментного препарата 0,25 г/л, что соответствует 7125 ед./л, по окончании гидролиза суспензию высушивали и исследовали получившиеся гидролизаты. Получили 5 гидролизатов со временем гидролиза 15 мин, 30 мин, 60 мин, 90 мин и 120 мин.

На первом этапе исследовали способность гидролизатов к гелеобразованию. Для этого приготовили клейстеры негидролизованых углеводов и всех гидролизатов с содержанием образцов 5%, 10% и 20%. Полученные гели оценили эмпирически по следующим параметрам: твёрдость, наличие чёткой формы, наличие отделившейся воды. Наиболее твёрдый гель из изученных был образован из негидролизованых углеводов при их содержании 20%. У всех 5% и большинства 10% гелей (кроме негидролизованых углеводов) наблюдалось отделение воды; у 20% гелей оно было отмечено только для 30-минутного гидролизата. Все 5% гели были мягкие и не имели чёткой формы; при данном содержании углеводов и времени гидролиза 30 мин и 60 мин структура геля практически отсутствовала. У 10% гелей чёткая форма наблюдалась у негидролизованых углеводов и гидролизатов со временем гидролиза от 60 до 120 мин. У 20% гелей чёткая форма наблюдалась во всех случаях, кроме 30-минутного гидролизата. Таким образом, наихудшие гелеобразующие свойства наблюдаются при времени гидролиза 30 мин, наилучшие – при отсутствии гидролиза.

Далее исследовали влияние продолжительности гидролиза на растворимость углеводов. Навески гидролизатов 100 мг по сухому веществу помещали в 10 мл дистиллированной воды и выдерживали при 70°C в течение 30 мин при регулярном перемешивании. После выдерживания твёрдый осадок отделяли центрифугированием, жидкость высушивали и определяли массу растворённых веществ. Результат представлен на рис. 1.

На следующем этапе исследовали влияние гидролиза на устойчивость гелей гидролизатов к синерезису и перепадам температур с замораживанием и без замораживания. Для этого приготовили клейстеры гидролизатов и выдерживали их при соответствующей пониженной температуре (6°C и -18°C), после чего нагревали до комнатной температуры, центрифугировали

и определяли массу отделившейся жидкости. Результаты представлены на рис. 2.

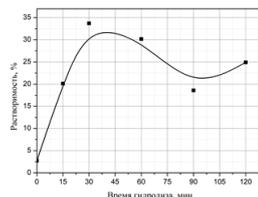


Рисунок 1 – Зависимость растворимости углеводной фракции кукурузной муки от времени ферментативного гидролиза

Как видно из рис. 1, после 30 минут гидролиза достигается максимальная растворимость около 35%.

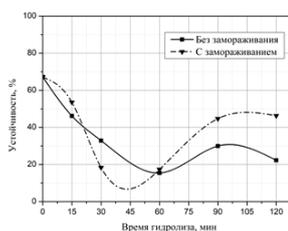


Рисунок 2 – Зависимость устойчивости гелей гидролизатов углеводной фракции кукурузной муки к перепадам температур

Как видно по рис. 2, в целом с течением гидролиза устойчивость гелей к перепадам температуры падает, что, по-видимому, связано с уменьшением длины крахмальных цепей. Можно отметить, что при времени гидролиза от 30 до 60 мин наблюдается минимум устойчивости гелей к замораживанию-оттаиванию.

Важными свойствами функциональных компонентов являются влагоудерживающая (ВУС) и жирудерживающая (ЖУС) способности, которые определяются как максимальные количества воды и растительного масла соответственно, которые образец может удержать без расслоения после выдерживания при 75°C в течение 15 мин и последующего центрифугирования при 1500 об/мин. Поэтому на следующем этапе исследовали влияние гидролиза на ВУС и ЖУС углеводной фракции. Было установлено, что ЖУС образцов практически не изменялась с гидролизом и составила около 50% для всех гидролизатов и негидролизированных углеводов. Изменение ВУС с гидролизом представлено на рис. 3.

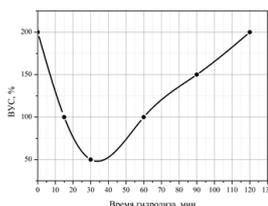


Рисунок 3 – Влияние гидролиза на влагоудерживающую способность углеводной фракции кукурузной муки

Из рис. 3 видно, что при 30 минутах гидролиза наблюдается минимум ВУС для углеводной фракции, который составляет 50%.

Таким образом, при времени гидролиза углеводной фракции кукурузной муки 30 минут у гидролизатов наблюдаются наименьшие ВУС, устойчивость к замораживанию-оттаиванию гелей и гелеобразующая способность, при этом достигается наибольшая растворимость гидролизатов. Наилучшие ВУС, устойчивость гелей к температурным перепадам и гелеобразующая способность наблюдаются у негидролизованых углеводов, которые обладают наименьшей растворимостью из исследованных. Гидролиз практически не влияет на ЖУС углеводов кукурузной муки. Это позволяет сделать вывод, что негидролизованная углеводная фракция кукурузной муки может быть использована в качестве загустителя или гелеобразователя в продуктах питания; достаточно высокая влагоудерживающая способность (порядка 200%) и самая высокая устойчивость к синерезису при перепадах температур среди исследованных образцов углеводов позволяют использовать её в качестве влагоудерживающего агента. Гидролизат, полученный при времени гидролиза 30 минут, возможно использовать в жидких продуктах, например, в супах в качестве загустителя или с целью повышения калорийности, так как при данном времени ферментативного гидролиза у углеводной фракции кукурузной муки наблюдается наибольшая растворимость.

Список использованных источников:

1. Химический состав российских пищевых продуктов: Справочник / под ред. член-корр. МАИ, проф. И.М. Скурихина и академика РАМН, проф. В.А. Тутельяна. – М.: ДеЛи принт, 2002. – 236 с.
2. S. Sharma et al. US Patent Application Publication No. US20160289449A1 (6 October 2016)
3. R.C. Gamazo et al. International Patent Application No. WO2019238684A1 (19 December 2019)
4. Шульц Л.В., Красноштанова А.А. Исследование влияния ферментативного гидролиза трипсином на функциональные свойства белка кукурузной муки // Scientific achievements of the third millennium. – 2021. – С. 6-10.

© Шульц Л.В., Красноштанова А.А., 2022

УДК 547.661

**КОВАЛЕНТНАЯ МОДИФИКАЦИЯ PLGA ПРОИЗВОДНЫМИ
1,8-НАФТАЛИМИДА ДЛЯ СОЗДАНИЯ СИСТЕМ
АДРЕСНОЙ ДОСТАВКИ
С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ФЛУОРЕСЦЕНТНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ**

Юрьев Д.Ю., Ткаченко С.В., Ощепков М.С., Гельперина С.Э.

*Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», Москва*

Сегодня ведущими областями исследований в нанотехнологии являются нанобиотехнология и наномедицина [1]. Адресная доставка лекарств с использованием наночастиц вызывает широкий интерес, поскольку позволяет достичь максимального терапевтического эффекта при минимизации побочных действий, а также решает проблемы, связанные с биодоступностью и эффективностью лекарственного вещества [2].

Для изучения распределения наносистем доставки лекарственных препаратов в организме и оценки высвобождения или активации лекарства в клетках необходимо применять различные методы визуализации. Наиболее востребованными и информативными являются методы флуоресцентной спектроскопии.

Для создания наиболее перспективных систем доставки необходимо использовать полимерную основу, в которую можно ввести различные флуорофоры, векторы, а также загрузить лекарственное вещество. В качестве полимерной основы может выступать полилактид-ко-гликолид (PLGA) – сополимер полимолочной и гликолевой кислот, который нашёл широкое применение в биомедицине и используется для направленной доставки молекул лекарственных препаратов, белков и других макромолекул с контролируемым высвобождением [4]. По данным 2016 года на фармацевтическом рынке США присутствовало 15 препаратов, содержащих в своём составе PLGA [5].

PLGA можно ковалентно модифицировать с получением функциональных производных, несущих флуорофорную и векторную группы. При этом, получение новых модифицированных форм PLGA, имеющих дополнительную функционализацию, и создание наносистем доставки на их основе являются актуальными задачами современной органической химии, нанотехнологии и широкого ряда медико-биологических исследований. Ковалентное введение флуоресцентных красителей в состав PLGA открывает новые возможности для биовизуализации, поскольку флуорофор является маркером самой системы, не оказывающим влияние на возможности доставки и содоставки. Подобные системы, в том числе модельные, могут оказаться полезными для

изучения биораспределения в организме, особенностей фармакокинетики и фармакодинамики в опытах *in vivo*.

В рамках представленной работы была осуществлена ковалентная модификация PLGA флуоресцентными производными 1,8-нафталимида, флуоресцирующие в синей и зелёной областях спектра и имеющие различную длину спейсера между терминальной аминогруппой и нафталиimidным ядром. Работа с такими флуорофорами, имеющими максимумы поглощения в области 375-405 нм, позволяет использовать методики высокого разрешения (*super resolution*) с наибольшей эффективностью по возбуждающему излучению, что даёт возможность достичь разрешения, равного половине длины волны возбуждающего света. Общая схема работы представлена на рис. 1. Спектрально-люминесцентные свойства флуорофоров представлены в табл. 1.

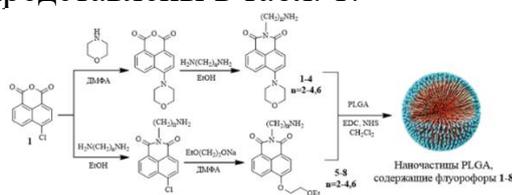


Рисунок 1 – Схема синтеза флуорофоров 1-8 и получения наночастиц
Таблица 1 – Спектральные характеристики производных нафталимида 1-8 в хлористом метиле, ДМСО и воде, 25°С

	Соединение							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Хлористый метилен								
λ ^{погл} , нм	394	397	395	394	368	365	365	365
λ ^{фл} , нм	532	512	510	508	430	430	430	432
ДМСО								
λ ^{погл} , нм	400	402	402	401	368	357	368	368
λ ^{фл} , нм	533	540	541	540	446	446	447	448
Вода								
λ ^{погл} , нм	400	403	401	400	375	373	375	374
λ ^{фл} , нм	565	560	559	547	457	468	460	457

В качестве основного полимера был использован Resomer 502Н с соотношением лактид:гликолид 50:50. Полимер активировался во всех случаях N’-(3-диметиламинопропил)-N-этилкарбодиимидом (EDC) и N-гидроксисукцинимидом (NHS). В качестве основания использовался диизопропилэтиламин, растворитель – дихлорметан. Реакция аминирования PLGA протекала в мягких условиях при комнатной температуре. Выделение полимеров осуществлялось методом экстракции. Выход полимеров, в большинстве случаев, составлял около 70-85%. Было показано, что при конъюгации с полимерами молекулы флуорофора сохраняют люминесцентные свойства.

Далее из конъюгатов флуоресцентных нафталиimidов с PLGA методом гомогенизации под давлением получали наночастицы (табл. 2).

Таблица 2 – Свойства полученных наночастиц

НЧ	PLGA: PLGA-флуорофор	ξ -потенциал, мВ	Размер частиц, нм	PDI	$\lambda^{\text{погл}}$, нм	$\lambda^{\text{фл}}$, нм
PLGA-1	1:1	-23,8	116,3	0,146	400	506,5
PLGA-2	0:1	-10,5	89,4	0,145	400	510
PLGA-3	0:1	-15,3	99,6	0,117	394	507,5
PLGA-4	1:3	-23,6	125,8	0,158	400	506
PLGA-5	1:1	-15,9	112,8	0,193	365	451
PLGA-6	0:1	-6,56	107,5	0,364	370	432,5
PLGA-7	0:1	-10,4	120,6	0,217	375	435,5
PLGA-8	1:3	-23,1	108,9	0,135	369	445

На рис. 2 представлены спектры поглощения и флуоресценции полимера PLGA-4 и наночастиц PLGA-4.

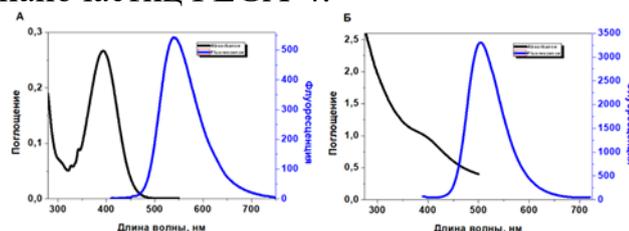


Рисунок 2: А) Спектры поглощения и флуоресценции полимера PLGA-4 в ДМСО, концентрация PLGA-4 – 12,0 мг/мл; Б) Спектры поглощения и флуоресценции наночастиц PLGA-4 в воде, концентрация 2,5 мг/мл

Все полученные наночастицы характеризуются близкими значениями размеров и ξ -потенциалов, что свидетельствует об отсутствии влияния вводимого флуорофора на их характеристики.

Была также определена яркость наночастиц, которая на 1-2 порядка превышала значения яркости для частиц, которые часто используются для функционализации PLGA в исследовательских лабораториях с использованием стандартных флуорофоров (табл. 3). Эти значения вместе с данными по стабильности полученных НЧ свидетельствуют о перспективности полученных красителей для дальнейшего применения.

Таблица 3 – Спектрально-люминесцентные свойства полученных красителей и яркость наночастиц в сравнении со свойствами распространённых флуоресцентных маркеров

№	Краситель	λ_{abs} , нм	λ_{fl} , нм	Стоксов сдвиг, нм	Коэффициент молярной экстинкции красителя, ϵ , л·моль ⁻¹ ·см ⁻¹	Квантовый выход флуоресценции красителя, %	Яркость НЧ, на мг материала НЧ
1	Sulfo-Cyanine3	548	563	15	162000	10	2,003·1019
2	Cyanine3	544	557	13	133000	7	2,547·1019
3	Cyanine5	646	658	12	200000	40	2,128·1019
4	FITC	500	541	41	92300	97	6,690·1017
5	4	400	546	146	11740	0,58	7,469·1020
6	5	375	457	82	12200	72	1,066·1021
7	8	374	457	83	12500	78	8,080·1020
8	9	365	429	82	14121	83	2,424·1021

В рамках представленной работы был проведён эксперимент по предварительной визуализации наночастиц из полимера PLGA-4 с применением лазерного сканирующего конфокального микроскопа при возбуждении лазером с $\lambda = 465$ нм. Было показано, что наночастицы, содержащие данное производное 1,8-нафталимида с максимумом длины волны поглощения 400 нм возбуждаются хорошо как в лиофилизате, так и в

растворе (рис. 3), что свидетельствует о перспективности их использования в медико-биологических экспериментах.

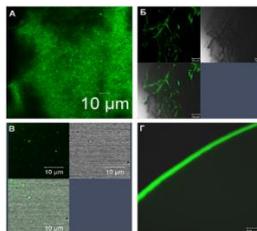


Рисунок 3 – Микрофотографии наночастиц, содержащих флуорофор 4: А, Б) Микрофотографии лиофилизата; В, Г) Микрофотографии суспензии наночастиц в воде

Таким образом, нами был получен ряд флуоресцентных наночастиц на основе PLGA, ковалентно модифицированного производными 1,8-нафталимида, которые можно использовать в качестве меток для визуализации средств доставки лекарств при проведении широкого ряда биологических исследований.

Список использованных источников:

1. Pratiwi F. W., Kuo C. W., Chen B.-C. Recent advances in the use of fluorescent nanoparticles for bioimaging. // *Nanomedicine (Lond.)*. – 2019. – VOL. 14. – №. 13. – P. 1759 – 1769.

2. Lu J.-M., Wang X., Martin-Muller C. Current advances in research and clinical applications of PLGA-based nanotechnology. // *Expert Rev. Mol. Diagn.* – 2009. – Vol. 9 – №4. – P. 325 – 341.

3. Makadia H. K., Siegel S. J. Poly Lactic-co-Glycolic Acid (PLGA) as Biodegradable Controlled Drug Delivery Carrier. // *Polymers (Basel)*. – 2011. – Vol. 3. – №3. – P. 13377 – 1397.

4. Sharma A., Kuppermann B. D., Bandello F. Intraocular pressure (IOP) after intravitreal dexamethasone implant (Ozurdex) amongst different geographic populations-GEODEX-IOP study. // *Eye (Lond.)*. – 2020. – Vol. 34. – №6. – P. 1063 – 1068.

© Юрьев Д.Ю., Ткаченко С.В.,
Ощепков М.С., Гельперина С.Э., 2022

УДК 628.316.6.094.3

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ
ПЕРМАНГАТА КАЛИЯ В РЕАКТОРЕ ДБР**

**INVESTIGATION OF THE PROCESSES OF DEOXIDATION OF
POTASSIUM PERMANGANATE IN THE DBD REACTOR**

Иванова П.А., Игнатъев А.А., Иванов А.Н.

Научный руководитель Гриневич В.И.

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Ивановский государственный
химико-технологический университет», Иваново*

In the last 10-15 years, the number of works devoted to the effects of various types of electric gas discharges of atmospheric pressure on aqueous solutions of organic and inorganic compounds has increased significantly. The interest in plasma-solution systems is due to the fact that it is a method of water purification from various kinds of pollutants, mainly of organic nature [1]. It is also a promising method for obtaining fine powders of inorganic elements and their compounds [2].

The advantages of these methods include the relative technical simplicity of the process implementation, the absence of the need to use extraneous reagents that can additionally pollute the liquid phase and/or the resulting substance, and the low cost due to the cost of electricity alone [3-4].

Industrial and domestic wastewater, in addition to organic pollutants, contain heavy metal impurities, either in the form of cations or as part of anions [5]. Heavy metal ions are among the most dangerous pollutants for the environment [6, 7]. Heavy metals and metalloids are considered to be those elements whose density is more than 4 g/cm³. At the same time, the purification of water sources from this type of pollutant, using plasma-solution systems, has not been practically studied, and attempts to investigate it are still underway.

The aim of the work was to study the kinetics of reduction of aqueous solutions of potassium permanganate under the action of DBD in a closed reactor.

As the object of the study, aqueous solutions of potassium permanganate with various initial concentrations equal to: 5 mg/l; 20 mg/l; 50 mg/l; 80 mg/l were used. The experiment was carried out on an installation, the main element of which was the plasma chemical DBD reactor, shown in Figure 1.

The plasma chemical reactor was a cylindrical glass vessel with an inner diameter of 60 mm. The bottom of the cell was located on a stand 3 made of polytetrafluoroethylene (PTFE). The thickness of the dielectric barrier between the aluminum foil electrode (\varnothing 60 mm, 20 microns thick) and the treated solution was 3 mm. The vessel was hermetically sealed with a lid made of PTFE, in which an electrode made of aluminum (\varnothing 30 mm) was mounted. To regulate the interelectrode gap, the upper non-insulated electrode was mounted into the lid

using a thread. Two glass nozzles were also installed in the lid to supply and remove the plasma-forming gas.

The barrier discharge was excited from a high-voltage power source, the value of the voltage applied to the electrodes was 10-20 kV and the discharge current was 0,25 mA. Oxygen was used as a plasma-forming gas (consumption 3 cm³/s). The processing time of the solution ranged from 60 to 1800 seconds.

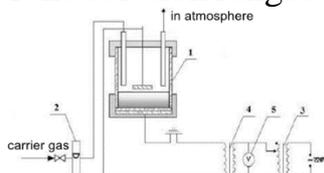


Figure 2 – Experimental setup diagram: 1 - plasma chemical reactor; 2 - gas flow meter; 3 - LATR; 4 - high voltage transformer; 5 – voltmeter

Determination of the concentration of potassium permanganate was carried out according to the standard method — photometrically. The color intensity of the sample was compared using a spectrophotometer «UNICO, mod. 2804» in 1 cm cuvettes, using a zero sample as a comparison solution.

We have chosen an operating wavelength of 507 ± 2 nm, since it allows us to use a wider range of concentrations of the initial solution of potassium permanganate, without exceeding the optical density of more than 4 (Fig. 2,3).

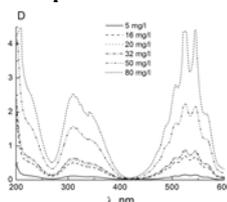


Figure 2 – Optical density of potassium permanganate solution versus concentration

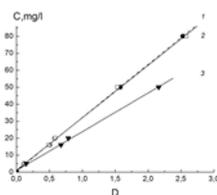


Figure 3 – Calibration plot for absorbance values at wavelength: 309 nm (1), 509 nm (2), 544 nm (3)

The pH value of the studied solutions during the experiments before and after treatment was determined using the pH meter «pH-150MI».

The efficiency of deoxidation of aqueous solutions of potassium permanganate (α) was estimated by the formula: $\alpha(\%) = \frac{C_0 - C}{C_0} \cdot 100$, (1).

Where C_0 and C are the initial concentration of potassium permanganate at the reactor inlet and outlet, respectively.

The energy efficiency of the potassium permanganate reduction process in aqueous solutions was estimated by the energy yield (the number of recovered molecules per unit of energy invested in the DBD discharge) [11]:

$\theta = \frac{C^0 \cdot \alpha \cdot N_a \cdot e \cdot V}{t \cdot P}$ (2), where, θ - is the energy efficiency or the number of decomposed (recovered) molecules per 1 eV of energy invested in DBD, α - is the degree of reduction, under the action of DBD, V - is the volume of the sample for processing, (50 cm³), $e=1,6 \times 10^{-19}$ Kl electron charge, P is the power invested in DBD, W , t - is the processing time of the solution in DBD.

Energy consumption and average recovery rates at $t_i = k^{-1}$ (i.e., at the time characterizing the average lifetime of the molecule), using the equation, mol/l·s: $W_D = K \cdot C^0 \cdot e^{(-1)}$ (3), Where K - is the recovery rate constant, s⁻¹.

After 10 minutes of processing of a potassium permanganate solution in the DBD reactor, an increase in the background was observed in the area of short wavelengths and a decrease in the optical density value, taking into account the background baseline deduction.

In this case, potassium permanganate passes into fine (colloidal) manganese dioxide, which significantly changes the background absorption value. This is especially noticeable during prolonged treatment of the solution, in the wavelength range from 200 to 500 nm. It follows from this that to calculate the concentration of potassium permanganate in solution, it is advisable to use calibration at wavelengths of more than 500 nm, which will give a smaller contribution to the error in determining the concentration due to turbidity of the solution due to the formation of MnO_2 .

When evaluating the influence of the storage time of solutions with concentrations of 5 and 20 mg/l, treated for 10 minutes (600 s) in the DBD reactor, it was found that under these experimental conditions, there is an «storage effect» of a potassium permanganate solution treated for 10 minutes. For a concentration of 5 mg/l linear the decrease in $KMnO_4$ content is 33% per day. However, at high concentrations it is 2%, which means that it can be neglected.

At the maximum treatment time of the solution, potassium permanganate is most likely reduced, in the presence of hydrogen peroxide formed, to manganese dioxide (treatment time 600 s, $C_0= 5$ mg/l). No significant change in pH was observed with an increase in the treatment time of the solution (Fig. 4, 5).

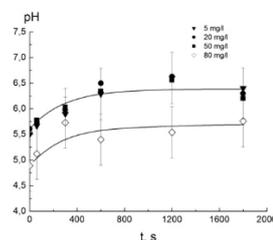


Figure 4 – Change in the pH of an aqueous solution of $KmnO_4$ depending on its contact time with the discharge zone during processing in DBD

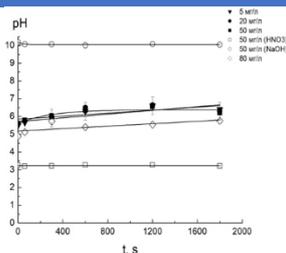


Figure 5 – Change in the pH of an aqueous solution of $KmnO_4$ depending on its contact time with the discharge zone during processing in DBD: artificial change in the pH of the medium

With an increase in the treatment time of the solution to 1 hour ($C_0 = 5$ mg/l), the intensity of the coloring of the solution is significantly reduced. At the same time, the transition of the purple color to a pronounced brown occurs already after 20 minutes of processing the solution.

The experimental results for the wavelength of 309 nm (selected initially) show that the concentration of permanganate ions in the solution varies extremely slightly, which reflects the mutual compensation of two competing effects affecting the optical density value even taking into account the baseline.

In the future, the absorption spectra were processed at a wavelength of 507 nm, where the effect of overestimating the optical density of the solution from the formation of fine manganese dioxide is noticeably less.

The kinetic curve of the concentration change is complex and two sections can be distinguished based on the results of treatment of aqueous solutions with high concentrations of $KmnO_4$ 80 and 50 mg/l (in terms of Mn^{7+}), while the nature of the change is absolutely identical. The initial section is approximated by pseudo-first-order kinetics with a rather long characteristic time of 25 min.

Then the transition of the mechanism of potassium permanganate reduction to a constant rate, that is, a zero-order reaction, is noticeable. The recovery efficiency of permanganate ions is insignificant and amounted to about 20% for the entire time (30 min) of treatment.

At a solution concentration of 20 mg/l, the kinetics of reduction of permanganate ions changes markedly and already in the first minute of treatment, the degree of reduction is about 8%.

In the future, the kinetic character changes again to zero order and the constant rate of the degree of destruction of anions is $1,25 \cdot 10^{-2}$ %/s. This leads to the end of processing time up to 29%.

At a lower initial concentration of potassium permanganate in an aqueous solution (5 mg/l), the kinetics of the first order reduction of permanganate ions is observed throughout the studied treatment time range with a characteristic time of 1085 seconds (Fig. 6).

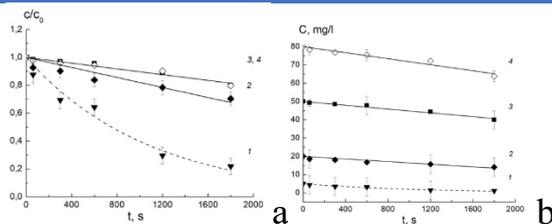


Figure 6 – (a) C/C_0 reduction kinetics as a function of the treatment time of aqueous solutions of $KMnO_4$ under the action of the DBR reactor (b) $C = f(t)$. Concentration 5 (1), 20 (2), 50 (3) and 80 (4) mg/l ($\lambda=507$ nm), discharge current 0,25 mA.

Also, this dependence can be processed by two kinetic sites with different characteristic recovery times, but it is difficult to explain the explanation of such a change in the mechanism of recovery of permanganate ions, although the correlation coefficient of approximation by the exponent of experimental data is 0,99.

Also, the change in the pH of the medium of aqueous solutions of potassium permanganate with different concentrations during their treatment in the DBD cell was measured (Fig. 7, 8). When processing solutions, there is a slight increase in the value of the hydrogen pH index by an average of 0,5 units in the first 10 minutes of exposure to DBD. Further, no changes were observed at any concentrations, it can only be noted that the pH value itself at the concentration of the initial solution of 80 mg/l was lower than other concentrations by 0,5, which may be due to the pH of distilled water used for the preparation of solutions.

Further, experiments were carried out to significantly change the pH of the medium of the initial solutions by adding nitric acid in order to increase the acidity to 3,2 units and adding alkali in order to increase the pH to 10,2. The main idea is the fact that the redox properties of permanganate ions strongly depend on the pH of the medium, which is caused by different stable degrees of oxidation of manganese at different pH.

The nature of the change in the optical density of solutions in the spectral range from 200 to 450 nm really changed in an alkaline medium, the solution did not become turbid from the formation of manganese IV oxide (no background growth on the absorption spectra), remaining transparent. This is due to the conversion of permanganate ions MnO_4^- (Mn_7^+) into MnO_4^{2-} (Mn_6^+) manganate ions that are more stable in an alkaline medium.

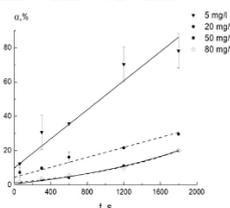


Figure 7 – Efficiency of recovery of $KmnO_4$ aqueous solutions after their treatment in DBD, depending on the contact time ($C_0= 5-80$ mg/l)

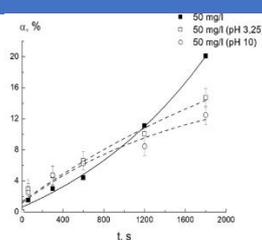


Figure 8 – The recovery efficiency of $KmnO_4$ aqueous solutions after their treatment in DBD with a change in the pH of the solution depending on the contact time ($C_0= 50$ mg/l)

The kinetics of permanganate reduction in an acidic and close to neutral medium differ little from each other. This is caused by a small flow of reducing particles from the discharge zone capable of converting the formed manganese dioxide to manganese 2^+ ions, the most stable degree of oxidation in an acidic environment.

An increase or decrease in the pH value of the potassium permanganate solution reduces the recovery efficiency by 8 and 6%, respectively (Fig. 8).

With an artificial change in the medium of the treated solution, the addition of acid or alkali to the values of 3,2 and 10, respectively, does not lead to a noticeable effect on the pH of the effect of DBD.

Table 1 – Average velocities, effective velocity constants and the energy output of the $KmnO_4$ reduction process in DBD ($t = 1800$ s)

$C_0 Mn^{+7}$, mmol/l	Effective recovery rate constant, s^{-1}	W_D , $\mu\text{mol/l}\cdot\text{s}$	Energy yield, molecules / 1 eV	α , %
0,09	$(0,92 \pm 0,1) \cdot 10^{-3}$	$0,03 \pm 0,002$	$0,05 \pm 0,005$	78 ± 5
0,36	zero order reaction	$0,18 \pm 0,02$	$0,20 \pm 0,02$	29 ± 1
0,91	zero order reaction	$0,1 \pm 0,5$	$0,51 \pm 0,05$	20 ± 1
1,46	zero order reaction	$0,1 \pm 0,5$	$0,81 \pm 0,08$	20 ± 1

Table 2 – Average velocities, effective rate constants and energy output of the potassium permanganate reduction process in the DBD reactor and glow discharge ($t= 300$ s)

$C_0 Mn^{+7}$, mmol/l	Effective recovery rate constant, s^{-1}	W_D , $\mu\text{mol/l}\cdot\text{s}$	Energy yield, molecules / 1 eV	α , %
DBD				
0,09	-	-	$0,12 \pm 0,01$	30 ± 1
0,36	-	-	$0,14 \pm 0,01$	10 ± 1
0,91	-	-	$0,12 \pm 0,01$	$3 \pm 0,5$
1,46	-	-	$0,24 \pm 0,02$	$4 \pm 0,5$
Glow discharge [8]				
0,44	$(13,51 \pm 2) \cdot 10^{-3}$	$2,18 \pm 0,2$	$0,22 \pm 0,02$	90 ± 1
1,5	$(13,16 \pm 6) \cdot 10^{-3}$	$7,26 \pm 0,3$	$0,5 \pm 0,05$	59 ± 1
2,5	$(11,49 \pm 7) \cdot 10^{-3}$	$10,57 \pm 0,6$	$0,76 \pm 0,08$	54 ± 1

The results of evaluating the energy efficiency of the conversion of potassium permanganate (Tables 1, 2) show that these values are lower than the values (approximately 2–3 times) obtained when processing potassium permanganate in a glow discharge in [8]. Thus, for $KMnO_4$ concentrations in the range from 0,44 to 2,5 mmol/l, the energy yield in a parallel study was from 0,22 to 0,76 molecules/1 eV at a discharge current of 20 mA. When exposed to a glow discharge on aqueous solutions of potassium permanganate, the average conversion rates increase with an increase in the initial concentration and amount to 2,18 to 10,57 $\mu\text{mol/l}\cdot\text{s}$. The rates during treatment in DBD are much lower and

practically do not depend on C_0 ($\approx 0,1 \mu\text{mol/l}\cdot\text{s}$). At the same time, the maximum degree of reduction of Mn^{7+} ions in the glow discharge reached 90% for a concentration of 0,44 mmol/l, and the minimum was 54% for 2,5 mmol/l in 300 seconds of exposure to the solution.

For a concentration of 1,5 mmol/l, the efficiency was 59%, while at the same treatment time in DBD, the efficiency for a concentration of 1,46 mmol/l reaches only 4%. This indicates that the $KMnO_4$ solution is hardly affected by active DBD particles at a high content of permanganate ions in the solution.

It follows from the presented dependences that the conversion of heavy metal ions, in particular manganese in the composition of potassium permanganate, in wastewater containing low concentrations of these pollutants (recovery efficiency 78%) in a planar-type DBD reactor can be a very effective method.

Reference:

1. Jiang, B., Zheng, J., Qiu, S., Wu, M., Zhang, Q., Yan, Z., Xue Q. Review on electrical discharge plasma technology for wastewater remediation Chem. Eng. J., 236 (2014), pp. 348-368.

2. Saito, G., Akiyama, T. Nanomaterial synthesis using plasma generation in liquid //Journal of Nanomaterials. 2015, T. 2015.

3. Shutov, D., Smirnov S., Bobkova E., Rybkin V. Ionization Mechanism and Chemical Composition of an Argon DC Discharge with Water Cathode. Plasma Chem. Plasma Process. 2015. V. 35. N 1. P. 107.

4. Bruggeman, P.J. Plasma-driven solution electrolysis, J. Appl. Phys. 129, 200902 (2021).

5. Shutov, D. A., Rybkin V. V., Ivanov, A. N., Smirnova, K.V. Synthesis of zinc oxide powders in plasmasolution systems. High Energy Chem. 2017, 51(1):65–69.

6. Azimi, A., Azari, A., Rezakazemi, M., Ansarpour, M. Removal of heavy metals from industrial wastewaters: A review ChemBioEng. Rev., 4 (2017), pp. 37-59, 10.1002/cben.201600010.

7. Prasad, S., Yadav, K. K., Kumar, S., Gupta, N., Cabral-Pinto, M. M. S., Rezania, S., Radwan, N., Alam, J. Chromium contamination and effect on environmental health and its remediation: A sustainable approaches J. Environ. Manage., 285 (2021), Article 112174, 10.1016/j.jenvman.2021.112174.

8. Shutov, D. A., Sungurova, A. V., Smirnova, K. V., Manukyan, A. S., Rybkin, V. V. Oxidative-reducing processes with participation of manganese ions initiated by electric discharge in aqueous solution. ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. 2018. V. 61. N 9-10. P. 24-30.

© Иванова П.А., Игнатъев А.А., Иванов А.Н., 2022

Авторский указатель

А

Агафонов В.Е. · 4
Айзатуллин Т.И. · 65
Акутина Ю.В. · 154
Алибекова М.И. · 23, 46
Аль кхдер Х. · 102
Андреева Е.Е. · 6
Армянова М.В. · 268
Асадова С.С. · 99
Ахмедов М.М. · 157

Б

Бабичева А.О. · 10
Балашова Я.П. · 44
Баходурзода Д. · 250
Беликова В.Д. · 13
Беримец Р.М. · 162
Бесшапошникова В.И. · 76, 102
Благова П.А. · 15
Блинкова П.О. · 218
Бокарева Н.А. · 165
Бокова Е.С. · 204
Бондарчук М.М. · 56
Борисова К.Е. · 165
Буланов Я.И. · 4, 13, 59, 85, 92, 152
Бутко Т.В. · 10, 245
Бычкова И.Н. · 228

В

Варварычева А.В. · 168
Вознесенский Э.Ф. · 260

Г

Гвоздкова И.А. · 38
Гельперина С.Э. · 276
Герашенко Е.Е. · 19
Голицына А.Д. · 59
Гольцова С.В. · 171
Горелова Н.В. · 23
Грибова Е.В. · 27
Гуменная А.В. · 30
Гусева М.А. · 96
Гусейнов Ф.И. · 208

Д

Давыдов А.Ф. · 136, 145
Давыдова А.В. · 254
Демократова Е.Б. · 30, 71, 139
Дергунова Л.А. · 34
Домашевская М.С. · 38

Е

Евсюкова Н.В. · 204
Ерохин Л.М. · 175
Ершов А.К. · 181

Ж

Жестяникова М.В. · 184
Журина М.С. · 187

З

Замилацков И.А. · 184
Захаров О.В. · 117
Захарова В.А. · 157, 200, 210, 236
Зенков Д.И. · 44
Зотова Т.С. · 46
Зуев М.А. · 50, 53

И

Иванов А.Н. · 280
Иванова П.А. · 194, 280
Игнатов А.Л. · 189
Игнатъев А.А. · 194, 280
Идрисова Д.М. · 65

К

Калугина Д.С. · 200
Караваева Е.Б. · 254
Карамова А.С. · 56
Кильдеева Н.Р. · 157, 187, 200, 236
Кирсанова Е.А. · 19
Киселева М.В. · 59
Климова Л.В. · 239
Кобраков К.И. · 250
Коваленко Г.М. · 204

Козлова Е.В. · 62
Колоколкина Н.В. · 162
Коростелев И.М. · 65
Костылева В.В. · 68
Краснова А.В. · 68
Красноштанова А.А. · 175, 272
Крицкая П.С. · 71
Кузнецов Д.Н. · 268
Курденкова А.В. · 44, 59, 90, 109, 112, 115

Л

Леденева И.Н. · 68
Ленько К.А. · 81, 105
Логинова Е.А. · 76
Лотоцкий Н.Р. · 204
Ляхов М.В. · 4

М

Малкова Е.А. · 208
Марущак Ю.И. · 81
Мелешенкова В.В. · 268
Мельникова О.Д. · 210
Миролюбова Т.В. · 215
Мордовочкина А.А. · 85
Морозова М.А. · 218
Мязина А.И. · 90

Н

Николаева Е.Ю. · 221
Новиков В.И. · 128
Новиков Ю.В. · 224
Новикова П.А. · 27
Новичихина А.А. · 92

О

Огибин С.Ю. · 50, 53
Окилов Б.Р. · 228
Омонкулов Д.Э. · 268
Ощепков М.С. · 276

П

Панова М.А. · 85
Переверзева Т.А. · 232
Петюль И.А. · 81
Плеханова С.В. · 121
Полетаева П.А. · 236

Р

Редина Л.В. · 189, 215, 218
Ренгач А.С. · 50, 53
Рогожина Ю.В. · 96
Романов С.Н. · 6
Романюк В.С. · 239
Ромашкин Е.В. · 76
Ручкина А.Г. · 165, 168, 181

С

Сажнев Н.А. · 187
Самаркина Е.Е. · 34
Самиева Ш.Х. · 99, 245
Сапронова Т.В. · 102
Селезнев В.С. · 250
Середина М.А. · 154, 171, 210
Скобова Н.В. · 105
Смирнова А.В. · 76
Совостьянов Н.Ю. · 250
Сопина С.А. · 262
Старовойтова М.О. · 254
Степанова И.В. · 76
Суккари А.Р. · 109
Сухов Д.Г. · 112
Сухов П.Г. · 115

Т

Тимошина Ю.А. · 260
Ткаченко С.В. · 276
Тошходжаев Н.А. · 228
Трошин А.А. · 117
Тюменев И.А. · 121
Тюрин В.С. · 184
Тяшкевич Я.О. · 124

Ф

Федотова А.В. · 128
Филинюк А.Г. · 131
Фирсова Ю.Ю. · 15, 23, 46

Х

Хайруллова Р.М. · 257
Харापудько Ю.В. · 260
Ходанов Г.А. · 136
Ходжматов Ф.Ш. · 139
Худаярова Ф.О. · 245

Ч

Черноусова Н.В. · 232
Чернышев В.В. · 184
Чернышева Г.М. · 30, 71, 139
Чумаков А.А. · 262

Ш

Шампарова Н.В. · 145
Шамсутдинова А.М. · 152
Шафрай А.В. · 131
Шмакова Н.С. · 128
Шукуров Р.О. · 268
Шульц Л.В. · 272

Шустов Ю.С. · 62
Шуталев А.Д. · 184

Ю

Юрьев Д.Ю. · 276

Я

Яковишин А.С. · 117
Ясинская Н.Н. · 81, 105
Яценко В.С. · 224, 262
Яценко Е.А. · 239, 262

Научное издание

Всероссийская научная конференция молодых исследователей
с международным участием
«Инновационное развитие техники и технологий в
промышленности (ИНТЕКС-2022)»

Часть 2

В авторской редакции

Издательство не несет ответственности за опубликованные материалы.
Все материалы отображают персональную позицию авторов.
Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов.

Подписано в печать Формат бумаги 60x84/16
Усл.печ.л. ____ Тираж 30 экз. Заказ №91-Нц/22

Редакционно-издательский отдел РГУ им. А.Н. Косыгина
115035, Москва, ул. Садовническая, 33, стр.1
тел./ факс: (495) 955-35-88
e-mail: riomgudt@mail.ru
Отпечатано в РИО РГУ им. А.Н. Косыгина