

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Ивановский государственный химико-технологический университет»
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН



«ТЕКСТИЛЬНАЯ ХИМИЯ:
ТРАДИЦИИ И НОВАЦИИ-2019»
Мельниковские чтения

Сборник
научных статей



г. Иваново 2019

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Ивановский государственный химико-технологический университет»

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН



«ТЕКСТИЛЬНАЯ ХИМИЯ:
ТРАДИЦИИ И НОВАЦИИ - 2019»
Мельниковские чтения

Сборник научных статей

г. Иваново
2019

Текстильная химия: традиции и новации – 2019». Мельниковские чтения. Сборник научных статей. – Иваново: ИГХТУ, 2019 – 354 с.

Рецензенты:

Румянцева В.Е. – д-р техн. наук, проф. Ивановский государственный политехнический университет;

Циркина О.Г. – д-р техн. наук, Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России.

Редакционная коллегия:

Ректор ИГХТУ, д.ф.-м.н. Бутман М.Ф., зав. каф. ХТВМ, д.т.н. Одинцова О.И., зав. лаб. ИХР РАН, д.т.н. Морыганов А.П., гл.н.с. ИХР РАН, д.т.н. Пророкова Н.П., чл.-корр. РАН, президент ИГХТУ, д.х.н. Койфман О.И., проректор по НР ИГХТУ, к.х.н. Марфин Ю.С., председатель совета директоров ООО «Объединение «Специальный текстиль», к.т.н. Королев С.В., проф., д.т.н. Чешкова А.В., доц., к.т.н. Белокурова О.А., с.н.с., к.т.н. Владимирцева Е.Л., доц., к.т.н. Козлова О.В., доц., к.т.н. Смирнова С.В., к.х.н. Базлова И.Ю.

MOLECULES TO WEAR: USE OF FUNCTIONALIZED TEXTILES FOR DRUG DELIVERY

Ada Ferri

Associate Professor, Department of Applied Science and Technology,
Politecnico di Torino
Corso Duca degli Abruzzi 24, 10129 Torino (Italy)

Textiles lie at the interface between human body and the environment and cover the majority of body surface for most of the day. Skin surface can be as large as 2 m² and it is a potential route for drug delivery. This simple observation suggests that textiles can be used as comfortable systems for delivering active principles/drugs either towards the body or the surrounding environment.

On the one hand, fibres are perfect for being used as substrate for drug delivery thanks to great surface-to volume ratio but, on the other hand, the role of the textile substrate on drug release has been so far neglected: for instance, even though the type of weaving or knitting pattern alters surface topography and number of fabric-to-skin contact points, few works have been dedicated to understanding how fabric structure determines drug loading and, most importantly, drug release.

Based on the experience developed in Politecnico di Torino, the paper is focussed on the processes for fabric functionalization with active principles, the mechanisms of controlled release from textiles and fibres (based on desorption from the fibre surface, diffusion from the fibres pores or degradation of the matrix) and the different release kinetics models.

The paper reports about challenges and opportunities for textile materials to become active systems for improving health and protection by conferring textiles new functionalities through surface modification.

1. Fabric-based drug delivery systems

The ability of a substance to penetrate skin is related to molecular size: small molecules (<500 Da) can penetrate the stratum corneum or tranverse the epidermis through shunt pathways created by sweat glands and hair shafts, regardless of their lipophilic or hydrophilic nature. The mechanism of controlled release from textiles and fibres can be based on desorption from the fibre surface, diffusion from the fibres pores or degradation from the matrix, with each mechanism having different release kinetics. This observation implies that fibres and textiles offer opportunities for tuning drug release according to the user needs. Generally speaking, the finer the fibre the faster the drug release due to large surface-to-volume ratio.

Functionalization of fabrics carried out for controlled release towards skin can be classified according to the final aim of the product: many works describe the release of antimicrobial agents either from conventional fibres or nanofibres, which can be used for wound dressing [1,2] or vascular implants [3]. Microfibre and nanofibers offer ease of conformability to the actual wound shape and provide better coverage of the site of application [4] while vascular implants, frequently subjected to graft infection, can be loaded with antibiotics [5] to reduce cardiovascular surgical complications. Even sutures can be used for simultaneous wound healing and drug delivery, as recently reviewed by Blessy et. al [6]: sutures have been loaded with a variety of drugs, such as antimicrobials (synthetic or natural extracts), therapeutic protein and transcription factors or even stem cells. In our work [7], triclosan was used for functionalization of cotton for biomedical applications: it was complexed in β -cyclodextrin cavity, which was permanently grafted on cotton fibres. It was proved that preloading triclosan in β -cyclodextrin and subsequently grafting onto the fibre was much more effective than post-loading triclosan after β -cyclodextrin grafting, probably because of lower accessibility of the β -cyclodextrin cavity when it is grafted onto the fibre surface.

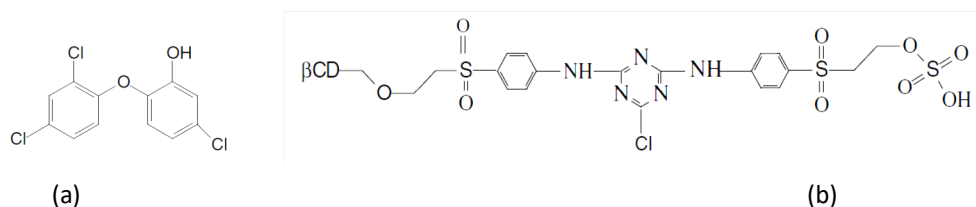


Figure 1. Triclosan (a) and b-cyclodextrin derivative molecular formulas

Use of textile substrates for topical delivery of cosmetic [8,9] or therapeutic agents for the treatment of skin diseases or localized inflammation and pain [10] has been reported in the literature. The majority of applications of cosmeo-textiles considers the delivery of vitamins and other antioxidant agents to the skin [11, 12]. In our work [13], menthol-PCL micro- and nano-particles were produced and dispersed on a polyamide fabric with the aim of providing a refreshing effect to compressive socks, widely used by patients affected by chronic venous insufficiency. Patch tests on ten volunteers demonstrated effectiveness of menthol release without skin physiology alteration.

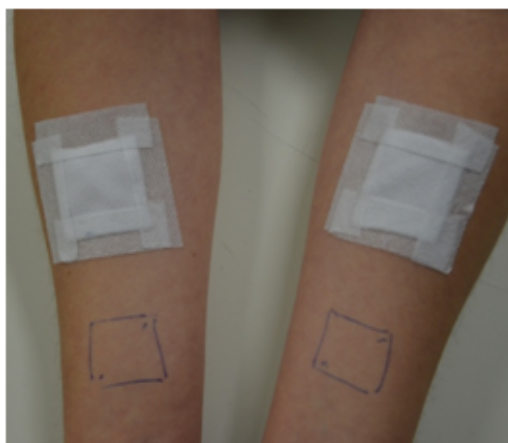


Figure 2. Patch tests: functionalized fabrics kept on skin for 24 hours

In another work from our group [14], caffeine nanoparticles were produced by solvent displacement technique and used for functionalization of cotton, modal and micromodal single jersey fabric. Different release kinetics was observed depending on the type of fibre during Franz's cells in-vitro release tests. In general, it was observed that microfibrils, with a greater surface-to volume ratio are more adapt for being used as substrate from drug delivery. The role of the textile substrate on drug release has been so far neglected: for instance, even though the type of weaving or knitting pattern alters surface topography and number of fabric-to-skin contact points, few works have been dedicated to understanding how fabric structure determines drug loading and, most importantly, drug release. Li et al. [15] demonstrated that honeycomb knitting pattern is capable of hosting more microparticles, increasing drug loading on the bio-functional fabric.

Several works have been published on the use of functional textiles for transdermal delivery [16,17], namely systems characterized by the drug reaching systemic circulation rather than being localized in the epidermis and dermis. In this case, the carrier formulation is more complex as the drug must cross the lipophilic barrier of the stratum corneum and the hydrophilic layers of the deeper tissues to reach blood circulation. Our group worked for transdermal release of melatonin from a textile substrate [18] with the aim of supplementing melatonin to the body gradually during use.

Drug inclusion in electrospun nanofibres is an interesting trend of the recent years and a relevant number of research papers and perspective applications of functionalized nanofibres as drug delivery systems have been reviewed by Thekkar et al [19] in 2017. An interesting combination of electrospinning and cyclodextrin-based inclusion complex has been proposed by Celebioglu A. and Uyar T. [20]. Different electrospinning setups allow different drug distribution in the nanofibre, with core-shell arrangement being obtained by coaxial electrospinning, which has gained popularity because it reduces the unwanted initial burst effect and protects the therapeutic substance from external agent degradation.

2. Fabric-based system for insect repellency

Releasing active agents towards the environment is typical of protective textiles, for instance those acting as barrier against mosquitoes, ticks or other pathogens-hosting insects. As mosquitoes are still the most relevant route for transmission of infectious disease (malaria being the most widespread one with 445.000 death registered in 2016 [21]), any system providing cost-effective protection against insect bites is welcomed. Several authors have reported about development of mosquitoes-repellent textiles [22–24], especially concentrating their efforts for long-lasting effect, wash durability and controlled release. To achieve these goals, encapsulation of insect repellent agents is the most straightforward method. Sibanda et al. [22] developed a core-sheath bicomponent fibre prepared by melt-spinning of poly(ethylene-co-vinyl acetate) (EVA) as core and high density polyethylene (HDPE) as sheath. Before extrusion, EVA pellets were impregnated by N,N-Diethyl-m-toluamide (DEET) by a simple absorption process to a content up to 40 % by weight. Pure liquid DEET, which is still the most successful insect repellent and gold standard, was heated to 80 °C to facilitate EVA swelling and DEET absorption. Foot-in-cage test or arm-in-cage test, during which caged mosquitoes were offered dual-choice opportunity for feeding at treated/untreated body parts of human volunteers, demonstrated effectiveness of socks and gloves made of the extruded bicomponent fibres with durability up to 33 weeks or 20 cold washes.

For natural fibres, such as cotton and wool, which are not melt- or solution-extruded, different strategies have been proposed to add durable insect-repellent functionality: Teli et al [23] synthesized a new azo-dye by adding an amino group to DEET and coupling DEET-NH₂ with naphthols in a diazotization process. By modifying DEET, the authors were able to simultaneously dye and add two functionalities (i.e. insect repellency and antibacterial activity) to cotton in one single process, with durable results. Other methods include microencapsulation of DEET in polymer shells and subsequent surface treatment of fabrics: in this regard, complex coacervation is a well-established technique based on emulsification of a hydrophobic substance with two oppositely charged polymers that complex and deposit on the surface of emulsions droplets. A variety of shells has been considered for encapsulating hydrophobic insect repellents: Place et al. [24] used bovine serum albumine (BSA) and the antimicrobial polymer PHMB for shell formation and DEET encapsulation, Abdul Aziz et al. [25] relied on the chitosan-gelatin complex formation for encapsulation of citronella oil. Generally, microcapsule shells have poor mechanical properties unless a crosslinking agent is used to permanently reinforce and stiffen the shell structure by chemically bonding the two oppositely charged polymers. Although not much appreciated by the scientific community and by the textile industry because it can release formaldehyde, glutaraldehyde is still one of the most used crosslinker [26]. As generally microcapsule emulsion is applied on the fabric by padding, the shell must have decent mechanical properties to stand the process without damage. However, durability of the treatment is poor and microcapsules are easily removed by washing if weak interactions occur between the microcapsule and the fabric.

To increase durability, microcapsules can be applied on the fabric by means of a binding resin [27]. In our work, DEET was encapsulated in β -cyclodextrin nanosponge network and applied permanently on the fabric in pad-dry-cure method by using an acrylic resin.

Conclusions

The goal of this paper was to focus on recent advances in the field of smart textiles and pay particular attention to the materials and their manufacturing process. Each technique shows advantages and disadvantages and the aim of this study was to improve the overall usability of smart clothing products by reviewing all developments which have been done in this field in order to straighten the path for future investigations and researches in this field.

References

- 1 Lumbreras-Aguayo, A., Meléndez-Ortiz, H.I., Puente-Urbina, B., Alvarado-Canché, C., Ledezma, A., Romero-García, J., Betancourt-Galindo, R., Poly(methacrylic acid)-modified medical cotton gauzes with antimicrobial and drug delivery properties for their use as wound dressings (2019) *Carbohydrate Polymers*, 205, pp. 203–210.
- 2 Souza, S.O.L., Cotrim, M.A.P., Oréface, R.L., Carvalho, S.G., Dutra, J.A.P., de Paula Careta, F., Resende, J.A., Villanova, J.C.O., Electrospun poly(ϵ -caprolactone) matrices containing silver sulfadiazine complexed with β -cyclodextrin as a new pharmaceutical dosage form to wound healing: preliminary physicochemical and biological evaluation (2018) *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*, 29 (5), art. no. 67.
- 3 Rychter, M., Milanowski, B., Grześkowiak, B.F., Jarek, M., Kempieński, M., Coy, E.L., Borysiak, S., Baranowska-Korczyc, A., Lulek, J. Cilostazol-loaded electrospun three-dimensional systems for potential cardiovascular application: Effect of fibers hydrophilization on drug release, and cytocompatibility (2019) *Journal of Colloid and Interface Science*, 536, pp. 310–327.
- 4 Rychter, M., Milanowski, B., Grześkowiak, B.F., Jarek, M., Kempieński, M., Coy, E.L., Borysiak, S., Baranowska-Korczyc, A., Lulek, J. Cilostazol-loaded electrospun three-dimensional systems for potential cardiovascular application: Effect of fibers hydrophilization on drug release, and cytocompatibility (2019) *Journal of Colloid and Interface Science*, 536, pp. 310–327.
- 5 Joseph, B., George, A., Gopi, S., Kalarikkal, N., Thomas, S., Polymer sutures for simultaneous wound healing and drug delivery – A review (2017) *International Journal of Pharmaceutics*, 524 (1–2), pp. 454–466.
- 6 Blessy, J., George, A., Gopi, S., Kalarikkal, N., Thomas, S., Polymer sutures for simultaneous wound healing and drug delivery – A review (2017) *International Journal of Pharmaceutics*, 524 (1–2), pp. 454–466.
- 7 Peila, R., Vineis, C., Varesano, A., Ferri, A. Different methods for β -cyclodextrin/triclosan complexation as antibacterial treatment of cellulose substrates (2013) *Cellulose*, 20 (4), pp. 2115–2123.
- 8 X. Sheng, et al., Vitamin E-loaded silk fibroin nanofibrous mats fabricated by green process for skin care application (2013) *Int. J. Biol. Macromol.* 56 pp. 49–56.
- 9 P. Taepaiboon, U. Rungsardthong, P. Supaphol, Vitamin-loaded electrospun cellulose acetate nanofiber mats as transdermal and dermal therapeutic agents of vitamin A acid and vitamin E (2007) *Eur. J. Pharm. Biopharm.* 67 (2) pp. 387–397.
- 10 Menezes, P.P., Frank, L.A., Lima, B.S., de Carvalho, Y.M.B.G., Serafini, M.R., Quintans-Júnior, L.J., Pohlmann, A.R., Guterres, S.S., de Souza Araújo, A.A. Hesperetin-loaded lipid-core nanocapsules in polyamide: A new textile formulation for topical drug delivery (2017) *International Journal of Nanomedicine*, 12, pp. 2069–2079.
- 11 Alonso, C., Martí, M., Martínez, V., Rubio, L., Parra, J.L., Coderch, L. Antioxidant cosmeo-textiles: Skin assessment (2013) *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*, 84 (1), pp. 192–199.
- 12 Pinho, E., Henriques, M., Oliveira, R., Dias, A., Soares, G. Development of biofunctional textiles by the application of resveratrol to cotton, bamboo, and silk (2010) *Fibers and Polymers*, 11 (2), pp. 271–276.

- 13 Mossotti, R., Ferri, A., Innocenti, R., Zelenková, T., Dotti, F., Marchisio, D.L., Barresi, A.A. Cotton fabric functionalisation with menthol/PCL micro- and nano-capsules for comfort improvement (2015) *Journal of Microencapsulation*, 32 (7), pp. 650–660.
- 14 Massella, D., Ancona, A., Garino, N., Cauda, V., Guan, J., Salaun, F., Barresi, A.A., Ferri, A. Preparation of bio-functional textiles by surface functionalization of cellulose fabrics with caffeine loaded nanoparticles (2018) *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 460 (1).
- 15 Li, L., Song, L., Hua, T., au, W.M., Wong, K.S. Characteristics of weaving parameters in microcapsule fabrics and their influence on loading capability (2013) *Textile Research Journal*, 83 (2), pp. 113–121.
- 16 Sarkar, G., Orasugh, J.T., Saha, N.R., Roy, I., Bhattacharyya, A., Chattopadhyay, A.K., Rana, D., Chattopadhyay, D., Cellulose nanofibrils/chitosan based transdermal drug delivery vehicle for controlled release of ketorolac tromethamine(2017) *New Journal of Chemistry*, 41 (24), pp. 15312–15319.
- 17 Vashisth, P., Srivastava, A.K., Nagar, H., Raghuwanshi, N., Sharan, S., Nikhil, K., Pruthi, P.A., Singh, R.P., Roy, P., Pruthi, V., Drug functionalized microbial polysaccharide based nanofibers as transdermal substitute (2016) *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology, and Medicine*, 12 (5), pp. 1375–1385.
- 18 Mihailiasa, M., Caldera, F., Li, J., Peila, R., Ferri, A., Trotta, F., Preparation of functionalized cotton fabrics by means of melatonin loaded β -cyclodextrin nanosponges (2016) *Carbohydrate Polymers*, 142, pp. 24–30.
- 19 Thakkar, S., Misra, M. Electrospun polymeric nanofibers: New horizons in drug delivery (2017) *European Journal of Pharmaceutical Sciences*, 107, pp. 148–167.
- 20 Celebioglu, A., Uyar, T., 2011. Electrospinning of polymer-free nanofibers from cyclodextrin inclusion complexes. *Langmuir* 27, 6218–6226.
- 21 WHO, World Malaria Report 2017, Geneva, (2017)
- 22 Sibanda, M., Focke, W., Braack, L., Leuteritz, A., Brünig, H., Tran, N.H.A., Wiczorek, F., Trümper, W. Bicomponent fibres for controlled release of volatile mosquito repellents (2018) *Materials Science and Engineering C*, 91, pp. 754–761.
- 23 Teli, M.D., Chavan, P.P. Dyeing of cotton fabric for improved mosquito repellency (2018) *Journal of the Textile Institute*, 109 (4), pp. 427–434.
- 24 Place, L.W., Gulcius-Lagoy, S.M., Lum, J.S. Preparation and characterization of PHMB-based multifunctional microcapsules (2017) *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 530, pp. 76–84.
- 25 Abdul Aziz, F.R., Jai, J., Raslan, R., Subuki, I. Microencapsulation of citronella oil by complex coacervation using chitosan-gelatin (b) system: Operating design, preparation and characterization (2016) *MATEC Web of Conferences*, 69, art. no. 04002
- 26 Roy, J.C., Giraud, S., Ferri, A., Mossotti, R., Guan, J., Salaun, F., Influence of process parameters on microcapsule formation from chitosan—Type B gelatin complex coacervates (2018) *Carbohydrate Polymers*, 198, pp. 281–293.
- 27 Peila, R., Scordino, P., Shanko, D.B., Caldera, F., Trotta, F., Ferri, A. Synthesis and characterization of β -cyclodextrin nanosponges for N,N-diethyl-meta-toluamide complexation and their application on polyester fabrics (2017) *Reactive and Functional Polymers*, 119, pp. 87–94.

**ПРИМЕНЕНИЕ ПЛАЗМЕННОЙ ТЕХНОЛОГИИ
В ПРОЦЕССАХ ОТДЕЛКИ ТРИКОТАЖНЫХ ПОЛОТЕН**

**APPLICATION OF PLASMA TECHNOLOGIES
IN THE PROCESSES OF FINISHING OF KNITTED FABRICS**

Азанова А.А., Абуталипова Л.Н.

Казанский национальный исследовательский технологический университет,
420015, Россия, г. Казань, ул. Карла Маркса, д. 68

Azanova A.A., Abutalipova L.N.

Kazan National Research Technological University,
68, Karl Marx street, Kazan, 420015

E-mail: azanovlar@mail.ru

Авторами рассмотрены технологические эффекты применения низкотемпературной плазмы, генерируемой высокочастотным емкостным разрядом, в отделочных процессах трикотажного производства. Изучено влияние плазмы на поверхностный слой природного целлюлозного волокна. Показано, что плазменная обработка может заменить жидкостной процесс отваривания полотна перед крашением.

Ключевые слова: трикотажное полотно, подготовка, крашение, низкотемпературная плазма.

The authors consider the technological effects of using low-temperature plasma generated by high-frequency capacitive discharge in the finishing processes of knitting production.

The effect of plasma on the surface layer of natural cellulose fiber was studied. It is shown that the plasma treatment can replace the liquid process of boiling a fabric before dyeing.

Keywords: keywords and phrases.

Плазменные технологии находят широкое применение для обработки текстильных материалов различной природы. Их достоинством является универсальность, позволяющая изменять свойства текстильного материала в нужном направлении в зависимости от вида плазмообразующего газа и параметров обработки (мощности разряда W , времени обработки t и т.д.) на любой стадии отделки – от подготовки до заключительной обработки [1]. Основным преимуществом плазменной обработки является применение газовой среды и минимальные затраты на переработку отходов. Что касается экономической эффективности плазменных и плазмохимических технологий, то решающим фактором является коэффициент использования оборудования и продолжительность производственного цикла [2].

Авторами рассмотрены технологические эффекты от применения неравновесной низкотемпературной плазмы (ННТП), генерируемой высокочастотным емкостным разрядом, в отделочных процессах трикотажного производства, а именно в отделке хлопчатобумажных полотен.

На поверхности нитей в суровых хлопчатобумажных трикотажных полотнах содержится парафин, который наносится перед вязанием и в дальнейшем удаляется перед крашением вместе с природными нецеллюлозными веществами волокна. Данный

процесс проводится путем отваривания полотна в щелочной среде при высоких температурах (95–105 °С), в результате хлопковое волокно теряет прочность, становится хуже гриф полотна. Плазменная обработка предлагается, как альтернатива традиционному процессу отваривания полотна перед крашением.

Объектом исследования являлось суровое хлопчатобумажное трикотажное полотно бельевого назначения. Плазменную обработку проводили на установке, обеспечивающей получение следующих характеристик разряда: концентрация заряженных частиц $n = 10^{16}–10^{19} \text{ м}^{-3}$, плотность ионного тока на поверхности $j_i = 0,5–11,0 \text{ А/м}^2$, энергия ионов в слое положительного заряда $W_i = 70–100 \text{ эВ}$, плотность ионного тока на поверхности образца $j_{in} = 0,3–1,0 \text{ А/м}^2$ [3], в качестве плазмообразующего газа использовали воздух. После активации в плазме проводили испытания по стандартным и общепринятым методикам [1].

Исходное суровое полотно гидрофобно и не смачивается водой, капиллярный подъем воды в нем отсутствует. После плазменного воздействия полотно становится гидрофильным: мгновенно смачивается водой, высота капиллярного подъема воды составляет 180–220 мм в зависимости от условий обработки. Модельные эксперименты с парафином так же показали, что после плазменной обработки его гидрофобная поверхность становится гидрофильной (рис. 1). То есть на гидрофилизацию сурового хлопчатобумажного трикотажного полотна влияет гидрофилизация парафина, покрывающего волокна и нити. После плазменной обработки в течение 300–500 с содержание парафина в полотне уменьшается в среднем на 18–25 %, природных жирно-восковых веществ на 22–70 %. Изменяется и микрорельеф поверхности хлопкового волокна: увеличивается шероховатость, целостность наружного слоя повреждается [4]. Таким образом, после обработке в воздушной плазме суровое полотно приобретает такие же характеристики, что и после щелочного отваривания.

На следующем этапе работы проводили крашение полотен, подготовленных щелочным отвариванием [5], ННТП обработкой и совмещенной технологией. Процесс осуществляли периодическим методом активными ремазолями четырех марок и двумя прямыми красителями с варьированием продолжительности крашения и начального содержания красителя в ванне от 0,5 до 5 % от массы полотна. За критерий эффективности метода обработки принимали интенсивность окраски, оцениваемую функцией Гуревича-Кубелки-Мунка.

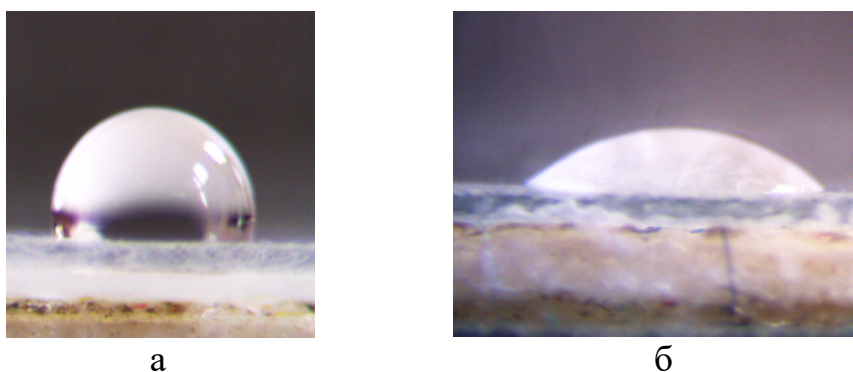


Рис. 1. Фотография парафина с нанесенной каплей дистиллированной воды: а – исходный образец ($\theta=107^\circ$), б – образец, обработанный ННТП (воздух) ($\theta=41^\circ$)

Характерные кривые зависимости интенсивности окраски полотна от начальной концентрации в ванной красителя прямого синего приведены на рис. 2. Обобщение результатов экспериментов позволило вывести, что при использовании ННТП-обработки концентрация красителя в рабочем растворе при крашении может быть уменьшена на 10–30 % за то же время крашения.

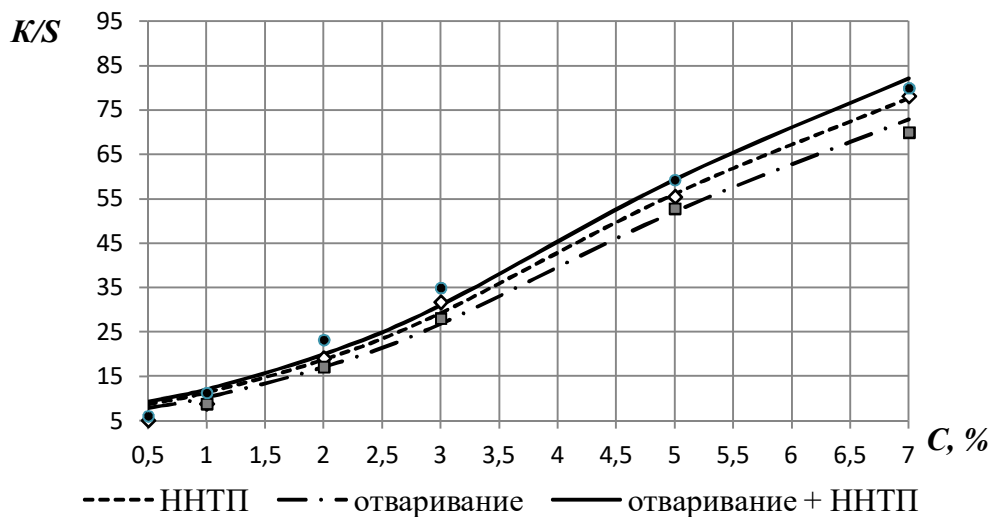


Рис. 2. Зависимость интенсивности окраски K/S хлопчатобумажного трикотажного полотна, подготовленного разными способами, от концентрации красителя активного новакрона «Темная ночь» S-R (время крашения 60 мин)

Испытания окрашенных полотен на соответствие нормативным требованиям проводили по стандартным методикам, характерные результаты приведены в табл.

Таблица – Показатели свойств хлопчатобумажных трикотажных полотен, окрашенных активным красителем новакроном «Темная ночь» S-R

Показатель	Нормативные значения	Значение для полотен, подготовленных к крашению	
		отвариванием	плазменной обработкой
Поверхностная плотность, г/м ²	-	184	182
Гигроскопичность, %	не менее 6–14	33,4	37,1
Разрывная нагрузка, Н	не менее		
– вдоль петельных столбиков	80	258,7	264,6
– вдоль петельных рядов	–	178,5	193,2
Относительное разрывное удлинение, %			
– вдоль петельных столбиков	–	117,6	119,4
– вдоль петельных рядов	–	134,7	132,8
Изменение линейных размеров после мокрых обработок (усадка/ притяжка), %	не более		
– по длине	–8 /+5	–8	–5
– по ширине	–10/+5	–5	–4
Равномерность окраски (коэффициент вариации) z	-	5,4	5,3
Устойчивость окраски к воздействию, баллы:	не менее		
– стирки в мыльном растворе при 40°С	4/4	4/5	4/5
– пота	4/4	4/5	4/5
– сухого трения	4/4	4/5	4/4

Трикотажные полотна, отделанные с помощью плазменной технологии при сниженной начальной концентрации красителя в ванне, по колористическим и другим потребительским характеристикам не уступают полотнам, полученным по традиционной

технологии. Таким образом, применение плазменной обработки позволяет исключить стадию щелочного отваривания из технологической цепочки, а следовательно, снизить водопотребление процесса и расход химических веществ, в том числе дорогостоящих красителей за счет снижения концентрации в красильном растворе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мельников Б.Н. Отделка хлопчатобумажных тканей: справочник. Иваново: Талка, 2006. 484 с.
2. Shishoo R. Plasma technologies for textiles. England: Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC, 2007. 322 с.
3. Абдуллин И.Ш., Желтухин В.С., Кашапов Н.Ф. Высокочастотная плазменно-струйная обработка материалов при пониженных давлениях: теория и практика применения. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2000. 347 с.
4. Азанова А.А., Абуталипова Л.Н., Кулевцов Г.Н., Тихонова Н.В., Ившин Я.В. Модификация свойств хлопкового волокна с помощью низкотемпературной плазмы // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2016. №5 (365). С. 80–83.
2. Одинцова О.И., Смирнова О.К., Кротова М.Н., Мельников Б.Н. Проблемы выбора текстильных вспомогательных веществ для процессов подготовки и промывки текстильных материалов // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2009. № 2 (314). С. 46–49.

УДК 677.11.08

БИОХИМИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА ЛЬНЯНОГО ВОЛОКНА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ СОРБЕНТОВ

BIOMODIFICATION OF FLAX FIBRE TO OBTAINING OF SPECIAL SORPTION MATERIALS

Алеева С.В.

Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН,
153045, Россия, г. Иваново, ул. Академическая, д. 1

Aleeva S.V.

G.A. Krestov Institute of Solution Chemistry of the Russian Academy of Sciences,
1, ul. Akademicheskaja, 153045, Ivanovo, Russia

E-mail: sva@isc-ras.ru

Представлены результаты обоснования специализированных приемов биохимической модификации волокнистых отходов льнопереработки для построения рациональных технологических процессов получения спектра высокоэффективных сорбентов. Вскрытие внутренней структуры комплексного льняного волокна в сочетании с избирательным воздействием на биополимерные компоненты растительного сырья позволяют селективно повышать эффективность сорбции ионов тяжелых металлов

из водных систем в 2 раза, красителей в 4 раза, летучих органических соединений в 5 раз, нефтепродуктов в 4,6 раза.

Ключевые слова: ферментативный катализ, структурное высвобождение пектина, активация лигнина, нефтесорбенты, катиониты.

The results of specialized methods substantiation for biochemical modification of fibrous waste after flax processing to construction of rational technological processes for obtaining of high-efficient sorbents were presented. Together the opening of internal structure of the complex flax fiber and selective effect to biopolymer components of plant raw materials allowed selectively increase the sorption efficiency by 2 times in case of heavy metal ions from water systems, by 4 times to dyes, by 5 times to volatile organic compounds and by 4.6 times to petroleum products.

Keywords: enzymatic catalysis, structural pectin release, lignin activation, oil-attracting adsorbents, ion-exchange resin

Актуальными проблемами интенсивного развития отечественной льняной индустрии является низкая рентабельность производства основного вида продукта - длинного льняного волокна - и малая востребованность отходов первичной обработки льнотресты и текстильной промышленности. Специалистам хорошо известно, что выход длинного волокна составляет лишь 20–25 % от общего объема волокнистых компонентов тресты. Остальная доля приходится на отходы льнопереработки – угары, к числу которых относятся малоценное короткое волокно низкого качества, а также вытряска, путанка и проч. При этом если короткое волокно может найти своего потребителя в исходном виде (например, пакля) или путем его переработки в низкономерные виды оческовой пряжи, нетканые материалы технического назначения и т.п., то другие виды угаров абсолютно не востребованы промышленностью. Ежегодно до 7 тыс. тонн таких отходов вывозится в отвалы и сжигается.

Перспективным и экономически эффективным вариантом повышения полноты использования льноволокнистого сырья может стать применение угаров для производства сорбционно-фильтрующих материалов. В числе преимуществ таких сорбентов можно отметить доступность и дешевизну. Однако в суровом виде они обладают сравнительно низкими сорбционными свойствами.

К настоящему времени при разработке технологических подходов к развитию сорбционных свойств текстильных материалов основное внимание уделяется вопросам активации функциональных групп волокнообразующего полимера целлюлозы. С этой целью реализуются различные варианты модификации льняного волокна, обеспечивающие прирост сорбционной емкости субстратов в сравнении с уровнем для суровых материалов. Так, например, эффективность поглощения ионов меди льноволокном после его щелочной обработки составляет 1,15 раза, микроволновой сушки 1,35 раза, окрашивания бифункциональным красителем 1,56 раза, двухстадийной окислительно-бисульфитной варки 3,65 раза, многостадийной гидроксамовой модификации 2,56 раза, прививки поливинилпирролидона 3,52 раза [1].

Вместе с тем указанные способы обработки не являются избирательными. Наряду с направленным изменением состояния целлюлозы, реализуемые процессы сопровождаются разрушением других технологически значимых активных полимерных компонентов льноволокна – пектинов, гемицеллюлоз и лигнина, макромолекулы которых содержат функциональные группы, обладающие способностью к хемосорбционному связыванию различных видов сорбатов [2, 3]. Как следствие, это не позволяет достигнуть максимально возможного уровня сорбционной емкости льноволокнистого материала. С этих позиций при модификации льняного сырья полимерные спутники целлюлозы

целесообразно не удалять, а обеспечить их структурную модификацию для расширения спектра межчастичных взаимодействий с поглощаемыми поллютантами.

Для решения поставленных задач разработаны технологические приемы подготовки льноволокна с применением взаимодополняющих методов механического диспергирования и биохимической модификации с реализацией прорывных направлений ферментативного катализа, обеспечивающих достижение эффектов пространственно локализованного действия энзимов в определенных структурных зонах биополимерной системы [3,4]. Реализуемые способы совершенствования поровой структуры комплексного льняного волокна и химической активации входящих в его состав полимерных компонентов позволяют получать специализированный ассортимент волокнистых сорбентов в двух основных направлениях в зависимости от сферы применения:

- 1) ионообменные или комплексообразующие сорбенты;
- 2) сорбенты нефтепродуктов и летучих органических соединений.

Для каждой группы сорбционных материалов разработаны индивидуальные методологические подходы к биохимической подготовке льняного сырья с учетом конкретизации технологических задач совершенствования порового объема и улучшения ионообменных и поглощательных свойств субстрата.

В случае подготовки льноволокна для сорбции веществ в катионной форме обоснование условий механической обработки материала с последующей ферментативной модификацией осуществлено с позиций дифференцированной оценки вклада физической и химической адсорбции в совокупный результат поглощения сорбатов ионной природы. Специфика развития порового пространства и хемосорбционной активности льноволокна в отношении ионов тяжелых металлов, водорастворимых окрашенных веществ и полярных органических соединений определяется совокупностью эффектов механического и ферментативного воздействия на целлюлозные фибриллы клеточной стенки элементарных волокон, а также на углевод-белковый комплекс межклеточных связующих веществ для структурного высвобождения гемицеллюлоз и пектина.

Преимущества разрабатываемого метода перед традиционными химическими обработками заключаются в комплексной реализации избирательного действия ферментов не только в отношении определенных видов полимерных субстратов, но и с учетом позиционной специфичности проявления их активности на определенных участках полимерной цепи (экзо- и эндодеполимеразы), различной подвижности молекул биокатализатора в структуре материала (прочно и слабо адсорбирующиеся энзимы). Кроме того регулируемым параметром является уровень пространственно локализованного воздействия белковых катализаторов в структуре волокна, ограничиваемого размерами их глобулы, которые варьируют в диапазоне от 5–10 до 50–100 нм для изоформ ферментов различного микробиологического происхождения.

Научно-обоснованный подход к подбору состава биопрепаратов обеспечивает возможности селективного регулирования сорбционной способности материалов в отношении катионов. В зависимости от требуемого эффекта специализированная биохимическая подготовка льняного сырья может обеспечить получение эффективных сорбентов либо для извлечения из водных растворов поллютантов с малыми размерами, например, ионов тяжелых металлов, либо крупноразмерных катионных соединений, таких как красители, ПАВ и др.

Экспериментально установлено, что для получения сорбентов тяжелых металлов необходимо применение энзимов с размером молекулы 5–10 нм, которые обеспечивают увеличение внутреннего свободного объема материала за счет развития микроскопических пустот, выполняющих роль эффективных ловушек для частиц малых размеров и их удерживания за счет координационного связывания. Как следует из данных рис. 1а, такая модификация обеспечивает 9-кратное повышение удельной поверхности микропор Суд (микро) в структуре льняного волокна относительно исходного субстрата. При этом

сорбционная способность ионов меди (A_{Cu}) биомодифицированными льносорбентами относительно сухих материалов возрастает в 2 раза.

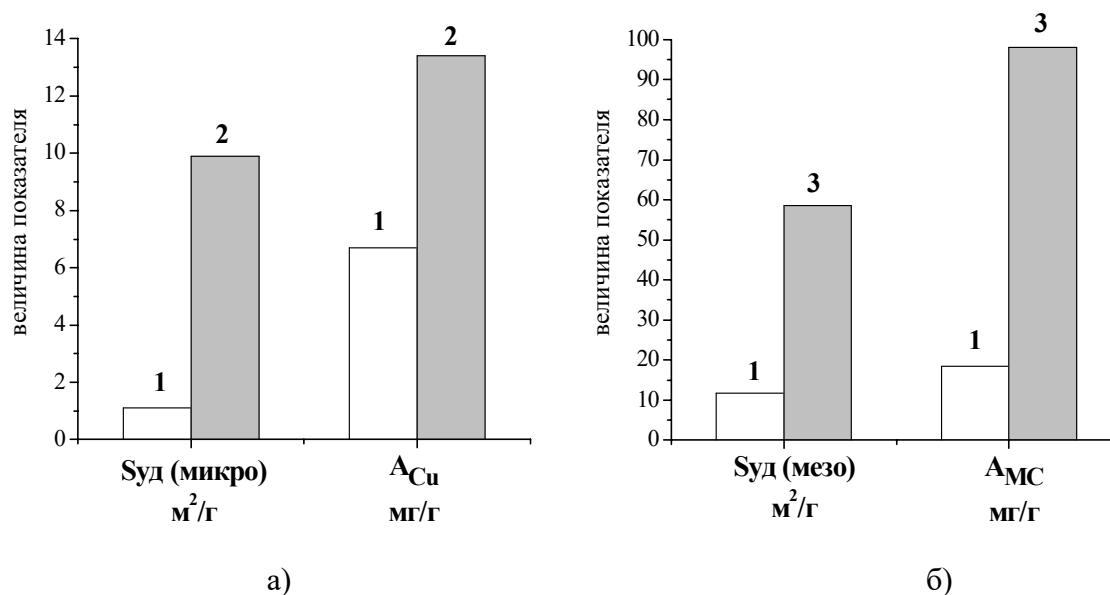


Рис. 1. Развитие удельной поверхности и сорбционной емкости льняных материалов в отношении ионов меди (а) и красителя метиленового синего (б):
1 – исходное сырье; 2, 3 – биомодифицированные образцы

Для поглощения соединений с более крупной молекулой целевое значение имеет применение изоформ ферментов с глобулой 50–100 нм, которые позволяют достигать эффекты направленного развития площади удельной поверхности мезопоровых пространств Суд (мезо). Данные рис. 1б демонстрируют, что в результате 5-кратного увеличения объема мезопор модифицированного льноволокна поглощение из водной среды модельного окрашенного соединения возрастает в 4 раза относительно базового уровня.

Разработанные варианты биохимической модификации ориентированы на переработку льняных угаров, включая не только низкономерные виды волокна, но и вытряску, путанку, паклю и других отходов.

С позиции получения сорбентов для очистки сред от нефтепродуктов, неионогенных органических веществ и летучих ароматических соединений, таких как фенол, важное значение имеет активация не только полиуглеводной системы льноволокна, но и его лигнинового компонента. В исходном виде он практически инертен в отношении поллютантов. Вместе с тем вскрытие жестко связанной структуры полимера повышает его способность к участию в донорно-акцепторных взаимодействиях или к проявлению эффектов стеклинга с формированием кооперированной электронной системы ароматических фрагментов.

Для активации полимера адаптирован метод модификации льноволокна с применением продуктов биодеструкции полисахаридов в качестве вторичных реагентов для протекания целевых окислительно-восстановительных реакций и превращений в макромолекулах лигнина [5–7]. С учетом основных технологических задач подготовки волокна для развития сорбционных свойств в отношении нефтепродуктов и летучей органики осуществлен подбор полиферментных систем для эффективного вскрытия внутренней структуры комплексного льняного волокна и генерации высокоактивных редуцирующих агентов для модификации лигнина. Реализуемый подход позволяет получать уникальные эффекты развития удельной поверхности субстрата в результате регулируем-

мой деполимеризации лигнина и его аморфизации, что обеспечивает увеличение содержания структурных фенолпропановых звеньев полимера в свободной фенольной форме и активацию функциональных групп. На рис. 2 приведена схема гедох-превращений лигнина.

Эффективность хемосорбционного связывания ароматических углеводородов и нефтепродуктов биомодифицированными субстратами представлена на рис. 3. Нетрудно видеть, что модификация льняного материала обеспечивает достижение высокой сорбции паров фенола на уровне 60 мг/г, что сопоставимо с сорбционной емкостью перспективных, но дорогостоящих полимерных сорбентов, в частности на основе полихлорвиниленовых материалов.

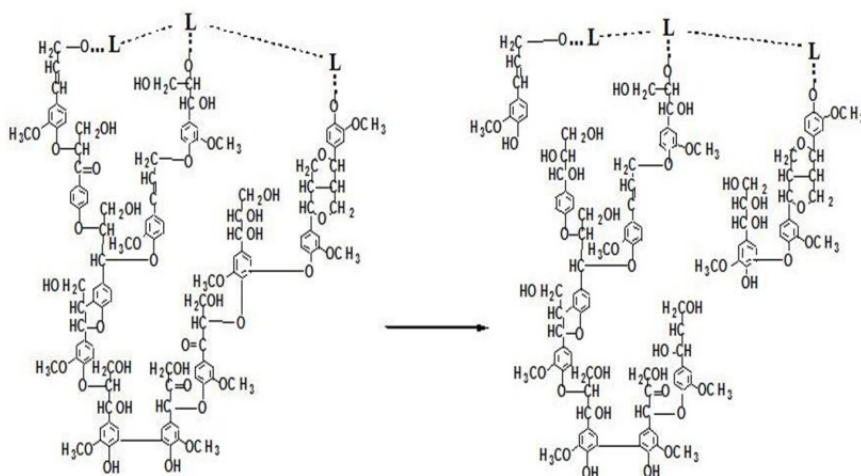


Рис. 2. Деполимеризация лигнина в результате льняных гедох-превращений карбонильных группировок

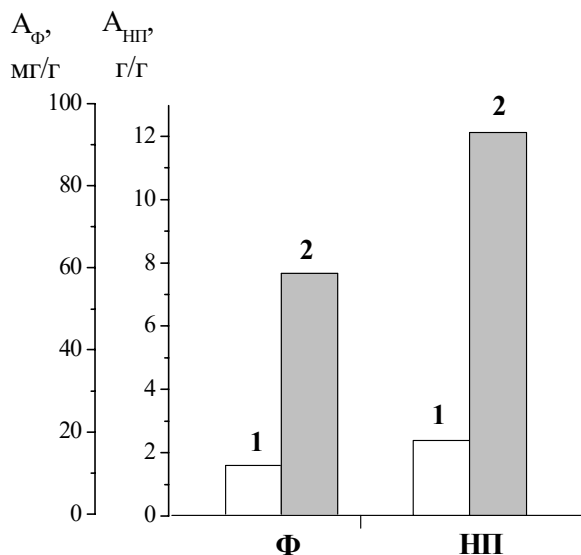


Рис. 3. Сорбционная емкость материалов в отношении фенола (A_{Φ}) и нефтепродуктов ($A_{НП}$):
1 – исходное сырье; 2 – биомодифицированное волокно

Вместе с тем разработанный способ подготовки льноволокна хорошо зарекомендовал себя при получении сорбционных материалов для оперативного и эффективного сбора нефти и нефтепродуктов с грунтовых поверхностей и асфальтовых покрытий:

величина нефтеемкости экспериментальных образцов в 4,6 раза превосходит уровень аналогов. Оптимизация технологических приемов гидрофобизации биомодифицированных льноматериалов обеспечивает получение ассортимента нефтесорбентов для очистки водных поверхностей или из водных стоков. Наряду с высокой нефтеемкостью льноволокнистые образцы характеризуются низким уровнем водопоглощения. Установлено, что контролируемый показатель влагоемкости модифицированного льноволокна в 1,5 раза ниже уровня целлюлозных и торфяных аналогов.

Таким образом, создан технологический задел для получения широкого спектра перспективных фильтрационных и сорбирующих материалов для ликвидации загрязнений биосферы различными видами поллютантов, в том числе нефтью и нефтепродуктами, солями тяжелых металлов, а также водорастворимыми и летучими вредными органическими соединениями. При этом повышение полноты использования льняного сырья и возможность получения инновационной продукции с высокой добавленной стоимостью может послужить дополнительным стимулом для возрождения отечественного льноводства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Никифорова Т.Е., Козлов В.А. Закономерности влияния природы полисахаридных материалов на распределение ионов тяжелых металлов в гетерофазной системе биосорбент – водный раствор // Физикохимия поверхности и защита материалов. 2016. Т. 52. № 3. С. 243–271.
2. Алеева С.В., Лепилова О.В., Курзанова П.Ю., Кокшаров С.А. Специфика изменения сорбционной способности льноволокна при регулируемой биокатализируемой деструкции нейтральных полиуглеводов // Изв. вузов. Хим. и химическая технология. 2018. Т. 61. № 2. С. 80–85.
3. Алеева С.В., Лепилова О.В., Кокшаров С.А. Технологические подходы к биомодификации структуры льняного волокна для получения сорбционных материалов // Изв. вузов. Технология текст. пром-сти. 2017. № 1(367). С. 319–324.
4. Алеева С.В., Лепилова О.В., Кокшаров С.А. // Изв. вузов. Технология текст. пром-сти. 2018. 4. 89–95.
5. Lepilova O.V., Spigno G., Aleeva S.V., Koksharov S.A. Study of the ability of reducing saccharides to chemically transform lignin // Eurasian Chemico-Technological J. 2017. V. 19. N 1. P. 31–40.
6. Lepilova O.V., Aleeva S.V., Koksharov S.A. Comparison of the reducing power of aldose solutions // Russian Journal of Organic Chemistry. 2012. V. 48. N 1. P. 83–88.
7. Лепилова О.В., Алеева С.В., Кокшаров С.А. Анализ химических превращений лигнина в щелочных растворах моносахаридов // Химия растительного сырья. 2013. № 1. С. 47–52.

ТЕХНОЛОГИЯ ВЕКТОРИЗАЦИИ ОРНАМЕНТОВ ИСТОРИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ И СОЗДАНИЕ ИХ БАЗЫ ДАННЫХ

TECHNOLOGY OF VECTORIZATION OF HISTORICAL TISSUES ORNAMENTS AND CREATION OF THEIR DATABASE

Алешина Д.А.

Ивановский государственный политехнический университет,
153000, Россия, г. Иваново, пр. Шереметевский, д. 21

Aleshina D.A.

Ivanovo State Polytechnic University,
21, Sheremetievskiy Avenue, Ivanovo, 153000

E-mail: kiparis3001@yandex.ru

В работе рассмотрено создание электронного учебника для обучающихся текстильных учебных учреждений на основе артефактных материалов. В качестве базы данных пособия использованы фотографии образцов ситцевых тканей XVIII–XIX в.в., а также векторные клипарты на их основе, выполненные с применением графических редакторов.

Ключевые слова: мультимедиа, векторный клипарт, векторизация, 3D-моделирование, музейный образец, ситец, дизайн тканей, орнамент.

The paper discusses the creation of an electronic textbook for students of textile educational institutions based on artifact materials. The photographs of samples of calico fabrics of the 18th – 19th centuries and vector clipart based on them were used as database for the electronic textbook.

Keywords: multimedia, vector clipart, vectorization, 3D modeling, museum sample, chintz, fabric design, ornament.

Одной из тенденций современного общества является обращение к культурно-историческим истокам. Дизайн, созданный на основе этнокультурных мотивов, часто становится актуальной тенденцией. При создании этнодизайна определяющее значение имеет предшествующий проектированию подготовительный процесс: изучение исторических артефактов, связанных с традиционной культурой, сбор и анализ соответствующей искусствоведческой информации, корректная стилизация, правильный выбор техники исполнения.

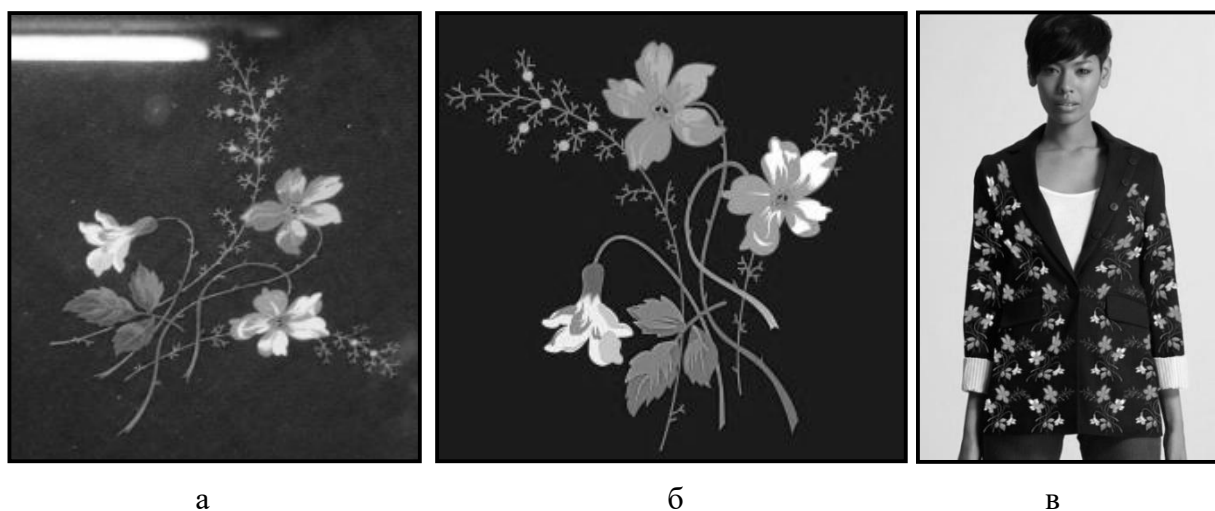
Кроме модных тенденций, есть и объективные причины, по которым этнокультурные мотивы актуальны для современного дизайна. Традиционный русский орнамент в современном дизайне представляет Россию на международной арене, помогает в оформлении и позиционировании традиционных товаров и культурно-массовых мероприятий, используется в качестве исходных данных в процессе информатизации музеев. Современные электронные и информационные технологии оказывают влияние на самые различные стороны жизни всего общества, в том числе, открывают новые возможности в деятельности всех учреждений, занимающихся хранением культурно-исторического наследия и, в первую очередь, музеев и архивов. Появляется возможность не только реального вечного сохранения сегодняшнего вида практически любых форм культурного и исторического наследия, но и возможность обеспечения современ-

ных способов доступа широких масс к коллекциям и фондам музеев, архивов, библиотек и любых других видов хранилищ.

В качестве исходных данных для работы использовались образцы экспозиции Ивановского музея ситца, в котором хранятся изделия, изготовленные мастерами ткацкого искусства города Иваново и Ивановской области, в том числе и образцы старинной ручной работы, а также орудия труда ткачей. Главная идея экспозиции – показ ивановских ситцев как одного из видов декоративно-прикладного искусства, сохраняющего и развивающего традиции народного орнамента и особого стиля – яркого, нарядного, декоративного, присущего ивановским тканям. Фотографии экспозиции Ивановского музея ситца были использованы для создания пособия (для подготовки данных использованы графические редакторы Adobe Photoshop, CorelDRAW, а также программа 3D MAX, для создания пособия – программа Auto Play Media Studio). Поскольку целевая аудитория данного продукта заинтересована в изучении артефактов путем зрительного восприятия, информация представлена в виде классифицированной базы данных с собственно фотографиями, их обработанной векторной версией с полным сохранением цветов и оттенков и текстурами для 3D-объектов.

Данные представлены в трех видах: фотография образца ткани, векторизованное представление образца, использование образца в виде орнамента на объектах предметно-пространственной среды (см. рисунок 1).

Поскольку в музее образцы не разрешено сканировать, оцифровка производилась на зеркальную камеру Panasonic Lumix DMC-FZ7, с разрешением 2800x2100 dpi. В основном это были ткани, оттиски манер (отпечатанные на бумаге изображения с печатных матриц, которые использовались для нанесения рисунка на ткань) и рисунки для тканей из альбомов образцов. Перед векторной обрисовкой орнаментов тканей фотографии артефактов были отредактированы в программе Adobe Photoshop CS. Была произведена автоматическая коррекция цвета и тона. Перспектива изображения менялась инструментом свободной трансформации (Ctrl+T). Затем были обрезаны края, образец выделен и перенесен в отдельный документ. Данная последовательность операций заменяет процесс сканирования, если он технически невыполним (см. рисунок 2а).



а

б

в

Рис. 1. Варианты представления музейного образца, где: а – фотография из музея, б – обработанный векторный клипарт, в – наложение орнамента на фотографию

Векторная обрисовка рисунков осуществлялась в программе CorelDRAW X7. Контурам придались плавные очертания. Далее выполнена заливка цветом и удален контур. Цвет воссоздавался с оригинального изображения, чтобы наиболее точно

воспроизвести артефактный образец. Для заливки двумерных объектов выбраны изображения, которые импортировались в CorelDRAW (см. рисунок 2б).

Для наложения текстуры на 3D-объект были выбраны несколько библиотечных образцов программы: мебель, предметы быта и аксессуары. Модификация и текстурирование объектов производились в программе 3D MAX (см. рисунок 2в).

Основная задача проекта – создание пособия по экспонатам музея. Данный продукт полезен не только в качестве ознакомления, но и для работы специалистов: дизайнеров, дессинаторов, художников по костюмам и др. Размещение пособия в on-line дос-тупе способно расширить целевую аудиторию.

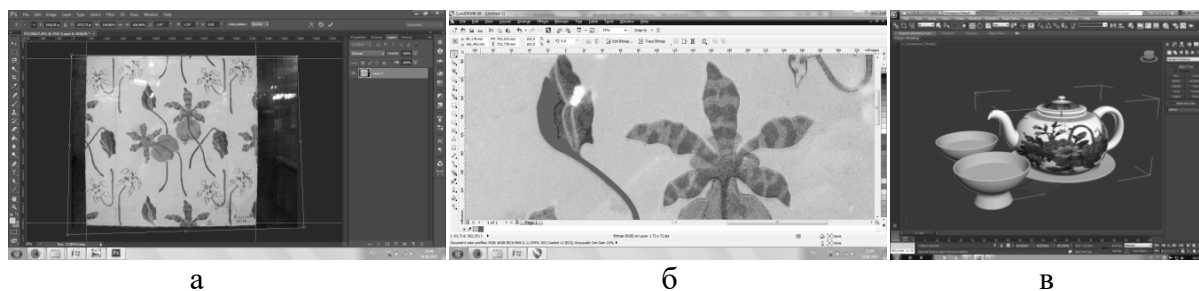


Рис. 2. Стадии обработки музейного образца, где: а – обработка музейной фотографии, б – создание векторного клипарта, в – наложение орнамента на 3D-объект

Первая страница пособия содержит в себе название, небольшой поясняющий текст, изображение Ивановского музея ситца и кнопку для перехода к содержанию. На странице с содержанием изображён красный орнамент, представляющий собой так называемый «огурец», «турецкий боб» или пейсли на белом фоне. Это декоративный каплеобразный орнамент, напоминающий по форме проросший боб, завязь, зародыш, символизирующий зарождение новой жизни, плодородие и богатство. Этот традиционный для многих народов мотив в сочетании с красным цветом белым фоном очень характерен как для ивановских ситцев, так и вообще для русского творчества, поэтому он и был выбран для украшения страниц. На белых кнопках надписи выполнены красным шрифтом MonotypeCorsiva. На других страницах пособия текст представлен на белом полупрозрачном прямоугольнике, наложенном на фон из оцифрованной фотографии музейного образца ткани (см. рисунок 3).

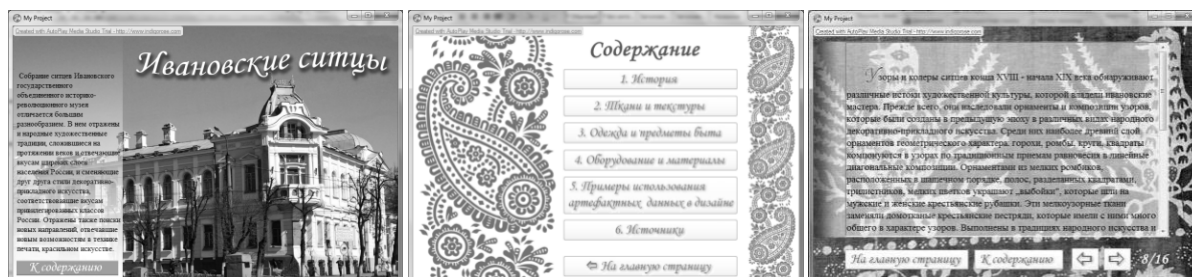


Рис. 3. Оформление страниц пособия

История развития ивановских ситцев, их производства и орнаментов разделены на несколько страниц. Для каждой из них подобран фон, соответствующий содержанию каждой. Страницы галерей выполнены просто, без фона. Коллекция клипартов, фотографии выставочных образцов представлена в виде фотографий в формате jpeg с разрешением 300 dpi с размером 1200×800 пикс. Также в пособии содержится векторный вариант клипарта для нанесения на объекты в формате eps. Данный

материал можно использовать в качестве дополнительного источника для творчества. Пособие будет полезно не только для специалистов, но и для широкого круга читателей для популяризации текстильного наследия г. Иваново и Ивановской обл.

Таким образом, в данной работе были использованы образцы ситцевых тканей из Ивановского музея ситца в качестве исходных данных для подготовки мультимедийного пособия. Имеющиеся образцы были преобразованы в цифровые данные, обработаны с помощью графических редакторов и показаны в виде векторных клипартов. Дополненная и представленная в виде мультимедийного пособия экспозиция музея расширяет возможности позиционирования выставки, в том числе дистанционное ознакомление с ней.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алешина Д.А. Мультимедийное пособие по истории древних славян с интерактивными материалами // В сборнике: Актуальные вопросы естествознания. Материалы II Межвузовской научно-практической конференции. Составитель: Н.Е. Егорова. 2017. С. 173–175.
2. Сутырин А.А. Особенности создания контента для интерактивной книги и мультимедийного пособия // Сутырин А.А., Торопов А.М., Алешина Д.А. Молодые ученые – развитию текстильно-промышленного кластера (ПОЙСК). 2017. № 2. С. 356.
3. Онипченко Н.А. Основы программного визуального моделирования пространственных основывязанных структур технического назначения // Онипченко Н.А., Башкова Г.В.: В сборнике: Молодежь и XXI век – 2017 материалы VII Международной молодежной научной конференции: в 4 томах. 2017. С. 54–56.

УДК 677.027.262.2

ВОЗМОЖНОСТИ НАНОКАПСУЛИРОВАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЛИПОСОМ В ТЕКСТИЛЬНОЙ ХИМИИ

POSSIBILITIES OF NANOCAPSULATION WITH THE APPLICATION OF LIPOSOMES IN TEXTILE CHEMISTRY

Анжаурова В.Д., Белокурова О.А.

Ивановский государственный химико-технологический университет,
153000, Россия, г. Иваново, пр. Шереметевский, д. 7

Anzhaurova V.D., Belokurova O.A.

Ivanovo State University of Chemistry and Technology,
7, Sheremetievskiy Avenue, Ivanovo, Russia

E-mail: belokurovaolga@mail.ru

Представлены результаты исследований роли липосом в процессах перексидного беления и поверхностной модификации шерстьсодержащих материалов.

Ключевые слова: липосомы; шерстяное волокно; стабилизация пероксида водорода; модификация шерстяного волокна.

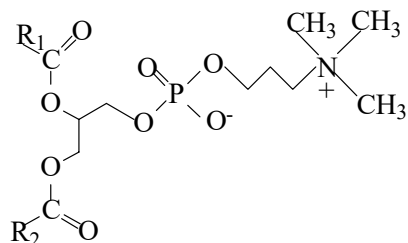
The results of the research demonstrate the role of liposomes in bleaching and modification of wool-containing materials.

Key words: liposomes; wool; stabilization of hydrogen peroxide; wool modification.

Широкое и успешное применение липосом в многочисленных фундаментальных и прикладных исследованиях в области фармакологии, медицины, косметологии, пищевой индустрии объясняется специфичностью их строения и уникальностью свойств. Везикулярная структура, способность капсулировать вещества различной природы наряду с экологической безопасностью липосом делают их привлекательными для использования и в области текстильной химии. Интерес химиков-текстильщиков к везикулярным структурам определяется рядом причин. Во-первых, липосомы являются ближайшим аналогом клеточных мембран и способны с успехом заменять их [1, 2]. Во-вторых, везикулы могут быть использованы в качестве эффективных переносчиков различных химических реагентов в клетки [1]. В-третьих, липосомы способны взаимодействовать с клетками и модифицировать их, что может оказаться полезным в процессах облагораживания природных волокнообразующих полимеров, имеющих клеточное строение.

В связи с этим настоящая работа посвящена всесторонней оценке эффективности использования липосомальных препаратов на основе природных продуктов в качестве текстильных вспомогательных веществ многофункционального действия в процессах подготовки текстильных материалов различного волокнистого состава.

Для проведения исследования использовались липосомальные препараты испанского и российского производств, произведенные из природных липидов и представляющие собой мультиламеллярные липосомальные эмульсии. Основу продуктов составляет фосфатидилхолин [3, 4]:



Данный глицерофосфолипид состоит из фосфатидной кислоты, представляющей собой глицерин, у которого две спиртовые группы этерифицированы жирными кислотами, а одна, в третьем положении – фосфорной кислотой, к которой присоединен в качестве полярной группы аминспирт холин. Наличие полярной головки и двух гидрофобных углеводородных цепей придает способность этой молекуле образовывать в воде мембраны, представляющие собой бислой липидных молекул, который, замыкаясь, образует везикулы. Именно везикулярная структура, позволяющая липосомам включать в себя и удерживать вещества различной природы, является очень важной для их практического применения. Наряду с фосфатидилхолином в состав липидного слоя мембраны отечественного препарата входят также холестерин и сфингомиелины. Холестерин в липидной мембране находится как в свободном состоянии, так и в виде сложного эфира с жирными кислотами – холестерида.

Липосомальные эмульсии, использованные для проведения исследования, характеризуются не только различным составом липидного бислоя, но и отличаются размером везикул (100 и 300 нм).

Совершенствование процессов пероксидного беления неразрывно связано с проблемой поиска новых, эффективных, экологически безопасных стабилизаторов перок-

сида водорода. Несмотря на существующее многообразие соединений, позволяющих инактивировать каталитическое разложение данного окислителя, практически все они имеют определенные недостатки. Использование липосомальных препаратов в качестве стабилизатора пероксида водорода может стать одним из альтернативных решений этой проблемы

Оценка способности липосомальных препаратов подавлять катализируемый распад пероксида водорода в присутствии катионов поливалентных металлов (железа, меди и марганца) показала, что введение липосом в состав белящих ванн позволяет существенно снизить скорость разложения пероксида водорода. Причем наиболее эффективно липосомальные препараты подавляют распад окислителя в присутствии меди и марганца, что является очень важным, т.к. катионы именно этих металлов в наибольшей степени активируют процесс разложения пероксида водорода по сравнению с катионами железа. Из представленных на рис. 1 и 2 данных видно, что по своей стабилизирующей способности липосомы превосходят часто используемые стабилизаторы: метасиликат натрия, пирофосфат натрия, трилон Б и даже силикат натрия.

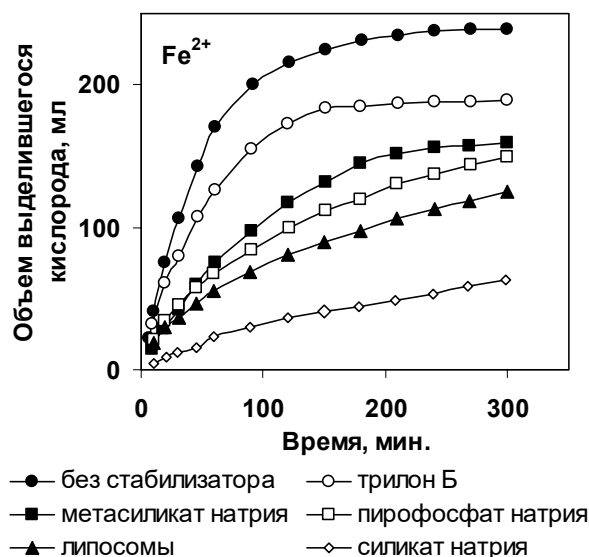


Рис. 1. Кинетика разложения пероксида водорода в присутствии ионов Fe²⁺ и различных стабилизаторов

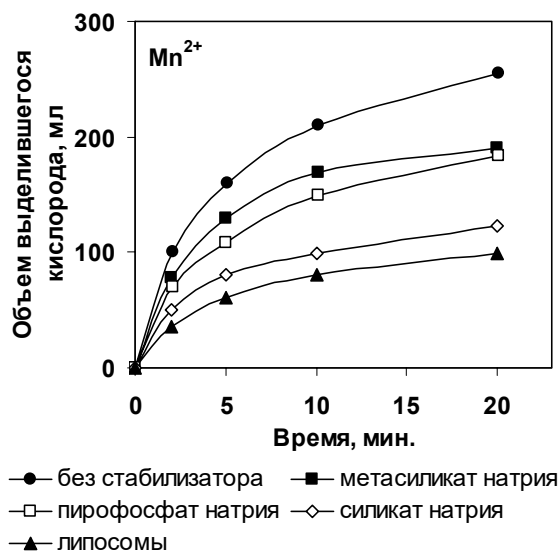


Рис. 2. Кинетика разложения пероксида водорода в присутствии ионов Mn²⁺ и различных стабилизаторов

Для объяснения механизма стабилизирующего действия липосом по отношению к пероксиду водорода изучена проницаемость липидной мембраны для основных компонентов белящего раствора: пероксида водорода и гидроксида натрия, а также катионов поливалентных металлов: железа, меди и марганца. Эксперимент проводили на установке, состоящей из внешнего реакционного сосуда с расположенной внутри тefлоновой ячейкой, имеющей отверстие в стенке около 1 мм для формирования бислоевой липидной мембраны (Рис. 3). Внешний сосуд и внутреннюю ячейку заполняли дистиллированной водой и вводили с помощью капилляра в отверстие этой ячейки каплю раствора фосфатидилхолина в гептане. При этом молекулы глицерофосфолипида на поверхности капли собирались таким образом, что их полярные головки были обращены в водную среду, а гидрофобные хвосты – внутрь капли. После улетучивания растворителя капля превращалась в липидную пленку, сходную по строению с липидным бислоем биологических мембран. После получения липидной мембраны в водную среду внешнего сосуда отдельно вводили исследуемые вещества. О проницаемости веществ через мембрану судили по их наличию во внутренней тefлоновой ячейке.

В ходе проведения эксперимента был установлен факт проницаемости липидной мембраны исключительно для пероксида водорода. Вместе с тем, эксперимент по качественному определению металлов в растворе показал, что липосомальные препараты обладают способностью связывать ионы металлов, находящиеся в растворе. Объяснить полученные факты можно способностью липосом на основе фосфатидилхолина адсорбировать и удерживать на поверхности бислоя катионы металлов за счет образования ионных связей вследствие наличия отрицательного заряда на поверхности мембраны.

На основе анализа экспериментальных данных сформулирован механизм стабилизирующего действия липосом: с одной стороны, липосомы, капсулируя имеющиеся в белящем растворе частицы окислителя, выполняют роль хранилища, из которого белящий агент высвобождается постепенно; с другой стороны, липосомы за счет активных центров на поверхности бислоя сорбируют катионы поливалентных металлов, не пропуская их внутрь везикул, что исключает возможность каталитического разложения пероксида водорода как внутри капсулы, так и в самом белящем растворе.

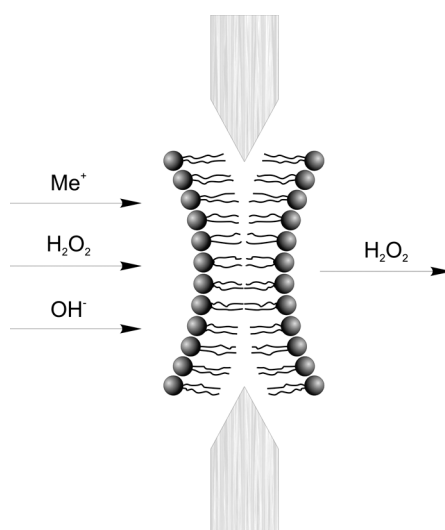


Рис. 3. Схема ячейки для измерения проницаемости бислоевой липидной мембраны

Таким образом, использование липосом является принципиально новым и перспективным решением проблемы стабилизации пероксида водорода.

Выявленные закономерности позволили разработать эффективные технологии облагораживания различных текстильных материалов. В частности, было установлено,

что введение липосомальных препаратов в пероксидную ванну при белении шерстяных материалов позволяет не только значительно повысить эффективность процесса белиния, но и придать этим материалам комплекс ценных свойств. Самопроизвольное капсулирование пероксида водорода и использование этих капсул в качестве эффективного транспортного средства для доставки окислителя в волокнистый материал обеспечивают высокие показатели белизны при двукратном снижении содержания окислителя в ванне и исключении из состава традиционного стабилизатора пероксида водорода. Кроме того, присутствие липосомальных препаратов в белящем растворе обеспечивает более высокую сохранность волокнистых материалов, снижая потери прочности на 15–35 %, сообщает повышенную устойчивость к УФ-облучению, специфический мягкий гриф и эластичность. В случае обработки камвольных тканей отмечено существенное снижение (на 45–55 %) пиллингуемости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Coderch, L. Application of liposomes in textile dyeing / Coderch L., de la Maza A., Marti M., Manich A., Parra J. // Recent Research Development in Oil Chemistry. – 1997. – № 1. – P. 17–29.
2. Marti, M. Phosphatidilcholine Liposomes as Vehicles for Disperse Dyes for Dyeing Polyester/Wool Blends / Marti M., Coderch L., de la Maza A., Manich A., Parra J. // Textile Research Journal. – 1998. – Vol. 68. – № 3. – P. 209–218.
3. Овчинников, Ю.А. Биоорганическая химия / Ю.А.Овчинников. – М.: Просвещение, 1987, – 636 с.
4. Основы биохимии / Под. ред. Анисимова А.А. – М.: Высшая школа, 1986. – 459 с.

УДК 677.027.41

ОЧИСТКА ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПОЛИАМИДНЫХ ВОЛОКОН ОТ МАСЛЯНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ

REMOVAL OF OIL POLLUTION FROM POLYAMIDE FIBERS

Асхабова З.А., Миронова А.А., Владимирцева Е.Л., Смирнова С.В.
Ивановский государственный химико-технологический университет,
153000, Россия, г. Иваново, пр. Шереметевский, 7

Askhabova Z.A., Mironova A.A., Vladimirtseva E.L., Smirnova S.V.
Ivanovo State University of Chemistry and Technology,
7, Sheremetievskiy Pr., Ivanovo, Russia

E-mail: zaira.askhabova@t-profi.ru

При выработке чулочно-носочных изделий на вязальных машинах на полуфабрикат может попадать масло, используемое для смазывания деталей в вязальном оборудовании. Удаление масляных загрязнений представляет серьезную проблему, которую решает данное исследование. Предложены условия отварки изделий, позволяющие провести практически полную их очистку.

Ключевые слова: трикотаж, полиамидное волокно, масляные загрязнения, поверхностно-активные вещества.

In the manufacture of hosiery on knitting machines semi-finished product may be contaminated with oil for lubrication of parts in the knitting equipment. Removal of oil contamination is a serious problem that needs to be addressed. The conditions for the preparation of products, allowing almost completely clean knitwear from oil contamination proposed.

Keywords: knitwear, polyamide fiber, oil contamination, surfactants.

Чулочно-носочные изделия из полиамидного волокна всегда пользовались в России активным спросом. По их потреблению на душу населения наша страна занимает одно из первых мест в мире. Технологическая последовательность изготовления чулочно-носочных изделий зависит от целого ряда факторов: типа и назначения выпускаемой продукции, имеющегося на предприятии оборудования, используемых препаратов и пр. Классическая технология представляет собой следующие операции: вязание трубнообразных заготовок, запаривание, сшив трубнообразных заготовок, крашение, формирование и упаковка.

Проблема заключается в том, что на стадии вязания на полуфабрикат может падать машинное масло. Присутствие масляных загрязнений на поверхности волокна негативно влияет на качество последующего крашения и, в первую очередь, на равномерность окраски, поэтому масло необходимо удалить. Предварительная подготовка полуфабриката, заключающаяся в обработке горячим раствором (60 °С) с добавлением ПАВ, не дает необходимого результата. В итоге остаточное масло выступает на поверхность упаковки в конечном продукте. На рисунке приведены различные степени загрязнения.

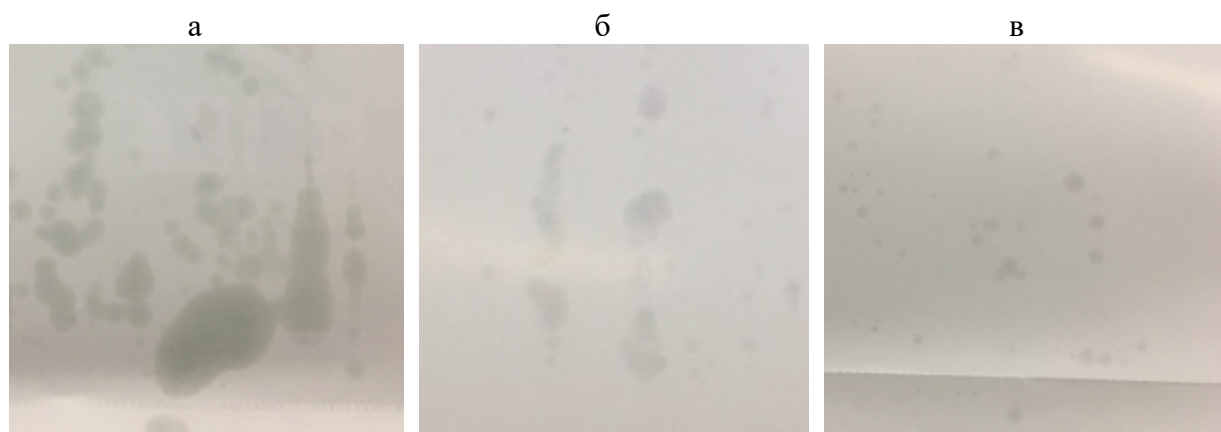


Рис. Виды масляных пятен на упаковке полиамидных колготок
Уровень загрязнения: а – максимальный (5–6 баллов); б – средний (3–4 балла);
в – минимальный (1–2 балла)

Целью работы был выбор оптимальных условий очистки полуфабрикатов от загрязнений маслам различного типа, используемым для смазывания деталей в вязальном оборудовании. В качестве объекта исследования использовали полуфабрикат, пропитанный двумя типами масла: индустриальным минеральным маслом марки ИГП-30 и полусинтетическим маслом Codium LS 32, специально разработанным для смазки текстильного оборудования.

Эксперимент проводили на полуфабрикатах, связанных на оборудовании марки Lonati 304 и Lonati 404, удаление масла в процессе промывки и последующее крашение осуществлялось с использованием специально подобранных текстильно-вспомогательных веществ, приведенных в таблице.

Результаты испытаний показали, что на степень загрязнения полиамидных изделий влияние оказывают несколько факторов.

Во-первых это вид оборудования: после промывки и крашения в одинаковых условиях полуфабрикатов, связанных на машинах марки «Lonati 304» и «Lonati 404» следы масла от 2 до 6 баллов были обнаружены в первую очередь на изделиях, полученных на «Lonati 404». На полуфабрикатах, вывязанных на оборудовании «Lonati 304» после крашения следы масла практически не наблюдаются.

Таблица. Используемые в работе поверхностно-активные вещества

№	ПАВ	Характеристика
1	Препарат № 1	комплексобразующее и диспергирующее средство, защитный коллоид с низким пенообразованием
2	Препарат № 2	неионогенное смачивающее, моющее и чистящее средство для всех типов волокон
3	Препарат № 3	неионогенный смачиватель и моющее вещество

Во-вторых, значимое влияние оказывает тип масла. Было выявлено, что при отварке в присутствии как Препарата № 1, так и Препарата № 2 чулочно-носочных изделий, загрязненных различными маслами, масло ИГП-30, достаточно легко эмульгируется и извлекается из волокна, в то время как масло Codium LS 32, в тех же условиях, практически не подвергается удалению.

В-третьих, положительное воздействие на качественные характеристики изделий оказывает введение в варочный раствор дополнительного ТВВ (Препарат №3), который традиционно используется при проведении крашения. В этом случае масло ИГП-30 практически полностью удаляется с изделий, а загрязненность их маслом Codium LS 32 сокращается до 1–2 баллов. Однако при этом увеличивается расход на технологические цели дорогостоящего ТВВ, что не выгодно с экономической точки зрения.

Таким образом, была разработана технология подготовки полуфабрикатов из полиамидного волокна, позволяющая практически полностью удалить с них техническое масло ИГП-30 и существенно снизить загрязненность маслом Codium LS 32. Тем не менее, работа будет продолжена с целью повышения экономической эффективности технологии и возможной замены дорогостоящих импортных препаратов российскими аналогами.

Работа выполнена в рамках Государственного задания (проектная часть), проект № 4.1929.2017/4.6

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ТЕКСТИЛЬНОЙ ОСНОВЕ

COMPOSITE MATERIALS ON TEXTILE BASE

Барабанщикова И.С., Смирнова Т.В., Карева Т.Ю.

Ивановский государственный политехнический университет,
153000, Россия, г. Иваново, пр. Шереметевский, д. 21

Barabanschikova I.S., Smirnova T.V., Kareva T.Yu.

Ivanovo State Polytechnic University,
21, Sheremetevskiy Avenue, 153000, Ivanovo, Russia

E-mail: bobilkova_irina@mail.ru

В статье рассмотрены композиционные материалы, компонентами которых служат волокна, нити, ткани, трикотажные полотна и плетеные изделия. Приведены основные преимущества и недостатки трикотажных, плетеных, тканых основ композитов; направления развития композиционных материалов на текстильной основе.

Ключевые слова: композиционные материалы; композит; матрица; наполнитель; волокна; нити; тканые полотна; трикотажные полотна; плетеные полотна; ортогональное строение; неортогональное строение; стеклопластики; углепластики; органопластики; текстолиты; углеродные волокна; армирующий компонент; преформы; ткацкое оборудование.

The article discusses composite materials whose components are fibers, threads, fabrics, knitted fabrics and woven products. The main advantages and disadvantages of knitted, woven, woven composites bases are given; directions of development of textile-based composite materials.

Keywords: composite materials; composite; matrix; filler; fibers; threads; woven cloths; knitted fabrics; wicker cloths; orthogonal structure; non-orthogonal structure; fiberglass; carbon; organoplasty; textolites; carbon fiber; reinforcing component; preforms; weaving equipment.

Экономика России в настоящее время как никогда заинтересована в создании новых материалов (сырья и изделий) на основе химических материалов. Одним из сегментов рынка, где химическая и текстильная промышленности могут взаимовыгодно сотрудничать – это композиционные материалы.

Композитный (композиционный) материал, композит – многокомпонентный материал, состоящий, как правило, из пластичной основы (матрицы), армированной наполнителями, обладающими высокой прочностью, жесткостью и т.д. Наполнитель определяет прочность, жесткость и деформируемость материала, а матрица обеспечивает монолитность материала, передачу напряжения в наполнителе и стойкость к различным внешним воздействиям. Варьируя состав матрицы и наполнителя, их соотношение, ориентацию наполнителя, получают широкий спектр материалов с требуемым набором свойств. Компонентами композитов являются самые разнообразные материалы – металлы, керамика, стекла, пластмассы, углерод, волокна и т.п.

В каких композитах текстиль может участвовать?

Если разделить композиционные материалы по природе компонентов, то волокна, нити, ткани, трикотажные полотна и плетеные изделия в большей мере находят свое

применение в полимерных композиционных материалах (ПКМ), где матрицей служит полимерный материал.

А) Стеклопластики – ПКМ, армированные стеклянными волокнами. Слоистый материал, в котором в качестве наполнителя применяется ткань, плетенная из стеклянных волокон, называется стеклотекстолитом.

Б) Углепластики - наполнителем в этих полимерных композитах служат углеродные волокна. Углеродные волокна получают из синтетических и природных волокон на основе целлюлозы, сополимеров акрилонитрила, нефтяных и каменноугольных пеков и т.д. В мировой практике наибольшее распространение получили углеродные волокна на основе полиакрилонитрильных волокон. В РФ в числе прочих рассматривают углеродные волокна, имеющие необходимые показатели для широкого практического освоения в долгосрочной перспективе: на основе полиакрилонитрильных волокон и на основе вискозного волокна.

Кроме вышеперечисленных ПКМ углеродные волокна применяют и для армирования композиционных материалов с металлической матрицей и на основе керамики.

В) Органопластики – композиты, в которых наполнителями служат органические синтетические, реже – природные и искусственные волокна в виде жгутов, нитей, тканей, бумаги и т.д.

Г) Полимеры, наполненные порошками. В них применяют органические наполнители – древесную муку, молотую скорлупу орехов, растительные и синтетические волокна.

Д) Текстолиты - слоистые пластики, армированные тканями из различных волокон. В качестве наполнителя используются ткани и трикотажные полотна из самых разнообразных волокон – хлопковых, синтетических, стеклянных, углеродных, асбестовых, базальтовых и т.д.

Что же касается натуральных волокон, скажем, целлюлозы, то процент их использования в данном сегменте рынка значительно ниже, но и они, в свою очередь, придают композиту принципиально интересные характеристики. Среди них можно выделить: более высокую степень эластичности; лучшую способность влагорегулирования; меньшую плотность и вес.

Чем же хороши композиционные материалы на текстильной основе? Что тканые, трикотажные или плетеные полотна могут дать композиту?

В отличие от однонаправленных композитов, в текстильных композитах армирующий компонент ориентирован более чем в одном направлении.

Трикотажные и плетеные полотна используются для изготовления композитов сложных форм, имеющих большую стойкость к ударным нагрузкам, чем композиты с ткаными полотнами, однако последние имеют более высокую объемную долю вложения армирующего компонента, что обеспечивает лучшие механические свойства композита в плоскости армирующего компонента. Кроме того основным преимуществом тканых основ является хорошая стабильность размеров в направлении основы и утка, высокая плотность расположения нитей и высокая жесткость на изгиб по сравнению с другими текстильными основаниями для композитов. С другой стороны, они являются анизотропными, имеют плохое сопротивление сдвигу в плоскости армирования, и в меньшей степени подходит для глубокого вытягивания, чем при формовании трикотажных или плетеных полотен [1].

Различают 2-D (классическая однослойная структура) и 3-D (многослойные ортогонального и неортогонального строения) структуры тканей, используемых в качестве текстильных основ для композитов.

Тканая классическая однослойная структура композита состоит из двух систем переплетенных между собой нитей. Как правило, полотняного, саржевого или атласного (сатинового) переплетения.

Дальнейшее свое развитие тканые текстильные основы композитов получили в сторону формирования объемных структур, имеющих более высокие некомпланарные свойства, низкую вероятность отслаивания, лучшую способность создавать различные типы форм поперечного сечения. В силу своего назначения многослойные ткани, используемые в композиционных материалах можно условно поделить на многослойные тканые полотна постоянной ширины и тканые преформы (препреги).

Как правило, многослойные ткани вырабатываются с ортогональным расположением в тканом полотне нитей основы и утка. Ткань формируется за счет переплетения нитей разных слоев между собой, возможных вариантов взаимодействия нитей при этом большое множество. Специальной конструкции ткацкого станка для получения таких тканей не требуется.

А вот формирование тканых конструкций сложных форм [7] требует специального ткацкого оборудования, позволяющего производить изделие заданной формы, обеспечивающей устойчивость к деформационным нагрузкам в разных точках их приложения. Примером таких форм могут служить, например, трехмерные ткани неортогонального строения сложных структур [2].

В настоящее время развитие композиционных материалов на текстильной основе идет в направлении формирования на станке тканых форм сложной конструкции [3, 4, 5, 6] с изменением размеров тканого материала не только по ширине, но и по длине и высоте изделия. Кроме того, дальнейшее развитие композитов связано с появлением и новых видов волокон. Сейчас научное сообщество, ведущее исследования в области разработки инновационных волокон, бьется над проблемой получения искусственной паутины. Это будет новый скачок в развитии текстильных материалов и композитов на их основе.

Таким образом, взаимодействие химической и текстильной промышленности в сфере композиционных материалов позволяет создавать новые материалы для судостроения, автомобилестроения, приборостроения, радиоэлектроники, ракетостроения, авиации, производства спортивного инвентаря и других отраслей промышленности РФ, сочетающие в себе свойства текстильных полотен и химических технологий.

В свою очередь технологии получения инновационных композитов на текстильной основе требуют специалистов, профессионально разбирающихся как в области технологии производства текстильных полотен – как основы композитов, так и технологии получения связующего (матрицы), и непосредственно процесса формирования композита. В связи с чем, в рамках направления подготовки 18.03.01 Химическая технология на кафедре технологии и проектирования текстильных изделий был создан профиль [7], объединивший химическую и текстильную промышленности: Технологии и оборудование для производства химических волокон, нитей и композиционных материалов на текстильной основе, аккредитованный в конце 2017 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карева Т.Ю. Особенности строения и тенденции развития структур текстильных полотен как основы композиционных материалов // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX). - Иваново: Иванов.политехн. ун-т, 2016. № 1 (2). С. 25–30.
2. Кожевникова Л.В., Карева Т.Ю., Кожевников С.О. Трехосная ткань и особенности ее строения // Поколение будущего: взгляд молодых ученых: сборник научных статей 4-й международной молодежной научной конференции: в 3 томах. – М.: 2016. - С. 319–320.
3. Санталова П.С., Калинин Е.Н., Кузнецов В.Б., Толубеева Г.И., Карева Т.Ю. Разработка композитных тканых текстильных материалов // Молодые ученые – развитие текстильно-промышленного кластера (ПОИСК-2017): сборник материалов

- Межвузовской научно-технической конференции аспирантов и студентов с международным участием. Иваново: Иванов.политехн. ун-т, 2017. № 2. С. 342–344.
4. Грузина Е.О., Карева Т.Ю. Особенности развития отечественных структур трехосных тканей // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX). Иваново: Иванов.политехн. ун-т, 2017. № 1(1). С. 230–233.
 5. Грузина Е.О., Карева Т.Ю. Разработка структур трехосных тканей, усиленных по основе // Молодые ученые - развитию текстильно-промышленного кластера (ПОИСК-2017): сборник материалов Межвузовской научно-технической конференции аспирантов и студентов с международным участием. Иваново: Иванов.политехн. ун-т, 2017. № 1. С. 31–32.
 6. Грузина Е.О., Карева Т.Ю. Исследование структуры строения мультиаксиальной ткани по ее микросрезу // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX). – Иваново: Иванов. политехн. ун-т, 2018. № 1. С. 12–15.
 7. Барabanщикова И.С., Карева Т.Ю. О новом направлении подготовки на кафедре «Технология и проектирование текстильных изделий» // Молодые ученые – развитию Национальной технологической инициативы (ПОИСК-2018): сборник материалов Межвузовской научно-технической конференции аспирантов и студентов с международным участием. – Иваново: Иванов. политехн. ун-т, 2018. № 1. С. 32–33.

УДК 677.11.519.3

РАСЧЕТ ДЕФОРМАЦИОННЫХ СВОЙСТВ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ АРМИРОВАННЫХ ОСНОВОВЯЗАНЫМ ТРИКОТАЖЕМ

DEFORMATION PROPERTIES CALCULATION OF COMPOSITE MATERIALS REINFORCED BY WARPKNITTED FABRIC

Башков А.П., Башкова Г.В., Алешина Д.А.

Ивановский государственный политехнический университет
153000, Россия, г. Иваново, пр. Шереметевский, д. 21

Bashkov A.P., Bashkova G.V., Aleshina D.A.

Ivanovo State Polytechnic University
Sheremetievskiy Avenue, 7, Ivanovo, Russia 153000

E-mail: apb303@yandex.ru, milena55@yandex.ru

В статье рассматривается поведение композитного материала под действием внешней нагрузки. Предложена стержневая модель структурного элемента полимерного композита, армированного основовязаным трикотажным полотном. На базе этой модели разработана методика прогнозирования деформаций композита при воздействии внешних растягивающих нагрузок.

Ключевые слова: композитный материал, льносодержащий основовязаный трикотаж, кривая растяжения, деформационные свойства, полимолочная кислота, стержневая модель, структурный элемент.

The article discusses the behavior of composite material under the action of external loads. A core model of a structural element of a polymer composite reinforced with warp knitted fabric is proposed. Based on the model developed on the methodology of forecasting the deformations of the composite when exposed to external tensile loads.

Key words: composite material, containing the flax warpknitted fabric, curve stretching, deformation properties, polylactic acid, a rod model, a structural element.

При пропитке полимерной композицией трикотажной армирующей структуры после отверждения образуется материал, механические свойства которого не могут определяться простым сложением прочности матрицы и наполнителя, поскольку механизм деформации каждого компонента при нагружении будет различным.

На рис. 1 представлен структурный элемент основовязаного трикотажа, помещенный в полимерную матрицу, в виде элемента со сторонами d_x , d_y , d_z . На рис. 2 показана шарнирно-стержневая модель структурного элемента трикотажа. При приложении растягивающей нагрузки в любом направлении в координатной плоскости xOy растягивающие усилия пытаются не только растянуть нить, но и выдернуть ее из тела полимерной матрицы. Вместе с тем, структурный элемент трикотажа начинает деформироваться, и нити (стержни на модели) сжимают заключенный между ними элемент полимерной матрицы. За счет сжатия элемента матрицы происходит упрочнение самого элемента, увеличение сил сцепления между полимером и нитью, в дополнение к естественной адгезии, и упрочнение самой нити за счет лучшего сцепления между волокнами, как за счет адгезии, так и за счет увеличения сил трения в результате сжатия. Такой сложный механизм совместной деформации матрицы и текстильной структуры, особенно характерный для трикотажной армирующей основы, создает нелинейность и трудную предсказуемость внутренних напряжений элемента композита σ_x и σ_y .

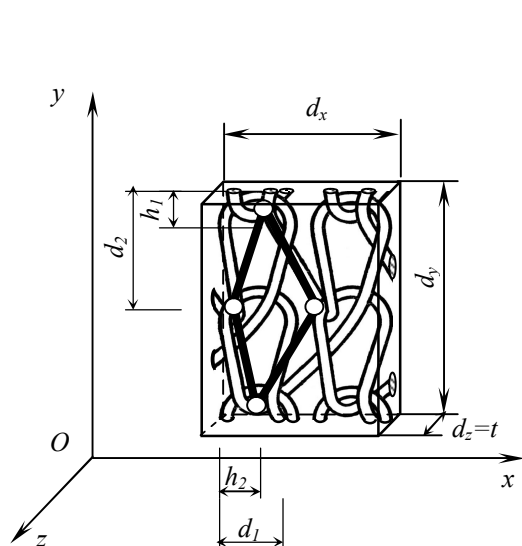


Рис. 1. Структурный элемент армирующего основовязаного трикотажа в полимерной матрице

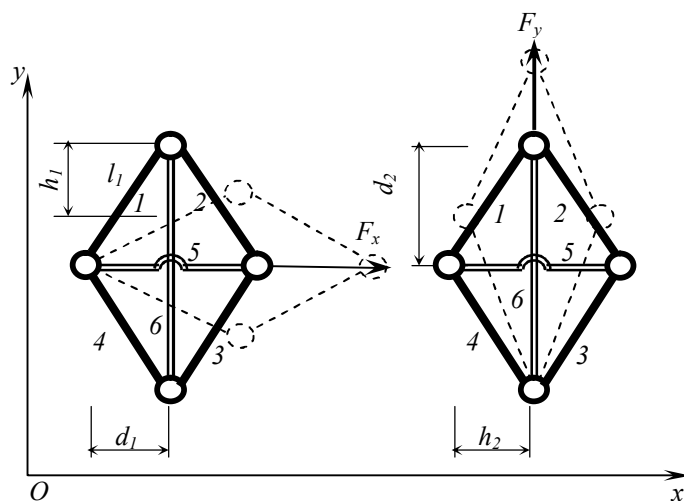


Рис. 2. Шарнирно-стержневая модель структурного элемента основовязаного трикотажа

При нагрузках меньше разрушающих можно пренебречь сдвиговыми деформациями, т.е. исключить послойный отрыв полимера от армирующих нитей. Тогда средние деформации элемента композита e_x и e_y в общем виде можно получить, используя первую теорему Кастильяно [1]:

$$F_{xi} = \frac{2\partial U}{\partial b_i}; F_{yi} = \frac{2\partial U}{\partial b_i}; F_{zi} = \frac{2\partial U}{\partial b_i}; \quad (1)$$

$$U = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N k_i b_i^2, \quad (2)$$

где U – энергия деформирования системы, b_i и k_i – соответственно осевая деформация и осевая жесткость i -го стержня (рис. 2); F_{xi} , F_{yi} , F_{zi} – проекции на координатные оси силы F_i , которая является результирующей сил трения (вязкости) в узлах и упругих сил в стержнях, возникших в результате деформаций от внешней силы P .

Совместный упрочняющий эффект от взаимодействия матрицы и наполнителя можно имитировать в модели дополнительными стержнями с деформацией b_5 и b_6 , создающими треугольники жесткости внутри структурного элемента. Кроме этого, за счет упрочняющего эффекта прочность стержней, имитирующих нити трикотажа, также необходимо принимать с большим значением модуля упругости, чем в нити.

При рассмотрении плоской задачи в осях xOy можно записать, что

$$F_x = d_x t \sum_{i=1}^8 \sigma_{xi}; F_y = d_y t \sum_{i=1}^8 \sigma_{yi}, \quad (3)$$

где $t=d_z$ – толщина полимерной матрицы; σ_{xi} и σ_{yi} – внутренние напряжения.

Применяя уравнения совместности деформации для стержневой системы (рис. 2), можно выразить осевые деформации стержней при нагрузке вдоль оси Ox и Oy соответственно

$$b_1 = b_2 = \frac{2}{l_1 + l_2} \left[\frac{d_1^2}{4} \left(\frac{2b_5}{d_1} + \frac{b_5^2}{d_1^2} \right) + (b_6^2 - 2h_1 b_6) \right]; \quad (4)$$

$$b_1 = b_4 = \frac{1}{l_1 + l_4} \left[\frac{d_2^2}{4} \left(\frac{2b_6}{d_2} + \frac{b_6^2}{d_2^2} \right) + (b_5^2 - 2h_2 b_5) \right], \quad (5)$$

где d_1 , d_2 и h_1 , h_2 – геометрические параметры трикотажной структуры, характеризующие размер петли и изгиб нити, l_1 , l_2, \dots, l_6 – длины стержней.

Учитывая связь внутренних напряжений с узловыми нагрузками (3), и принимая во внимание условия, связывающие деформации e_x и e_y с удлинениями композитного материала d_x , d_y ,

$$e_x = \frac{b_5}{d_1} = \frac{b_x}{d_x}; e_y = \frac{b_6}{d_2} = \frac{b_y}{d_y}, \quad (6)$$

а также на основе трех уравнений равновесия для дискретной системы (1), (2), запишем эквивалентную систему уравнений композита как сплошной среды, связывающих эффективные нормальные деформации с напряжениями в материале:

$$\sigma_x = \left[2k_x \left(\frac{2d_x}{l_1 + l_2} \right)^2 \left(\frac{1 + e_x}{d_x d_y t} \right) \right] \cdot \left[\left(\frac{d_x}{2} \right)^2 (2e_x + e_x^2) + (b_6^2 - h_2 b_6) \right] + \frac{k_5 d_x^2 e_x}{d_x d_y t}; \quad (7)$$

$$\sigma_y = \left[2k_x \left(\frac{d_y}{l_1 + l_4} \right)^2 \left(\frac{1 + e_y}{d_x d_y t} y \right) \right] \cdot \left[\left(\frac{d_y}{2} \right)^2 (2e_y + e_y^2) + (b_5^2 - h_1 b_5) \right] + \frac{k_6 d_y^2 e_y}{d_x d_y t}; \quad (8)$$

$$\begin{aligned} & \left(\frac{k_x}{(l_1 + l_2)^2} \right) (2b_5 - h_2) \left[\left(\frac{d_x}{2} \right)^2 (2e_x + e_x^2) - (b_5^2 + h_2 b_5) \right] + \\ & \left(\frac{2k_y}{(l_1 + l_4)^2} \right) (2b_6 - h_1) \left[\left(\frac{d_y}{2} \right)^2 (2e_y + e_y^2) + (b_6^2 + h_1 b_6) \right] = 0, \end{aligned} \quad (9)$$

где $d_x d_y t = V$ – объем элементарной ячейки композита, k_5 и k_6 – жесткость стержней, имитирующих полимерную матрицу, можно принять их $k_5 = \frac{ES}{l_5}$; $k_6 = \frac{ES}{l_6}$; E – модуль Юнга (упругости) для выбранного полимера, S – эквивалентная площадь сечения стержня, определяется по геометрическим характеристикам пространства внутри структурного элемента, для стержней, имитирующих нить, берется реальная площадь сечения нити и ее модуль Юнга. Следует учесть, что стержни 1 и 4 имитируют сразу две нити в петле.

При нагружении композита возникает две области деформаций: упругих – в начале цикла и пластических – в поздней фазе. Пластичность материала определяется: неупругим поведением полимера матрицы, пластичностью текстильного каркаса (проскальзывание нитей в точках контакта в петлях, проскальзывание волокон внутри нити), проскальзыванием и даже отслоением по границе контакта матрицы и нити. Зона упругих деформаций вполне может быть описана уравнениями (7) и (8).

Пластичность композита можно моделировать, задаваясь соответствующими свойствами материала стержней 1–6 (рис. 2).

С целью упрощения рассуждений можно не учитывать нелинейное поведение нитей. Тогда композитный материал характеризуется начальной жесткостью k_a , жесткостью за пределами текучести k_b и деформацией текучести l_p , которая служит показателем, характеризующим неупругое поведение. Если обозначить деформации текучести стержней 5 и 6 как e_{px} и e_{py} и учесть, что $e_x \geq e_{px}$, а $k_5 = k_{px}$, а $e_y \geq e_{py}$, а $k_6 = k_{py}$, то уравнения (7) и (8) можно модифицировать в следующем виде:

$$\sigma_x = \sigma_{fx} + \sigma_{cx}; \quad \sigma_y = \sigma_{fy} + \sigma_{cy}. \quad (10)$$

Здесь индексы “ f ” и “ c ” обозначают вклад в напряженное состояние соответственно текстильного каркаса и полимерной матрицы [2]. Если силы, действующие на каркас и матрицу, сосредоточены в пределах структурного элемента (при небольших размерах элемента это так и будет), то из уравнения (7) напряжение в матрице определяется как

$$\sigma_{cx} = \frac{k_5 d_x^2 e_x}{d_x d_y t}. \quad (11)$$

Если напряжение в матрице превышает начальный предел текучести, то

$$\sigma_{cx} = \frac{k_5 d_x^2 e_x}{d_x d_y t} + \frac{k_{p5} d_x^2 (e_x - e_{px})}{d_x d_y t}. \quad (12)$$

Тогда неупругие уравнения вдоль оси Ox и Oy будут выглядеть следующим образом

$$\sigma_x = \left[2k_x \left(\frac{2d_x}{l_1 + l_2} \right)^2 \left(\frac{1+e_x}{d_x d_y t} \right) \right] \cdot \left[\left(\frac{d_x}{2} \right)^2 (2e_x + e_x^2) + (b_6^2 - h_2 b_6) \right] + \frac{k_5 d_x^2 e_x}{d_x d_y t} + \frac{k_{p5} d_x^2 (e_x - e_{px})}{d_x d_y t} \quad (13)$$

$$\sigma_y = \left[2k_x \left(\frac{2d_y}{l_1 + l_4} \right)^2 \left(\frac{1+e_y}{d_x d_y t} \right) \right] \cdot \left[\left(\frac{d_y}{2} \right)^2 (2e_y + e_y^2) + (b_5^2 - h_1 b_5) \right] + \frac{k_6 d_y^2 e_y}{d_x d_y t} + \frac{k_{p6} d_y^2 (e_y - e_{py})}{d_x d_y t} \quad (14)$$

Поскольку механические свойства полимерной матрицы изотропны, а также одинаковы при сжатии и растяжении, то можно считать относительные деформации вдоль координатных осей равными, т.е. при малых размерах можно допустить, что $b_5 = b_6 = b_c$. Тогда этот показатель, являющийся функцией от e_x и e_y , определяется как корень уравнения (9) и находится в пределах

$$-\frac{h_1}{2} \leq b_c \leq \frac{h_2}{2} \quad (15)$$

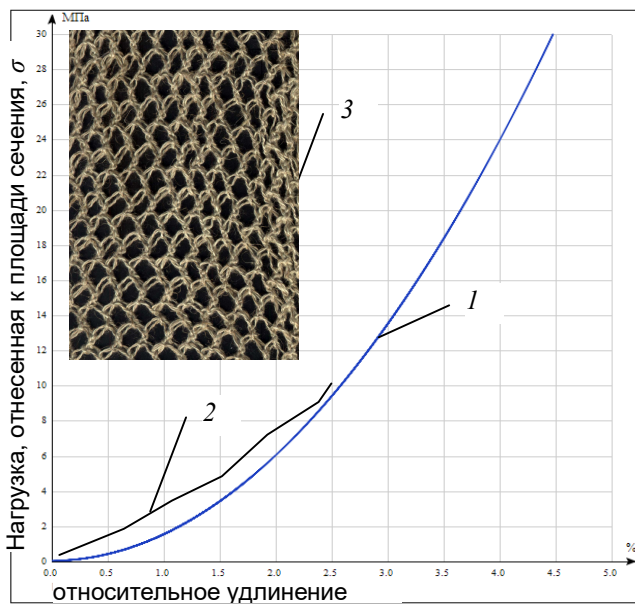


Рис. 3. Кривая удлинения композитного материала:
1 – полученная расчетным путем, 2 – экспериментальная [3],
3 – структура трикотажа, используемая для расчета.

Для расчетов по данной модели необходимо задаться геометрическими параметрами d_1 , d_2 , d_x , d_y , t , h_1 , h_2 , l_1 , l_2 , ..., l_6 , S_i , которые определяются обычным замером по сканированному изображению образца материала. Значения модуля упругости E и удлинений, как в упругой, так и в пластической зоне становятся известны после испытаний образцов трикотажа на растяжение [3], модуль упругости и удлинения полимерного материала также определяются по справочной литературе [4]. Для полимолочной кислоты $E = 3,5$ ГПа, предел текучести 53 МПа, разрушающая нагрузка 60 МПа при относительном удлинении 6,0%. После подстановки этих значений в урав-

нения (13) и (14) с помощью программы *Origin 6.1* были получены прогнозируемые кривые удлинения композитного материала на основе льносодержащего трикотажного полотна и полимолочной кислоты. На рис. 3 представлена кривая 1 удлинения вдоль оси *Ox*. Можно отметить, что в упругой зоне она соответствует экспериментальной кривой 2, полученной в работе [5] для композита на основе кулирного трикотажа из хлопковой пряжи.

Разработанная с использованием стержневой модели композитного материала армированного основовязаным трикотажем методика прогнозирования механических свойств позволяет достаточно объективно определять деформации материала в зависимости от приложенных нагрузок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Биргер И.А., Мавлютов Р.Р. Соппротивление материалов: Учебное пособие. – М.: Наука, 1986. – 560 с.
 2. Трещалин, Ю.М. Анализ внутренних напряжений в волокнах, возникающих в процессе полимеризации связующего при изготовлении композиционных материалов на основе нетканых полотен. Изв. вузов. Технол. текст. пром-сти. – 2012, № 4. – С. 37–40.
 3. Башкова, Г.В. Анизотропия структуры и свойств ниточных наполнителей композитов/ Г.В. Башкова, Г.И. Чистобородов, А.П. Башков, Д.А. Алешина, И.Ю. Натертышев. Изв. вузов. Технол. текст. пром-сти. – 2010, № 7 – С. 80–84.
 4. Энциклопедия полимеров. Т. 3. Под общ. ред. В. А. Кабанова. – М.: Советская Энциклопедия, 1977. – 1152 с.
- Kononova, O. Mechanical properties of composites reinforced by cotton knitted fabric/ O. Kononova, A. Krasnikovs, K. Dzelzitis, G. Kharkova, A. Vagel, M. Eiduks, 7th International DAAM Baltic Conference "INDUSTRIAL ENGINEERING", 22–24 April 2010, Tallinn, Estonia, PP. 47–53.

УДК 677.027.23

КАРБОНИЗАЦИЯ ШЕРСТЯНОГО ВОЛОКНА ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ УЛЬТРАЗВУКА

WOOL CARBONIZING WITH ULTRASONIC STIMULATION

Бобылев Н.С., Смирнова С.В., Дмитриева М.В.

Ивановский государственный химико-технологический университет,
153000, Россия, г. Иваново, пр. Шереметевский, 7

Bobylev N.S., Smirnova S.V., Dmitrieva M.V.

Ivanovo State University of Chemistry and Technology,
7, Sheremetievskiy Pr., Ivanovo, Russia

E-mail: smirnovasv1961@mail.ru

В работе предложен эффективный способ карбонизационной очистки шерстяного волокна от растительных засоренностей, основанный на использовании низко-

частотных ультразвуковых волн. Установлено положительное влияние ультразвуковой обработки на прочностные и колористические характеристики шерсти.

Ключевые слова: шерсть; ультразвуковая обработка; металлсодержащие красители (комплекса 1:2).

Effective process for eliminating vegetable impurities from wool fiber uses application of ultrasonic waves. This ultrasonic treatment shows positive effect on mechanical strength of the fiber and on its dyeing behavior.

Key words: wool; ultrasonic treatment; metalcomplex (1:2) dyes.

Шерстяное волокно благодаря своим уникальным свойствам было и остается одним из самых привлекательных и востребованных видов сырья для изготовления изделий различного назначения. Существующие в настоящее время технологии отделки шерстяного волокна неизбежно связаны с повреждением кератина в результате кислотного гидролиза, окислительной деструкции и других побочных реакций. Задача максимального сохранения комплекса уникальных потребительских свойств дорогостоящего сырья должна быть решена в первую очередь при разработке способов интенсификации отделочных процессов.

Необходимо отметить, что отечественная шерсть, значительную часть которой составляет грубая, имеет низкое качество и характеризуется высокой засоренностью – остатками травы, семян и т.д. Присутствие в шерсти целлюлозных примесей создает ряд трудностей. Наиболее полное удаление растительных засоренностей возможно только при специальной химической обработке – карбонизации.

Технологический процесс карбонизации шерстяных материалов давно и стабильно привлекает внимание технологов и исследователей. До сих пор он остается наиболее эффективным и экономически целесообразным способом очистки шерстяного волокна от растительных засоренностей. Отрицательными последствиями карбонизации являются снижение механической прочности и износостойчивости волокна, уменьшение интенсивности или ухудшение равномерности окраски шерстяных изделий. Это связано с химическим повреждением кератина при обработке растворами кислот в условиях высокой температуры. В общем случае карбонизация должна обеспечить максимально возможное выделение серной кислоты растительными засоренностями при минимально возможном поглощении кислоты кератином шерсти.

Целью работы явилась разработка способа карбонизации шерстьсодержащих текстильных материалов, обеспечивающего практически полное удаление растительных засоренностей и сохранение прочностных свойств шерсти. В последние годы значительно возрос интерес исследователей к использованию для интенсификации химико-текстильных процессов физических методов активации [1]. В работе высокая эффективность отделки шерстяного волокна достигается путем использования на стадии карбонизации низкочастотных ультразвуковых волн.

В работе исследовано влияние условий ультразвуковой обработки на степень очистки шерсти от растительных засоренностей, на прочностные характеристики карбонизованного волокна и на результаты последующего крашения шерсти металлсодержащими красителями. Условия проведения процесса карбонизации и качественные характеристики обработанного и окрашенного волокна приведены в таблицах 1 и 2.

Установлено, что использование ультразвука в карбонизации позволяет значительно снизить содержание серной кислоты в рабочей ванне (при достижении практически полной очистки от растительных засоренностей) и сократить степень повреждения шерсти, что позволяет снизить обрывность шерсти в прядении и ткачестве. Кроме того, показано, что ультразвуковая обработка волокна перед крашением позволяет улучшить колористические характеристики (повысить интенсивность, равномерность

и устойчивость к трению окрасок) при крашении металлсодержащими красителями (комплекса 1:2).

Таблица 1. Условия проведения процесса карбонизации.

№ варианта	Состав карбонизационного раствора	Концентрация, % от м. в.	Условия обработки волокна				
			Время обработки, мин.	Мощность УЗ, кВт	Частота УЗ, кГц	Время термообр., мин	Время сушки
1	Серная кислота ТВВ	2,0 1,0	10	2,0	22	0	20
2	Серная кислота ТВВ	2,0 1,0	15	2,0	20	0	15
3	Серная кислота ТВВ	1,5 1,5	15	2,5	22	0	20
4	Серная кислота ТВВ	2,5 1,0	10	1,5	20	0	15
5	Серная кислота ТВВ	3,0 1,0	15	1,0	20	0	15
6	Серная кислота ТВВ	4,0 1,0	30	–	–	10	40
7	Серная кислота ТВВ	6,0 1,0	30	–	–	15	30

Таблица 2. Технологические характеристики карбонизованного волокна

№ варианта	Разрывная нагрузка, сН/текс	Степень повреждения волокна, % от исх.	Степень очистки, %	Интенсивность окраски, ед.	Цветовое различие, Δ E, ед	Устойчивость окраски к сухому трению
1	8,60	–	99	26,86	1,5	5
2	8,45	1,9	99	24,01	1,9	5
3	8,35	3,0	98	29,13	1,8	4
4	8,30	3,6	99	29,13	1,9	4–5
5	8,07	6,3	99	31,3	2,0	4–5
6	7,36	14,5	87	21,78	4,2	4
7	7,09	17,6	91	23,12	5,5	4
Исходное волокно	8,61					

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент 2485224 РФ, МПК D01C 3/00, Способ карбонизации шерстяного волокна / Смирнова С.В. и др.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «ИГХТУ». – № 2011150047/12; заявл. 18.12.2011; опубл. 20.06.2013, Бюл. № 17.

**РАЗРАБОТКА КЛЕЕВОГО ПЛЕНОЧНОГО МАТЕРИАЛА
ДЛЯ ЗАЩИТНЫХ ШВЕЙНЫХ ИЗДЕЛИЙ**

**DEVELOPMENT OF GLUE FILM MATERIAL
FOR PROTECTIVE GARMENTS**

Бондаренко Л.И., Метелева О.В.

Ивановский государственный политехнический университет
153000, Россия, г. Иваново, пр. Шереметевский, д. 21

Bondarenko L.I., Meteleva O.V.

Ivanovo state polytechnical university
21, Sheremetievskiy Avenue, 153000, Ivanovo, Russia

E-mail: bondarenko.ivanovo@yandex.ru, olmet07@yandex.ru

Использование новых полимерных композиций способствует созданию новых материалов для изготовления бытовой и специальной защитной одежды. Предложены пленочные клеевые материалы, обладающие остаточной липкостью и способные образовывать прочные и надежные клеевые соединения. Исследованы физико-механические и адгезионные свойства полученных образцов пленочного материала.

Ключевые слова: акрилатные латексы; композиционный пленочный материал; полимерная композиция; защитные изделия.

Use of new polymeric compositions promotes creation of new materials for production of household and special protective clothes. The film glue materials having residual stickiness and capable to form strong and reliable glue connections are offered. Physicomechanical and adhesive properties of the received samples of film material are investigated.

Keywords: akrilat latex; composite film material; polymeric composition; protective products.

В настоящее время спецодежда является стабильным и высоко востребованным ассортиментом, имеющим значительную долю в продукции, выпускаемой швейной промышленностью. Общие цели применения спецодежды: сохранение здоровья человека в процессе труда, повышение эффективности труда. Спецодежда должна не только создавать благоприятные для организма человека соотношения с окружающей средой и обеспечивать оптимальные условия для трудовой деятельности, но и обладать высокой степенью защитной эффективности и удобством в эксплуатации.

Использование новых полимерных композиций и совершенствование структуры покрытий обеспечило создание новых материалов для изготовления бытовой и специальной одежды, обладающих не только высокими защитными, но и улучшенными эксплуатационными и гигиеническими свойствами. Активное развитие ассортимента материалов для швейных изделий и повышение их качественных показателей должны быть учтены при разработке современных способов производства швейных изделий. Для изготовления спецодежды из материалов с пленочным покрытием в настоящее время швейные предприятия используют дорогостоящие импортные технологии и оборудование. Наибольшее распространение на предприятиях нашел способ приклеивания клеевой ленты на поверхность ниточного шва. Термопластичные ленты с клеевым слоем расплавляют с помощью струи нагретого газа или воздуха, накладывают на шов и прессуют, пропуская между роликам [1, 2].

Для изготовления специальных изделий защитного назначения из разнообразных по свойствам материалов, включая пленочные материалы и материалы с полимерными покрытиями, не разработано к настоящему времени специальных клеевых пленочных материалов, обладающих остаточной липкостью и способных образовывать прочные и надежные клеевые соединения [3, 4].

Цель работы – разработка новых подходов к получению бесосновного самоклеящегося пленочного материала, функциональное назначение каждого слоя которого определяется его химическим составом, к исследованию взаимосвязи химического состава и дисперсионного состояния композиций для клеевого и неклеевого слоев материала с физико-химическими свойствами и структурными характеристиками как основы для создания технологий производства бесосновного самоклеящегося пленочного материала, обладающего комплексом улучшенных функциональных характеристик, таких как адгезионная и разрывная прочность, низкая жесткость и высокая эластичность, стойкость к агрессивным средам и циклическим деформациям.

Исходя из требований, предъявляемых к разрабатываемому пленочному материалу для изготовления швейных изделий специального назначения, в качестве перспективных пленкообразующих при создании полимерных композиций для клеевого и неклеевого слоев были определены водные дисперсии полимеров [5]. На основе проведенных аналитических исследований установлена перспективность разработки бесосновных самоклеящихся пленочных материалов и определено направление исследований: исследование и подбор ингредиентов для получения исходной полимерной композиции; оценка влияния химического состава клеевой и неклеевой армирующей композиций на показатели условной вязкости и поверхностного натяжения; оценка дисперсионного состояния композиций для клеевого и неклеевого слоев бесосновного самоклеящегося пленочного материала.

В качестве основных пленкообразующих при создании самоклеющегося пленочного материала для изготовления швейных изделий были выбраны акрилатные латексы различных марок опытно-промышленного производства ФГУП «НИФХИ им. Л.Я. Карпова». Эти латексы синтезированы методом РЭП и не имеют аналогов в мировой практике по комплексу физико-химических и механических свойств. Этот метод синтеза позволяет получить полимеры, сочетающие традиционные свойства акрилатов (водостойкость, прозрачность, бесцветность, нетоксичность, эластичность, атмосферо-, водо-, маслостойкость, устойчивость к ультрафиолетовому излучению) со специфическими (высокая адгезия к различным субстратам).

Экспериментально установлено, что наилучшими технологическими свойствами обладают пленки из латексов, представляющих собой водную дисперсию сополимера бутилакрилата, акрилонитрила и метакриловой кислоты, а также смеси указанных латексов, взятых в пропорции 3:1 (в пересчете на сухое вещество). Оптимальное сочетание высокой прочности и эластичности позволило рекомендовать данные составы для использования в качестве неклеевого армирующего слоя [6].

В качестве загустителя акрилатного латекса использовали водную дисперсию сополимера бутилакрилата, акрилонитрила и метакриловой кислоты с соотношением звеньев по массе соответственно 67:22:11. Зависимости изменения вязкости от количественного содержания загустителя и времени вызревания латексных смесей представлены на рисунке 1.

С учётом полученных результатов по влиянию загустителя на реологические свойства латексных композиций и физико-механические показатели плёночных покрытий, в качестве базового варианта для получения самоклеящегося плёночного материала был выбран состав, рецептура которого приведена в таблице 1.

Содержание и условия реализации технологических операций в процессе получения модельных образцов многослойного пленочного герметизирующего материала

идентичны содержанию и условиям реализации технологических операций получения модельных образцов однослойных пленок. Каждый слой многослойного самоклеящегося пленочного материала формируется последовательно после высыхания предыдущего слоя. Количество слоев определяется видом и особенностями эксплуатации герметизирующего материала.

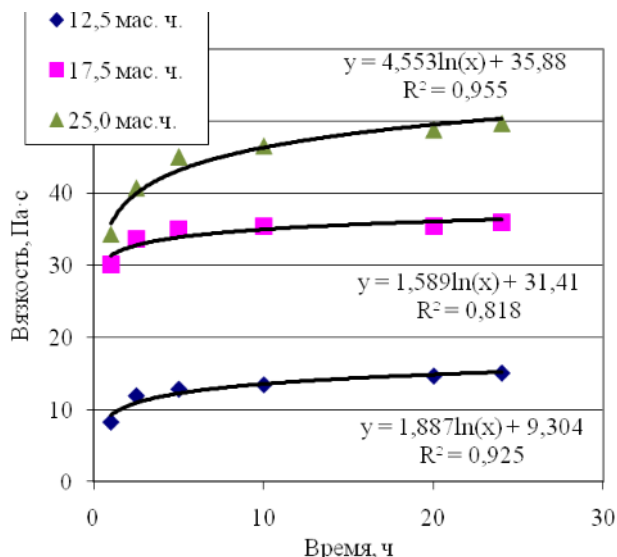


Рис. 1. Зависимость изменения вязкости от количественного содержания загустителя и времени вызревания латексных смесей

Таблица 1. Рецепттура полимерной композиции на основе акрилатного латекса

Наименование ингредиентов	Количество в мас. ч. на 100 мас. ч. полимера латекса
1. Водная дисперсия акрилового сополимера	100,0
2. Акриловый загуститель	10,0 ÷ 20,0
3. Аммиак 12,5 %-ный	0,5 ÷ 1,0
4. Пластификатор	5,0 ÷ 10,0

Однородность химического состава слоев материала способствует нивелированию границ раздела между слоями [7]. Это обеспечивается за счёт взаимодиффузии макромолекул полимеров смежных слоёв при получении многослойного клеевого материала и действием межмолекулярных сил, способствуя повышению его когезионной прочности. Полученная модель многослойного самоклеящегося пленочного материала является настолько прочной в поперечном направлении (по толщине), что не способна к расслоению.

Значения физико-механических показателей модельных образцов многослойных пленок, определенные по стандартным методикам, применяемым для оценки свойств пленочных материалов и искусственных кож, представлены в таблице 2. В результате установлено их высокое соответствие требованиям, обусловленным особенностями производства швейных изделий из защитных материалов.

По внешнему виду модель безосновного самоклеящегося пленочного материала в виде многослойной пленки на основе однослойных пленок различного компонентного состава с односторонним или двусторонним клеевым (липким) слоем, а также однослойные пленки из латекса сополимера бутилакрилата, акрилонитрила и метакриловой кислоты с разным сочетанием мономеров идентичны и представляют собой прозрачные бесцветные пленки.

Таблица 2. Физико-механические показатели модельных образцов многослойных пленок

Наименование показателя	Значение показателя	Методика испытаний
Поверхностная плотность (масса 1 м ²), г, не более	230	ГОСТ 17073-71 Кожа искусственная. Метод определения толщины и массы 1 м ²
Толщина, мм	0,25	ГОСТ 9998-86 Пленки поливинилхлоридные пластифицированные бытового назначения. Общие технические условия
Прочность при растяжении, МПа	8–10	ГОСТ 14236-81 Пленки полимерные. Метод испытания на растяжение
Относительное удлинение при разрыве, %	350	ГОСТ 12580-78 Пленки латексные. Метод определения упругопрочностных свойств при растяжении
Липкость, с	15,0–20,0	ГОСТ 20477-86 Лента полиэтиленовая с липким слоем. Технические условия
Прочность связи с полиуретановым покрытием при отслаивании, Н/см, не менее	4	ГОСТ 17317-88 Кожа искусственная. Метод определения прочности между слоями
Жесткость, сН	0,7–1,0	ГОСТ 8977-74 Кожа искусственная и пленочные материалы. Методы определения гибкости, жесткости и упругости
Условная прочность при растяжении, МПа	35,7	ГОСТ 12580-78. Пленки латексные. Метод определения упруго-прочностных свойств при растяжении
Относительное остаточное удлинение, %	12	ГОСТ 12580-78. Пленки латексные. Метод определения упруго-прочностных свойств при растяжении
Условное напряжение при заданном удлинении (300 %), МПа	30,0	ГОСТ 12580-78. Пленки латексные. Метод определения упруго-прочностных свойств при растяжении

Герметизирующий материал для швейных изделий должен выдерживать все деформации, возникающие при эксплуатации, не теряя своих защитных свойств. Для исключения отслаивания герметизирующего материала от поверхности шва при растяжении, необходимо, чтобы его относительное удлинение было больше относительных удлинений швов в продольном и поперечном направлениях, а также больше относительного удлинения водонепроницаемого материала, из которого изготовлено изделие. Относительные удлинения швов различных конструкций из водонепроницаемых материалов с полимерными покрытиями достигают в продольном направлении 30 %, в поперечном 25 %, а относительные удлинения самих материалов – до 40 % в любом направлении. Значительное превышение (в 10–20 раз) относительного удлинения модельных образцов многослойных пленочных материалов над относительными удлинениями водонепроницаемых материалов с пленочными покрытиями и швов в изделиях из этих материалов позволяет сделать вывод о возможности сохранения адгезионного контакта между герметизирующим и основным материалом при растяжении швов и, значит, возможности их использования для герметизации швов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Демидов С. PFAFF Industrie Maschinen AG. Сварка как шаг в будущее // Швейная промышленность. – 2006. – № 1. – С. 11.

2. SportТех. Текстильная компания. Оборудование и ткани. – <http://sporttex.ru>; СТ-Пром. Продажа промышленного швейного оборудования и запчастей. – <http://shtprom.ru/>
3. Метелева, О.В. Создание перспективных клеевых материалов для защитных швейных изделий / О.В. Метелева, Е.П. Покровская, Л.И. Бондаренко, А.Н. Белякова // Электронный журнал «Сервис в России и за рубежом». – 2013. – Вып. 1(39). – Режим доступа: http://old.rguts.ru/electronic_journal/number39/contents.
4. Пат. 2506296 РФ, Многослойный клеевой материал, МПК G09J 7/02; B32B 27/00; B32B 27/28; заявитель и патентообладатель Ивановский гос. политех. университет / Е.П. Покровская, О.В. Метелева, Л.И. Бондаренко, Т.С. Савченко, Н.Н. Зайцева – № 2012107518/05; заявл. 28.02.2012; опубл. 10.02.2014. – Бюл. № 4. – Режим доступа: http://old.rguts.ru/electronic_journal/number39/contents. – Режим доступа: <http://www.freepatent.ru/patents/2506296>.
5. Елисеева, В.И. Полимерные дисперсии / В.И. Елисеева. – М: Химия, 1980. – 296 с.
6. Еркова, Л.Н. Латексы / Л.Н. Еркова, О.С. Чечик. – М.: Химия, 1983. – 224 с.
7. Трофимович, Д.П. Технология переработки латексов / Д.П. Трофимович, В.А. Берестнев. – М: ООО Издательство Научтехлитиздат, 2003. – 372 с.

УДК 677.027

ПРИМЕНЕНИЕ ПАВ ПРИ КРАШЕНИИ ЛЬНЯНЫХ ТКАНЕЙ АКТИВНЫМИ КРАСИТЕЛЯМИ

APPLICATION OF SURFACTANTS IN THE DYEING OF LINEN FABRIC WITH REACTIVE DYES

Быков Ф.А., Джумаева А.Э., Корчаго Т.В., Дмитриева М.В.

Ивановский государственный химико-технологический университет,
153000, Россия, г. Иваново, пр. Шереметевский, д. 7

Dzhumaeva A.E., Korchago T.V., Bykov F.A., Dmitrieva M.V.

Ivanovo State University of Chemistry and Technology,
7, Sheremetievskiy Avenue, Ivanovo, Russia

E-mail: baiii1@mail.ru

Работа посвящена исследованию эффективности введения поверхностно-активных веществ в красильную ванну при периодическом крашении активными красителями льняных текстильных материалов. Оценено влияние ПАВ различной химической природы на качество получаемых окрасок с точки зрения интенсивности, ровноты и устойчивости к различным обработкам.

Ключевые слова: активные красители, ПАВ, текстильные материалы, лен.

The work is devoted to the study of the surfactants effectiveness into the active dyes dyebath from linen textile materials in a periodic manner. The effect of surfactants of various chemical nature on the quality of the obtained colors in terms of intensity, uniformity and resistance to various treatments was evaluated.

Key words: active dyes, surfactants, textile materials, linen.

Крашение текстильных материалов периодическим способом позволяет получать качественные изделия с высокими колористическими характеристиками. Однако при этом могут возникать проблемы. Например, из экономических соображений крашению могут подвергаться материалы не прошедшие полный цикл подготовки, а на полотнах с недостаточными гидрофильными свойствами (низкой капиллярностью и смачиваемостью) сложно получить равномерные и интенсивные окраски.

Качество крашения можно повысить при введении в красильную ванну поверхностно-активных веществ (ПАВ), улучшающих смачиваемость текстильного материала на стадии пропитки и повышающие равномерность нанесения и прочность фиксации красителя во время крашения.

Работа посвящена исследованию эффективности использования поверхностно-активных веществ (ПАВ) как нового, так и известного ассортимента в красильную ванну для периодического крашения активными красителями отбеленных льняных текстильных материалов с поверхностной плотностью 130–150 г/м², имеющих капиллярность 60–65 мм/ч, и смачиваемость более 6 с.

В качестве объектов исследования были выбраны активные винилсульфоновые красители импортного производства Triactive Brilliant Blue R Special (колор-индекс Reactive Blue 19) и Triactive Red RB (колор-индекс Reactive Red 198). В красильную ванну также вводили ПАВ, отличающиеся химической природой (анионоактивные, катионоактивные, неионогенные и комплексные препараты, включающие в себя смесь различных поверхностно-активных веществ) и назначением (эмульгаторы, выравниватели, смачиватели).

В состав красильного раствора кроме красителя (0,5 вес.%) и ПАВ (1 вес. %) входил карбонат натрия (1 вес.%), в процессе крашения в красильную ванну также вводили хлорид натрия (5 вес.%). Крашение начинали при температуре 40 °С, постепенно доводя ее до (75–80 °С). По окончании крашения образец промывался холодной проточной водой, затем тёплой (60 °С) водой и холодной водой. Критериями эффективности использования поверхностно-активных веществ служили: интенсивность окраски (K/S) и ровнота. Кроме того, определяли устойчивость полученных образцов к трению и стирке при 40 °С. Полученные в ходе эксперимента данные представлены в таблице 1, а также с помощью программного пакета предложена их корреляция (рисунок).

Таблица 1. Показатели эффективности крашения активным красителем Triactive Red RB с различными ПАВ

Класс ПАВ	Наименование ПАВ	Интенсивность окраски, K/S		Коэффициент вариации
		арт. 00С6	арт. 2С64	
	Без ПАВ	7,8	8,64	8,23
Анионоактивные	Диспергатор НФ	9,23	9,78	4,18
	Диспергатор №3	9,23	9,66	5,22
	Диспергатор СС-2	8,29	10,26	5,40
	Диспергатор НС-94	8,29	8,29	3,58
Неионогенные	Неонол АФ 9/6	9,02	9,44	6,95
	Неонол АФ 9/10	8,83	10,65	11,17
	Феноксол БВ	8,12	7,96	9,33
	Моноэтаноламид	8,93	11,52	9,71
Комплексные	Коллазол	7,65	8,12	2,57
	Смачиватель ХТ	7,65	8,29	2,30
	Смачиватель ЭМ-3П	8,64	7,73	2,52

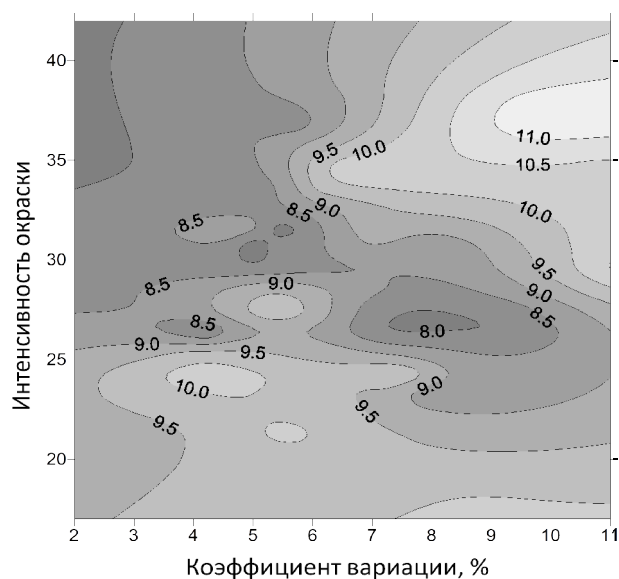


Рис. Влияние ПАВ на качество крашения активным красителем Triactive Brilliant Blue R Special

Из приведённой на рисунке корреляции интенсивности окраски с коэффициентом вариации равномерности получаемых окрасок, видно, что оптимальная область проведения процесса периодического крашения находится в левом верхнем углу, она имеет небольшие размеры и ей соответствует крайне малое число препаратов, в число которых входят Коллазол, смачиватели ХТ и ЭМ-3П. При введении этих препаратов в красильный раствор на материале получены интенсивные окраски с коэффициентом вариации равномерности не превышающем 3 %. Все эти ПАВ являются композиционными и содержат в своем составе как анионактивные так и неионогенные вещества в сочетании с эффективными добавками (см. таблицу 1).

Таблица 2. Прочностные характеристики окрасок, полученных при крашении ткани арт. 00С6 красителем Triactive Red RB.

Класс ПАВ	Наименование ПАВ	Устойчивость к трению		Устойчивость к стирке при 40°C
		сухому	мокрому	
	Без ПАВ	5	4	5/4/4
Анионактивные	Диспергатор НФ	5	4	5/4/4
	Диспергатор №3	5	4	5/4/5
	Диспергатор СС-2	5	4	5/4/4
	Диспергатор НС-94	5	5	5/4/4
Неионогенные	Неонол АФ 9/6	5	5	5/4/5
	Неонол АФ 9/10	5	5	5/5/5
	Феноксол БВ	5	5	5/5/5
	Моноэтаноламид	5	5	5/5/5
Комплексные	Коллазол	5	5	5/5/5
	Смачиватель ХТ	5	5	5/5/5
	Смачиватель ЭМ-3П	5	5	5/5/5

В таблице 2 в качестве примера представлены результаты испытания к трению и стирке при 40 °С ткани арт. 00С6, окрашенной Triactive Red RB. Анализируя полученные данные отметили, что крашение в присутствии неионогенных ПАВ несколько снижает устойчивость окрасок к мокрым обработкам. Та же тенденция наблюдается и при использовании Triactive Brilliant Blue R Special.

Колориметрические исследования при этом показали, что общее цветовое различие полученных в присутствии ПАВ окрасок от эталона не превышает 3 ед., то есть оно фиксируется инструментально, но не отмечается визуально.

Таким образом в ходе работы установили, что при периодическом крашении активными красителями льняных текстильных материалов для получения окрасок с высокой равномерностью и интенсивностью необходимо использовать комплексные препараты, имеющих в своём составе как неионогенные, так и анионоактивные составляющие.

В дальнейшем планируется разработка композиций поверхностно активных веществ на основе отечественных препаратов, которые позволят заменить дорогостоящие импортные ТВВ без ухудшения качественных характеристик окрашенных текстильных материалов.

УДК 677.027

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕРАСТВОРИМЫХ АЛЮМОСИЛИКАТОВ В ПРОЦЕССАХ ОБЛАГОРАЖИВАНИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

USING OF INSOLUBLE ALYUMOSILICATES IN THE PROCESS OF TEXTILE MATERIALS FINISHING

Владимирцева Е.Л.¹, Шарнина Л.В.²

¹Ивановский государственный химико-технологический университет,
153000, Россия, г. Иваново, пр. Шереметевский, 7

²Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России (Иваново)
153000, Россия, г. Иваново, пр. Строителей, 33

E-mail: elvladimirtseva@mail.ru

Vladimirtseva E.L.¹, Sharnina L.V.²

¹Ivanovo State University of Chemistry and Technology,
7, Sheremetievskiy Pr., Ivanovo, Russia

²Ivanovo Fire and Rescue Academy
of The State Fire Service of EMERCOM of Russia,
33, Pr. Stroiteley, Ivanovo, Russia

E-mail: elvladimirtseva@mail.ru

В работе оцениваются перспективы использования нерастворимых алюмосиликатов по всему технологическому циклу текстильно-отделочного производства, включая подготовку, колорирование и заключительную отделку. Выбор алюмосиликатов

для конкретного процесса будет определяться как характеристиками минерала, так и поставленной технологической задачей.

Ключевые слова: нерастворимые алюмосиликаты, текстильные материалы, беление, колорирование, отделка.

The prospects of using insoluble aluminum silicates throughout the entire technological cycle of textile and finishing production are assessed, including preparation and coloring and finishing. Selection aluminosilicates for a particular process will be determined as the characteristics of the mineral, and specifically assigned task.

Keywords: insoluble aluminum silicates, textile materials, bleaching, coloring, finishing.

Природные силикаты и кремнезем широко используются в различных отраслях промышленности, однако сведения о применении их для отделки текстильных материалов ограничены. Вместе с тем природная измельченность глинистых пород, самопроизвольная диспергируемость в воде, высокая сорбционная и обменная способности могут быть востребованы в технологиях облагораживания текстильных материалов. Учитывая уникальность свойств нерастворимых силикатов и алюмосиликатов, в работе была предпринята попытка использования их в различных технологических процессах на стадиях подготовки, колорирования и отделки текстиля.

В качестве объектов исследования выбраны природные глины, отличающиеся месторождением и наличием примесей (Лежневская, Малоступкинская, Веселовская, Часов-Ярская, Никифоровская и пр.); минералы, прошедшие промышленную обработку (Каолин, Бентонит, Цеолит, Диатонит, Тальк) [1], а также фторированный алюмосиликат (ФТАС), являющийся побочным продуктом в синтезе фторида алюминия [2]. Ниже представлены результаты применения алюмосиликатов на различных стадиях отделки текстильных материалов.

В подготовке текстильных материалов важным является процесс беления с использованием пероксида водорода. Известно, что неустойчивость перекисных растворов требует присутствия стабилизаторов в белящей ванне [3]. При изучении стабилизирующего действия нерастворимых силикатов отметили, что природные минералы могут действовать на пероксид водорода различным образом: содержащие большое количество примесей поливалентных металлов катализируют разложение пероксида водорода; алюмосиликаты, сорбирующие из белящей ванны металлы переменной валентности, напротив, стабилизируют перекисные растворы, обеспечивая их обмен на ионы Ca^{2+} и Mg^{2+} , входящих в состав этих минералов [4]. А, так как кальций и магний обладают свойствами стабилизаторов, то увеличение их концентрации способствует высокой стабильности отбеливателя и эффективности беления текстильных материалов [4, 5]. Беление текстильных материалов с применением алюмосиликатов приводит к повышению белизны ткани, снижению деструкции, не вызывает увеличения жесткости и усадки материала.

Кроме того, при отбеливании шерстяных материалов в присутствии порошков минералов, было отмечено значительное снижение потерь массы волокна. Известно, что отбеливание шерсти обычно сопровождается сбелкой, поскольку происходит окисление окрашенных и других спутников и их последующее удаление [3, 6]. Пероксидное беление шерсти в отсутствие стабилизатора облегчает волокно примерно на 4 %. Однако присутствие нерастворимых алюмосиликатов приводит к увеличению массы отбеленной шерсти до 17 %.

В ходе исследований установили, что такой привес не случаен, и причиной его является специфика строения шерстяного волокна и возможность закрепления в чешуйчатом слое на его поверхности мельчайших частиц минералов [6, 7]. Это позволило разработать способ модификации шерсти с целью придания ей улучшенных потреби-

тельских и технологических свойств [8]. Наличие в шерстяном волокне микрочастиц алюмосиликатов заметно снижает ее усадку, позволяет регулировать валкособность, повысить стойкость волокна к гниению и действию УФ-излучения (Таблица).

Таблица. Изменение характеристик шерсти при обработке алюмосиликатами

Алюмосиликаты		Светлота, %	Мягкость*	Облучение УФ (250 нм)		Степень повреждения кератина по «почвенному» тесту
				Изменение массы (отн. %) после обработки 0,1 н р-ром NaOH	Пожелте- ние волокна, %	
Исходное волокно		60,0	–	69,0	11,5	82,7
Глины	Веселовская	68,9	+	38,2	8,7	14,7
	Лежневская	60,1	+	33,4	9,3	34,3
	Пелгусовская	56,2	0	34,3	6,2	30,0
	Никифоровская	57,7	+	37,5	7,1	34,4
	Малоступкинская	54,3	+	37,3	1,8	80,0
Бентонит		59,3	+	44,4	2,8	10,2
Пегматит		61,6	+	48,2	2,1	18,2
Глинозем		73,1	0	42,2	1,1	16,3
Фторированный алюмосиликат		74,5	–	45,1	2,2	14,9
Каолин		72,8	++	30,8	2,4	22,1
Тальк		73,0	++	35,6	2,8	16,9

* мягкость волокна «+» – увеличивается; «–» – уменьшается; «0» – не изменяется

Интересные результаты были получены при использовании в технологиях колорирования и заключительной отделки фторированного алюмосиликата. Кроме оксидов алюминия и кремния, ФТАС содержит в своем составе 2–6 % фторида алюминия, имея брутто формулу $xAl_2O_3 \cdot ySiO_2 \cdot zAlF_3$. Уникальность этого препарата заключается в наличии в алюмосиликате растворимой фракции - AlF_3 , гидролизующегося в водной среде до фтороводородной кислоты, что открывает возможность применения его в качестве катализатора процесса фиксации на волокне пигментной композиции или отделочных препаратов на основе предконденсатов термореактивных смол [9, 10].

Наиболее эффективной является замена традиционного катализатора на ФТАС в процессах водоотталкивающей отделки: показатели увеличиваются в 2–3 раза. Это обусловлено тем, что здесь алюмосиликат проявляет свойства не только катализатора, но и гидрофобизатора: нерастворимая мелкодисперсная фракция оксидов кремния и алюминия фиксируются вместе с предконденсатами на волокне, что и усиливает водоотталкивающий эффект [10].

Таким образом, полученные результаты позволяют говорить о технологических возможностях использования нерастворимых алюмосиликатов по всему технологическому циклу текстильно-отделочного производства. Выбор алюмосиликатов для конкретного процесса будет определяться как характеристиками минерала, так и постав-

ленной технологической задачей. Применение их, наряду с технологическими преимуществами, позволит снизить экологическую опасность отделочного производства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Соколова, Т.А. Глинистые минералы в почвах: учеб.пособие. / Т.А. Соколова, Т.Я., Дронова, И.И Толпешта. Тула: Гриф и К, 2005. 336 с.
2. Боярко, Г.Ю. Добыча и потребление фтористого минерального сырья в России. Ч.1/ Г.Ю. Боярко, В.Ю. Хатьков // Известия Томского политехнического университета. 2004. Т. 307. № 3. С. 165–169.
3. Кричевский, Г.Е. Теория и практика подготовки текстильных материалов / Г.Е. Кричевский, В.А. Никитков. М.: Легпромбытиздат. 1989. 208 с.
4. Блиничева, И.Б. Роль растворимых и нерастворимых силикатов в процессах пероксидного беления текстильных материалов / И.Б. Блиничева, Л.В. Шарнина, С.В. Тихонов //Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2004. №2. С.43–47.
5. Владимирцева, Е.Л. Перекись водорода как инициатор полимеризационных процессов силикатных стабилизаторов белящего раствора / Е.Л. Владимирцева, Л.В. Шарнина, О.И. Одинцова //Рос. хим. ж., 2016 № 5, С. 46–51
6. Новорадовская, Т.С. Химия и химическая технология шерсти /Т.С. Новорадовская, С.Ф. – М.: Легпромбытиздат, 1986. – 200 с
7. Владимирцева, Е.Л. Исследование сорбции алюмосиликатов шерстяным волокном // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2010. № 8. С.50–54.
8. Владимирцева, Улучшение потребительских свойств шерсти / Е.Л. Владимирцева, Л.В. Шарнина, М.А. Вельбой // Изв. вузов. Технология легкой промышленности 2012. Т.17. № 3. С.91–95
9. Владимирцева, Е.Л. Полифункциональность действия фторированного алюмосиликата в процессах текстильной химии / Е.Л. Владимирцева, Л.В. Шарнина, С.В. Тимофеева // Рос. хим. ж., 2014. Т. LVIII. № 2. С. 59–67.
10. Владимирцева, Е.Л. Применение синтетического алюмосиликата в гидрофобной отделке текстильных материалов. / Е.Л. Владимирцева, Л.В. Шарнина, И.Б. Блиничева // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности, 2008 № 4, С..77–80

Работа выполнена в рамках Государственного задания (проектная часть), проект № 4.1929.2017/4.6

К ВОПРОСУ О ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

TO THE QUESTION ABOUT FIRE HAZARD OF TEXTILE MATERIALS

Владимирцева Е.Л. , Циркина О.Г.** , Шарнина Л.В.***

*Ивановский государственный химико-технологический университет,
153000, Россия, г. Иваново, пр. Шереметевский, д. 7

**Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России
153040, Россия, г. Иваново, пр. Строителей, д. 33

Vladimirtseva E.L. , Tsirkina O.G.** , Sharnina L.V.***

*Ivanovo State University of Chemistry and Technology,
7, Sheremetievskiy Avenue, Ivanovo, 153000

**Ivanovo Fire and Rescue Academy of the SFS of EMERCOM of Russia
33, Pr. Stroiteley, Ivanovo, Russia, 153040

В работе рассмотрены основные показатели, необходимые для оценки пожарной опасности текстильных материалов и нормирования требований к ним в зависимости от назначения изделия; приведены основные нормативные документы, регламентирующие их пожарную безопасность; обоснована необходимость получения и систематизации данных о пожарной опасности текстильных материалов различного волокнистого состава, формы выпуска и функционального назначения.

Ключевые слова: текстильные материалы, пожарная опасность, огнестойкость, горение, кислородный индекс.

The paper discusses the main indicators necessary for assessing the fire hazard of textile materials and rationing the requirements for them depending on the purpose of the product; the main regulatory documents governing their fire safety are given; the necessity of obtaining and systematizing data on the fire hazard of textile materials of various fibrous composition, release form and functional purpose is substantiated.

Keywords: textile materials, fire hazard, fire resistance, combustion, oxygen index.

С ростом объема мирового производства и потребления текстильных материалов, с расширением сферы применения текстильной продукции возрастают и требования к качественным характеристикам текстиля.

Наряду с эстетическими свойствами текстильных материалов в основном бытового назначения, для потребителей технического текстиля, мировой рынок которого по прогнозам к 2020 году вырастет до \$193 млрд, гораздо важнее является функциональность и такие востребованные свойства, как например, изоляция, эластичность, прочность, огнестойкость и другие, определяющие область практического использования.

Вопросам огнестойкости, жаростойкости, способности противостоять горению и термическому разрушению, сохранять целостность и теплозащитные свойства изделий уделяется огромное внимание производителями специального ассортимента текстиля: это экипировка и одежда пожарных, летчиков, танкистов, сварщиков, газовиков и пр. Такие ткани изготавливают из керамических, арамидных, иногда в сочетании с хлопком и вискозой волокон, с вложением волокна кевлар, с применением технологии Proban и др. [1, 2].

Большие объемы технического текстиля в настоящее время используется в авто- и авиастроении, на железнодорожном транспорте, в качестве отделочных и обивочных материалов в строительстве, производстве мебели, машиностроении и других отраслях, где, обладая комплексом несомненных преимуществ, позволяют заменить натуральные волокна. Такие материалы и изготавливаемые из них изделия должны удовлетворять жестким требованиям стандартов [3, 4].

Вместе с тем статистические данные за 2017 г свидетельствуют, что из 132406 пожаров, произошедших в России, основная доля приходится на здания жилого (70,2 %), складского (10, 3 %) и общественного (3,9 %) назначения. И, как правило, на этих объектах используемый, складированный и продаваемый текстиль имеет бытовое назначение.

Основным документом, который в настоящее время определяет требования пожарной безопасности к текстильной продукции, является Федеральный закон № 123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [5]. В соответствии с этим законом пожарная опасность текстильных материалов основывается на способности этих материалов к образованию опасных факторов пожара и характеризуется следующими показателями: горючесть, воспламеняемость, дымообразующая способность, токсичность продуктов горения, способность распространения пламени по поверхности материала.

По *горючести* материалы делятся на негорючие (НГ) и горючие (Г), последние в свою очередь подразделяются на группы слабогорючих (Г1), умеренногорючих (Г2), нормальногорючих (Г3) и сильногорючих (Г4) материалов.

Согласно статье 135 «Требования пожарной безопасности к применению текстильных и кожевенных материалов, к информации об их пожарной опасности» ФЗ 123 в сопроводительной технической документации на текстильную продукцию производители или поставщики должны указывать сведения об их пожарной опасности, отраженные в таблице 1.

При использовании текстильных материалов для оформления торговых площадей и различных общественных помещений необходимо следовать требованиям пожарной безопасности, которые определены для каждого типа зданий и сооружений.

Кроме основного документа в настоящее время в России действует ряд государственных стандартов:

– ГОСТ Р 50810-95 «Пожарная безопасность текстильных материалов. Ткани декоративные. Метод испытания на воспламеняемость и классификация», который стал первым законодательным документом на пути к сертификации пожарной безопасности текстильной продукции.

– ГОСТ Р ИСО 6940- 2009 «Материалы текстильные. Характеристики горения. Метод определения воспламеняемости вертикально ориентированных образцов»;

– ГОСТ Р 53294-2009 «Материалы текстильные. Постельные принадлежности. Мягкие элементы мебели. Шторы. Занавеси. Методы испытаний на воспламеняемость».

Важность проблемы пожароопасности текстильных материалов вызвала необходимость введения в действие с 1 марта 2019 г. ГОСТ Р 58159-2018 (ИСО 4880:1997) «Характеристики горения текстильных материалов и изделий». Данный стандарт устанавливает термины, используемые при определении характеристик горения текстильных материалов и изделий. Несмотря на то, что некоторые из терминов имеют широкое общее применение и могут быть использованы по отношению ко многим другим материалам и изделиям, определения даны в соответствии с их использованием в текстильной промышленности.

Практически все волокнистые материалы горючи, однако процесс их горения зависит от многих параметров самого текстильного материала.

Таблица 1. Перечень показателей, необходимых для оценки пожарной опасности текстильных и кожевенных материалов и для нормирования требований

Показатели пожарной опасности	Функциональное назначение				
	Шторы и занавесы	Постельные принадлежности	Элементы мягкой мебели (в том числе кожевенные)	Специальная защитная одежда	Ковровые покрытия
Воспламеняемость	+	+	+	+	+
Устойчивость к воздействию теплового потока	-	-	-	+	-
Теплозащитная эффективность при воздействии пламени	-	-	-	+	-
Распространение пламени	-	-	+	-	+
Показатель токсичности продуктов горения	+	-	+	-	+
Коэффициент дымообразования	+	-	+	-	+

Примечания: «+» обозначает, что показатель необходимо применять.

Оставляя за рамками данной статьи рассмотрение вопросов теории горения, чему посвящено много учебной и научной литературы, отмечаем, что процессы горения полимеров достаточно хорошо изучены. Текстильные материалы, относящиеся к волокнообразующим полимерам, обладая развитой капиллярно-пористой структурой, имеют большую внутреннюю поверхность. Это оказывает существенное влияние на процессы горения. И, несмотря на то, что вопросам снижения горючести текстиля посвящается достаточное количество публикаций, до сих пор нет книг и учебников, специально посвященных процессам горения текстильных материалов.

Это создает определенные проблемы как для производителей и потребителей текстильной продукции, так и для специалистов в области пожарной охраны и работников служб пожаротушения, т.к. ограничивает их знания об особенностях поведения текстильных материалов в условиях пожара.

Горение волокнообразующих полимеров – это сложная совокупность многостадийных физико-химических превращений, включающих в себя, как химические реакции деструкции, сшивания и карбонизации полимера, которые происходят в конденсированной, газовой фазах и на поверхности их раздела, так и физические процессы интенсивной тепло- и масса-передачи [6,7]. И по существу, горение твердых текстильных материалов является горением газообразных продуктов их термического разложения (пиролиза).

В работах Перепелкина К.Е. [8,9], изучающего процессы горения волокнистых материалов, отмечается, что текстильные материалы различных видов, подчиняясь общим закономерностям процесса горения, одновременно имеют и свою специфику. Особенностью волокнистых слоев и текстильных материалов является их пористость и соответственно малая теплопроводность, что уменьшает теплопотери, но в то же время облегчает поступление воздуха в зону горения. Кроме того, малый поперечный размер волокон и нитей приводит к очень быстрому их пиролизу и сгоранию, а наличие воздушных промежутков между волокнами способствует быстрой передаче тепловой энергии между волокнами и нитями путем лучеиспускания. Это существенно повышает интенсивность процесса пиролиза, а соответственно всего процесса горения и вызывает быстрое расширение зоны горения. В случае высокой пористости волокнистого слоя распространение пламени происходит чрезвычайно быстро, охватывая большой объем

и поверхность. В случае с плотным материалом, особенно лежащим в виде толстого слоя или в несколько слоев, механизм его горения приближается к горению массивных твердых тел, хотя имеет и свою специфику - возможность длительного тления внутри слоя вследствие низкой теплопроводности и ограниченного поступления воздуха.

Текстиль, особенно в виде рыхлых волокнистых слоев, например ваты, очень легко загорается не только от спички, но и от небольшой искры, поэтому текстильные материалы представляют большую опасность возгорания и быстрого развития процесса горения.

В настоящее время получил распространение метод определения горючести материалов по кислородному индексу (КИ), определяемому по составу газовой смеси кислорода с азотом, в которую помещен образец, если происходит его загорание от стандартного источника зажигания (газовой горелки) в верхней части полоски материала, и горение продолжается после удаления этого источника.

Значение КИ может быть использовано как экспресс-параметр при оценке горючести, а также при разработке материалов с пониженной горючестью.

В таблице 2 приведены значения кислородных индексов для некоторых текстильных волокон.

Таблица 2. Значения кислородного индекса для текстильных волокон

Волокна	КИ, %
Полиакрилонитрил	17–18
Полиамид ПА 6	22–23
Полиамид ПА 66	21–23
Полиэтилентерефталат	20–25
Хлопок (целлюлоза)	16–17,5
Вискоза (регенерированная целлюлоза)	18,5–19
Ацетатное волокно (ацетилцеллюлоза)	18,5–19

Считается, что полимеры, имеющие кислородный индекс менее, чем 27 г/м^3 , относятся к легкогорючим. А именно, при $\text{КИ} = 20\text{--}26$ горение протекает медленно, при КИ менее 20 - быстро. Полимеры считаются самозатухающими при выносе их из огня, если КИ более 27, то есть относятся к трудногорючим материалам.

Поскольку кислородный индекс отражает степень горючести летучих продуктов распада полимера, то на этот показатель будет оказывать влияние не только химическая природа волокна и состав нанесенных на материал веществ, но следует ожидать и влияния структурных факторов текстильного полотна. Однако приведенные в литературе значения КИ не указывают характеристик материала, хотя для тканей одного волокнистого состава структурные характеристики полотен могут варьироваться в широких пределах.

В то же время на пожарную опасность текстильных материалов во многом будут влиять вид материала (волокно, пряжа, ткань), тип его отделки, условия хранения и складирования, обуславливающие объемную плотность текстиля, от чего во многом зависит скорость распространения пожара и тяжесть его последствий.

Поэтому получение и систематизация данных о пожарной опасности текстильных материалов различного волокнистого состава и функционального назначения представляет как научный интерес, так и имеет несомненное практическое значение в целях оценки пожарной опасности и обеспечения пожарной безопасности объектов защиты, а также для прогнозирования и исследования развития пожара.

ЛИТЕРАТУРА

1. Малых А. Р. Ассортимент современных огнестойких текстильных материалов // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2016. – Т. 3. – С. 116–120. – URL: <http://e-koncept.ru/2016/56035.htm>
2. Балтийский текстиль представляет огнестойкие ткани XM FIRELINE <http://www.balttex.ru/novosti/baltiiskii-tekstil-predstavljaet-ognestoikie-tkani-xm-fireline.html>
3. ГОСТ 11209-2014 Ткани для специальной одежды. Общие технические требования. Методы испытаний.
4. ГОСТ Р 53264—2009 Техника пожарная. Специальная защитная одежда пожарного. Общие технические требования. Методы испытаний
5. Федеральный закон Российской Федерации от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
6. Горение, деструкция и стабилизация полимеров / под ред. Г.Е. Заикова. – СПб. : Научные основы и технологии, 2008. – 422 с.
7. Андросов А.С. Теория горения и взрыва: Учебное пособие/ А.С. Андросов, И.Р. Бегишев, Е.П. Салеев - М.; АГППС МЧС России, 2007, – 240 с.
8. Перепёлкин К.Е. Горючесть волокон и текстиля – одна из важнейших характеристик опасности/безопасности // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. 2009. Т. 4. № 2. С. 22–28.
9. Перепёлкин К.Е. Горючесть текстиля как одна из его важнейших характеристик // Директор, 02.09.2001, № 8 (34)

Работа выполнена в рамках Государственного задания (проектная часть), проект № 4.1929.2017/4.6

УДК 677.017:687.17:623.77

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОЗАЩИТНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА, СОДЕРЖАЩЕГО ЧАСТИЦЫ МЕТАЛЛОВ

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF HEAT-SHIELDING COMPOSITION MATERIAL VISIBLE PARTICLES OF METALS

Галков А.Е.

Ивановский государственный политехнический университет
153000, Россия, г. Иваново, пр. Шереметевский, д. 21

Galkov A.E.

Ivanovo State Polytechnic University
153000, Russia, Ivanovo, Sheremetevsky Ave, 21

E-mail: norman47@mail.ru

Исследование относится к области проектирования и изготовления современных теплозащитных швейных изделий. Представлена общая характеристика технологии металлизации текстильных материалов, содержащих натуральные волокна и нити, а также сравнительные данные показателей свойств материалов до и после нане-

сения на них химической композиции, содержащей частицы металлов, результаты спектрофотометрических исследований модифицированных материалов.

Ключевые слова: теплозащитные композиционные материалы, технология металлонапыления, теплоёмкость, теплофизические и оптические свойства материалов.

The study relates to the design and manufacture of modern heat-resistant garments. A general description of the metallization technology of textile materials containing natural fibers and yarns, as well as comparative data on the properties of materials before and after applying a chemical composition containing metal particles, the results of spectrophotometric measurements of modified materials are presented.

Keywords: heat-shielding composite materials, metal-dusting technology, heat capacity, thermal and optical properties of materials

В постоянно меняющемся мире моды вопрос баланса между эстетическими показателями свойств одежды и её функциональностью – приобретает особую актуальность. На смену громоздким (неуклюжим) теплозащитным изделиям, не укладывающимся в стилевое решение «oversize», приходят элегантные решения, базирующиеся на новых технологических решениях.

Цель работы – разработка и исследование структуры композиционного материала, для современной теплозащитной одежды. Эффект термодинамического равновесия человека с окружающей средой, т.е. высокая эффективность тепловой защиты при сохранении эстетичности внешнего вида изделия в целом – основная задача, которая была поставлена при разработке нового материала.

Один из наиболее распространённых технологий металлизации материалов, основанный на использовании метода магнетронного распыления металлов, реализуемого в глубоком вакууме, предъявляет определённые требования к качественным характеристикам текстильной основы и применение материалов, содержащих в своём составе натуральные волокна и нити, для её реализации не целесообразно [1, 2]. В соответствии с чем, для таких материалов разработана специальная технология металлизации (рис. 1) [3].

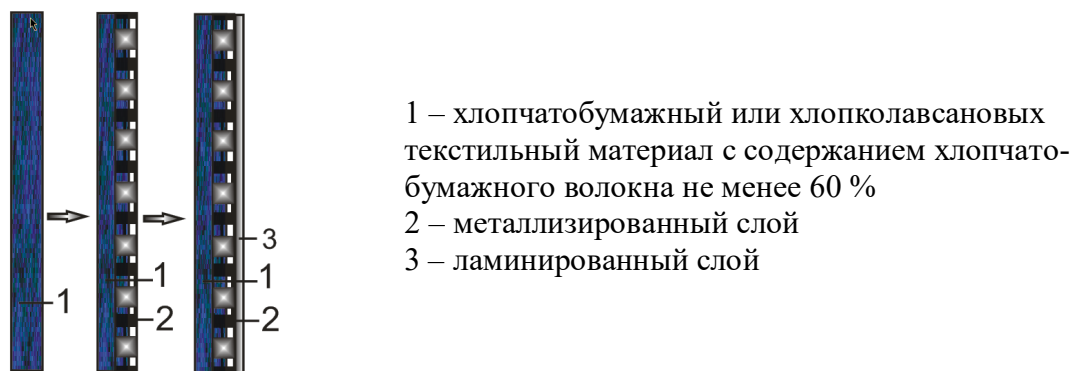


Рис. 1. Структура многослойного материала, содержащего частицы металла

Хлопчатобумажный или хлопколавсановых текстильный материал с содержанием хлопчатобумажного волокна не менее 60 % с водоотталкивающей пропиткой, обеспечит защиту биологического объекта от осадков в виде дождя и снега и способствует сохранению комфортных эксплуатационных свойств изделию в любых погодных условиях. Металлизированный слой формируется химической композицией из смеси алюминиевой пудры, элементы которой имеют форму с асимметричной многогранной поверхностью и связующего на основе акриловых и метакриловых сложных эфиров,

например,бутилакрилата, акрилонитрила и метакриловой кислоты, акрилового загустителя и пигментного красителя, например, фталоцианила.Данный слой имеет пористую структуру и проникает в материал на 1/2–1/3 его толщины (рис. 2).



Рис. 2. Факсимильные изображения срезов (а и б) и поверхности (в) текстильных материалов, на которые нанесена химическая композиция, содержащая частицы металлов

Многослойный камуфлирующий материал со стороны металлизированного слоя может содержать дополнительный ламинирующий слой микропористой структуры, на основе плёнкообразующего водного раствора акрилового полимера с добавлением пигментного красителя.Пигментный краситель может добавляться как непосредственно в химическую композицию, содержащую частицы металлов, так и в дополнительный ламинирующий слой, что делает материал двусторонним и позволяет его использовать металлизированным покрытием наружу.

Теплозащитное изделие, изготавливаемое из такого материала,благодаря своим теплофизическим свойствам, принимает температуру окружающей среды и создаёт эффект тепловой защиты, а пигментный краситель устраняет металлический блеск и выполняет функцию эффектной отделки. Таким образом, модификация текстильного материала химической композицией, содержащей частицы металлов, позволяет получить с одной стороны высокоэффективные теплозащитные материалы, а с другой – композиционные материалы, которые отличают высокие эстетические свойства. Если металлизированное покрытие нанесено на изнаночную сторону материала и обращено к источнику теплового излучения, то эффект тепловой маскировки достигается за счёт его отражения, а если металлизированное покрытие нанесено на материал с лицевой стороны изделия, то эффект тепловой защиты достигается за счёт установления температурного равновесия между окружающей средой и металлизированным покрытием.

В структуре металлизированного слоя, формируемого химической композицией, содержащей частицы металлов, форма соприкасающихся друг с другом металлических частиц с одной стороны, обеспечивают равномерность распределения теплового поля по всей поверхности материала, ввиду их точечного контакта друг с другом, а с другой – способствует ненаправленному движению теплового потока, идущего от объекта, через поры, заполненные воздухо- и паропроводящим связующим, которое не препятствуют пароотведению, т.е. поддержанию нормальной микроклиматической среды межодёжного пространства.

Проведённые экспериментальные исследования, в процессе которых варьировалось соотношение компонентов химической композиции, позволили выявить оптимальное соотношение компонентов полимерной смеси, формирующей металлизированный слой (доля массы в %): алюминиевая крошка – 15–30; акриловый полимер – 60–75; акриловый загуститель – 1–10; пигментный краситель – 1–5. Указанное соотношение компонентов, а также технология нанесения химической композиции позволяет

получить надёжное, устойчивое к эксплуатационным воздействиям (высокой температуре, заморозкам и др.) химическое соединение, используемое в качестве металлизированного слоя. Хлопчатобумажный или хлопколавсановый текстильный материал с содержанием гигроскопичного хлопчатобумажного волокна не менее 60 % позволяет полимерной композиционной смеси, содержащей частицы металлов проникать в структуру материала. Глубина проникновения металлизированного слоя в структуру основного материала зависит от процентного соотношения натуральных (гигроскопичных) и химических (гидрофобных) волокон в материале, его толщины, поверхностной плотности, качественных характеристик нитей, формирующих материал, а также от процентного соотношения компонентов полимерной композиции, формирующей металлизированный слой, её вязкости. Чем больше в текстильной основе хлопчатобумажного волокна и меньше вязкость полимерной композиции, тем глубже металлизированный слой проникает в структуру основного слоя.

Таблица 1. Качественный и количественный состав химической композиции*

I	II*
ОСНОВНОЙ СЛОЙ	
Текстильная основа Лакротен загущенный – 100 гр. Алюминиевая пудра – 4 гр.	двухразовое нанесение основного слоя
ОТДЕЛОЧНЫЙ СЛОЙ	
Окись хрома – 2 гр. Глицерин – 10 гр.	тот же
III	IV*
ОСНОВНОЙ СЛОЙ	
Текстильная основа Лакротен загущенный – 100 гр. Алюминиевая пудра – 4 гр. Пигментный краситель – 2 гр.	двухразовое нанесение основного слоя
ОТДЕЛОЧНЫЙ СЛОЙ	
Акрилатный латекс БАК-Р – 8 гр.	тот же

Примечание:

* После нанесения первого слоя второй наносится после доведения образца до состояния равновесной влажности.

Ламинированный слой толщиной 0,015–0,05мм мелкопористой структуры обеспечивает материалу, имеющему низкие водоотталкивающие свойства водонепроницаемость, защиту биологического объекта от осадков в виде дождя и снега, и сохранение комфортных эксплуатационных свойств материалу в любых погодных условиях. Мелкопористая структура слоя, в отличие от сплошной и непроницаемой не препятствует паропроницаемости и отводу тепла, идущего от объекта. Для оценки влияния химической композиции, содержащей частицы металла на эксплуатационные показатели свойств текстильных материалов и их эксплуатационные характеристики были изготовлены четыре группы образцов (I, II, III, IV) с разным количественным и качественным составом наносимой химической композиции.

В табл. 2 представлены данные сравнительного анализа показателей свойств материалов до и после нанесения на них химической композицией, содержащей частицы металлов на примере образцов арт. С19ЮД ОАО Родники (доля массы в %: алюминиевая пудра – 25, акриловый полимер на основе бутилакрилата, акрилонитрила и метак-

риловой кислоты – 65, акриловый загуститель – 5, пигментный фталоцианиловый краситель – 5), а также арт. С27 БЮ Барнаульский меланжевый комбинат (доля массы в %: алюминиевая пудра – 30, акриловый полимер на основе бутилакрилата, акрилонитрила и метакриловой кислоты – 60, акриловый загуститель – 10). Со стороны металлизированного слоя нанесли ламинированный слой в виде водной дисперсии акрилового полимера с добавлением фталоцианилового красителя.

Таблица 2. Показатели свойств материалов до и после нанесения на них химической композицией, содержащей частицы металлов

Наименование показателя, ед. измерения	Номер группы, к которой относится образец, артикул текстильной основы				
	исходный образец	I	II	III	IV
	арт. С19ЮД ОАО Родники				
	арт. С27 БЮ Барнаульский меланжевый комбинат				
	Значение показателя				
	до металлизации	после металлизации			
Поверхностная плотность, г/ м ²	275	346	370	380	430
	287	360	395	375	445
Волокнистый состав	100 % х/б				
	80 % – х/б; 20 % – ПЭ				
Разрывная нагрузка, Н					
по основе	965	1235	1330	1350	1520
по утку	710	1100	1220	1200	1450
по основе	1078	1435	1520	1520	1650
по утку	735	1250	1400	1450	1580
Раздирающая нагрузка, Н					
по основе	35	48	55	60	75
по утку	35	50	55	65	80
по основе	40	62	70	85	90
по утку	50	70	70	85	95
Паропроницаемость, г/м ² ·ч	420	255	180	210	105
	385	225	130	175	95
Воздухопроницаемость, дм ³ /м ² с	45	35	20	30	20
	40	30	15	30	15
Водоупорность, мм вод. ст.	–	230	280	250	300
	–	190	250	200	230
Стойкость к истиранию, циклы	3800	4200	5100	4600	5350
	4500	6100	6800	7300	8500

На рис. 3 представлены сравнительные данные результатов исследования теплофизических показателей свойств текстильных материалов до и после их модификации.

Данные проведённых исследований подтверждают, что металлизация текстильных материалов приводит к снижению результирующего показателя теплоёмкость, а краситель, вводимый в состав химической композиции способствует незначительному повышению данного показателя свойств исследуемых материалов [4, 5].

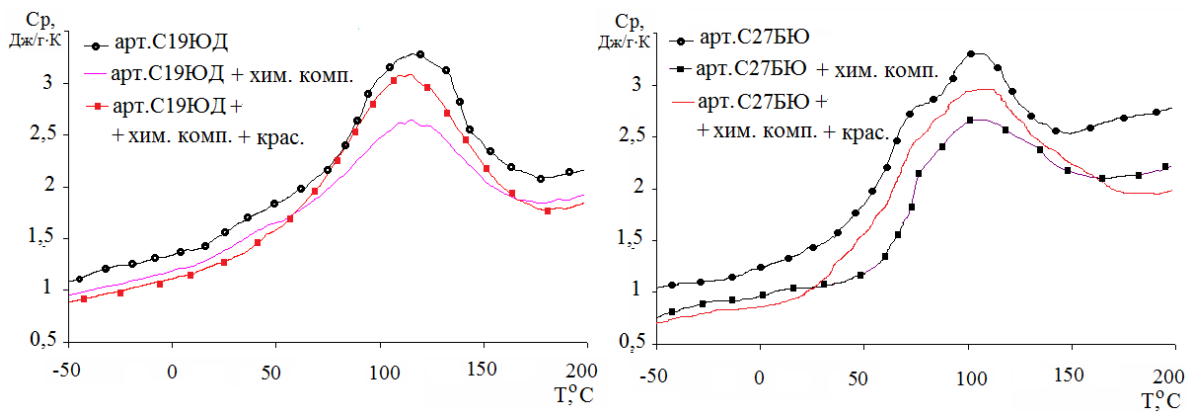


Рис. 3. Влияние способа модификации текстильного материала на изменение показателя теплоёмкость

Результаты спектрофотометрических исследований материалов, модифицированных химическими композициями, содержащими частицы металлов, представлены на рис. 4, сопоставимы с данными, полученными в ходе проведения аналогичных исследований материалов поверхность которых модифицированная металлонапылением. Отражение поверхности текстильных материалов, на которые нанесена химическая композиция, содержащая частицы металлов в видимой области спектра, находится в пределах 40–60 %, что на 30 % ниже, чем поверхностная металлизация. Введение в состав химической композиции красителя значительно сокращает отражательную способность поверхности материалов.

Дифференцированный подход к цветовому пигменту, вводимому в качестве добавки, с учётом требований маркетинговых служб допускает их применение в их производстве металлизированным покрытием на лицевую сторону, однако, только в качестве отделочных элементов, т.к. результаты оценки жёсткости и упругости образцов, металлизированных химической композицией, содержащей частицы металлов выявили значительное повышение жёсткости по сравнению с исходными материалами.

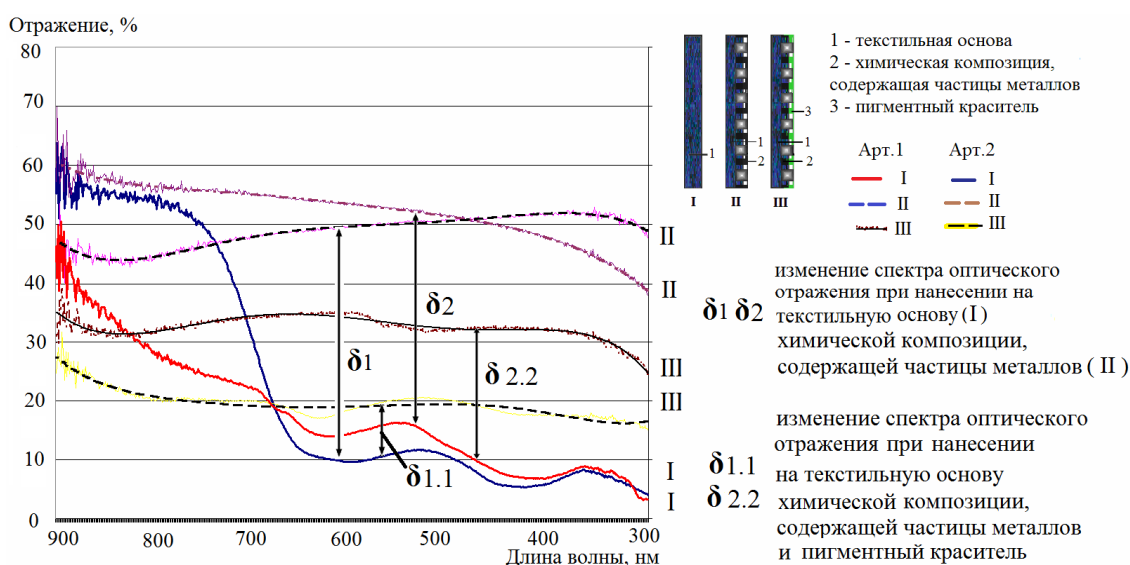


Рис. 4. Изменение оптических спектров отражения материалов при нанесении на поверхность текстильного материала химической композиции, содержащей частицы металлов

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент RU 2403328, МПК D03D 11/00. Материал, отражающий инфракрасное излучение / Б.Л. Горберг, В.В., Веселов, И.Ю. Белова, Д.М. Васильев, С.В. Королева, заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО ИГТА, заявл. 12.05.2009; опубл. 10.11.2010.
2. Патент RU 2398045, МПК C23C14/02 и др. Способ модификации поверхности текстильного материала / Б.Л. Горберг и др.; заявитель и патентообладатель Б.Л. Горберг и др., заявл. 25.12.2008; опубл. 27.08.2010.
3. Пат. 2490379 Российская Федерация, МПК D03D11/00. Двусторонний многослойный камуфлирующий материал [Текст] / И.Ю. Белова, Л.И. Бондаренко, Е.Е. Бабашова; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО "Ивановская государственная текстильная академия" (ИГТА) – № 2011153627/12; заявл. 27.12.2001; опубл. 20.08.2013.
4. Лившиц Б.Г. Физические свойства металлов и сплавов [Текст]: учебник для студ. металлург. спец. вузов / Лившиц Б.Г., Крапошин В.С., Линецкий Я.Л. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1980. – 320 с.
5. Федосов, С.В. Теоретические основы тепломассопереноса в перспективных технологиях производства материалов для текстильной и строительной отраслей промышленности [Текст] / С.В. Федосов, М.В. Акулова, С.А. Кокшаров, О.В. Метелёва // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2015. № 6. С. 157.

ZEME TEXTILE DESIGN

Daniele Berta

E-mail: daniele@zemetextile.com

LA REALIZZAZIONE DELLE IDEE

Lo sviluppo di nuove materie prime, l'evoluzione continua dei materiali, spinge ad una ricerca ed uno studio approfondito finalizzati a realizzare nuovi prodotti che impattano sul mercato globale.

In questo ambito si pone AIGLE MACCHINE S.r.l., con base a Torino, Italia, leader mondiale nel settore Coating e Flocking, con più di 60 anni di esperienza.

Alberto ed Andrea, la nuova generazione, applicando la teoria delle intelligenze multiple di Gardner, cioè la valorizzazione dei talenti, hanno saputo circondarsi di un team di persone capace di affrontare ogni sfida progettuale, rendendo ogni idea fattibile, realizzabile ed economicamente conveniente.

Ultima sinergia in ordine di tempo è con la ZEME Textile Design di Daniele Berta, con 25 anni di esperienza nelle tecnologie del coating.

Assieme si sta puntando ad una più razionale ergonomia industriale, cercando come obiettivo primario un rapporto uomo-macchina sempre più intuitivo.

Un breve cenno storico

I teli spalmati ed il cuoio artificiale sono materiali di largo consumo.

L'avvento delle applicazioni delle materie plastiche ha portato in questo come in altri settori a diversi studi sulla possibilità di produrre dei sostitutivi della pelle di concia più economici e di più semplice programmazione dal punto di vista industriale.

Produzioni di “cuoio sintetico” e teli erano già iniziate prima della seconda guerra mondiale (dermoide e simili) ed in questi anni si è assistito ad un sempre maggiore sviluppo di questa tecnologia.

Si era iniziato con le prime spalmature che erano sostanzialmente dei semplici tessuti ricoperti di materiale sintetico (gomma, PVC plastificato, etc).

Successivamente si sono avuti una serie di miglioramenti sia per quanto riguarda i materiali che per il processo e la sua tecnologia.

Negli anni '60 poi si è così poi avuta la grande affermazione sui mercati mondiali della finta pelle con uno strato interno espanso (skay).

Analogamente nello stesso periodo si è avuta una grossa espansione del mercato e quindi una forte evoluzione a livello di tecnologia dei tessuti spalmati in diretta, sia per quanto concerne i macchinari, sia per i metodi di applicazione.

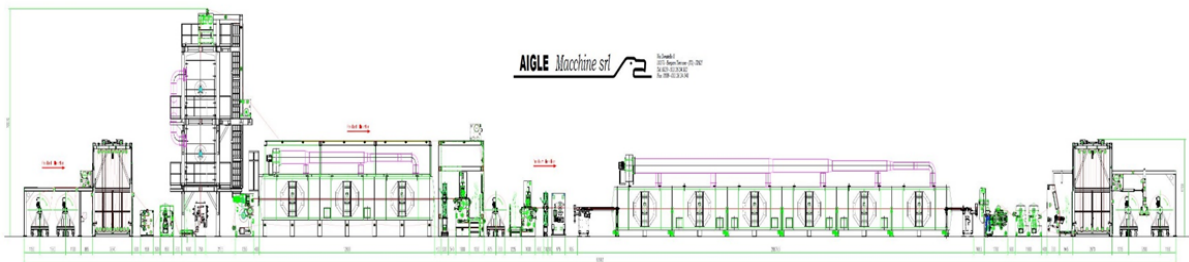
Gli studi di marketing delle varie aziende hanno sempre più evidenziato delle possibili aree di impiego per questi prodotti e, l'introduzione negli anni '70 ed '80 di nuovi materiali (i poliuretani per il cuoio sintetico, i siliconi per la spalmatura diretta) ha permesso ulteriori sviluppi le cui possibilità non sono ancora esaurite.

Le tecniche di spalmatura possono dividersi principalmente in:

DIRETTA

TRANSFER

Analizziamo ora la spalmatura **DIRETTA** su tessuto:



Con questo tipo di spalmatura si applicano vari strati di prodotto direttamente sul tessuto.

Generalmente questo tipo di spalmatura viene utilizzato per la produzione di teloni in PVC oppure per resinare tessuti molto leggeri, al fine di aumentare l'impermeabilità.

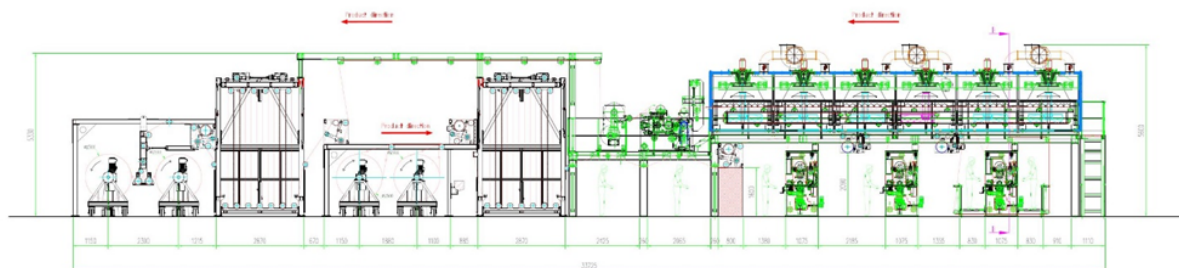
Si effettua la spalmatura diretta su tessuti con plastisol PVC attraverso passaggi di spalmatura in stazioni verticali e orizzontali (BACK e TOP COAT).

Nei tre tunnel di passaggio successivi (il primo verticale), di lunghezza appropriata e bilanciata per assicurare un processo di gelificazione, viene fatta circolare dell'aria riscaldata da radiatori ad alette in cui passa l'olio diatermico alla temperatura richiesta.

La lunghezza degli impianti è normalmente di circa MTL 80 -90 con una larghezza utile di spalmatura di 3600 mm.

La produttività di queste linee è in funzione della gelificazione della massa applicata sul tessuto, quindi dal peso e dal tipo di miscela impiegata nei vari prodotti; la velocità varia da 8 a 22-25 Mt/min.

Terminata la fase di spalmatura, si procede alla fase di laccatura su impianto separato, e sempre in tavola utile 3600 mm.



Trattiamo ora la spalmatura **TRANSFER**

Per la realizzazione di pelli sintetiche in PU/PVC spalmato vengono utilizzati prevalentemente:

CARTE RELEASE la cui funzione è principalmente di servire da nastro trasportatore sulla macchina spalmatrice per la deposizione dello strato di resina e per il successivo accoppiamento del tessuto e di dare contemporaneamente valore al prodotto spalmato con un effetto di superficie che comprende un disegno, contrasto di brillantezza ed un rilievo tridimensionale.

Non ultimo le carte devono avere resistenza meccanica, fisica e chimica al fine di poterle utilizzare più volte al fine di una superiore economia di gestione.

Diversi produttori mondiali propongono moltissimi tipi di carte per spalmatura con diversi disegni e gradi di finiture differenti per i più svariati effetti visivi, studiati essenzialmente con case di moda, principali brands mondiali della calzatura, principali case automobilistiche mondiali potendo così creare materiali per svariati mercati, tra i quali i più importanti sono calzatura, pelletteria, arredamento, abbigliamento ed automotive.

Le bobine di carta sono collocate all'inizio della spalmatrice ed entrano nell'accumulatore della carta; si tratta di una serie di cilindri nei quali viene a formarsi una scorta di materiale sufficiente per permettere la giunzione di una nuova bobina, all'esaurimento della prima, senza interrompere la lavorazione.

Le teste di spalmatura depositano uno spessore omogeneo a grammatura costante di plastisol o altre resine impiegate sulla carta release e poi sugli strati già spalmati.

Il forno è la parte più importante del processo poiché in esso avviene la vera trasformazione del materiale: nel caso del PU l'evaporazione del solvente e l'eventuale reticolazione dell'adesivo, nel caso del PVC la gelificazione e l'espansione.

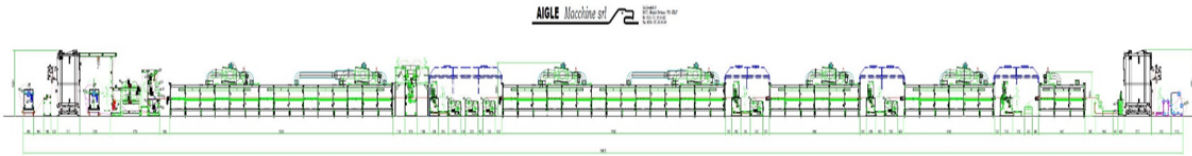
Le sue dimensioni limitano il processo determinando la velocità di lavorazione; la costanza della temperatura all'interno del forno è alla base della possibilità di ottenere una produzione regolare.

Quando si parla di regolarità di temperatura si intende in senso trasversale, poiché sulla lunghezza del forno è normale lavorare con temperature differenti.

All'uscita di ogni forno sono posti dei cilindri in acciaio all'interno dei quali circola acqua di raffreddamento ed il loro scopo è di evitare che il materiale spalmato si appiccichi sui cilindri di rinvio quando si tratta dei cilindri seguenti al forno usato per lo Skin (o primo strato di spalmatura), mentre quelli al termine della spalmatrice servono a raffreddare il sistema materiale plastico più tessuto.

La fase di accoppiamento con il tessuto consiste nel fare aderire al materiale plastico ancora "liquido" un supporto tessile e viene generalmente eseguita mediante due cilindri di guida e contatto.

E' uno dei punti delicati della lavorazione perché il "modo", cioè pressione applicata e frenatura, con cui il tessuto aderisce al PVC o PU determina in maniera importante l'aspetto e la mano o morbidezza del prodotto finito.



Riassumendo, sulla carta che proviene dall'accumulatore in entrata si passa alla prima stazione dove viene depositato lo Skin (PVC o miscele in PU a solvente od acqua) a seconda del prodotto finale da costruire.

In seconda stazione vengono utilizzati plastisol di PVC di finitura

Avviene poi l'entrata nel forno di gelificazione, quindi skin e carta vengono raffreddati sugli appositi cilindri.

In terza stazione si spalmano plastisol additivati con espandente, che ha la caratteristica, in funzione della temperatura, di aumentare lo spessore dello strato spalmato e dare quindi "corpo" al materiale finale.

In ultima stazione si utilizza plastisol di PVC con funzione di adesivo per il tessuto che viene accoppiato ad umido, sospeso in rotoli su apposite strutture sopra l'ultima testa di spalmatura.

Questo "sandwich" entra nel forno finale per asciugare, gelificare ed espandere; in uscita dall'ultimo forno si ha la serie finale di cilindri di raffreddamento.

Si stacca poi la "finta pelle" dalla carta e raccolta su appositi avvolgitori.

La carta a sua volta viene raccolta su arrotolatori di precisione con giusta tensione ed allineamento al fine di essere riutilizzata.

Impianti di questa tipologia hanno dimensioni in lunghezza fino a 100 – 120 MTL e velocità di produzione fino a 30 mt/min.

Da circa 10–15 anni poi, si sono affacciati sul mercato nuovi prodotti tra cui le tende oscuranti.

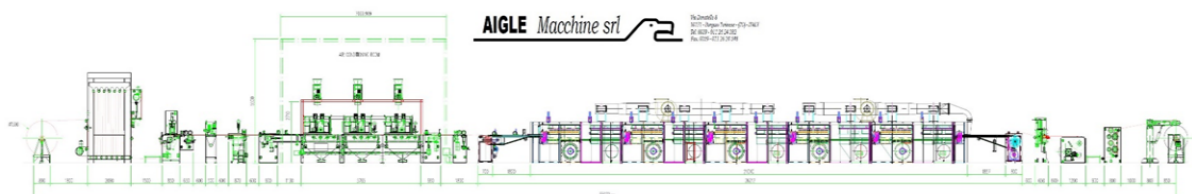
Ne esistono principalmente due tipi:

morbide: cioè i classici tendoni per hotel

rigide: evoluzione dovuta agli sviluppi del design ed utilizzate per le tende scorrevoli (roller blinds).

Per questo particolare tipo di spalmatura, vengono utilizzate resine vinil-acriliche disperse in acqua.

Queste resine possono essere utilizzate sotto forma di pasta oppure schiumate con particolari attrezzature (schiumatrici).



Gli impianti dedicati sono relativamente più semplici ed economici, quindi anche gli spazi necessari sono più ridotti; l'utilizzo poi di prodotti in base acquosa consente l'uso di forni alimentati direttamente con bruciatori a gas evitando installazione di caldaie per olio diatermico.

La ZEME Textile Design di Daniele Berta si pone in questo contesto come interfaccia tra progettisti-costruttori di questo tipo di impianti ed il cliente-utilizzatore finale.

Con i costruttori fornendo assistenza sia in fase di progettazione, montaggio e poi gestendo tutta la fase di messa in funzione dell'impianto.

Con il cliente finale gestendo il successivo avvio della produzione normale, l'avvio del laboratorio chimico di produzione ed il laboratorio di controllo qualità finale.

Sempre assieme al cliente finale vengono studiati nuovi prodotti, in collaborazione con le aziende produttrici di materie prime e la successiva realizzazione industriale.

УДК 677.314.027.7

СОВМЕЩЕННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СУБЛИМАЦИОННОЙ ПЕЧАТИ И ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОЙ ОТДЕЛКИ ЦЕЛЛЮЛОЗОСОДЕРЖАЩИХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

COMBINED TECHNOLOGY OF SUBLIMATION PRINTING AND FINISHING OF CELLULOSE-CONTAINING TEXTILE MATERIALS

Дашченко Н.В., Киселев А.М.

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

Dashchenko N.V., Kiselev A.M.

Saint-Petersburg state University of industrial technology and design

Разработана совмещенная технология сублимационной печати и заключительной отделки целлюлозосодержащих текстильных материалов, основанная на предварительной модификации хлопчатобумажных и хлопко-лавсановых тканей композицией, содержащей аминокремнийорганическую гидрофильную эмульсию в совокупности со вспомогательными веществами на базе фторуглеродных и акриловых сополимеров. Рекомендован технологический режим и оборудование для реализации созданного процесса в производственных условиях

Ключевые слова: целлюлозосодержащий материал, термопечать, дисперсный краситель, гидрофильная наноэмульсия, отделка, полимер, технологический режим, оборудование

The combined technology of sublimation printing and finishing of cellulose-containing textile materials based on the preparation processes of cotton and cotton-polyester fabrics by a composition containing an amine-silicon organic hydrophilic emulsion in combination with auxiliaries based on fluorocarbon and acrylic copolymers was developed. The technological mode and the equipment for realization of the established process in production conditions are recommended

Key words: cellulosic material, thermal transfer, disperse dye, hydrophilic nanoemulsion, finishing, polymer, process conditions, equipment.

Несмотря на то, что сублимационная печать предназначена, главным образом, для оформления текстильных материалов из триацетатных и синтетических нитей, неоднократно предпринимались попытки применения данной технологии для узорчатой расцветки изделий из целлюлозных и смешанных волокон. Анализ информации в данной области показывает, что наиболее значимый результат был достигнут при предварительной обработке поверхности волокнистого материала специальными композициями на основе дисперсий различных сополимеров (например, акриловых в сочетании с по-

лиуретановыми) [1]. При этом на волокнистом субстрате формируется пленочное покрытие значительной толщины, что ухудшает гриф материала и затрудняет воспроизведение качественного печатного рисунка.

В этой связи в настоящей статье проведена оценка возможности сублимационной печати целлюлозосодержащих материалов дисперсными красителями с предварительной обработкой гидрофильными наноэмульсиями в совокупности со вспомогательными веществами гидрофобной и гидрофильной природы. На предварительной стадии для модификации хлопчатобумажной (бязь) и хлопко-лавсановой (50:50) тканей использовались следующие гидрофильные наноэмульсии и препараты: KF-94; Microcill IDRO; Rucostar E³, Hydroquard 520, Rucosquard Air; Fluortex 9MX; LD-150; FS-1241; RG-JRTM-450; Acronal LR-9014. Модификация образцов тканей производилась путем их трехкратной пропитки и отжима (80 %) на плюсовке с последующей сушкой горячим (70–80 °С) воздухом и термообработкой при 150 °С в течение 3 мин. После этого на модифицированные образцы способом термопечати (200 °С, 120 с.) формировался рисунок, у которого через 24 ч определялись показатели устойчивости окрасок к трению и мокрым обработкам (ГОСТ Р ИСО 105-F09-2014; ГОСТ Р ИСО 105-206-2011). В процессе термопечати на плоском прессе «Pannonia» использовалась переводная бумага красного и синего цвета, а также бумага, напечатанная краской с дисперсными красителями с повышенной сублимационной способностью (дисперсный оранжевый 30, дисперсный темно-синий полиэфирный).

В табл. 1 представлена характеристика вспомогательных компонентов, использованных в процессе модификации, печати и отделки тканей.

Заключительная отделка напечатанных образцов осуществлялась двукратной пропиткой на плюсовке с 85 %-ным отжимом с последующей сушкой при 90 °С и термообработкой при 140–160 °С в течение 4–5 мин.

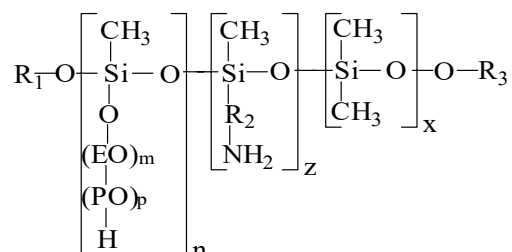
Таблица 1. Характеристика вспомогательных веществ для модификации, термопечати и отделки целлюлозосодержащих материалов

Наименование препарата	Химическая основа препарата	Назначение	Область применения
LD-150	Аминокремнийорганический полимер	Мягчитель	Заключительная отделка шерстяных материалов
FS-1241	Фторорганический полимер	Водо-масло-грязеотталивание	Специальные виды отделки
RG-JRTM 450	Производное акриловой кислоты	Связующее	Пигментная печать
Acronal LR 9014	Сополимеры на основе акриловой и метакриловой кислот	Пленкообразующий компонент	Печать пигментами, общие виды заключительной отделки

Проведенные испытания показали, что хорошие результаты сублимационной печати на хлопчатобумажной и хлопко-лавсановой ткани достигаются в том случае, когда предварительная модификация осуществляется композиционным аппретом с повышенной концентрацией гидрофильной наноэмульсии KF-94 в совокупности с мягчителем LD-150 (100 + 100 г/л) при обязательном проведении операции заключительной отделки напечатанных тканей с применением гидро- и олеофобизирующего препарата FS-

1241 в сочетании с акриловыми связующими RG-JRTM-450 или Acronal LR 9014 (30 г/л).

В результате такой комплексной модификационно-отделочной обработки качество термопереводной печати целлюлозосодержащих тканей дисперсными красителями сопоставимо с качеством сублимационной печати полиэфирных тканей (табл. 2). Можно выделить следующие основные причины, объясняющие получение такого результата: во-первых – с учетом строения гидрофильной наноэмульсии KF-94



$R_1 - R_3$ – алкильные или оксиалкильные группы и структуры мягчителя LD-150, представляющего собой аминокремнийорганический полимер с гидрофильными группами создаются условия для формирования на поверхности волокнистого субстрата нанопокртия, гидрофобные свойства которого обусловлены повышенным содержанием атомов кремния [2], что подтверждается данными рентгенофлуоресцентного анализа образцов хлопчатобумажной ткани, модифицированной рекомендуемыми препаратами (табл. 3,4)

Таблица 2. Качество окрасок печатных рисунков на целлюлозосодержащих тканях, полученных способом сублимационной печати дисперсными красителями

Вид ткани	Колористические показатели				Прочностные показатели					
	Оранжевый 30		Темно-синий п/э		Оранжевый 30			Темно-синий п/э		
	ГКМ	ΔЕ	ГКМ	ΔЕ	СТ	МТ	МСП	СТ	МТ	МСП
Хлопчатобумажная немодифицированная	4,1	2,6	1,6	3,8	2	2	2/3/2	2	2-3	2/2/3
Хлопчатобумажная модифицированная с заключительной отделкой	11,6	1,4	4,2	2,4	4	4	4/4/4	4-5	4	4/4/5
Хлопко-полиэфирная модифицированная с заключительной отделкой	11,4	1,2	4,8	2,2	4-5	4	4/5/4	4	4-5	4/4/5
Полиэфирная	12,6	1,3	5,1	2,3	4	4	3/4/4	3-4	4	4/4/5

Примечание: ГКМ - интенсивность окраски (функция Гуревича-Кубелки-Мунка); ΔЕ – ровнота окраски (малые цветовые различия); СТ, МТ, МСП – устойчивость окраски к сухому и мокрому трению, стирке при 40 °С

Повышенное содержание кремния выявлено в образцах тканей, прошедших предварительную модификацию посредством обработки наноэмульсией KF-94 с мягчителем LD-150 (образцы И-77-3/17, И-77-4/17, И-77-6/17, И-77-8/17). Известно, что такая модификация интенсифицирует окрашиваемость полиэфирных материалов дисперс-

ными красителями [3–5]. С учетом первоначальной сорбции дисперсного красителя в структуре пленочного нанопокрyтия интенсифицирующее влияние модификаторов можно распространить на процесс термопечати целлюлозосодержащих волокнистых материалов. При этом концентрация препаратов KF-94 и LD-150 должна быть повышена до 100 г/л, что диктуется необходимостью усиления гидрофобных свойств образованного покpытия и увеличения числа активных гидрофильных групп полимера, способных к образованию связей с целлюлозным волокном для более прочного закрепления на субстрате как самой пленки, так и дисперсного красителя, формирующего окраску печатного рисунка.

Таблица 3 Характеристика образцов для рентгено-флуоресцентного анализа

Маркировка образца	Операции обработки образца при его подготовке к анализу
И-77-1/17	Бязь: термопечать + заключительная отделка
И-77-2/17	Бязь: термопечать
И-77-3/17	Бязь: модификация + термопечать
И-77-4/17	Бязь: модификация + термопечать + заключительная отделка
И-77-5/17	Полиэфирная: термопечать
И-77-6/17	Полиэфирная: модификация+ термопечать
И-77-7/17	Полиэфирная: термопечать + заключительная отделка
И-77-8/17	Полиэфирная: модификация + термопечать + заключительная отделка

Таблица 4. Результаты рентгено-флуоресцентного анализа

Содержание элемента, %	И-77-1/17	И-77-2/17	И-77-3/17	И-77-4/17	И-77-5/17	И-77-6/17	И-77-7/17	И-77-8/17
Si	0,053	0,048	1,240	0,860	0,010	0,400	0,016	0,500
Al	0,015	0,017	0,007	0,015	0,012	0,014	0,012	0,010
Ca	0,012	0,043	0,530	0,011	0,007	0,009	0,006	0,008
S	0,011	0,009	0,012	0,012	0,025	0,025	0,030	0,026
Fe	0,007	0,005	0,008	0,006	0,002	–	0,003	0,008
K	0,006	0,006	0,009	0,007	0,002	0,003	0,003	0,005
Cu	0,005	0,005	0,007	0,005	0,002	0,006	0,005	0,007
P	0,004	0,012	0,002	–	0,010	0,008	0,012	0,007
Mn	0,002	0,002	0,001	–	0,004	0,007	0,007	0,006
Zn	0,002	–	0,002	0,002	–	0,001	0,001	0,002
Ni	–	0,001	–	–	–	–	–	–
Na	0,090	0,070	0,110	–	–	–	0,078	–
Ti	–	–	0,001	–	0,120	0,170	0,160	0,180

Во-вторых, в связи с возможностью десорбции дисперсного красителя, имеющего низкое сродство к целлюлозному волокну, после процесса термопечати целлюлозосодержащего материала необходимо проведение операции заключительной отделки путем аппретирования ткани препаратами FS-1241 (фторуглеродный полимер) и RG-JRTM-450 или Acronal LR 9014 (акриловые пленкообразующие полимеры) при их концентрации 30 г/л. При этом фторкарбонный компонент придает материалу водо-масло-грязеотталкивающие свойства, а акриловый - обеспечивает дополнительное закрепление дисперсного красителя за счет формирования пленки с повышенной адгезией к целлюлозным и синтетическим волокнам (аналогично закреплению частиц пигмента в процессе крашения и печатания текстиля).

Разработанные универсальные технологии сублимационной печати и отделки целлюлозосодержащих текстильных материалов включают операции, указанные в табл. 5.

Таблица 5. Технологические режимы термопереводной печати и заключительной отделки целлюлозосодержащих текстильных материалов

Хлопчатобумажная ткань	Хлопко-лавсановая ткань
1. Модификация ткани гидрофильной наноземлемой KF-94 (100 г/л) в совокупности с мягчителем LD-150 (100 г/л) и ПАВ (2 г/л). путем пропитки на плюсовке с отжимом 85 % 2. Сушка горячим воздухом при 80–90 °С 3. Термопечать на прессе или каландре при 180–190 °С в течение 30–35 с. 4. Заключительная отделка: плюсование в ванне, г/л- препарат FS-1241-30; препарат RG-JRTM-450 - 30; НПРАВ – 3, отжим – 80 % Сушка при 90–100 °С Термообработка при 150–160 °С в течение 3 мин	1. Режим аналогичен операциям обработки хлопчатобумажной ткани. 2. На стадии заключительной отделки вместо препарата RG-JRTM-450 используется препарат Acronal LR 9014 (30 г/л); 3. Температура термопечати повышается до 200–210 °С, продолжительность термического контакта 25–30 с.

Примечания: 1. Текстильный материал проходит стандартную подготовку под процесс термопереводной печати, включая операцию термостабилизации для артикулов, содержащих синтетические нити;
 2. Замена рекомендуемых препаратов на возможные аналоги может привести к снижению качества узорчатой расцветки и уровня отделочных эффектов

В рамках разработанной технологии операции модификации и заключительной отделки могут быть реализованы на сушильно-ширильно-стабилизационных машинах, например агрегате фирмы «Вакаяма» (Япония).

Процесс термопереводной печати целесообразно проводить с использованием специальных текстильных принтеров, формирующих рисунок на переводной бумаге (например, принтер «Zeonjetsub DX-5») (рис. 1, табл. 6).



Рис. 1. Текстильный принтер «Zeonjetsub DX-5» для сублимационной печати

Таблица 6. Техническая характеристика принтера «Zeonjetsub DX-5» для нанесения рисунков на бумагу для сублимационной печати

Показатель	Значение показателя
Метод печати	Piezo Ink-Jet
Скорость печати, м ² /ч	4 Pass 360×1080 dpi – 22 6 Pass 360×2160 dpi – 15
Цветовая модель	CMYB
Диапазон регулирования высоты печатающих головок, мм	1–5–3–5
Чистка печатающих головок	Автоматическая
Максимальная ширина носителя, мм	1820
Тип чернил	Сублимационные (дисперсные, активные, кислотные)
Размер сушильной зоны, мм	2560×1005×790
Температура сублимации, °С	200–250
Нагревающий элемент	ИК-излучение
Питающее напряжение, В	220 (10 А)
Габаритные размеры, мм	2870×955×145
Масса, кг	500

Перевод печатного рисунка с бумаги на ткань может быть осуществлен на вакуумном термокаландре фирмы «Каннегиссер» (Швейцария), позволяющего снизить температуру термотрансфера красителя и уменьшить давление бумаги на ткань с лучшим сохранением прочностных характеристик ткани (рис. 2, табл. 7) [6].

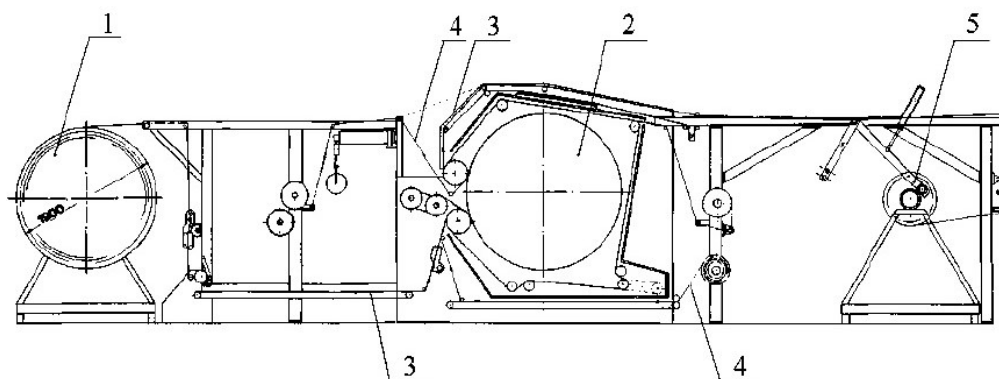


Рис. 2. Схема вакуумного термокаландра «Вакуумат» фирмы «Каннегиссер» (Швейцария).
1 – раскатное устройство; 2 – стальной вращающийся цилиндр; 3 – ткань;
4 – термопереводная бумага; 5 – накатное устройство

Таблица 7 Техническая характеристика термокаландра «Вакуумат» фирмы «Каннегиссер» (Швейцария)

Показатель	Значение показателя
Рабочая ширина, мм	1600
Скорость движения ткани, м/мин	5–30
Способ обогрева поверхности каландра	ИК-излучение
Температура поверхности цилиндра, °С	до 210
Установленная мощность электродвигателей, кВт	71
Габаритные размеры, мм	3930×2800×2300

Реализация разработанной технологии обеспечивает повышение качества узорчатой расцветки целлюлозосодержащих текстильных материалов способом термопереводной печати с одновременным приданием комплекса улучшенных эксплуатационных и потребительских свойств готовым текстильным изделиям

Заключение

1. Расширены возможности термопереводной печати применительно к целлюлозосодержащим текстильным материалам за счет предварительной модификации хлопчатобумажных и хлопко-лавсановых тканей композицией на основе гидрофильной наноэмульсии и аминокремнийорганического соединения при повышенной концентрации указанных компонентов в пропиточной ванне

2. Экспериментально доказано получение интенсивных и прочных окрасок печатных рисунков на модифицированных тканях при использовании дисперсных красителей, дополнительное закрепление которых происходит на стадии заключительной отделки напечатанного материала с применением препаратов на основе фторуглеродных и акриловых полимеров

3. Отмечены универсальность и технико-экономические преимущества созданной технологии. Рекомендованы технологические режимы и современное оборудование для ее реализации в производственных условиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. <http://www.esaprint.ru/catalog/sublcoat/>
2. Качук Д.С., Нестерова Л.А., Вагнер Е.А. Гидрофобная отделка текстильных материалов кремнийорганическими соединениями (формула KF-94) //Технология текст. пром-сти, (сер.: Известия вузов), 2014, № 3. – с. 123–129
3. Блинов А.Н., Четвериков К.В., Дашенко Н.В., Киселев А.М. Совершенствование процессов рельефной и термопереводной печати //Вестник СПГУТД, 2011, № 2. – с. 21–23
4. Блинов А.Н., Ковалева Т.В., Дашенко Н.В., Киселев А.М. //Технология легкой пром-сти, (сер.: Известия вузов), 2004, т. 3, № 1. – с. 66–68
5. Панова В.И. Исследование в области сублимационного колорирования полиэфирных волокон // Дисс... канд. техн. наук, – Л.: 1981. – 155 с.
6. Шпитцнер К. Печатание текстильных материалов. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 208 с.

НАНОЧАСТИЦЫ СЕРЕБРА: ЗАВИСИМОСТЬ АНТИМИКРОБНОЙ АКТИВНОСТИ ОТ УСЛОВИЙ ПОЛУЧЕНИЯ

Дымникова Н.С., Морыганов А.П.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химии растворов им. Г.А. Крестова Российской академии наук, г. Иваново

Dymnikova N.S., Moryganov A.P.

Federal Government Institution of Sciences G.A. Krestov
Institute of Solution Chemistry of the Russian academy of Sciences, Ivanovo
E-mail: nsd@isc-ras.ru

*Методами спектроскопии и визуальных наблюдений проведена сравнительная оценка результатов восстановления серебра в присутствии различных реагентов (химических восстановителей, катионоактивных полиэлектролитов, экстрактов из лубяных волокон). Исследована антимикробная активность синтезированных серебродержащих золь в отношении клинических штаммов (*Staphylococcus aureus* и *Escherichia coli*) и грибов, установлена ее зависимость от условий восстановления и, соответственно, размера образующихся частиц. Показана эффективность применения синтезируемых золь с размерами НЧ серебра менее 50 нм для биоцидной отделки целлюлозных тканей и защиты их от биодеструкции.*

Ключевые слова: синтез, наночастицы серебра, целлюлозные волокна, экстракты, лубяные волокна, антимикробная и антигрибковая активность.

*By the methods of spectroscopy and visual observations the comparative assessment of results of silver reduction in the presence of various reagents (chemical reducers, cation-active polyelectrolytes, bast-fiber extracts) was carried out. The antimicrobial activity of the synthesized argentiferous sols was studied concerning clinical strains (*Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*), and its dependence on the reducing conditions and, accordingly, on the size of the formed particles was discovered. The efficiency of application of the synthesized sols with the size of nanoparticles less than 50 nm is shown for the purposes of protection of cellulose textile materials.*

Key words: synthesis, silver nanoparticles, cellulose fibers, extracts, bast fibers, antimicrobial and antimycotic activity.

Анализ литературных данных свидетельствует, что в последние годы достигнуты значительные успехи в области синтеза наночастиц (НЧ) металлов и интерес к данной проблеме неуклонно возрастает. В настоящее время разработаны методы прогнозирования кинетики образования НЧ, приемы обеспечения их агрегативной устойчивости, однако остаются актуальными теоретические представления о зависимости биологической активности наночастиц от их структуры, состава и свойств. Такая зависимость представляется логичной, т.к. диспергирование увеличивает площадь контакта металлов с поверхностью микробных клеток (МК) и увеличивает эффективность воздействия на них. Кроме того, считают, что при размерах НЧ 1–10 нм кардинальным образом меняются свойства объектов, т.к. нивелируется разница между свойствами частиц в объеме и на поверхности. При этом, результат воздействия нульвалентных НЧ на микробиологические объекты зависит от многих факторов и нанокompозиты металла могут проявлять как бактерицидное (губительное для МК) или бактериостатическое (задерж-

ка роста МК) действие, так и отсутствие какого-либо заметного воздействия на биологические объекты.

На наш взгляд, перспективы в достижении высокой биологической активности синтезируемых наночастиц металлов связаны с получением НЧ малых размеров и поиском полимеров-стабилизаторов, обеспечивающих синергический эффект увеличения биоактивности НЧ.

Особого внимания заслуживают благородные металлы подгруппы Cu, в частности серебро, которое исторически известно как средство, обладающее антибактериальным эффектом. Наиболее важной задачей является совершенствование приемов формирования ультрадисперсных частиц серебра и стабильных золь для модификации полимерных матриц.

Целью исследования явилась оценка влияния синтезированных в различных условиях серебросодержащих препаратов на их эффективность в обеспечении биоактивности и биозащиты целлюлозосодержащих текстильных материалов.

Одной из основных проблем развития современных нанотехнологий является поиск подходов, которые позволили бы контролировать размерные характеристики наноструктур в процессе их синтеза и обеспечивать стабильность нанодисперсного состояния. Среди современных методов синтеза наночастиц (электрохимических, температурной конденсации, химического диспергирования) одним из наиболее экономичных является прием диспергирования металлов в растворах в присутствии стабилизаторов.

Основой выбранного нами способа формирования наночастиц серебра является химическая реакция восстановления ионов Ag^+ . Окислительно-восстановительную реакцию осуществляли путем введения восстановителей в растворы соответствующих солей, содержащих стабилизаторы.

Для обоснованного выбора восстановителя при синтезе наночастиц серебра были получены оптические спектры поглощения растворов с $НЧ_{Ag}$, синтезированными в присутствии желатина в качестве стабилизатора, и восстановителя различной восстановительной способности: боргидрид натрия, глюкоза, дитионит натрия и тиосульфат натрия.

В табл. 1 приведены экспериментально подобранные условия синтеза и количественные характеристики спектральных данных.

Таблица 1. Условия синтеза наночастиц серебра и данные спектрофотометрических исследований

Восстано- витель	Концен- трация, М	Стабили- затор	Условия синтеза			Redox потенциал*, -мВ	λ_{max} , нм	Размеры $НЧ_{Ag}^{**}$, нм
			T, °C	τ , мин.	pH			
Боргидрид натрия	0,02	желатин	20	5	7	1240	400	25
Боргидрид натрия	0,02	желатин + КПЭ	20	5	7	1240	400	30
Глюкоза	0,27	–	60	60	12	800	420	50
Дитионит натрия	0,06	желатин	40	60	12	800	411	80
Тиосульфат натрия	0,08	желатин	80	90	12	380	410	150

* – значения экспериментально получены при потенциометрическом титровании на автоматическом титраторе АТП-02 с платиновым и хлорсеребряным электродами, погрешность измерений 10 мВ, согласуются с литературными данными [2, 3].

** – размер синтезированных частиц определяли на приборе «Zetasizer Nano ZS» методом динамического светового рассеяния DLS.

В случае использования боргидрида натрия в качестве стабилизатора применяли желатин (образец № 1) и композицию желатин – катионный полиэлектролит (КПЭ) (образец № 2). На наш взгляд, включение в стабилизирующую оболочку полимеров, обладающих антимикробной активностью и способных повышать субстантивность НЧ_{Ag} по отношению к целлюлозе, позволит расширить свойства формируемых ультрадисперсных частиц серебра.

При восстановлении ионов серебра глюкозой стабилизатор дополнительно не вводился, т.к. данный восстановитель имеет способность обеспечивать агрегативную устойчивость нанообъектов [1].

Наночастицы серебра синтезировали в открытой ячейке при температуре $(20...80) \pm 0,5$ °С при рН 7...12. В водный раствор, содержащий нитрат серебра ($0,6 \cdot 10^{-2}$ М) и стабилизатор, вводили при постоянном перемешивании раствор восстановителя. Синтезированные золи хранили в закрытых колбах.

Динамику синтеза НЧ_{Ag} , их размеры и агрегативную устойчивость оценивали на основании анализа спектров поглощения их коллоидов (см. рис. 1).

Представленные на рис. 1 спектрограммы являются типичными спектрами поглощения водных растворов высокодисперсного серебра. Максимумы полос поглощения наночастиц (λ_{max}) находятся в интервале 400 – 420 нм, что согласуется с известными из литературы данными о положении экстремума для НЧ_{Ag} [4, 5].

Существенные различия спектральных кривых на рис. 1, показывают зависимость синтеза НЧ_{Ag} от Redox потенциала восстановителя. Следует отметить, что восстановление более слабыми восстановителями (образцы № 3–5) происходит только в щелочной среде, при повышенной температуре и концентрациях в 3–10 раз превышающих концентрацию боргидрида натрия.

Использование сильного восстановителя тетрагидробората натрия характеризуется спектральной кривой с максимумом при 400 нм и полушириной $W_{1/2}$ 25 нм (кривая 1), что свидетельствует о его высокой активности в нейтральной среде при комнатной температуре (см. табл. 1).

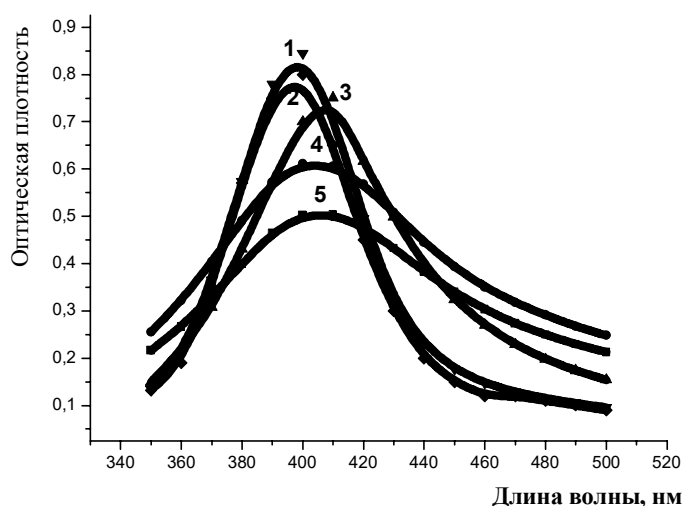


Рис. 1. Спектры поглощения наночастиц серебра, синтезированных при концентрации AgNO_3 ($0,6 \cdot 10^{-2}$ М) в присутствии восстановителей. Обозначения кривых соответствуют условиям синтеза в табл. 1.

Практически полное совпадение кривых 1 и 2 на рис. 1 указывает, что присутствие полиэлектролита при синтезе не приводит к уменьшению образования НЧ_{Ag} в вод-

ной дисперсии. Узкие симметричные полосы в области поверхностного плазмонного резонанса (ППР) наночастиц серебра при данных условиях синтеза свидетельствуют об однородности формируемых металлических частиц.

Восстановление глюкозой (кривая 3), дитионитом натрия (кривая 4) или тиосульфатом натрия (кривая 5) характеризуется смещением ППР в длинноволновую область спектра (до 410 нм) при одновременном увеличении $W_{1/2}$ до 30–45 нм. Такие изменения свидетельствуют об агрегировании наночастиц, расширении диапазона их распределения по размерам.

Сделанные выводы подтверждаются результатами фотонной корреляционной спектроскопии (см. табл. 1).

Проведенные исследования показали, что для формирования частиц серебра с наименьшими размерами необходимо использовать восстановитель с наиболее отрицательным редокс-потенциалом – боргидрид натрия, что обеспечивает условия для появления в объеме раствора на начальной стадии процесса значительного числа зародышей металлической фазы. Кроме того, по данным работы [6] в присутствии боргидрида натрия наблюдается ингибирование поверхности частиц по отношению к реакции автокаталитического восстановления в них ионов Ag^+ , что приводит к прекращению роста образующихся на начальной стадии малых частиц серебра. Поэтому частицы серебра, получаемые с использованием $NaBH_4$, характеризуются узким распределением по размерам.

Очень перспективным и приемлемым для практического применения является способ химического восстановления солей серебра в присутствии природных высокомолекулярных соединений (так называемый «зеленый синтез»). Интересной нам представлялась возможность использования при формировании НЧ серебра экстрактов лубяных волокон. Было установлено, что экстрагируемые из лубяных культур соединения способны обеспечивать агрегативную устойчивость коллоидных растворов серебра, а при создании необходимых условий - участвовать и в окислительно-восстановительных процессах.

Экстракты лубяных волокон получали путем обработки сурового волокна раствором гидроксида натрия ($5-25 \cdot 10^{-2}$ моль/л) при температуре 40–100 °С в течение 30–60 минут в жидкостном термостате. В качестве лубяных волокон использовали: коноплю (пеньку) промышленных сортов однодомной конопли «Диана» (среднерусский экотип) и «ЮСО-31» (южно-созревающий экотип), произведенное в фермерском хозяйстве Симанцино (Пензенская обл.) и короткое льноволокно номер 3 получено со льноперерабатывающего завода Омской области «Знаменский лен». Синтез НЧ в предварительно подготовленных экстрактах проводили при 90 °С, концентрация $AgNO_3$ составляла $0,6 \cdot 10^{-2}$ М. Чтобы избежать влияние щелочности на процесс восстановления нитрата серебра, экстракты перед реакцией синтеза нейтрализовали до pH 7,5–8,0.

На рис. 2–4 представлены зависимости динамики формирования наночастиц серебра от выхода примесей в экстракт из конопляных волокон Диана и ЮСО-31 и льноволокна после обработки волокнистой массы щелочными растворами.

Для всех трех видов лубяных волокон очевидна взаимосвязь эффективности процесса восстановления наночастиц серебра от количественного содержания примесей в экстракте. При увеличении концентрации гидроксида натрия в варочном растворе от 2 до 10 г/л интенсивность максимума полосы поглощения повышается, а сама полоса сужается (кривые 1–5). Это связано как с получением более концентрированных экстрактов примесей волокна, так и с тем, что щелочь разрушает выделенные из волокна примеси, вызывает глубокие трансформации в их структуре, сопровождающиеся значительным увеличением функциональных групп, за счет которых происходит восстановление ионов серебра.

Введение соли серебра в экстракт, полученный при концентрации щелочи 2 и 4 г/л приводит к появлению в электронных спектрах симметричной полосы поглощения с широким максимумом в области 420–440 нм слабой интенсивности (кривые 1 и 2). Появление низкоинтенсивных полос поглощения вызвано образованием первичных центров металлического серебра [7]. В данных условиях уже начинается стадия восстановления Ag^+ , но оно не получает существенного развития и число образующихся восстановительных центров $Ag(0)$ незначительно. По мере увеличения концентрации щелочного агента от 6 до 10 г/л в экстракт из конопли извлекается практически полностью гемицеллюлоза, больше половины пектинов и лигнина (рис. 3б, 4б), что приводит к резкому увеличению восстановительной способности системы. В результате на электронных спектрах формируется интенсивная симметричная полоса выраженной колоколообразной формы с λ_{max} 400–420 нм (кривая 5, рис. 3 и 4), обусловленная плазмонным резонансом наночастиц серебра [8,9].

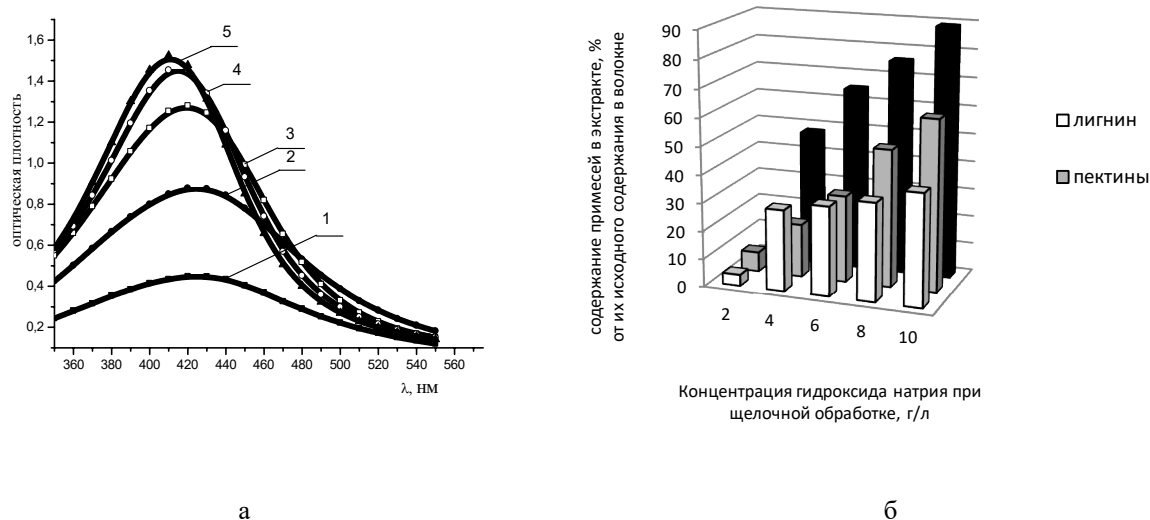


Рис. 2. Спектры поглощения НЧ серебра, синтезированные в присутствии экстракта, выделенного из конопляного волокна Диана (а) при 100 °С и концентрации гидроксида натрия, г/л: 1 – 2; 2 – 4; 3 – 6; 4 – 8; 5 – 10. Зависимость содержания примесей в экстракте волокна Диана (б) от концентрации гидроксида натрия в растворе

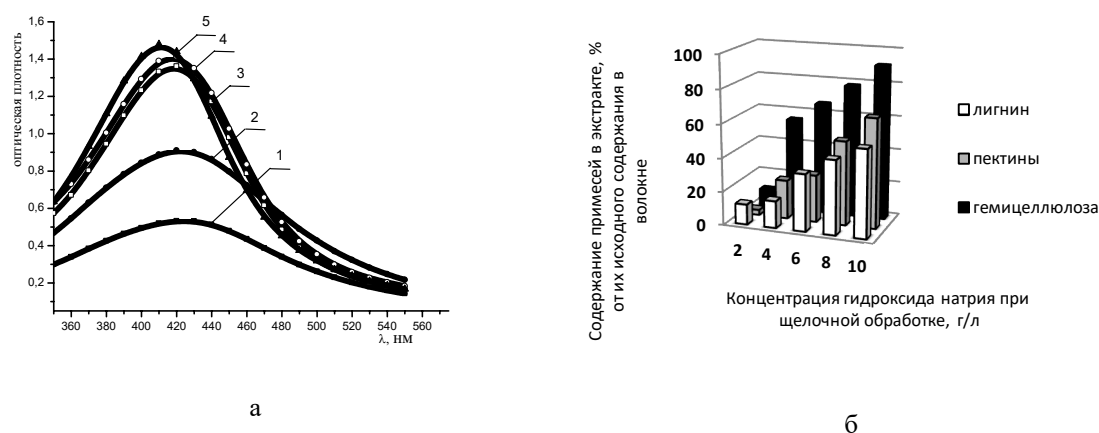
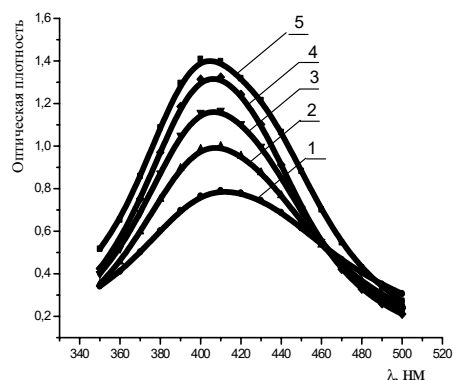
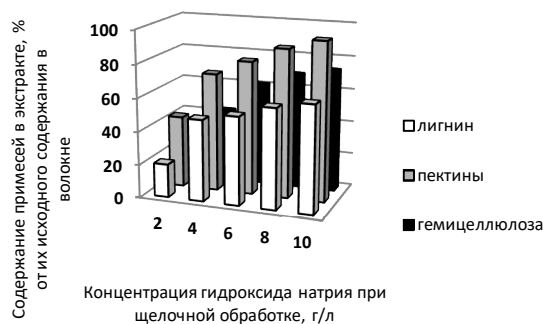


Рис. 3. Спектры поглощения НЧ серебра, синтезированные в присутствии экстракта, выделенного из конопляного волокна ЮСО-31 (а) при 100 °С и концентрации гидроксида натрия, г/л: 1 – 2; 2 – 4; 3 – 6; 4 – 8; 5 – 10. Зависимость содержания примесей в экстракте волокна ЮСО-31 (б) от концентрации гидроксида натрия в растворе

Напротив, при химической модификации льноволокна образующийся в растворе комплекс редуцирующих веществ за счет извлечения примерно равных количеств гемицеллюлозы, пектинов и лигнина (рис. 2б), при низкой концентрации щелочного агента 2 г/л, может выступать в качестве восстановителя (кривая 1, рис. 2а). Увеличение концентрации гидроксида натрия в варочном растворе от 4 (кривая 2) до 10 г/л (кривая 5) приводит к значительному увеличению функциональных групп, способных восстанавливать серебро. Наибольший вклад в восстановительную способность системы, выделенной из льноволокна, преимущественно вносят пектиновые соединения и гемицеллюлоза.



а



б

Рис. 4. Спектры поглощения НЧ серебра, синтезированные в присутствии экстракта, выделенного из льняного волокна (а) при 100 °С и концентрации гидроксида натрия, г/л: 1 – 2; 2 – 4; 3 – 6; 4 – 8; 5 – 10. Зависимость содержания примесей в экстракте льняного волокна (б) от концентрации гидроксида натрия в растворе

Интересным представлялось оценить уровень биоактивности синтезированных в разных условиях серебросодержащих препаратов. Фотографии на рис. 4, характеризующие количество микроорганизмов, сохраняющих свою жизнедеятельность вблизи антимикробных препаратов, являются наглядным подтверждением воздействия реагентов на микробиологические культуры. Ореолы вокруг образцов (зоны ингибирования) различаются по диаметру, что является доказательством различной эффективности препаратов.

Известный факт, что наночастицы серебра (образец № 1) с различной эффективностью воздействуют на тест-культуры, проявляют более высокую активность по отношению к грамположительными культурам в сравнении с грамотрицательными доказывается и представленными фото.

Однозначно можно сделать вывод о высокой эффективности препарата №2. Включение в стабилизирующую оболочку наночастиц серебра КПЭ приводит к синергетическому усилению биологической активности реагентов. Наличие в оболочке Ag^0 положительно заряженных групп способствует адсорбции частиц на отрицательно заряженной поверхности клетки, усиливает их взаимодействие с клеточной мембраной, приводит к её дестабилизации, нарушению транспортных и барьерных функций. Кроме того, присутствие отрицательно заряженного целлюлозного материала (при соприкосновении с водной фазой целлюлозный материал приобретает отрицательный заряд) за счет электростатического взаимодействия происходит образование локальных высоких концентраций комплекса $НЧ_{Ag} - КПЭ$ и их сорбция на поверхности материала.

Следует обратить внимание на достаточно высокие антимикробные эффекты материалов, которые обеспечены при использовании препарата № 3, синтезированного

экономичным методом при использовании экологически безопасных природных соединений.

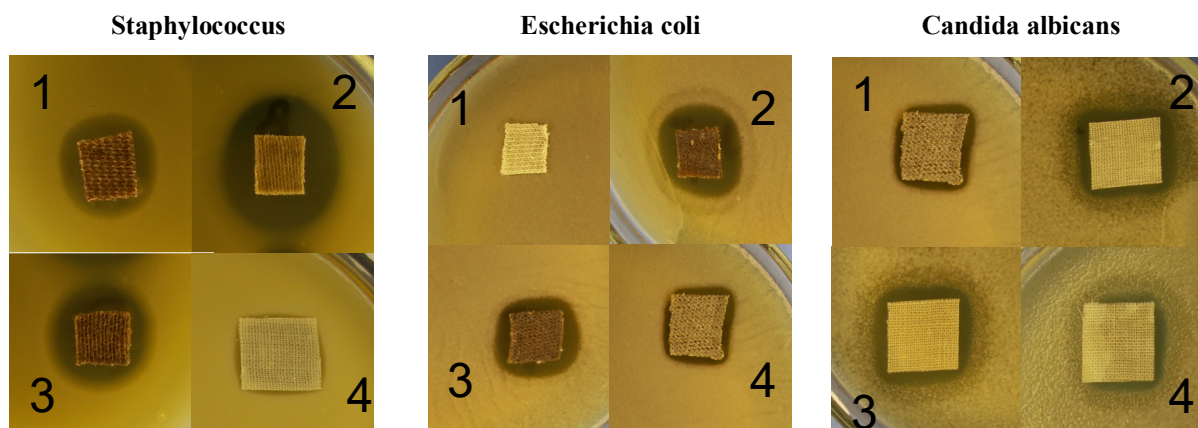


Рис.5. Влияние целлюлозных матриц, модифицированных золями серебра на зоны задержки роста тест-культур. Номера образцов см. в табл. 3

Таблица 3. Показатели устойчивости к микробиологическому разрушению текстильных материалов

№ образца	Способ синтеза	Показатели устойчивости материалов, обработанных препаратами с НЧ_{Ag} при культивировании естественного комплекса микрофлоры		
		обрастание плесневыми грибами, балл	наличие специфического запаха	Коэффициент устойчивости к биодеструкции, %
Бязь отбеленная				
	исходная (необработанная)	0	+	20
1	Химическое восстановление	0	–	80
2	Химическое восстановление в присутствии КПЭ	0	–	96
3	Восстановление в экстракте льна	0	–	90
4	Восстановление в экстракте конопли	0	–	82
Брезент суровый				
	исходный (необработанный)	4	+	5
1	Химическое восстановление	0	–	75
2	Химическое восстановление в присутствии КПЭ	0	–	95
3	Восстановление в экстракте льна	0	–	88
4	Восстановление в экстракте конопли	0	–	80

Сравнительную оценку биозащищенности изготовленных экспериментальных образцов отбеленной хлопчатобумажной ткани и суровой льно-хлопковой ткани брезент с различными серебросодержащими препаратами проводили в условиях 14-дневного выдерживания в агрессивной биосистеме (почвенной микрофлоре).

Как видно из данных табл. 3, ткани, не обработанные препаратами, разрушаются практически полностью. Коэффициенты устойчивости данных образцов к биодеструк-

ции составляют 5–20 %. В аналогичных условиях экспериментальные образцы, модифицированные препаратами, синтезированными химическим способом в присутствии КПЭ или в экстракте из лубяных волокон, проявляют высокую стойкость к биоразрушению и их коэффициенты устойчивости превышают норматив, установленный ГОСТ 9.060 (не менее 80 %).

Несколько хуже защищает ткани препарат, синтезированный по 1 способу. Очевидно, для достижения более высокого уровня защиты необходимо увеличение концентрации серебра.

Следовательно, регулированием процессов синтеза нанообъектов можно в значительной степени изменять антимикробную активность препаратов серебра и получать целлюлозосодержащие материалы с регулируемым спектром антимикробного действия биоцидов и функционализированных ими изделий, с необходимой массоотдачей активного вещества для обеспечения эффективного и длительного защитного действия.

Спектральные исследования выполнены на оборудовании центра коллективного пользования «Верхневолжский региональный центр физико-химических исследований».

ЛИТЕРАТУРА

1. Вишнякова Е.А., Сайкова С.В., Жарков С.М. и др. // Journal of Siberian Federal University. Chemistry. 2009. 1. – Р. 48–55.
2. Кричевский Г.Е. Химическая технология текстильных материалов : учеб. Пос. для вузов в 3-х томах. Т. 2 Колорирование текстильных материалов / Г.Е. Кричевский. – М.: Росс.заоч. ин-т текстильной и легкой промышленности. 2001. – 540 с.
3. Мальцева Н.Н., Хаин В.С. Борогидрид натрия. М.: Наука, 1985. 209 с.
4. Помогайло А.Д., Розенберг А.С., Уфлянд И.Е. Наночастицы металлов в полимерах. М.: Химия. 2000 г. 671 с.
5. Рогач А.Л., Хвалюк В.Н., Гурин В.С. // Коллоидный журнал. 1994. Т. 56. № 12. С. 276–278.
6. Левчук Т.А. Дисс. ... канд.хим. наук. Минск, 1981 г.
7. Kotelnikova N.E., Paakkari T., Serimaa R. //Macromil. Symp. 1997. N.114. P.165.
8. Дымникова Н.С., Ерохина Е.В., Кузнецов О.Ю., Морыганов А.П. // Российский химический журнал. 2017. Т. LXI. № 2. С. 3–12.
9. Грищенко Л.А., Медведева С.А., Александрова Г.П., Феоктистова Л.П., Сапожников А.Н., Сухов Б.Г., Трофимов Б.А. // Журнал общей химии. 2006. Т. 76. № 7. С. 1159–1165.

Работа выполнена в рамках госконтракта с Министерством науки и высшего образования Российской Федерации № 01201260484 и гранта РФФИ № 13-03-12065 офи_м.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕЛОМЕРОВ ПОЛИТЕТРАФТОРЭТИЛЕНА
ДЛЯ ГИДРОФОБИЗАЦИИ ПОЛИЭФИРНЫХ
ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**USE OF POLYTETRAFTORETHYLENE TELOMERS FOR
HYDROPHOBIZATION OF POLYESTER FIBROUS MATERIALS**

Ерзунов К.А.¹

Ивановский государственный химико-технологический университет,
153000, Россия, г. Иваново, пр. Шереметевский, д. 7

Erzunov K.A.

IvanovoStateUniversityofChemistryandTechnology,
7, SheremetievskiyAvenue, Ivanovo, 153000

E-mail:erzunovk@mai.ru

Представлен способ формирования на полиэфирной ткани покрытия на основе теломеров тетрафторэтилена. Дано представление о морфологии ткани с покрытием, сформированным на основе теломеров тетрафторэтилена и покрытием после деформационного воздействия на образцы. Описаны способы предварительной активации ткани. Исследованы гидрофобные свойства модифицированной полиэфирной ткани.

Ключевые слова: теломеры тетрафторэтилена, радиационно-инициируемый синтез, полиэфирное волокно, предварительная активация, гидрофобность, шероховатость, краевой угол смачивания, водопоглощение.

A method for forming telomere-based coatings on polyester fabric is presented. An understanding is given of the morphology of coated fabric formed on the basis of telomeres of tetrafluoroethylene and the coating after deformation effects on the samples. Describes how to pre-activate tissue. The hydrophobic properties of the modified polyester fabric are investigated.

Keywords: tetrafluoroethylene telomeres, radiation-induced synthesis, polyester fiber, pre-activation, hydrophobicity, roughness, wetting angle, water absorption.

В настоящее время активно проводятся исследования модифицирования синтетических волокон, целью которых является получение материалов, обладающих сочетанием высоких качественных характеристик и новых специальных потребительских свойств. Задача является сложной, поскольку наиболее востребованные волокна (полиэфирные, полипропиленовые) отличаются высокой химической инертностью и плотностью структуры. Большое внимание уделяется процессам модифицирования, основанным на формировании на поверхности волокон наноразмерных покрытий. Перспективным модификатором для волокнистых материалов может быть политетрафторэтилен (ПТФЭ), обладающий рядом уникальных характеристик: высокая гидро- и лиофобность, отличная термическая, климатическая и химическая стойкость, рекордно низкий коэффициент трения, устойчивость к старению, нетоксичность и биосовместимость [1].

¹ Работа выполнена под руководством д.т.н., гл.н.сотр. ИХР РАН Пророковой Н.П. и к.т.н., н.с. ИХР РАН Кумеевой Т.Ю.

Вместе с тем химическая инертность, нерастворимость, низкие адгезионные свойства ПТФЭ существенно осложняют его применение, а потому ведутся работы, направленные на создание на его основе материалов с достоинствами фторполимера, но лишенные его недостатков. Серьезный теоретический и практический интерес представляют способы придания полиэфирным волокнам устойчивой гидрофобности за счет формирования на их поверхности тонкого фторполимерного водоотталкивающего покрытия [2, 3].

Настоящая работа посвящена разработке способа модифицирования полиэфирной (ПЭФ) ткани теломерами тетрафторэтилена (ТФЭ), который бы позволял получить покрытие, обладающее высокими гидрофобными свойствами.

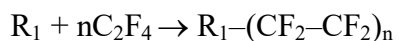
В качестве гидрофобизирующего агента были использованы растворы теломеров тетрафторэтилена, синтезированных с использованием ряда различных телогенов, методом радиационно-иницированной теломеризации под действием γ -излучения ^{60}Co [4–5].

Общий механизм образования теломеров ТФЭ в растворителе включает:

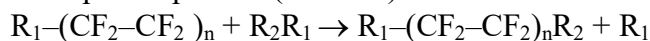
1. Образование активных центров (радикалов) под действием радиационного воздействия (гамма-излучение ^{60}Co):



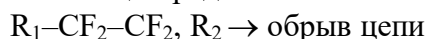
2. Рост полимерной цепи:



3. Передача цепи на растворитель (телоген):



4. Обрыв цепей при рекомбинации радикалов:



В качестве телогенов для реакции теломеризации могут быть использованы ацетон, хлористый бутил, триметилхлорсилан, четыреххлористый углерод, хлороформ, хлористый метилен, фторбензол, трифтортрихлорэтан и др. [6].

Нанесение теломера ПТФЭ на тканевую основу производили методом одно-, двух-, трех- и четырехкратного погружения.

Представления о морфологии покрытия следуют из изображений, полученных методом атомной силовой микроскопии (АСМ), представленных на рис. 1. Как видно, поверхность фторполимерного покрытия на нитях полиэфирной ткани, сформированного из растворов теломеров ТФЭ, отличается заметной неравномерностью - «островковостью».

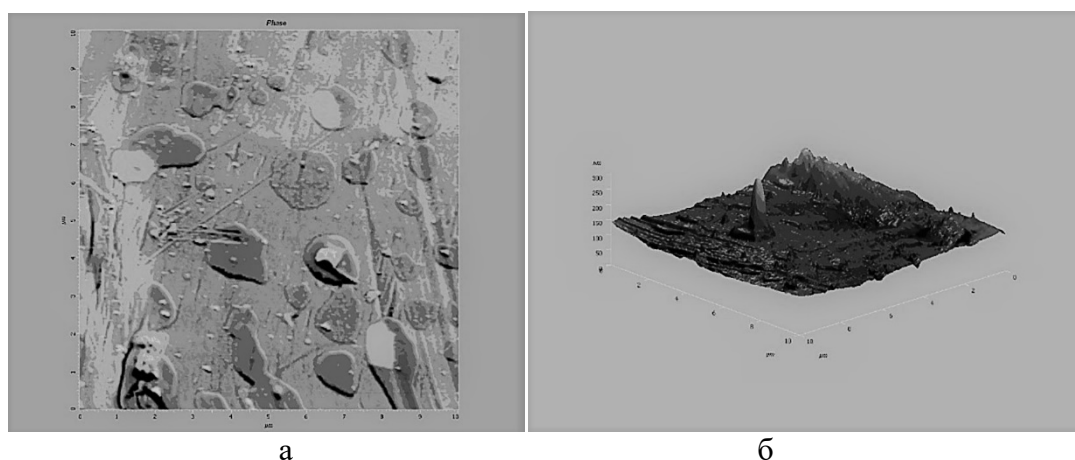


Рис. 1. АСМ-изображения поверхности 10×10 мкм полиэфирной ткани с покрытием, сформированным на основе теломеров ТФЭ: а – фазовое представление; б – 3D представление. Размеры образований: диаметр «островков» – $0,75\text{--}1,5$ мкм; высота – $4\text{--}9$ нм; высота конических образований – $10\text{--}20$ нм

Для повышения качества покрытия и удаления с поверхности ткани части непрочного зафиксированного модификатора подвергали образцы деформационному воздействию [7]. На рис. 2 видно, что после воздействия покрытие модифицированной ткани не становится полностью гладким, а обладает наношероховатостью. По сравнению с исходным образцом, происходит перераспределение покрытия.

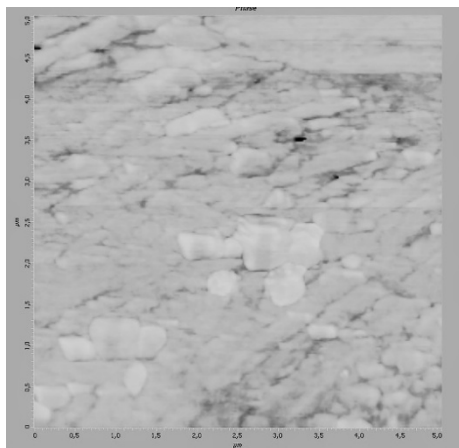


Рис. 2. АСМ-изображение поверхности полиэфирной ткани с покрытием, сформированным на основе теломеров ТФЭ, после истирающего воздействия

В связи со значительным влиянием микрорельефа поверхности волокон на степень гидрофобности ткани осуществляли предварительную модификацию ПЭФ ткани в целях увеличения её микрошероховатости. На основании предварительных экспериментов для активации ПЭФ ткани были выбраны обработка раствором гидроксида натрия (химическая активация) [8] и обработка поверхностно-барьерным разрядом (плазменная активация) [9]. Для химической активации ПЭФ ткани её обрабатывали раствором гидроксида натрия (NaOH). О воздействии предварительной активации на поверхность полиэтилентерефталатного материала можно судить по микрофотографии модифицированной ПЭФ пленки, представленной на рис. 3.

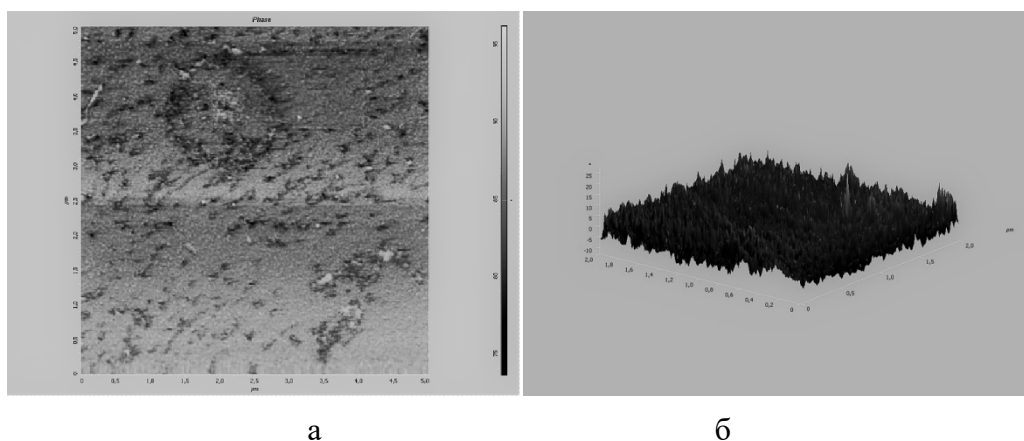


Рис. 3. АСМ – изображение ПЭФ пленки, подвергнутой химическому модифицированию:
а – фазовое представление; б – 3D представление.
Средняя высота шероховатостей 3–5 нм, длина впадин – 300 нм

Из рисунка следует, что полиэфирная ткань после предварительной активации приобретает большую, по сравнению с исходным образцом, шероховатость.

Гидрофобные свойства модифицированной полиэфирной ткани количественно характеризовали краевым углом смачивания, а также значениями водопоглощения модифицированной ткани.

Краевые углы смачивания определяли методом проецирования капли на экран. Краевой угол определяли, как угол между касательной, проведенной к поверхности смачивающей жидкости, и смачиваемой поверхностью твердого тела, при этом его считывали от касательной в сторону жидкой фазы. Касательную проводили через точку соприкосновения трех фаз.

Было установлено, что для всех образцов модифицированной полиэфирной ткани наблюдаются высокие значения краевого угла смачивания (120–150°), т.е. ткань приобретает ультрагидрофобность. Истирающее воздействие на ткань с покрытием на основе теломеров приводит к дополнительному (на 10–15°) повышению краевого угла смачивания. Это, вероятно, связано с удалением части непрочного зафиксированного полимера и перераспределением покрытия, что способствует ликвидации дефектов его структуры. Кроме того, при обработке ткани растворами теломеров ТФЭ ткань приобретает очень низкие показатели водопоглощения, что свидетельствует о ее способности длительное время противостоять воздействию влаги.

Таким образом, было показано, что полиэфирная ткань, модифицированная растворами теломеров тетрафторэтилена, синтезированных с использованием различных телогенов, приобретает повышенные гидрофобные свойства, которые характеризуются высокими значениями краевых углов смачивания и низкими значениями водопоглощения. Полученные свойства являются устойчивыми к интенсивному истирающему воздействию.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ и Ивановской области в рамках научного проекта р_центр_а № 18-48-370005.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бузник, В.М. Состояние отечественной химии фторполимеров и возможные перспективы развития / В.М. Бузник // Рос. Хим. ж. (Ж. Рос.хим. об-ва им. Д.И. Менделеева). – 2008. – Т. 52, №3. – С. 7–12.
2. Кричевский, Г.Е. Химическая технология текстильных материалов / Г.Е. Кричевский. М.: РосЗИТЛП, 2001. – Т.3, 298 с.
3. Пророкова, Н.П. Придание полиэфирным текстильным материалам высокой гидрофобности обработкой их раствором теломеров тетрафторэтилена / Н.П. Пророкова [и др.] // Химические волокна. – 2010. – №2. – С. 25–30.
4. Теломеризация тетрафторэтилена в ацетоне, инициированная γ -лучами ^{60}Co и радикальными инициаторами. Растворимые теломеры / Д.П. Кирюхин [и др.] // Высокомолек. соед. А. – 1982. – Т. 24. – № 2. – С. 307–311.
5. Кирюхин, Д.П. Радиационно-химический синтез теломеров тетрафторэтилена и их использование для создания тонких защитных фторполимерных покрытий / Д.П. Кирюхин [и др.] // Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева). – 2008. – Т. 52. – № 3. – С. 66–72.
6. Кирюхин Д.П. Радиационно-химический синтез и свойства теломеров тетрафторэтилена во фторсодержащих растворителях / Д.П. Кирюхин [и др.] // Известия Академии наук. Серия химическая. – 2013. – № 7. – С. 1–7.
7. Кумеева, Т.Ю. Гидрофобизация полиэфирных текстильных материалов растворами теломеров тетрафторэтилена, синтезированными в ацетоне и хлористом бутиле: свойства и структура покрытий / Т.Ю. Кумеева, Н.П. Пророкова, Г.А. Кичигина // Физикохимия поверхности и защита материалов. – 2015. – Т. 51. №4. – С. 428–435.

8. Пророкова, Н.П. Химический способ поверхностной активации волокнистых материалов на основе полиэтилентерефталата. Часть 1. Исследование действия растворов гидроксида натрия и препаратов на основе четвертичных аммониевых солей / Н.П. Пророкова, А.В. Хорев, С.Ю. Вавилова // Хим. волокна, 2009. № 3. – С. 11–16.
9. Пророкова, Н.П. Модифицирование поверхностно-барьерным разрядом полиэфирных волокнистых материалов в целях улучшения их гидрофильности / Н.П. Пророкова, Т.Ю. Кумеева, С.М. Кузьмин, И.В. Холодков // Журнал прикладной химии. 2016. Т. 89, вып. 1. – С. 119–127.

УДК 677.12: 54.057

ПРИМЕНЕНИЕ ЭКСТРАКТОВ КОНОПЛИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНОГО НАНОСЕРЕБРА

THE USE OF EXTRACTS OF CANNABIS SATIVA FOR PRODUCTION OF BIOLOGICALLY ACTIVE NANO-SILVER

Ерохина Е.В., Дымникова Н.С.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт химии растворов
им. Г.А. Крестова Российской академии наук
153045, Россия, г. Иваново, ул. Академическая, д. 1

Erochina E.V., Dymnikova N.S.

G.A. Krestov Institute of Solution Chemistry of the Russian Academy of Sciences,
153045, Russia, Ivanovo, st. Academicheskaja, 1.

erochina2007@yandex.ru

*Изучен процесс формирования наночастиц серебра в экстрактах из конопляного волокна. Установлена взаимосвязь эффективности процесса восстановления ионов серебра от количественного содержания примесей в экстракте. Методом фотонной корреляционной спектроскопии определены размеры образующихся частиц. Доказано, что антимикробная активность синтезированных золь в отношении основных возбудителей хирургической инфекции (*Staphylococcus aureus* и *Escherichia coli*) зависит от условий проведения синтеза.*

Ключевые слова: наночастицы серебра, экстракт конопляного волокна, антимикробные свойства.

*When silver nitrate is reduced in hemp fiber extracts of various degrees of chemical modification, silver nanoparticles are obtained. They are stable colloidal solutions of dark brown color with a diameter of nanoparticles of ... nm. The relationship between the efficiency of the silver ion reduction process and the amount of impurities in the extract was established. The antimicrobial activity of the synthesized sols is proved by the example of the inhibition of the activity of the bacteria *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*.*

Keywords: silver nanoparticles, hemp fiber extract, antimicrobial properties.

О возможности применения наночастиц (НЧ) серебра для придания медицинским материалам антимикробности, техническим материалам - биозащищенности сообщается в многочисленных источниках [1, 2]. Наиболее перспективным методом синтеза золей наносеребра является химическое восстановление солей серебра в присутствии природных высокомолекулярных соединений (так называемый «зеленый синтез»), которые могут выступать одновременно в роли восстановителя металла и матрицей образующихся частиц. Более того, обладая собственной биологической, а иногда и физиологической активностью, природные полимеры снижают токсичность металлов, сообщают им лечебные свойства. Известны способы восстановления солей серебра экстрактами листьев березы, крапивы, цветов ромашки, плодов шиповника и др. [3–5]. Авторами доказано, что восстановление ионов серебра до нульвалентного состояния осуществляется за счет альдегидных групп, которые появляются в результате щелочной деструкции макромолекулы полисахарида.

Проведенные ранее авторами исследования по синтезу НЧ серебра в экстрактах льняного волокна позволили установить возможность применения данного метода для получения золей серебра без использования дополнительных восстановителей и стабилизаторов.

Целью данной работы является оценка возможности использования природных примесей конопляных волокон в реакции восстановления ионов серебра, и определение антимикробной активности получаемых гидрозолей.

Необходимые для восстановительного процесса альдегидные, карбоксильные и спиртовые группировки содержатся в естественных спутниках целлюлозы волокон конопли: пектиновых соединениях, гемицеллюлозе и лигнине, большая часть которых (~70 %) дислоцирована в срединных пластинках, соединяющих элементарные волокна. Необходимым этапом облагораживания конопляных волокон перед белением или крашением (после механического разволокнения и очистки) является извлечение этих спутников в процессе отварки (химической очистке от примесей и модификации) волокнистой массы.

Экстракцию примесей из предварительно очищенного от костры и промытого сурового волокна проводили в растворе гидроксида натрия концентрации 2–10 г/л при температуре 40–100 °С в течение 30 мин. при модуле ванны 10.

Синтез НЧ проводили при 90 °С, концентрация AgNO_3 составляла $0,6 \cdot 10^{-2}$ М. Для того, чтобы избежать влияние щелочности на процесс восстановления нитрата серебра, экстракты перед реакцией синтеза нейтрализовали до pH 7,5–8,0. Процесс получения НЧ серебра контролировали с использованием методов спектрофотометрии по наличию полосы плазмонного резонанса, характеризующей присутствие в растворе НЧ серебра (41–420 нм).

На рисунке представлена зависимость динамики формирования наночастиц серебра от выхода примесей в экстракт конопли после обработки волокнистой массы щелочными растворами.

Из представленной диаграммы следует, что действие гидроксида натрия распространяется, главным образом, на примеси углеводного характера – гемицеллюлозы. Значительная часть кислотонерастворимого лигнина Класона (48–60 %), даже при высокой концентрации щелочи, остается в волокне, препятствуя растворению срединных пластинок и дроблению комплексного волокна.

По данным спектрофотометрических исследований очевидна взаимосвязь эффективности процесса восстановления наночастиц серебра от количественного содержания примесей в экстракте. При увеличении концентрации гидроксида натрия в варочном растворе от 2 до 10 г/л интенсивность максимума полосы поглощения повышается, а сама полоса сужается (кривые 1–5). Это связано как с получением более концентрированных экстрактов примесей волокна, так и с тем, что щелочь разрушает выделенные из волокна

примеси, вызывает глубокие трансформации в их структуре, сопровождающиеся значительным увеличением функциональных групп, за счет которых происходит восстановление ионов серебра.

Введение соли серебра в экстракт, полученный при концентрации щелочи 2 и 4 г/л приводит к появлению в электронных спектрах симметричной полосы поглощения с широким максимумом в области 420–440 нм слабой интенсивности (кривые 1 и 2). Появление низкоинтенсивных полос поглощения вызвано образованием первичных центров металлического серебра. В данных условиях уже начинается стадия восстановления Ag^+ , но оно не получает существенного развития и число образующихся восстановительных центров $Ag(0)$ незначительно. По мере увеличения концентрации щелочного агента от 6 до 10 г/л в экстракт из конопли извлекается практически полностью гемицеллюлоза, больше 60 % пектинов и ~ 50 % лигнина (рис. 1б), что приводит к резкому увеличению восстановительной способности системы. В результате на электронных спектрах формируется интенсивная симметричная полоса выраженной колоколообразной формы с λ_{max} 400–420 нм (кривая 5, рис. 1 и 2), обусловленная плазмонным резонансом наночастиц серебра.

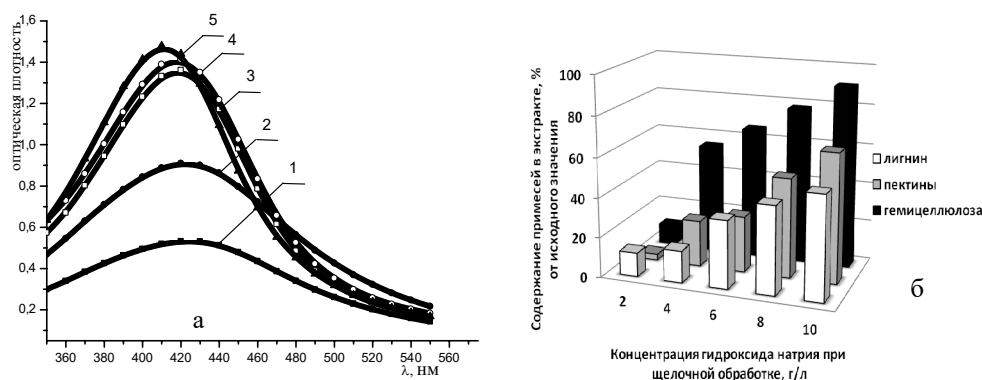


Рис. Спектры поглощения НЧ серебра, синтезированные в присутствии экстракта, выделенного из конопляного волокна (а) при 100 °С и концентрации гидроксида натрия, г/л: 1 – 2; 2 – 4; 3 – 6; 4 – 8; 5 – 10. Зависимость содержания примесей в экстракте волокна (б) от концентрации гидроксида натрия в растворе

Анализ спектральных кривых фракционного распределения, полученных методом динамического рассеяния света, показывает, что в препарате серебра, полученном в малощелочном экстракте из конопляных волокон, примерно равное количество частиц с радиусом (включая оболочку стабилизатора) до 20 нм и более 100 нм. Синтез в сильнощелочных экстрактах исследуемого конопляного волокна позволяет получать частицы малого размера, не более 30 нм (рис. 4–6б).

В результате проведенных микробиологических исследований по зонам задержки роста тест-культур к тест-культурам *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* и *Candida albicans* установлено, что золи серебра, синтезированные в экстракте, полученном при высокой концентрации щелочи, обладают высокой активностью по отношению к данным видам микрофлоры. В случае *Staphylococcus* зоны ингибирования вблизи НЧ зоны задержки роста составляют 5,0–12,0 мм, в случае *Escherichia coli* – 2,4–4 мм. Золи, полученные в менее концентрированном экстракте, проявляют значительно меньшую активность по отношению к *Staphylococcus* и лишь бактериостатическую – к *Escherichia coli*.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арсентьева И.П., Зотова Е.С., Фолманис Г.Э. *Нанотехника. Спец. выпуск «Нанотехнологии – медицине»*, 2007, № 2 (10). С. 72–77.
2. Щербаков А.Б., Корчак Г.И., Сурмашева Е.В. *Фармацевтический журнал*, 2006, № 5. С. 45–57.
3. Varma R.S., Nadagouda M.N. Green synthesis of silver and palladium nanoparticles at room temperature using coffee and tea extract // *Green Chem.* 2008. V. 10. P. 859–862.
4. Ravindra S., Murali Mohan Y., Narayana Reddy N., Mohana Raju K. Fabrication of antibacterial cotton fibres loaded with silver nanoparticles via "Green Approach" // *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects.* 2010. V. 367. P. 31–40.
5. Begum N.A., Mondal S., Basu S., Laskara R.A., Mandal D. Biogenic synthesis of Au and Ag nanoparticles using aqueous solutions of Black Tea leaf extracts // *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces.* 2009. V. 71. P. 113–118.

УДК 004.932.2

СИСТЕМА КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УГЛА ПЛЕТЕНИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ ПРЕФОРМ

A COMPUTER VISION SYSTEM FOR THE BRAID ANGLE MEASUREMENT OF TEXTILE PREFORMS

Ершов С.В., **Калинин Е.Н.****

*Ивановский государственный политехнический университет
153000, Россия, г. Иваново, пр. Шереметевский, д. 21

Ershov S.V., **Kalinin E.N.****

*Ivanovo State Polytechnical University
153000, Russia, Ivanovo, Sheremetievskiy Avenue, 21

E-mail: ershovsv.iv@yandex.ru

Авторами разработана система компьютерного зрения, которая позволяет определять величину угла плетения текстильных преформ по изображениям их поверхности. В программном алгоритме системы использован метод анализа изображений, основанный на математическом аппарате преобразования Фурье. Система испытана на трех образцах текстильных преформ, изготовленных с разным углом плетения, для которых средствами разработанной системы определен угол плетения.

Ключевые слова: текстильные преформы; угол плетения; компьютерное зрение; преобразование Фурье.

The authors developed a computer vision system that allows to measure the braid angle of textile preforms using their surface images. In the program algorithm of the system the method of image analysis based on the Fourier transform was used. The developed system was tested on three samples of braided preforms made with a different braid angle, for which the braid angle was determined using the developed system.

Keywords: textile preforms, braid angle, computer vision, Fourier transform.

В настоящее время все больший интерес представляет разработка и внедрение интеллектуальных систем компьютерного зрения в технологические процессы производства текстильных материалов. Этому, прежде всего, способствует быстрое увеличение объемов производства полимерных композиционных материалов (ПКМ) на основе волокнистых армирующих структур и текстильных преформ, которые все больше используются в качестве конструкционных материалов во многих отраслях промышленности.

К изделиям из ПКМ предъявляются жесткие требования соответствия их физико-механических свойств заданным требованиям, а, следовательно, такие же высокие требования предъявляются и к армирующим их волокнистым структурам. При этом изменение структурных характеристик волокнистых материалов и контроль их качества в масштабах производства до сих пор выполняется вручную человеком, что приводит к неизбежным ошибкам из-за человеческого фактора. Большим недостатком таких традиционных методов измерения и контроля также является невозможность их использования непосредственно в процессе производства волокнистого материала.

Разработка интеллектуальных систем компьютерного зрения и их внедрение в технологические процессы производства текстильных материалов позволят устранить эти недостатки.

Целью настоящей работы является разработка автоматизированной системы для определения угла плетения текстильных преформ на основе принципов компьютерного зрения, которая в перспективе позволит контролировать величину угла плетения непосредственно в процессе формирования преформы.

Для достижения поставленной цели нами использован метод анализа изображений, в основе которого лежит преобразование Фурье [1]. Данный метод позволяет выполнить разложение цифрового изображения плетеной структуры по спектру, т.е. перевести изображение в область частот, и представить его в виде периодической функции. В спектре изображения, получаемом после преобразования Фурье, низкочастотные компоненты характеризуют области, в которых яркость изображения практически не изменяется, а высокочастотные компоненты образа волокнистой структуры, наоборот, определяют ее интенсивное изменение, и в случае анализа изображений плетеных структур волокна будут преимущественно расположены в направлении, перпендикулярном направлению максимального значения интенсивности спектра, что позволяет определить значение угла плетения. Математический аппарат преобразования Фурье ранее уже был использован нами для определения направленности волокон в нетканых материалах [2,...,4] и дальнейшее совершенствование разработанного алгоритма его реализации позволило нам использовать этот метод для анализа волокнистой структуры плетеных преформ. Процедура обработки изображений плетеных структур и вычисление преобразования Фурье реализовано нами в разработанном программном комплексе с использованием функций в системе Matlab.

Последовательность операций разработанного нами алгоритма обработки и анализа изображений плетеной структуры представлена на рис. 1. Текущее изображение плетеной структуры, полученное с цифровой камеры (рис. 1а), передается в программный комплекс, где предварительно обрабатывается с использованием метода Собеля [5] для идентификации контуров нитей и волокон в плетеной структуре (рис. 1б). В результате волокна, образующие плетеную структуру, представляются как светлые линии на темном фоне, что радикально уменьшает количество избыточной информации, которую приходится анализировать, устраняет шумы в изображении и в итоге позволяет выполнить более точное измерение направленности волокон в плетеной волокнистой структуре. На следующем этапе алгоритма для обработанного изображения вычисляется преобразование Фурье и формируется его частотный спектр (рис. 1в). Распределение значений интенсивности полученного для изображений плетеной структуры спектра

представляется нами в виде графика, который имеет два ярко выраженных пика (рис. 1, г). Угол, которому соответствует каждый пик интенсивности, определяет угол укладки нити μ , зная который можно определить угол плетения θ по следующей формуле [6]:

$$\theta = \frac{|(\mu_1 + 90) - (\mu_2 - 90)|}{2}, \quad (1)$$

Результат определения угла плетения θ представляется в численном виде, а также выводится на экран монитора вместе с изображением, как показано на рис. 1, д. Цифровая шкала и линии укладки нитей, которые добавляются к изображению при выводе на экран, позволяют визуально оценить их направленность и величину угла плетения в преформе.

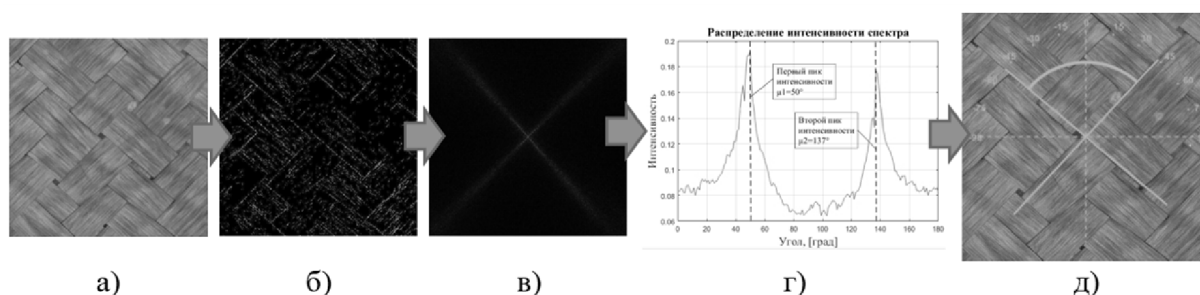


Рис. 1. Алгоритм обработки и анализа изображений плетеной структуры

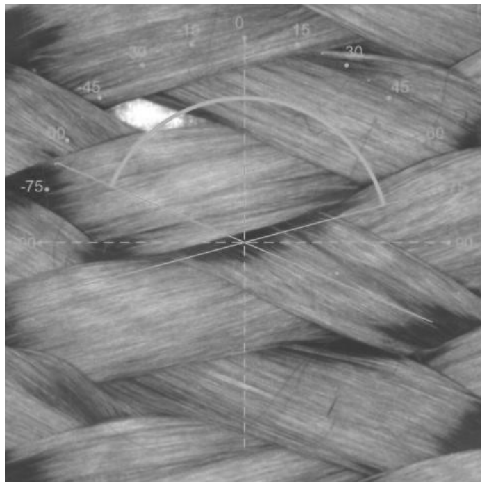
На практике разработанная система компьютерного зрения для измерения угла плетения в текстильных преформах была апробирована на трех образцах плетеных преформ, изготовленных с разным углом плетения. Полученные результаты анализа исследуемых образцов, а именно выводимые на экран значения углов плетения в виде изображений со шкалой для визуальной оценки и построенные диаграммы распределения интенсивности спектра для каждого образца, показаны на рис. 2. Численные значения результатов анализа приведены в таблице.

Таблица. Численные значения результатов анализа

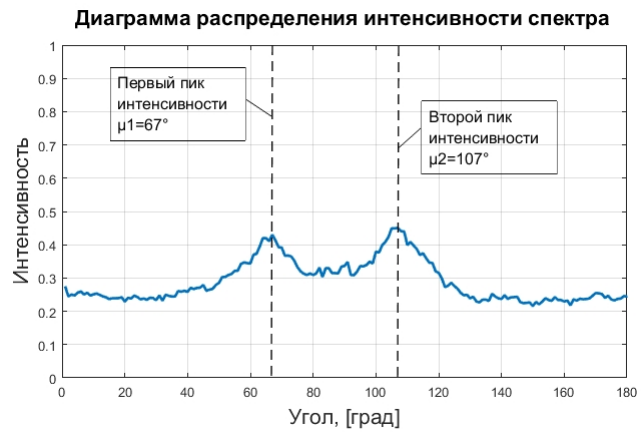
Изображение	Первый пик интенсивности, μ_1 , град	Значение интенсивности для μ_1	Второй пик интенсивности, μ_2 , град	Значение интенсивности для μ_2	Угол плетения, θ , град
2(a1)	67	0,43	107	0,45	70
2(a2)	63	0,35	115	0,32	64
2(a3)	54	0,36	123	0,39	55,5

Таким образом, результаты проведенного нами анализа изображений плетеных структур позволяют сделать вывод об эффективности применения разработанной нами системы компьютерного зрения для определения угла плетения в текстильных преформах. Система позволяет вычислить угол плетения с точностью до $0,5^\circ$, а реализованная в системе форма представления результатов измерения направленности волокон дает возможность выполнять как визуальный контроль угла плетения непосредственно по цифровой шкале на самом изображении, так и получать численные значения результатов анализа, которые могут быть использованы для прогнозирования физико-

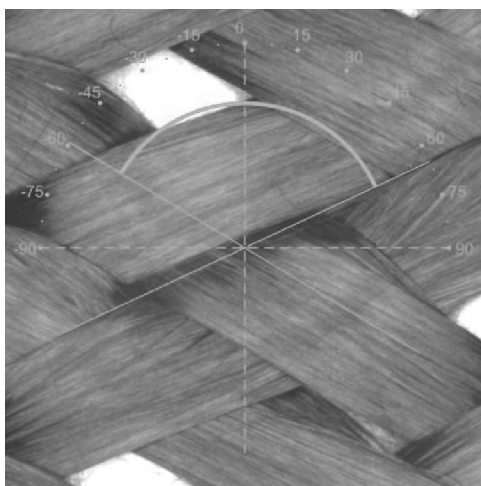
механических свойств плетеных структур и контроля их качества в процессе формирования.



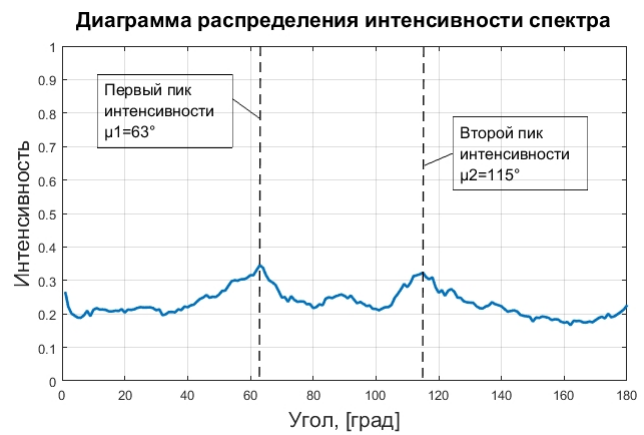
(a1)



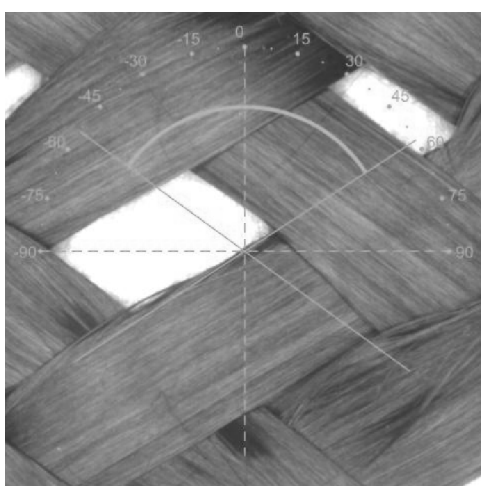
(б1)



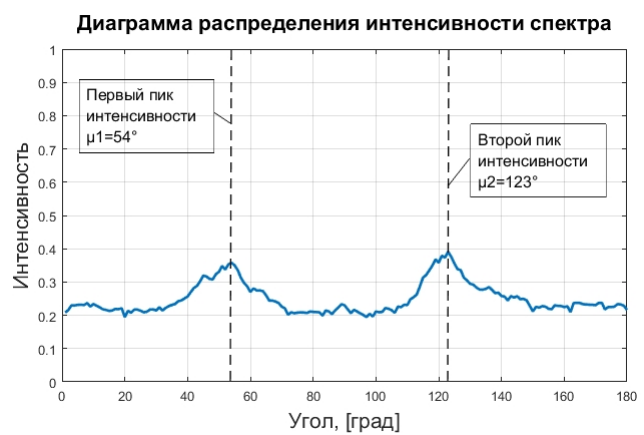
(a2)



(б2)



(a3)



(б3)

Рис. 2. Результаты анализа изображений плетеных преформ

ЛИТЕРАТУРА

1. Quantitative determination of morphological features of triaxially braided composites by the use of machine vision / B. Lian, L. Jiang, J.J. McGrath, J. Jaranson // Composites Science and Technology. 2000. Vol. 60. pp. 159–166.
2. Ершов С.В., Калинин Е.Н., Тидт Т. Определение направленности волокон в углеродных нетканых структурах средствами преобразования Фурье // Изв. Вузов. Технология текстильной промышленности. 2014. № 6. С. 105–110.
3. Ершов С.В., Калинин Е.Н. Разработка программного комплекса для анализа направленности волокон в углеродных нетканых структурах // Вестник Череповецкого государственного университета. 2015. № 1. С. 12–17.
4. Ершов С.В., Калинин Е.Н., Тидт Т. Анализ направленности углеродных волокон в реальных нетканых структурах технического назначения // Изв. Вузов. Технология текстильной промышленности. 2015. № 6. С. 189–193.
5. Gonzales R.C., Richard R.E. Digital Image Processing. Pearson Education, 2012. 1104 p.

УДК 667.647.2

МОДИФИКАЦИЯ ХЛОПЧАТОБУМАЖНОЙ ТКАНИ ПОД СУБЛИМАЦИОННУЮ ПЕЧАТЬ

MODIFICATION OF COTTON FABRICS FOR SUBLIMATION PRINTING

Зеленкова Т.Н., Козлова О.В.

Ивановский государственный химико-технологический университет,
153000, Россия, г. Иваново, пр. Шереметевский, д. 7

Zelenkova T.N., Kozlova O.V.

Ivanovo State University of Chemistry and Technology,
7, Sheremetievskiy Avenue, Ivanovo, 153000

E-mail: ovk-56@mail.ru

Использование сублимационной печати по хлопку осложняется отсутствием сродства дисперсных красителей к целлюлозным волокнам. Исследования проводились на хлопчатобумажной ткани, обработанной пленкообразующим полимером, чтобы обеспечить адсорбцию сублимационных красителей и повысить степень насыщенности красителя на волокне.

Ключевые слова: сублимационная печать, полимер, дисперсный краситель, поверхностная модификация.

The use of the sublimation transfer printing onto cotton is complicated by the lack of affinity of disperse dyes for cellulose fibers. Studies were conducted on cotton fabric treated with film-forming polymer to ensure the adsorption of sublimation dyes and increase the degree of saturation of the dye on the fiber.

Keywords: sublimation transfer printing, polymer, disperse dye, surface modification.

Традиционно переводную печать сублимационным способом реализуют на синтетических волокнах, преимущественно полиэфирных в силу высокого сродства дисперсных красителей к волокну. Печать этим способом по целлюлозным тканям с качественным полноценным переносом красителя в волокно возможна только после предварительной модификации ткани. Этому способствует обработка ткани водными дисперсиями пленкообразующих полимеров, в качестве которых были опробована серия акриловых сополимеров фирмы ООО «Сван», ранее применяемых в текстильных технологиях [1].

Ранее проведенные исследования по изучению свойств текстильных материалов, обработанных полимерами [2, 3], позволили из всего многообразия выбрать полимерные препараты, лучшим образом отвечающие требованиям к набивным тканям бытового назначения. Эти требования сводятся к тому, чтобы не только обеспечить прочную фиксацию красителя на ткани, но и придать мягкий гриф при наименьшем возможном пожелтении обработанного материала.

Разработка технологии переводной печати с предварительной модификацией ткани расширит возможности колорирования текстильных материалов с различным соотношением волокнистых составляющих в смесовых тканях. Выбор модификатора (полимерного пленкообразующего связующего) зависит от состава обрабатываемой ткани и от конкретных требований к конечному результату печати.

Цель настоящей работы заключается в изучении влияния полимерного пленкообразующего слоя, предварительно нанесенного на ткань, на колористические показатели окрасок дисперсными красителями, переведенными с подложки на ткань; определении оптимальной концентрации красителя в печатной краске и технологических параметров переноса.

Разработаны совместно с ООО «Сван» и прошли серию промышленных испытаний при колорировании и отделке текстиля препараты Ларус-33,20 и 21, Рузин-33 и 14И и др. Такие препараты, как Ларус-33 и Рузин-14И, успешно используются рядом отделочных фабрик Ивановского региона.

На основании серии исследований по выбору наиболее доступных по цене, по технологической пригодности, по экологическим характеристикам полимеров, а также учитывая полученные ранее результаты использования отечественных полимеров [2, 3], разработаны методы нанесения модификаторов, определены оптимальные концентрации, параметры сушки и фиксации.

На первом этапе работы была оценена эффективность использования препарата Рузин-14И в качестве праймера под термопечать, проведен выбор оптимальных температурно-временных условий процесса переноса дисперсного красителя с бумажной подложки на текстильный материал. Варьируя температуру переноса красителя со 190 °С до 220 °С и время термообработки с 10 сек до 60 сек показано, что для модифицированной полимером ткани практически любого волокнистого состава оптимальными условиями перевода красителя на ткань являются $T = 210$ °С и время 30 сек. В качестве оборудования для сублимационного перевода красителей с бумажной подложки на ткань использован термопресс модели SFS-MO4B.

С целью создания триад красителей для составления широкой гаммы цветов выбраны дисперсные красители, обладающие наиболее высокой сублимационной способностью: дисперсный желтый F4GL, дисперсный алый Ж, дисперсный синий К п/э и дисперсный темно-зеленый, для которых получены концентрационные серии выкрасок: 1; 5; 10; 15; 20; 25; 30 и 40 г/кг печатной краски.

Спектрофотометрические исследования напечатанных образцов ткани определяли с использованием спектроколориметр “ColorEye 2180UV” фирмы “GretagMacbeth”, оснащённом ПК и программным обеспечением, а также для промежуточной оценки колористических свойств окрасок использовали компьютерную программу ColorMania, при

использовании которой экспресс-оценку насыщенности окраски наиболее удобно проводить с помощью цветовой модели HSV.

Зависимость насыщенности цвета от концентраций исследуемых красителей находили как по спектрам поглощения, снятых на спектроколориметре, так и по показателям насыщенности цвета (Saturation) с помощью компьютерной программы ColorMania (рис. 1).

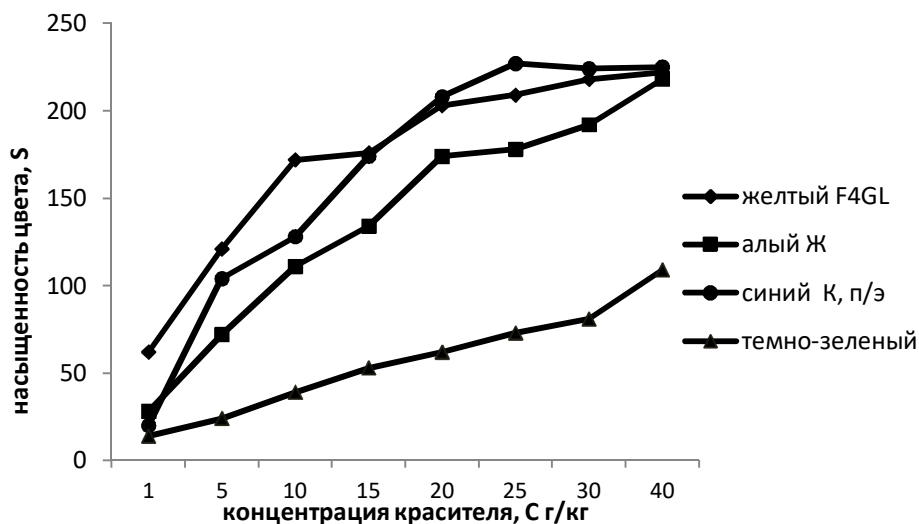


Рис. 1 Влияние концентрации красителя в печатной краске на выход цвета после перевода с бумаги на ткань.

Из полученных кривых видно, что при повышении концентрации красителя в печатной краске закономерное изменение насыщенности цвета происходит для алого, синего и желтого красителей вплоть до концентрации 20 г/кг, после чего увеличение этого показателя становится не существенным. Однако про дисперсный темно-зеленый нельзя сказать о каком-либо насыщении цвета даже при концентрации 40 г/кг.

Полученные закономерности и предпочтительные концентрации красителей (в области прямолинейных участков) будут использованы при составлении триад выбранных дисперсных красителей для получения широкой гаммы новых цветов, особенно для создания рисунков под камуфляж.

ЛИТЕРАТУРА

1. Захарченко, А.С., Изучение свойств пленкообразующих полимеров, используемых в отделке текстильных материалов /А.С. Захарченко, А.А. Алешина, О.В. Козлова // Изв. вузов. Химия и химическая технология. –2012. – Т. 55. – № 3. – С. 87–91.
2. Меленчук, Е.В. Использование дисперсий акриловых полимеров при печати тканей пигментами /Е.В. Меленчук, О.В. Козлова, А.А. Алешина // Изв. вузов. Химия и химическая технология. – 2011. – Т. 54. – № 1. – С. 13–20.
3. Алешина, А.А. Применение отечественных акриловых препаратов в пигментной печати / А.А. Алешина, О.В. Козлова // Межвуз. конф. студ. и асп. «Поиск-2009». сб. тез. докл., ИГТА. Иваново, 2009. – С. 41–43.

**К ВОПРОСУ О ПРОГНОЗИРОВАНИИ ПОКАЗАТЕЛЯ ЖЕСТКОСТИ
КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ СРЕДСТВ
ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ**

**RESEARCH ABOUT FORECASTING THE INDICATOR OF HARDNESS
OF COMPOSITE MATERIALS FOR INDIVIDUAL PROTECTION
EQUIPMENT**

Зиятдинова Д.Р., Фаткуллина Р.Р., Абуталипова Л.Н.

Казанский национальный исследовательский технологический университет
420015, Россия, г. Казань, ул.К. Маркса, д. 68

Ziyatdinova D.R., Fatkullina R.R., Abutalipova L.N.

Kazan National Research Technological University
68, ul. K. Marxa, 420015, Kazan, Russia

E-mail: damira10ziyat@mail.ru

Жесткость материалов влияет на удобство выполнения движений и комфортность эксплуатации средств индивидуальной защиты, способность к формообразованию, технологические характеристики и способность к обработке. В статье анализируются структурные и физико-механические характеристики текстильных материалов и полимерных покрытий, определяющие показатель жесткости и возможность ее прогнозирования при разработке новых композиционных материалов.

Ключевые слова: средства индивидуальной защиты, композиционный материал, жесткость, прогнозирование.

The stiffness of the materials affects the comfort of using personal protective equipment, the ability to form, the technological characteristics and the ability to process. The article analyzes the structural, physical and mechanical characteristics of textile materials and polymer coatings, determining the indicator of stiffness and the possibility of its prediction in the development of new composite materials.

Keywords: individual protection equipment, composite material, stiffness, forecasting.

Для изготовления средств индивидуальной защиты (СИЗ) применяются тканые, нетканые, трикотажные материалы; материалы с пропитками; композиционные материалы на текстильной основе с защитными покрытиями; многослойные материалы. Материалы СИЗ должны обладать определенными защитными, физико-механическими, эргономическими, технологическими свойствами. Приоритетными являются защитные свойства, определяемые назначением СИЗ. Значимыми также являются и механические свойства материалов, характеризующие прочность и долговечность материалов, способность сохранять защитные свойства на необходимом уровне в течение всего срока эксплуатации изделий.

В данной работе проанализированы факторы, влияющие на жесткость композиционных материалов и определяющие ее прогнозирование. Жесткость – характеристика свойств материала при изгибающей деформации – является его способностью сопротивляться изменению формы под действием внешней силы [1]. Данное свойство материалов влияет на удобство выполнения движений и комфортность эксплуатации СИЗ работниками, способность к формообразованию, технологические характеристики и способность к обработке, устойчивость и сохранение структуры материала при циклических изгибах,

является нормируемой характеристикой. Показатель жесткости различных материалов должен соответствовать значениям, указанным в нормативной документации. Жесткость композиционного материала в значительной степени зависит от структурных параметров и физико-механических свойств составляющих его элементов.

Ткани полотняного переплетения являются более прочными и жесткими, чем ткани саржевого, крепового и атласного переплетений. Жесткость снижается с уменьшением количества перекрытий и числа связей в переплетении ткани [2]. При дублировании тканей клеевыми материалами удлинения перекрытий нитей в переплетениях фиксируются клеевыми веществами, что ведет к возрастанию жесткости пакета и снижению его упругости [3]. Для установления определенной жесткости в проектируемых материалах следует учитывать виды переплетений тканей.

Свойства упругости определяются волокнистым составом материалов. В качестве армирующего компонента в композиционных материалах применяют синтетические волокна и ткани (полиэфирные, полиамидные, арамидные и др.). Полиэфирные волокна (модуль упругости волокон 2,5–3 гПа) обладают жесткостью 14 кН·см, полиамидные (модуль упругости волокон 1,6 гПа) – 0,17кН·см. Арамидные волокна наряду с высокой прочностью имеют повышенную жесткость (модуль упругости 90–120 гПа). При большей жесткости, полиэфирные ткани обладают меньшей способностью к удлинению при действии разрывной нагрузки. [4].

Применение специальной огнезащитной модификации материалов приводит к увеличению их жесткости (на 5–8 %) [5–6]. В работе [7] показано, что заполнение мезопоровых пространств волокон полимерными дисперсиями повышает показатель жесткости материалов в 6–8 раз. [8].

Необходимо учитывать температурные условия эксплуатации СИЗ, так как при низких температурах жесткость полимерных материалов увеличивается. В таблице приведены факторы, влияющие на показатель жесткости композиционных материалов.

Таблица. Факторы, влияющие на показатель жесткости композиционных материалов

Структурные характеристики	Физико-химические свойства
Линейное и поверхностное заполнение текстильной основы с учетом вида переплетений	Вид отделки (пропитка, напыление, ламинирование, покрытие)
Линейное и поверхностное заполнение текстильной основы без учета вида переплетений	Свойства основных полимеров
Пористость текстильных материалов	Свойства композиций
Толщина волокон и текстильной основы	
Конфигурация поперечного сечения волокон	

Таким образом, для прогнозирования и обеспечения требуемого уровня жесткости композиционных материалов при их проектировании необходимо учитывать структурные характеристики и физико-химические свойства компонентов: волокнистый состав армирующей основы, способ изготовления (тканый, трикотажный, нетканый материал), вид переплетения, толщину, линейную и поверхностную плотности, виды отделок и пропиток, вид и свойства полимеров для покрытий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бузов Б.А. Материаловедение в производстве изделий легкой промышленности (швейное производство) / Б.А. Бузов, Н.Д. Алыменкова. – М.: Издательский центр «Академия». – 2004. – 448 с.

2. Смирнова Н.А. Влияние вида переплетения льносодержащих тканей на их способность к формообразованию / Н.А. Смирнова // Известия ВУЗов. Технология текстильной промышленности. – 1997. – №3. – С. 12–14.
3. Кузьмичев В.Е. Теория и практика процессов склеивания деталей одежды / В.Е. Кузьмичев, Н.А. Герасимова. – М.: Издательский центр «Академия». – 2005. – 256 с.
4. Сазанкова Е.С. Физико-механические свойства синтетических волокон, используемых при изготовлении кордной ткани для резиноканевых конвейерных лент / Е.С. Сазанкова // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2015. – №6. – С. 385–395.
5. Путинцева С.А. Композиции фторполимерный латекс – замедлитель горения для модифицирования волокнистых материалов / С.А. Путинцева, Л.В. Редина, Н.И. Сагитова // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2016): сборник материалов Международной научно-технической конференции. Часть 2. - М.: ФГБОУ ВО «МГУДТ». – 2016. – С. 212–214.
6. Загоруйко М.В. Модификация многослойных текстильных материалов для спецодежды / М.В. Загоруйко [и др.] // Сборник трудов Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов. – Изд-во Витебского государственного технологического университета. – 2018. – С. 280–283.
7. Кокшаров С.А. Модификация полиэфирного волокна для создания композитных материалов с регулируемой жесткостью / С.А. Кокшаров, Н.Л. Корнилова, С.В. Федосов // Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2016. – Т. 59. – Вып. 6. – С. 105–111.
8. Алеева С.В. Биохимический метод безреагентного умягчения льняных полотен для создания текстильных основ аппликационных лечебных материалов / С.В. Алеева, С.А. Кокшаров // Международная научно-практическая конференция и школа молодых ученых «МЕДТЕКСТИЛЬ – 2012». – 2012. – С. 28

УДК 677.31.014.244

ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ПРОМЫВКИ ШЕРСТЯНЫХ ВОЛОКОН

STUDY OF THE EFFECTIVENESS OF THE PROCESS OF WASHING WOOL FIBERS

Исламова З.Ш., Адашов М.И., Набиева И.А

Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности ,
100100, Узбекистан, г. Ташкент, р. Яккасарайский ,улШохжахон, д. 5

Islamova Z.Sh., Adashov M.I., Nabieva I.A.

Tashkent institute of textile and light industry,
5, Shohjaxonst., Yakkasaroydstr., Tashkent city, 100100

E-mail: niroda@bk.ru

В статье рассмотрены составы растворов промывки грубой шерсти. Исследовано влияние состава моющих растворов на степень удаления шерстяного жира, степень деструкции кератина и смачиваемость волокна. Установлено, влияние pH среды промывки и типа органического растворителя на эффективность и качество промывки шерсти.

Ключевые слова: шерсть, шерстяной жир, деструкция, кератин, смачиваемость, интенсивность.

The article describes the composition of the washing solutions of coarse wool. The influence of the composition of detergent solutions on the degree of removal of wool fat, the degree of keratin destruction and fiber wettability was investigated. The influence of the pH of the washing medium and the type of organic solvent on the efficiency and quality of washing the wool was established.

Keywords: wool, wool fat, destruction, keratin, wettability, intensity.

В целях повышения эффективности системы управления пушно-меховой, в том числе шерстяной, отрасли, создания условий для ее динамичного развития на основе усовершенствования переработки сырья, внедрения передовых технологий, диверсификации номенклатуры производимой продукции и расширения экспортных поставок, приняты ряд мероприятий. Эти мероприятия направлены на повышение качества производимой продукции, создание условий для увеличения объемов и расширения ассортимента качественной шерстяной продукции, насыщение внутреннего рынка импортозамещающими и конкурентоспособными изделиями отечественного шерстяного производства [1].

Однако, несмотря на высокие цены на натуральную шерсть на мировом рынке, изготовленная местными предпринимателями недорогая шерсть не пользуется спросом потребителей. Основной причиной этого является плохое качество первичной обработки шерстяного волокна. Определяющей операцией первичной обработки шерсти является ее промывка. При этом шерстяное волокно освобождается от загрязнений в виде грязевых, растительных и жиропотовых примесей. Методы обработки шерстяного сырья непрерывно совершенствуются, а также изыскиваются способы специальной обработки, придающие ему ряд новых и ценных свойств в процессе первичной обработки шерсти. Вопросами повышения эффективности процесса промывки занимались ряд ученых, которыми были предложены применение поверхностно-активных веществ и органических растворителей, использование хитозановых растворов [6], охлаждение шерсти-сырья до очень низкой температуры [3].

В исследованиях в качестве объекта использовались шерстяные волокна от местных породистых овец, с содержанием шерстяного жира 6–22 %, и небольших количеств грязи, соломы, репья и других загрязнений растительного происхождения, интенсивностью окраски

K/S 8,5–27. Количество жира в исходной шерсти определяли методом экстракции в аппарате Сокслета [4], интенсивность ее цвета определяли на спектроколориметре «Minolta».

В процесс промывки шерсти по мыльно-содовому способу моющий раствор, проникая между поверхностью волокон и загрязняющих примесей, смачивает их, уменьшает сцепление загрязнений с волокнами и вызывает отделение их от поверхности последних. Промывка длится несколько часов, требует нагрева моющих растворов до температуры от 45 до 50°C.

Щелочные растворы, способствуя удалению жиропотовых веществ с шерстяного волокна, оказывают вредное воздействие на волокна шерсти, что вызывает уменьшение их разрывной нагрузки связанной с деструкцией кератина. В то же время жиропот имеет большое практическое значение для сохранения качества шерсти. Использование синтетических моющих веществ отличается от традиционных способов своей высокой эффективностью при низких температурах и возможности применения слабых растворов щелочи. Большим достоинством является и то, что синтетические моющие вещества легче смываются с ткани, чем мыло. Влияние типа моющих растворов на деструкцию кератина шерсти и влажности волокна приведено в таблице 1.

Таблица 1. Влияние природы ПАВ на качество шерстяного волокна

Вид ПАВ	Потеря массы %		Остаточный жир %		Влажность %	
	до процесса	после процесса	до процесса	после процесса	до процесса	после процесса
Сульфид	8	9	21	2	9,5	12,7
СавенолNWP	8	11	21	3,3	9,5	11
Сульфасид-б1	8	12,5	21	3,1	9,5	12
Сода с мылом	8	13	21	2,5	9,5	12,5

Как видно из таблицы при мыльно-содовом способе прамывки происходит наибольшее уменьшение массы волокна шерсти остаточного шерстяного жира по сравнению с использованием синтетических моющих веществ. На процесс промывки влияет не только природа используемых реагентов, но и рН среды раствора. Качество промывки оценивалось по влиянию рН среды моющих растворов на влагопроницаемость и длину волокна (1-диаграмма).

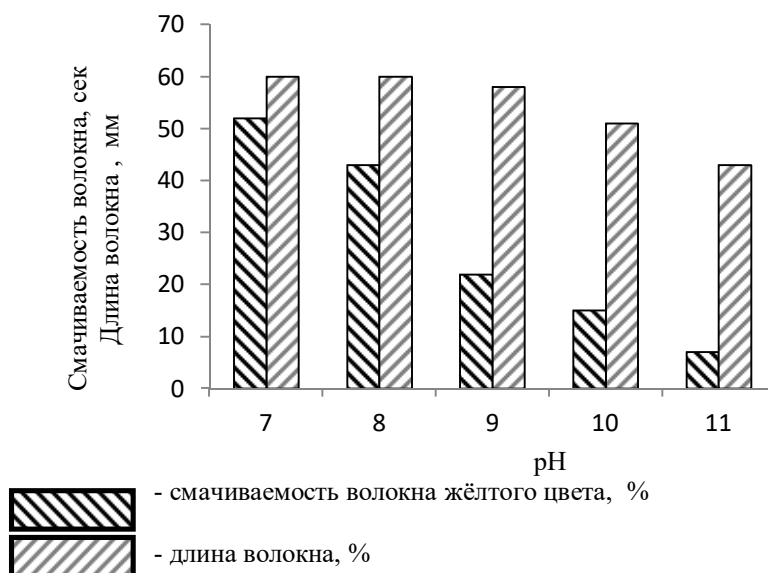
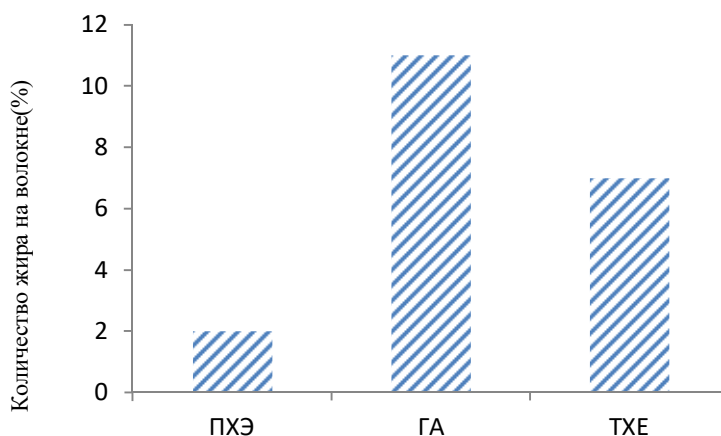


Диаграмма 1. Зависимость смачиваемости и длины волокна от рН среды раствора промывки

Как видно из графических данных увеличение рН среды отрицательно влияет не только на длину волокна но и на смачиваемость шерсти. Известно, что, наряду с промывкой в водных растворах для отмыwania шерсти-сырья применяют метод экстрагирования шерстяного жира органическим растворителем. Было исследовано влияние различных органических растворителей на эффективность удаления жира, полученные экспериментальные данные иллюстрированы в диаграмме 2.

Как видно из рисунка самым эффективным растворителем шерстяного жира является перхлорэтилен, т.к. в образцах шерстяного волокна в этом случае обнаружено 1,8 % остаточного жира без уменьшения длины волокон, который соответствует нормам для грубой шерсти.



ПХЭ-Перхлорэтилен; ГА-Гептан с ацетоном; ТХЭ- Тетра хлор этен

Диаграмма 2. Влияние различных органических растворителей на эффективность удаления жира

ЛИТЕРАТУРА

1. <https://www.norma.uz>. Постановление Президента Республики Узбекистан от 3 мая 2018 года «О мерах по дальнейшему стимулированию развития и роста экспортного потенциала кожевенно-обувной и пушно-меховой отраслей».
2. Клочкова И.И., Сафонов В.В., Влияние обработки хитозаном на свойства шерстяных тканей и процесс крашения активными красителями // Технология текстильной промышленности. № 4 (299), 2013.
3. Щварц А., Перри Дж. Поверхностноактивные вещества. Их химия и технические применения. Перевод с английского под ред. А.б.Таубмана. Издательство иностранной литературы. 1953. С. 406.
4. Садова Ф.И. Лабораторный практикум по курсу химическая технология волокнистыхматериалов. 1963. С. 23.

УДК 677.014

ЭКСТРАКЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОТХОДОВ НАТУРАЛЬНОГО ШЕЛКА

EXTRACTION CHARACTERISTICS OF NATURAL SILK WASTE

Ишматов А.Б.

Технологический университет Таджикистана
734061, Таджикистан, г. Душанбе, ул. Н. Карабаева, 63/3

Ishmatov A.B.

Technological University of Tajikistan
734061, Tajikistan, Dushanbe, N. Karabaev St., 63/3

E-mail: ishmat_0405@mail.ru

Целью данной работы является сравнительный анализ экстракционных характеристик (выхода серицина) а также анализ некоторых параметров растворов полученных при различных условиях экстракции. Приводятся результаты экспериментов экстрагирования бракованных оболочек кокона тутового шелкопряда *Bombyx mori*, спомощью дистиллированной воды и 0,5 % госолевого раствора карбоната натрия, рН = 11,22 при нормальных (1 атм. и 25 °С) и под давлением (на автоклаве 1,5 атм. при температуре 120 °С).

Ключевые слова: натуральный шелк, отходы, коконы, серицин, экстракция.

The purpose of this work is a comparative analysis of the extraction characteristics (yield of sericin) as well as the analysis of some parameters of the solutions obtained under various extraction conditions. The results of experiments on extraction of defective shells of the silkworm Bombyx mori silkworm cocoon using distilled water and 0.5 % sodium carbonate saline solution, pH = 11.22 at normal (1 atm. And 250 C) and under pressure (at autoclave 1.5 at. At temperature 120 °C).

Keywords: natural silk, waste, cocoons, sericin, extraction.

Натуральный шелк представляет собой непрерывную нить из двух вместе склеенных волокон фиброина, образующего коконную нить шелкопряда *Bombyx mori*, который удерживается клейким веществом называемым серицином или шелковым клеем. Серицин представляет собой гликопротеин, содержащий 18 аминокислот (АК), включая основные АК и высокое содержание гидрофильных АК, особенно серина, что делает его водорастворимым. В серицине кокона *A. mylitta* (дикий шелкопряд) содержание серина оценивают до 19 %, слегка варьируя между методами экстракции. Содержание серина намного выше в серицине *B. mori* и оценивается в 33 % от общего содержания АК. Другие основные АК представляют собой глицин, гистидин, глютаминовой кислоты, аспарагиновой кислоты, треонина и тирозина. Таким образом, шелковый серицин в основном состоит из АК с полярными боковыми цепями, содержащими гидроксильные, карбоксильные или аминогруппы [1]. Серицин, также известный как «шелковый клей», представляет собой глобулярный белок, который составляет 25–30 % нити шелка-сырца [2].

В текстильной промышленности, серицин отделяют от фиброина через «дегуммирование» коконов и выбрасывается в сточные воды. В настоящее время доступны несколько методов, основанных на термической обработке, для извлечения серицина из кокона [1]. Также в работе [3] приведен перечень методов выделения серицина из шелка: выделение серицина разбавленным раствором карбоната натрия; три последовательных по 1 часу экстракции шелка или просто нагрев в воде при 100 °С или автоклавировании при 118 °С или автоклавировании в течение 3 часов при 2,5–3 атмосферных давлениях; получение порошка выпариванием горячей водой после экстракции.

В республике Таджикистан после 90-х годов систематически снижается объем производства коконов и продукции из нее. Одним из основных причин которого является снижение эффективности производства и переработки натурального шелка в связи неконкурентоспособности продукции таджикских шелководов в мировом рынке. Причиной которого является работа на устаревших оборудовании по несовершенной технологии.

Естественно, что в таких условиях совершенствование технологии производства и переработки а также использование отходов является одним из путей повышения эффективности шелковой отрасли.

Известно, что при производстве коконов и их переработке выделяются волокнистые (сдир, струна, рвань, бракованные коконы и др.) и не волокнистые (стебель, кожура стебли, ветки, листья, эксперименты гусениц и др.) отходы. Данная работа посвя-

щена к экстрагированию бракованных оболочек коконов тутового шелкопряда *Bombyx mori*.

Методика эксперимента

Экстракция серицина из бракованных оболочек коконов тутового шелкопряда *Bombyx mori*, проводилось в двух вариантах: с помощью дистиллированной воды и солевого раствора карбоната натрия, при нормальных условиях и в автоклаве.

Вариант А. Для экстракции серицина из бракованных оболочек коконов с солевым раствором. Взвесили 50 г. измельченной оболочки кокона, ранее очищенных от жировосковых веществ, и поместили в круглодонную колбу. Сверху налили 1 л. 0,5 % раствора Na_2CO_3 и поставили на водяную баню в течении 3 ч., при температуре 90°C. В течении этой времени, через каждый 30 мин. брали образец из раствора и измеряли четыре его параметра: pH, плотность, относительная вязкость и концентрацию.

После 3-х часовой экстракции, раствор пропустили через тканевый фильтр и концентрировали на роторном испарителе «Unipon-35P» (Польша). Полученный концентрат смешали с этиловым спиртом в соотношении 1:3, с целью осаждения серицина из раствора. Осадок от раствора разделили на центрифуге в течении 30 мин., при 4 тыс. об/мин. Масса полученной осадки, после сушки составило 6,0813 гр. или 12,16 % от первоначальной массы разрезанных коконных оболочек.

Экстракцию серицина из оболочек коконов в водном растворе, проводили аналогично щелочному раствору, т.е. 50 гр. измельченного кокона замочили на 1 л. дистиллированной воды и кипятили на водяной бане при температуре 90°C в течении 3-х часов. Так же, через каждый 30 мин, измеряя pH, плотность, относительную вязкость и концентрацию раствора.

После окончания экстракции, раствор пропустили через тканевый фильтр, концентрировали на роторном испарителе. Белок из концентрата, также осадил этиловым спиртом. Центрифугируя отделили осадок и сушили в сушильном шкафу. Масса полученного порошка составило 1,2066 гр. или 2,41 % от общей массы сырья.

Вариант В. Экстракция серицина солевым раствором в автоклаве проводили следующим образом: взвесили 50 гр. измельченных отходов кокона, очищенный от жировосковых веществ. Поместили сырье в мешочек и замочили его 1 литром 0,5 % раствором карбоната натрия и оставили на 20 мин. при комнатной температуре. После 20 мин. раствор поместили в автоклав и экстрагировали в течении 7 мин. при температуре 120 °C и давлении 1,5 атм. После окончания экстракции полученный раствор концентрировали на роторном испарителе и в полученный концентрат смешали с этиловым спиртом в соотношении 1:3. Раствор оставили на 24 ч. чтобы осаждался серицин. Осадок выделили центрифугируя спиртовой раствор и высушили в сушильном шкафу при температуре 40°C. Масса полученного порошка составило 1,4418 гр. или 2,8836 % от исходной массы сырья. Также было измерено pH чистого растворителя (0,5 % р-р Na_2CO_3), раствора после 20 минут и раствора в конце экстракции, которые были 11,22; 10,72 и 10,07 соответственно.

Аналогично проводили экстракцию серицина в автоклаве и с дистиллированной водой. В результате получили 8,0182 гр. (или 16,0364 %) порошка серицина. pH воды, раствора через 20 минут и раствора в конце экстракции были равны 7,4; 5,89 и 6,44 соответственно.

Результаты и их обсуждения

Для сравнительного анализа полученных результатов экстракции коконных оболочек тутового шелкопряда *Bombyx mori*, при различных условиях (А-солевым и В-водном растворе), в ходе экстракции серицина были измерены основные параметры растворов, которые приведены в таблице 1.

Анализ данных таблицы 1. показывает, что в обоих вариантах экстракции, концентрация увеличивается с течением времени, но вязкость уменьшается после часа экстракции для варианта А и полчаса экстракции для варианта В. Концентрация в солевом растворе намного больше чем в дистиллированной воде, так как серицин в слабом солевом растворе растворяется лучше, чем в дистиллированной воде. Плотность и рН с течением времени меняются незначительно в обоих случаях.

Таблица 1.

№	t (время экстракции, мин.)	рН		ρ (плотность, г/мл)		η (относительная вязкость)		С (концентрация, мг/мл)	
		А	В	А	В	А	В	А	В
1	30	10,15	6,21	0,9656	0,9861	1,111	1,077	14,8	1,0
2	60	10,13	6,26	0,9598	0,9864	1,142	1,017	15,0	1,3
3	90	10,12	6,27	0,9725	0,9871	1,069	1,017	14,6	1,6
4	120	10,08	6,29	0,9645	0,9901	1,052	1,012	15,6	2,2
5	150	10,09	6,31	0,9652	0,9899	1,054	1,019	16,2	1,7
6	180	10,07	6,31	0,9691	0,9883	1,033	1,012	16,0	2,5

В табл. 2, для сравнительных анализов выхода серицина из оболочек коконов при различных условиях экстракции, приведены массы всех полученных порошков серицина в граммах и процентах, а также условия их получения.

Таблица 2

Растворитель	Условия экстрагирования				Выход серицина		Другие вещества
	условия	температура, °С	давление, атм.	время, мин.	(гр)	(%)	(%)
Щелочной	нормальн.	90	1,0	180	6,0813	12,16	19,19
Водный	нормальн.	90	1,0	180	1,2066	2,41	1,72
Щелочной	автоклав	120	1,5	7,0	1,4418	2,88	29,61
Водный	автоклав	120	1,5	7,0	8,0182	16,04	2,09

Анализ данных таблицы 2 показывает, что выход серицина щелочным экстрагированием больше при нормальных условиях, а в случае водной экстракции наоборот больше в автоклаве. Но суммарный выход всех полученных веществ при экстракции щелочью, как при нормальных условиях, так и в автоклаве больше чем при водной экстракции. Малый выход серицина в автоклаве при щелочной экстракции свидетельствовать о том, что большая часть белка денатурируется.

Выводы:

1. Экстракцию шелковых отходов, при нормальных условиях, в щелочном растворе достаточно провести в течении 60 мин., а в водном растворе в течении 30 минут.

2. Экстрагирование шелковых отходов серицина в автоклаве наряду с сокращением затраты времени, также имеет свои минусы, так как белок денатурируется при высоких температурах и теряет свои клеящий способность, что важно для текстильной отрасли.

ЛИТЕРАТУРА

1. LallepakLamboni, MarioGauthier, GuangYang, QunWang. Silksericin: Aversatile material for tissue engineering and drug delivery / Biotechnology Advances 33 (2015) pp. 1855–1867.
2. ИшматовА.Б.,Шерова З.У. и др. Сравнительный анализ серицина экстрагированного водным и солевым растворами. – XII. Нумановские чтения. Душанбе, 2016, с. 192–195.
3. PadamwarM.N. and PawarA.P.. Silk sericin and its applications: A review/ Journal of Scientific & Industrial Research, v. 63, April 2004, pp. 323–329.

УДК 687

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЖЕНСКИХ ПЛЕЧЕВЫХ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ БЕСКОНТАКТНОГО МЕТОДА ИЗМЕРЕНИЯ

DESIGNING WOMEN'S BODY PRODUCTS BASED ON NONCONTACT MEASUREMENT METHOD

Карандашова Ю.Н., Хисамиева Л.Г., Семенова Е.Ю.

Казанский национальный исследовательский технологический университет
420015, Россия, г.Казань, ул. Карла Маркса, д.68
Факультет технологий легкой промышленности моды и дизайна,
420111, Россия, г. Казань, ул. Университетская 6

Karandashova Y.N., Khisamieva L.G., Semenova E.Y.

Kazan National Research Technological University
420015, Russia, Kazan, st. Karl Marx, d.68
Faculty of Technology Light Industry Fashion and Design,
420111, Russia, Kazan, Universitetskaya 6

E-mail: juka-kar@mail.ru

В статье рассматривается метод бесконтактного измерения тела человека в целях проектирования женских плечевых изделий с учетом свойств объемно-пространственной композиции изделия. На основе полученных результатов разработано и изготовлено женское платье в соответствии с индивидуальными особенностями фигуры.

Ключевые слова: антропология тела человека; 3D сканирование; виртуальный манекен; бодисканер; лазер; проектирование; точный крой; моделирование; женское плечевое изделие.

The article describes a method for the contactless measurement of the human body in order to design women's shoulder products based on the properties of the spatial composition of the product. Based on the results obtained, a women's dress was designed and manufactured in accordance with the individual characteristics of the figure.

Keywords: anthropology of the human body; 3D scanning; virtual mannequin; bodyscanner; laser; design; exact cut; modeling; female shoulder product.

Антропологические данные каждого человека имеют свои особенности, которые необходимо учитывать на этапе разработки конструкции изделия. На каждом швейном предприятии имеется экспериментальный цех, основной задачей которого является своевременная и качественная подготовка моделей к запуску в производство, а также конструкторская и технологическая проработка новых моделей, макеты которых в дальнейшем служат эталоном в швейном цехе [1].

Использование виртуальных манекенов в производстве изделий легкой промышленности упрощает процесс проектирования одежды. Получение материального манекена обеспечивает качественную посадку швейных изделий.

Бодисканер (3D сканер) – система трехмерного сканирования фигуры человека для получения наиболее полной информации о поверхности тела или манекена [2]. Применение такого оборудования позволит предприятиям легкой промышленности существенно экономить время, учитывать индивидуальные особенности фигуры заказчика, обеспечивать высококачественный крой, а также, производить виртуальное моделирование. В частности, бесконтактный метод измерений дает возможность объективно оценить особенности телосложения, как мужчин, так и женщин, которые невозможно получить традиционными методами[3].

Перед тем, как начать 3D-сканирование тела человека необходимо ознакомиться с правилами и рекомендациями:

1. Избегать слабого и неравномерного освещения;
2. Принять позу, при которой сканер захватывает все участки тела;
3. После окончания сканирования тела, удерживаться в исходной позе для того, чтобы программа полностью зафиксировала все измерения.

Особое значение бесконтактный метод измерения имеет для разработки лекал на нестандартную фигуру. Нестандартность – отклонение от нормы, прототипа, эталона фигур. Точное 3D-сканирование позволяет получить параметры тела человека без использования дополнительных средств измерения.

В данной работе используется восьми лазерный бодисканер «VITUSXXL» фирмы «HumanSolutions»(Германия) установленный в научной лаборатории ИТЛПМиД. Его принцип сводится к тому, что при вертикальном сканировании вдоль исследуемого тела камера записывает последовательный ряд изображений, то есть положение точек x , y , z . Совмещая все координаты полученных изображений, формируется трехмерная модель поверхности – 3D манекен (аватар).

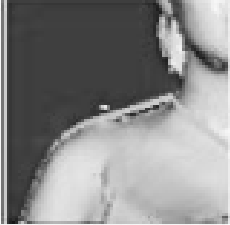
Особенность его состоит в том, что измерения фигуры в натуре заменяется процедурой сканирования объектов методом оптической лазерной триангуляции. Входными данными для программы является видеoinформация - фигура человека, снимаемая цифровой видеокамерой. На выходе система позволяет получить готовую цифровую трехмерную модель снимаемого камерой объекта просчитанную ScanWorX V, Version 2.9.11.

Итогом сканирования, стали полученные измерения, основные из которых представлены ниже (таблица 1).

В условиях технологий виртуальной реальности и трехмерной визуализации можно получить развернутую информацию о форме фигуры человека по сорока размерным признакам, а затем уже проектировать внешнюю форму одежды с использованием тканей с содержанием полимерных волокон.

При проектировании швейных изделий так же необходимо учитывать свойства объемно-пространственной композиции изделия и особенности декоративного оформления ее поверхности (цвет, фактура, рисунок материалов) [4]. Объемно пространственная композиция одежды подчинена фигуре человека как конструктивной опоре. Декоративное оформление поверхности формы должно быть согласовано с цветовым типом внешности человека.

Таблица 1. Измерения, полученные с использованием восьми лазерного бодисканера «VITUSXXL» фирмы «HumanSolutions»

Номер измерения	Наименование измерения	Численное значение	Графическое изображение
3911	Угол плеча справа	20,8°	
4010	Ширина груди	32,1 см	
4081	Расстояние от центра груди до шеи справа	25,6 см	
3020	Ширина плеч	39,9 см	

Более того, на форму одежды влияют: назначение и вид одежды, потребительские и технико-экономические требования к нему, физико-механические свойства материалов с содержанием полимерных волокон, мода и другие факторы [5].

Полученные результаты сканирования и дополнительная информация о пропорции женского тела использованы при проектировании женского платья, представленного на рисунке 1.



Рис. 1. Изготовленное платье по результатам измерения тела с помощью восьми лазерного бодисканера «VITUSXXL» фирмы «HumanSolutions»

Создание виртуальных моделей человеческого тела с высоким разрешением в настоящее время является одним из основных направлений в проектировании изделий легкой промышленности, который облегчает процесс производства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хисамиева Л.Г., Петрова А.А., Гилязова А.А., Бадрутдинова А.Н. Декорирование поверхности текстильных полимерных материалов с помощью лазерной технологии. Вестник Казанского технологического университета. – 2012. – № 11. – С. 127–128.
2. Трансметалл: Что такое бодисканер? [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.lp-magazine.ru/lpmagazine/2012/02/375>.
3. Хамматова Э.А. Проектирование формы одежды из полимерных материалов с использованием бодисканера и размерной типологии населения Республики Татарстан Вестник Казанского технологического университета: Т. 15, № 23; М-во образ. И науки России, Казан. нац. исслед. ун-т. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2012.
4. Хамматова, Э.А. Цвет и фактура текстильных материалов с содержанием полимерных волокон влияющих на форму изделий / Э.А.Хамматова // Вестник Казанского технологического университета. – 2012. – № 14. – С. 164–166.
5. Андросова, Э.М. Основы художественного проектирования костюма: Учебное пособие / Э.М. Андросова Э.М. – Челябинск: Издательский дом «Медиа_Принт», 2004. – 184 с.

УДК 687

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОДЕЖДЫ НА ФИГУРЫ БОЛЬШИХ РАЗМЕРНЫХ ГРУПП МЕТОДОМ ОПТИЧЕСКОЙ ЛАЗЕРНОЙ ТРИАНГУЛЯЦИИ

DESIGNING CLOTHES ON FIGURES OF BIG DIMENSIONAL GROUPS BY THE METHOD OF OPTICAL LASER TRIANGULATION

Карпова О.С., Хисамиева Л.Г.

Казанский национальный исследовательский технологический университет
420015, Россия, г.Казань, ул. Карла Маркса, д.68
Факультет технологий легкой промышленности моды и дизайна
420111, Россия, г. Казань, ул. Университетская, 6

Karpova O.S., Khisamieva L.G.

Kazan National Research Technological University
420015, Russia, Kazan, st. Karl Marx, d.68
Faculty of Technology Light Industry Fashion and Design
420111, Russia, Kazan, Universitetskaya, 6

E-mail: karpova_olya@mail.ru

В настоящее время при большом обилии разнообразных методик проектирования недостаточно исследованной остается область создания модной одежды на полную фигуру, позволяющего одновременно учитывать последние новинки в мире моды

и нестандартные характеристики фигур потребителей. В данной статье рассмотрен бесконтактный метод измерения нетиповой фигуры человека и приведен пример разработанного женского вечернего платья для полных женщин на его основе.

Ключевые слова: бодисканер; 3D-сканирование; размерные признаки; трехмерное изображение; проектирование одежды; нестандартное телосложение; полная фигура, женское платье.

At present, with a large variety of design techniques, the area of creating fashionable clothes for a complete figure remains insufficiently studied, allowing at the same time to take into account the latest innovations in the fashion world and non-standard characteristics of full figures. This article describes a non-contact method for measuring an atypical human figure and gives an example of a female evening dress designed for obese women based on it.

Keywords: bodyscanner; 3D scanning; dimensional signs; three-dimensional image; clothing design; non-standard body; full figure, female dress.

Основной объем всей производимой одежды выпускается массовым тиражом малыми, средними и крупными предприятиями. При проектировании одежды массового производства, модельеры используют манекены как усредненную, типовую фигуру. Манекены, на которые шьют изделия, получены пропорциональными расчетами как среднестатистическая величина встречающихся фигур на основе массовых измерений населения. Следовательно, типовая фигура – это средний, обобщенный вариант. Однако, при массовых измерениях антропологи не учитывают наличие особенностей у фигур, а также встречаемые диспропорции и асимметрию [1]. По их данным, частота встречаемости типовых фигур среди взрослого населения не превышает 25–30 %, поэтому лишь треть всех взрослых потребителей может быть обеспечена одеждой промышленного производства с хорошим качеством посадки на уровне современных эргономических требований и государственных стандартов. Остальное же количество людей, фигуры которых имеют те или иные отклонения от стандартного телосложения остаются неудовлетворенными в должной мере продукцией массового или индивидуального производства, изготовленной на стандартные фигуры. Поэтому перед специалистами, работающими в области проектирования одежды, в настоящее время стоит актуальная задача непрерывного совершенствования вопросов конструирования швейных изделий на нетиповые фигуры с учетом их индивидуальных особенностей.

Разрабатывая одежду на фигуры нестандартного телосложения значительные трудности вызывают фигуры больших размерных групп и полнот, а также невысокого роста. Для решения данных задач особое значение имеет точность получения исходной информации антропоморфологических особенностях его фигуры [2, с. 10]. В частности, бесконтактный метод измерений дает возможность объективно оценить особенности телосложения полных женщин, которые невозможно получить традиционными методами.

Бодисканер (или 3D сканер) – система трехмерного сканирования фигуры человека. Бодисканеры применяются для получения точной информации о поверхности тела человека с минимальной погрешностью.

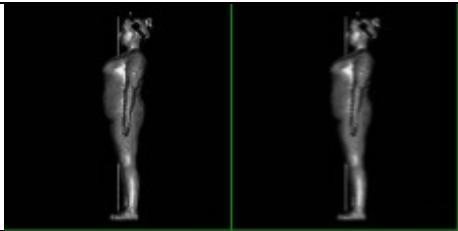
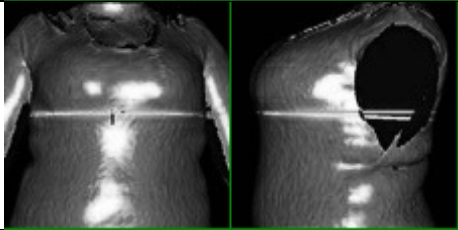
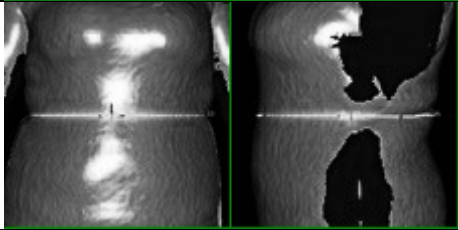
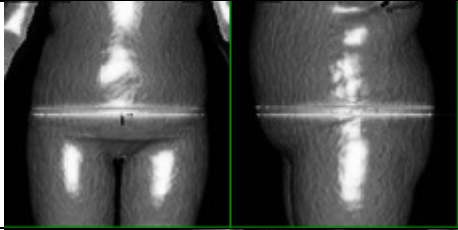
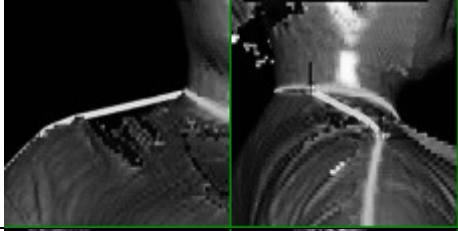
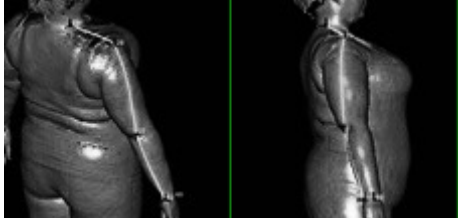
В сканере используется принцип двойной триангуляции. Когда на колонне одна камера установлена выше лазера и с небольшим углом наклона вниз, другая камера установлена вне связи с лазером и с углом наклона вверх. Это позволяет просмотреть «скрытые» области под подбородком, подмышечных впадин при поднятых руках.

Данный способ проектирования формы одежды предоставляет возможность автоматически измерять нужные величины тела человека, вносить изменения в лекала и даже производить виртуальную примерку [3].

В таблице 1 представлены основные антропометрические данные используемые при изготовлении женской одежды, полученные при 3D-сканировании нетиповой фигуры.

Снятие размерных признаков проводилось с помощью бодисканера «VITUSXXL» фирмы «HumanSolutions», произведенного в Германии, который установлен в научной лаборатории ИТЛПМиД. Принцип работы четырехколонного 3D-сканера с восемью камерами заключается в том, что с помощью метода светового профилирования производится обмер профиля по высоте вдоль проецируемой световой линии, чаще всего, лазерной. Лазер проецирует световую линию на измеряемый объект [4]. Камера направлена на линию под углом и фиксирует проекцию линии на объекте в качестве продольного профиля. При смещении световой линии на объекте возникает трехмерное изображение [5].

Таблица 1. Основные антропометрические данные используемые при изготовлении женских изделий

Наименование характеристики	Изображение	Величина измерения
0010 Высота тела		168.3 sm (66.27 in)
4515 Обхват груди		113.5 sm (44.67 in)
6510 Обхват талии		104.3 sm (41.06 in)
7525 Обхват бёдер		120.0 sm (47.26 in)
3031 Ширина плеча справа		15.9 sm (6.27 in)
8021 Длина руки до шеи справа		74.0 sm (29.12 in)

С учетом полученных антропометрических характеристик на бодисканере «VITUSXXXL», положения теории дизайна и типологии полных женщин разработана и изготовлена модель модного женского вечернего платья для полных женщин нестандартного телосложения, которая представлена на рисунке 1. Модель адаптирует тенденции современной моды на нетиповую фигуру.

Платье женское вечернее состоит из верхнего и нижнего платья, соединенных по горловине и пройме. Верхнее платье должно отвечать эстетическим требованиям, поэтому в качестве материала для него выбран гипюр. Нижнее платье модели изготовлено из ткани с повышенным уровнем растяжимости, эластичности и низкими значениями сминаемости.



Рис. 1. Женское вечернее платье для полных женщин нестандартного телосложения

С помощью цвета и рисунка подобранных материалов изделие визуально корректирует восприятие фигуры. Его стилевое и конструктивное решения учитывают особенности нестандартного телосложения полных женщин. Самодостаточность костюма исключает использование дополнительных аксессуаров.

В этой модели платья современные женщины будут чувствовать себя женственными и привлекательными, так как оно помогает формировать стильный имидж и формирует культуру потребителей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Конспект лекций по «Конструированию одежды» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://infourok.ru/konspekt-lekcij-po-konstruirovaniyu-odezhdi-663945.html>, свободный (дата обращения: 19.02.2019).

2. Бисерова В.А., Демидова Н.В., Якорева А.С. Метрология, стандартизация и сертификация. Конспект лекций / В.А. Бисерова, Н.В. Демидова, А.С. Якорева. – М: Издательский дом «Эксмо», 2007. – 160 с.
3. Рогинский Я.Я. Антропология: Учебное пособие / Я. Я. Рогинский, М. Г. Левин. – 3-е изд. – М.: Высшая школа, 1978. – 528 с.
4. Хисамиева Л.Г., Петрова А.А., Гилязова А.А., Бадрутдинова А.Н. Декорирование поверхности текстильных полимерных материалов с помощью лазерной технологии. Вестник Казанского технологического университета. – 2012. – № 11. – С. 127–128.
5. Трехмерный сканер тела [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.vitronic.com.ru/avtomatizacija-proizvodstva-i-logistiki/otrasli/trekhmernyi-skanner-tela.html>, свободный (дата обращения: 19.02.2019).

УДК 677.017

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ГОМОГЕНИЗАЦИИ ДЛЯ ОПИСАНИЯ СВОЙСТВ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И КОМПОЗИТОВ

APPLICATION OF HOMOGENIZATION METHODS FOR DESCRIBING THE PROPERTIES OF TEXTILE MATERIALS AND COMPOSITES

*Киселев М.В. *, Киселев А.М. *, Балашов А.Б. ***

*ООО НПО Программируемые композиты, г. Кострома

**ФГБОУ ВО Костромской государственной университет, г. Кострома

*Kiselev M.V. *, Kiselev A.M. *, Balashov A.B. ***

*LLC NPO Programmable Composites, Kostroma

**FGBOUVO Kostroma State University, Kostroma

E-mail: kisselev50@mail.ru, laibach@mail.ru, balashovandrej@yandex.ru

В статье предлагается применение метода гомогенизации для решения задачи определения напряженно-деформированного состояния композиционных материалов, армированных высокопрочными синтетическими нитями по технологии 3D ткачества. Обоснована актуальность проблемы, которая заключается в поиске путей снижения порядка разрешающей системы уравнений метода конечных элементов при описании текстильной структуры армирующего каркаса композиционного материала на уровне одиночной нити. Описан подход решения поставленной задачи с применением суб-воксельной модели структуры материала.

Ключевые слова: текстильная преформа, композиционные материалы, метод гомогенизации, метод конечных элементов.

The article proposes the use of the homogenization method for solving the problem of determining the stress-strain state of composite materials reinforced with high-strength synthetic yarns using 3D weaving technology. The relevance of the problem, which is to find ways to reduce the order of the resolving system of equations of the finite element method when describing the textile structure of the reinforcing cage of a composite material at the

level of a single thread, is substantiated. An approach to solving the problem with the use of a sub-voxel model of the material structure is described.

Keywords: textile preform, composite materials, homogenization method, finite element method.

Проектирование новых текстильных материалов и изделий из них тесно связано с решением задач описания их строения, максимально приближенного к реальному, для повышения достоверности прогнозируемых эксплуатационных свойств. То же самые задачи стоят и для композиционных материалов и изделий, поскольку в основе их структуры применяются армирующие каркасы из текстильных высокопрочных волокон и нитей. При этом известно, что текстильные материалы имеют сложную иерархическую структуру с уровнями масштаба волокон, нитей, тканей, что в свою очередь обуславливает сложность моделей материала, множество принимаемых упрощений, погрешности расчетов, накапливающейся при продвижении от одного уровня к следующему. Рассмотрение структуры текстильных материалов возможно на различных уровнях с применением иерархического подхода, описанного в работах профессора Ломова С.В., который отмечает, что «наряду с усложнением иерархичность структуры открывает путь к обобщенному, систематическому и модульному подходу к моделированию текстильных материалов, используя принцип гомогенизации, обобщающий свойства на нижнем уровне при переходе на верхний» [1].

В любом случае, при решении задач проектирования, необходимо ясно понимать до какой степени детализации элементов структуры материалов мы должны строить прогнозные модели для получения их высокой точности и адекватности.

Например, размер поперечного сечения одиночных волокон синтетических материалов составляет величину около размера одной или нескольких молекул, в зависимости от условий формования, материала при электрофизическом формовании. Диаметр филамент углеродных волокон составляет величину порядка 5–10 микрон. Текстильные нити имеют размер сопоставимый с миллиметрами, а размер ткани уже имеет размерность в метрах. Очевидно, что для получения наиболее достоверных моделей текстильных материалов желательно строить их на основе реальной структуры начиная, если это необходимо, с наноуровня одиночного волокна. Однако при применении такого прямого подхода возникают, как правило, непреодолимые вычислительные сложности. Описание столь сложной структуры текстильных материалов на уровне одиночных волокон (филамент) аналитическими зависимостями связано с огромными сложностями, поэтому сегодня для практических расчетов данных задач применяют численные методы конечных элементов, но при этом ограничиваются моделированием объемов материала на уровне одиночной текстильной нити. Примеры данного подхода моделирования описания строения нити на уровне волокон (филамент) можно найти в разработках известных зарубежных фирм, разработчиков программного обеспечения таких как e-Extreme и ESI Group. Дальнейшее описание структуры материала, состоящего из большой совокупности нитей на уровне волокон (филамент) приводит к неразрешимым сложностям.

Использование численных методов на таком уровне детализации приводит к столь высокому порядку системы разрешающих уравнений (ориентировочный порядок системы разрешающих уравнений оценивается в 100–150 млн.), что ее проблематично решить даже при использовании современных суперкомпьютерных технологий – факт, который в теории известен как «проклятие размерности». Вообще, данный вопрос относится к фундаментальной проблематике математического описания поведения материалов при переходе рассмотрения их с атомарно-молекулярного уровня, далее на нано-уровне, через микро-уровень и мезо-уровень до макро-уровня. Это связано с приме-

нением совершенно различных подходов, теорий и математических моделей, применяемых на различных уровнях рассмотрения структуры материала.

Для решения задач используются различные методы, наиболее перспективными из которых являются [2]:

1. Класс методов гомогенизации, в том числе многомасштабную гомогенизацию. Данные методы используются совместно с методом конечных элементов (МКЭ).

2. Различного рода модификации метода конечных элементов (SmoothedParticle Hydrodynamics).

3. Методы молекулярной динамики – особенно с развитием вычислительной техники эти методы становятся все более интересными с точки зрения возможности анализа задач механики сплошной среды на наноразмерном уровне.

4. Методы квантово-химических расчетов для построения моделей строения вещества на атомарно-молекулярном уровне.

Для однозначной определенности выбора уровня рассмотрения строения текстильных материалов обычно используют классификацию уровней, основанной на масштабе моделей [3]. Согласно данной классификации для текстильных материалов построение моделей проводится на трех уровнях – микромеханической модели, мезомеханической модели и макро-механической модели. Иерархия моделирования на основе трех шкал: микромеханическое моделирование нитей, мезо-механическое моделирование элементарной ячейки ткани и макро-механическое моделирование ткани, показано на рис. 1. [3, 4] Эта терминология используется в дальнейшем при моделировании текстильных и композиционных материалов.

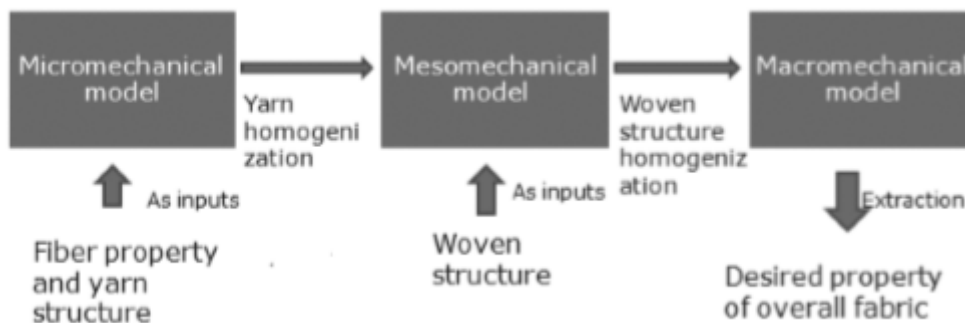


Рис. 1. Существующая интегрированная модель текстильного материала на микро, мезо и макро уровнях[3,4]

В работе [5] предложена концепция проектирования текстильных материалов и изделий с описанием их структуры на мезо-уровне.

Преимуществом предложенной концепции проектирования текстильных материалов и изделий на мезо-уровне является отход от необходимости применения двойного метода гомогенизации для описания структуры макромеханической модели – в идеале структуры реальной детали. Такой подход к детализации реальной структуры изделия совершенно очевидно позволит повысить точность последующих расчетов в САЕ системах и получить цифровой двойник материала. Кроме того применение данной концепции имеет и другие существенные преимущества, подробное описание которых приведено в [5]. Однако для реализации данного подхода требуется применение СКТ (супер компьютерные) технологий и специализированное ПО получения 3D структуры ткани. Необходимость применения СКТ технологий связана с большим порядком сис-

темы разрешающих уравнений при применении метода конечных элементов для разбиения с их помощью всей совокупности нитей, образующих изделие. Для решения задачи построения геометрической модели 3D тканей использовано ПО «Преформа», описание которой приведено в [5]. Использование данного ПО позволяет строить геометрические модели 3D структур тканей для получения преформ композиционных изделий произвольной сложности см. рис. 3.

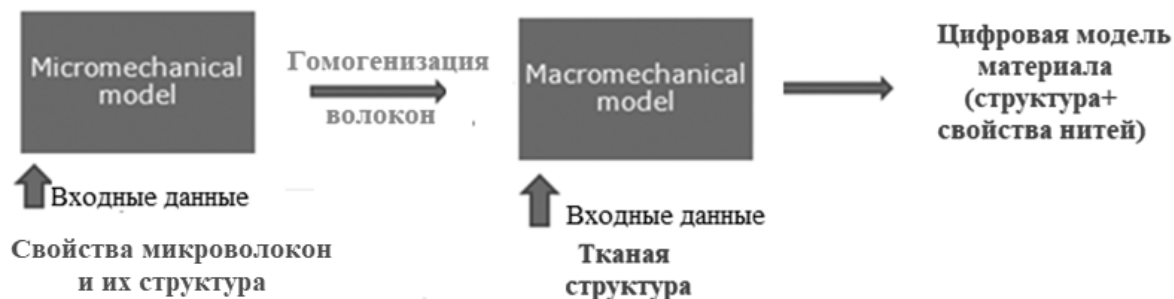


Рис. 2. Концепция проектирования текстильных материалов и изделий на мезо-уровне[5]

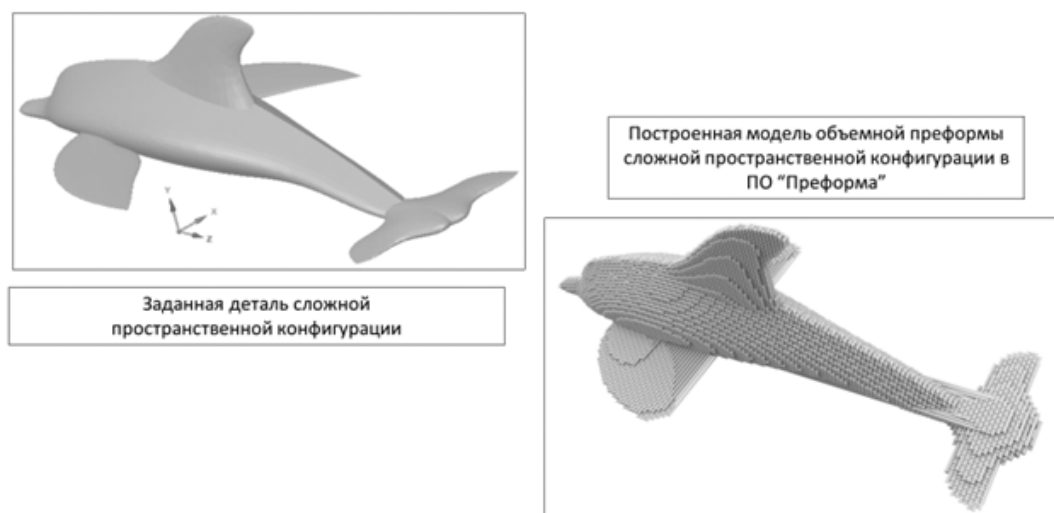


Рис. 3. Пример построения сложных преформ в ПО «Преформа»[5]

Существующий сегодня в мировой практике расчет механических свойств текстильных композиционных материалов основывается на моделировании так называемого «представительского объема» материала, который является лишь отдельно взятым фрагментом будущей структуры изделия в объеме 5–10 куб. см, обязательно включающий раппорт ткани. Такой подход позволяет решать задачу определения напряженно-деформированного состояния материалов путем прямого разбиения составляющих компонентов композита – армирующей структуры нитей и связующего на конечные элементы. При этом порядок разрешающей системы уравнений МКЭ позволяет решить данные задачи уже сегодня. Пример разбиения композиционного материала на конечные элементы для описываемого подхода представлен на рис. 4. [6].

Для решения задач определения НДС композиционного материала по предлагаемому подходу с моделированием реальной структуры армирующего каркаса в масштабе реального изделия такой подход будет приводить к резкому увеличению порядка разрешающей системы уравнений за счет необходимости разбиения большого количества текстильных нитей на конечные элементы и, следовательно, к проблеме ее реше-

ния даже на современных ЭВМ. Рассмотрим различные подходы для решения данной проблемы.

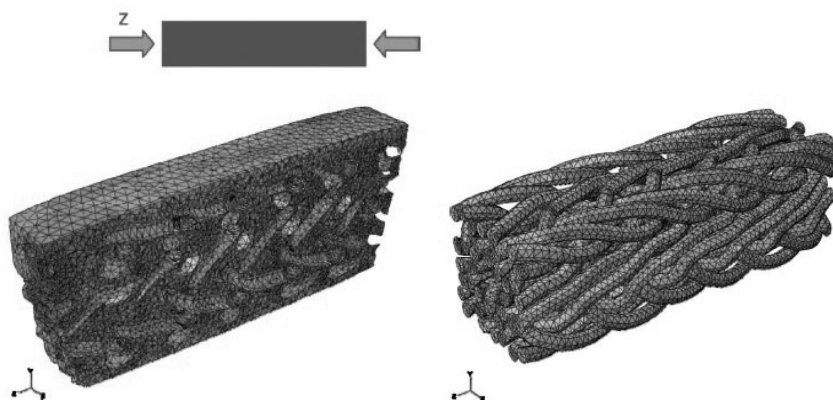


Рис. 4. Традиционный подход к решению задачи определения НДС композиционного материала в его представительском объеме[6]

Одним из способов понижения размерности задачи в МКЭ является замена пирамидальных конечных элементов на параллелепедальные конечные элементы см. рис. 5. Согласно классическим представлениям МКЭ такой подход позволит уменьшить размерность задачи в 6 раз – вместо 6-и конечных элементов в виде призм нужен 1 конечный элемент в виде параллелепипеда [7].

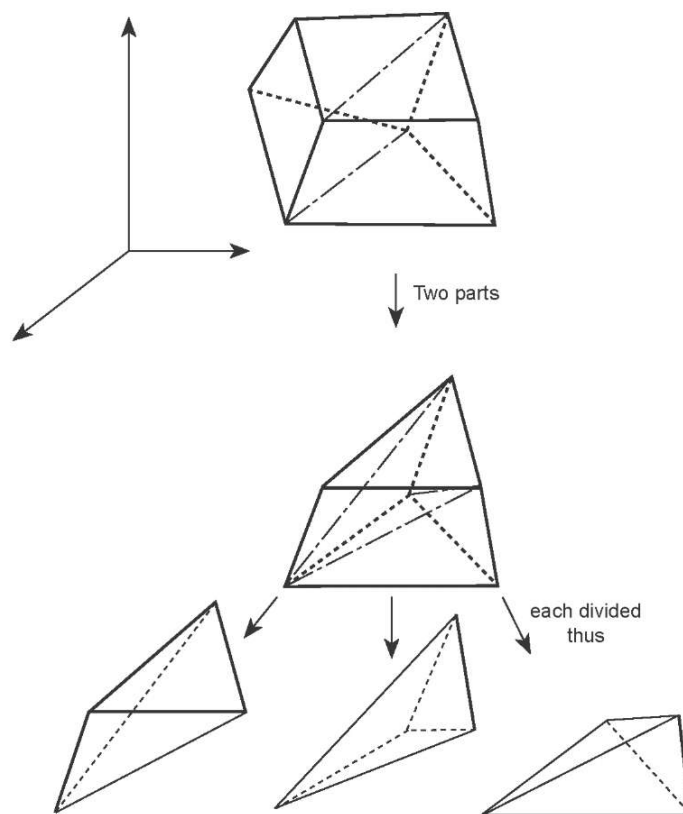


Рис. 5. Снижение размерности задачи за счет применения 8-и узлового конечного элемента в виде параллелепипеда [7]

Другой путь снижения размерности задачи заключается в применении методов гомогенизации. Преимуществом ПО «Преформа» является возможность получить информацию о расположении основной и уточной нитей внутри всей структуры ткацких переплетений в заданной форме см. рис. 6.

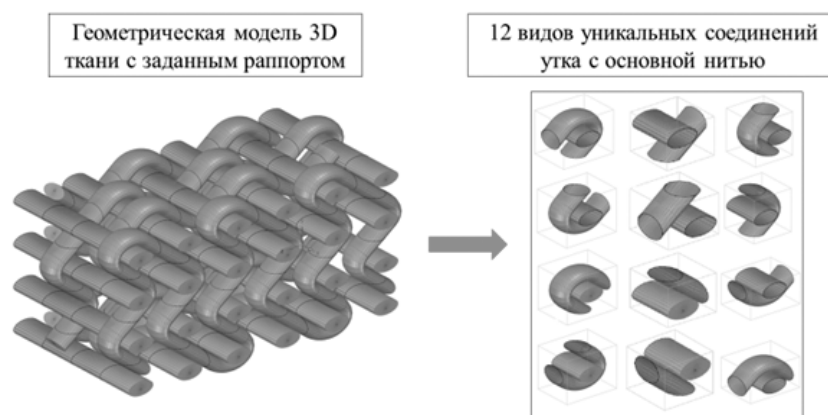


Рис. 6. Фрагмент структуры 3Dткани с выделением уникальных ткацких соединений основных и уточных нитей

При этом основой для формирования структуры 3D ткани в ПО «Преформа» является воксель, в котором располагаются ткацкие переплетения нитей. Для снижения размерности задачи определения НДС в композиционных материалах предлагается применить метод гомогенизации для определения физико-механических свойств в каждом вокселе компьютерной модели изделия.

В принципе, применение метода гомогенизации – осреднения свойств внутри гетерогенной структуры, это безусловно некоторое снижение точности расчетов, однако применение данного метода для каждого конечного элемента – вокселя модели с уникальными свойствами позволит решить задачу компромисса между точностью решения и снижением размерности задачи. Необходимо отметить, что данной проблематикой активно занимаются исследователи в России и за рубежом [8, 9]. Описание предлагаемого метода гомегенизации композиционных материалов для каждого вокселя – конечного элемента с разбиением его на суб-воксели представлено на рис. 7.

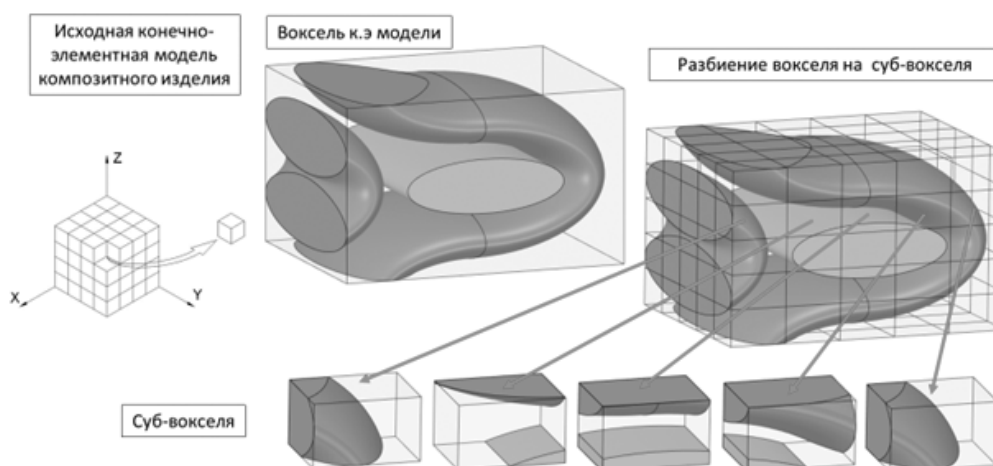


Рис. 7. Схема разбиения конечного элемента на суб-воксели для решения задачи гомогенизации свойств композиционного материала

Схематичное описание метода гомогенизации композиционных материалов для каждого вокселя – конечного элемента с разбиением его на суб-воксели. Смысл деления вокселя – конечного элемента на суб-воксели заключается в выделении в суб-вокселе только одной из составляющих компонентов композиционного материала – или материала армирующих нитей или связующего, физико-механические характеристики которых по отдельности или известны или могут быть получены экспериментальными методами.

Реализация предложенного подхода к решению задач НДС композиционных материалов, армированных текстильными 3D тканями, требует расширения функциональных характеристик ПО «Преформа» из САДсистемы проектирования в САЕ систему и разработки ПО для всех этапов решения задач механики сплошных сред МКЭ, что является следующей перспективной задачей работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ломов С.В, Ignaas Verpoest. WISETEX – виртуальный мир и реальное прогнозирование структуры и свойств текстильных полимерных композитов. Режим доступа: <http://rustm.net/catalog/article/140.html>.
2. Соколов А. П. Идентификация упругих характеристик компонентов проектируемых композитов на основе применения численных методов решения обратных задач микромеханики гетерогенных сред [Электронный ресурс] / А.П. Соколов, В.Н. Щетинин. – Режим доступа: <http://dspace.kpfu.ru/xmlui/bitstream/handle/net/108694/SokolovAP.pdf?sequence=1>
3. Meso-FE Modelling of Textile Composites: Road map, Data Flow and Algorithms / S.V. Lomov, D.S. Ivanov, I. Verpoest, M. Zako, T. Kurashiki, H. Nakai, S. Hirose // Composites Science and Technology. – 2007. – Vol. 67, N 9. – P. 1870–1891.
4. Shen Y. Modeling of Tensile Properties of Woven Fabrics and Auxetic Braided Structures by Multi-Scale Finite Element Method [Electronic resource] / Yang Shen. – Mode of access: <https://etd.auburn.edu/handle/10415/3966> (дата обращения: 10.06.2018).
5. Киселев А.М. Определение перспективных направлений в построении автоматизированных систем проектирования 3D-преформ и прогнозирования заданных свойств композиционных материалов на их основе / А.М. Киселев // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015. – № 5. – С. 193–196.
6. Rodrigo Ribeiro Passola, Dorival Piedade Neto and Humberto Breves Coda, Geometrical non-linear analysis of fiber reinforced elastic solids considering debonding, Composite Structures, 10.1016/j.compstruct.2015.07.097, 133, (343–357), (2015).
7. О. Зенкевич, И. Чанг, Метод конечных элементов в теории сооружений и в механике сплошных сред. М., «Недра», 1974. 240 с.
8. Ю.И. Димитриенко, А. П. Соколов, Об упругих свойствах композиционных материалов, Матем. моделирование, 2009, том 21, номер 4, 96–110.
9. Bogdanovich A. E. Multi-Scale Modeling, Stress and Failure Analyses of 3-D Woven Composites / A. E. Bogdanovich // Journal of Materials Science. – 2006. – Vol. 41, N 20. – P. 6547–6590.

**ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАНОРАЗМЕРНЫХ
ИНТЕРФЕРЕНЦИОННЫХ ПИГМЕНТОВ В ПРОЦЕССАХ КОЛОРИРОВАНИЯ
И ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОЙ ОТДЕЛКИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**PROSPECTS OF THE USE OF NANO-DIMENSIONAL INTERFERENCE
PIGMENTS IN THE PROCESSES OF COLORING AND FINAL
FABRIC FINISHING OF TEXTILE MATERIALS**

Клепикова А.С., Дащенко Н.В., Киселев А.М.

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий
и дизайна,

191186, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 18

Klepikova A.S., Dashchenko N.V., Kiselev A.M.

Saint Petersburg State University of Industrial Technology and Design,
18, Bolshaya Morskaya Street, 191186, Russia, St. Petersburg

E-mail: anna.inclusive@yandex.ru

В работе рассмотрен способ получения текстильных материалов, обладающих фотокаталитическими свойствами с помощью наноразмерных интерференционных пигментов. Приведен механизм фотокаталитической активности и проведена оценка фотокаталитических свойств гибридных пигментов на основе наноразмерных оксидов металлов.

Ключевые слова: интерференционные пигменты; фотокаталитическая активность; нанотехнологии.

The work discusses a method of producing textile materials with photocatalytic properties using nanoscale interference pigments. In this work are presented the mechanism of photocatalytic activity and the photocatalytic properties of hybrid pigments which based on nanoscale metal oxides.

Keywords: interference pigments; photocatalytic activity; nanotechnology.

В настоящее время ключевая роль в развитии технологий легкой промышленности отводится, главным образом, наноматериалам и нанотехнологиям, открывающим возможность выпускать изделия с принципиально новыми и улучшенными свойствами и расширяющим границы функционального применения текстиля, собственное производство которого имеет большое значение для развития экономики России.

Одним из перспективных векторов указанного направления является совершенствование художественно-колористического оформления текстильных материалов, в частности при реализации пигментной технологии печатания, которая наиболее распространена (более 80 %) в мировой практике узорчатой расцветки текстиля. В связи с созданием новых классов неорганических интерференционных пигментов представляется возможным разработать новую технологию печатания, обеспечивающую получение высококачественных рисунков с необычными колористическими эффектами и защитными свойствами [1].

В данном случае, окраска формируется без участия хромофорных соединений (красителей) за счет самоорганизации геометрически строго упорядоченных элементов в наноразмерном диапазоне. В результате взаимодействия света с такими элементами,

размер которых соизмерим с длиной волны света, наблюдаются явления интерференции, дифракции и рассеяния световых лучей с визуальным цветовым восприятием объекта. Такой механизм образования цвета базируется на оптических принципах, а полученная окраска носит название структурной. Технология формирования структурной окраски характеризуется высоким уровнем экологичности и не требует применения высоких температур с получением окрасок, устойчивых к внешним воздействиям. Новый класс наноразмерных интерференционных пигментов на основе слюды и окислов металлов с толщиной слоя $0,1-5 \cdot 10^{-6}$ м позволит получить структурные окраски с более высокими показателями прочности к трению и свету по сравнению с традиционными органическими пигментами и тонкодисперсными металлическими порошками [2].

Для нанесения наночастиц оксидов металлов на текстильные материалы используются такие методы, как аппретирование с последующей сушкой и термофиксацией, ультразвуковое напыление, электростатическая самосборка (electrostatic self-assembly), шелкография сетчатыми шаблонами, прямое нанесение раклея (шпредиговоевание), золь-гель метод и магнитное распыление, а также техника Ленгмюра-Блоджетт (метод формирования моно- и мультимолекулярных пленок на поверхности твердой подложки).

Наиболее эффективным способом нанесения наночастиц оксидов металлов с точки зрения стоимости и технологической простоты является аппретирование. Однако, при получении наноразмерных частиц диоксида титана в золь-гель процессе в системе образуются гидроксиды титана, а оксиды – при последующем термическом обжиге, проводимом при температурах от 400 до 800°C, что недопустимо при обработке текстильных материалов. Поэтому полученные и прокаленные наноразмерные пигменты наносили на поверхность текстильных материалов способом печатания через сетчатый шаблон без рисунка. В результате проведенных исследований установлено, что закрепление пигментов на текстильном материале в пленке связующей композиции снижает их фотокаталитический эффект. Так, например, пигменты в свободном состоянии обесцвечивают весь модельный раствор красителя метиленового голубого за 20 минут (рисунок 1), причем наилучшими фотокаталитическими свойствами обладает пигмент, состоящий из наночастиц $\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$. После нанесения на текстильный материал интерференционные пигменты снижают свою фотокаталитическую активность, и для достижения аналогичных результатов по обесцвечиванию требуется уже не менее 60 мин (рисунок 2). Установлено, что наиболее сильное влияние на снижение фотокаталитических свойств оказывает связующее, поскольку пленка, образующаяся на поверхности текстильного материала после полимеризации латекса, препятствует контакту раствора метиленового голубого с наноразмерным интерференционным пигментом. Выявлено, что образцы, обработанные пигментом на основе $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$, обладают более высокой фотокаталитической активностью, чем образцы, обработанные наноразмерным пигментом на основе TiO_2 . Эта повышенная фотоактивность связана с меньшим размером наночастиц, существованием связи Si-O-Ti, повышенной гидрофильностью и высоким показателем поглощения УФ-излучения пигментом на основе $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ в зависимости от размера его частиц [3].

В результате проведенных исследований установлено, что модельный органический краситель метиленовый голубой подвергается значительной фотоокислительной деструкции. В наибольшей степени разлагает органический краситель интерференционный пигмент на основе оксидов $\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$, в меньшей степени комбинированный пигмент на основе оксидов $\text{SiO}_2/\text{TiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$. Не разлагает органический модельный загрязнитель пигмент бронзовой серии на основе $\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$. Также существенное влияние на фотокаталитические свойства интерференционных пигментов оказывает природа связующего.

Установлен характер влияния размеров частиц пигментов, а также толщины наноразмерного слоя оксидов металлов (TiO_2 , Fe_2O_3) на слюдяной подложке (80–120 нм) на колористические и прочностные показатели структурных окрасок [4]. Наличие тон-

кого слоя диоксида кремния с высоким содержанием гидроксильных групп на поверхности, а также крупных кристаллитов фазы анатаза диоксида титана, способствует максимальному проявлению фотокаталитического эффекта со стороны нанесенных на поверхность текстильного материала интерференционных пигментов.

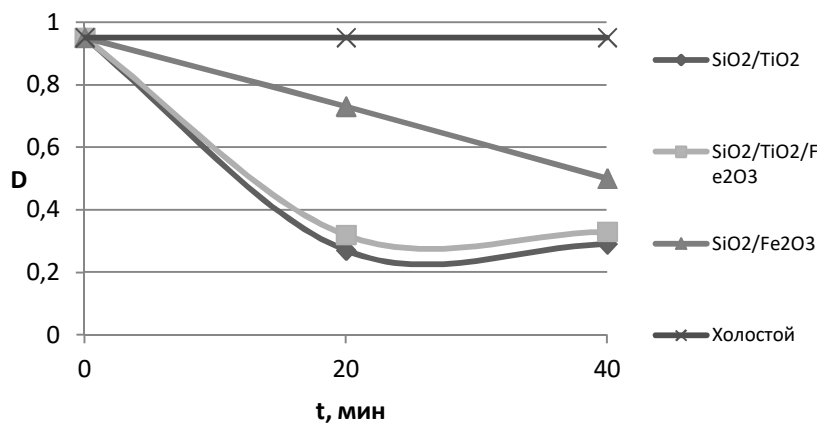


Рис. 1. Скорость ФК деструкции МГ пигментами в свободном состоянии

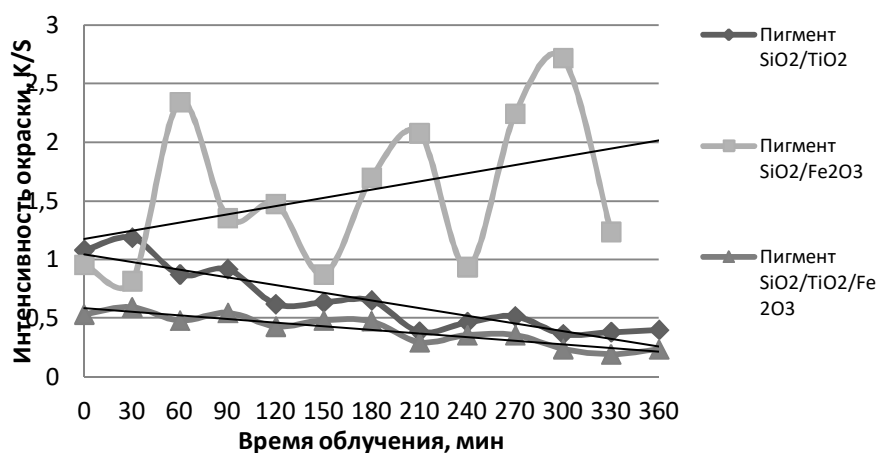


Рис. 2. Влияние состава интерференционных пигментов в связанном состоянии на их фотокаталитические свойства

ЛИТЕРАТУРА

1. Кричевский Г.Е. Нано-био-химические технологии в производстве нового поколения волокон, текстиля и одежды. Издание первое. М.: 2011. 528 с.
2. Zhuk L.A., Zhidkova V.V., Dashchenko N.V., Kiselev A.M. Synthesis of Interference pigments and their application in printing textile materials// Russian Journal of General Chemistry. 2017. Vol. 87. N. 6. pp. 131–135.
3. Дашенко Н.В., Жидкова В.В., Киселев А.М., Демидов А.В. Оценка размера частиц интерференционных пигментов и его влияния на качество печати текстильных материалов // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. Изд-во СПбГУПТД. 2013. – Т. 22. № 4. – С. 61–65.
4. Жидкова В.В., Дашенко Н.В., Киселев А.М. Реологические свойства печатных составов на основе интерференционных пигментов // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. Изд-во СПбГУПТД. 2013. № 5. – С. 64–70.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ЛЬНОВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ
ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ПРОЦЕССОВ
ПРОИЗВОДСТВА ЛЬНЯНОЙ ПРОДУКЦИИ**

**MODELING OF THE STRUCTURE FLAX FIBROUS MATERIALS
FOR RECEIVING A DIGITAL DOPPELGANGERS TO PRODUCTION
OF LINEN PRODUCTS**

Кокшаров С.А.

Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН,
153045, Россия, г. Иваново, ул. Академическая, д. 1

Koksharov S.A.

G.A. Krestov Institute of Solution Chemistry of the Russian Academy of Sciences,
1, ul. Akademicheskaja, 153045, Ivanovo, Russia

E-mail: ksa@isc-ras.ru

Сформирован подход к описанию показателей качества и структурных характеристик льноволокнистого сырья, текстильных полуфабрикатов и готовых изделий на базе единых регулирующих параметров системы, в качестве которых предполагается использовать соотношения массовой доли основных полимерных компонентов, изменяющиеся в технологическом цикле переработки льняных материалов.

Ключевые слова: льноволокнистые материалы, полимерный состав, физико-механические свойства, корреляции, методики мониторинга и моделирования производственных процессов.

The approach to the description of indicators of quality and structural characteristics of flax fibrous raw materials, textile semi-finished and finished products on the basis of common regulatory parameters of the system, in which quality is supposed to use the ratio of the mass fraction of the main polymer components, changing in the technological cycle of flax materials processing was formed.

Keywords: flax fibrous materials, polymer composition, physical and mechanical properties, correlations, methods of monitoring and modeling of manufacturing processes

Современный тренд на опережающее развитие экономики посредством масштабного внедрения цифровых технологий предусматривает обретение конкурентных преимуществ за счет увеличения скорости разработки материалов и обеспечения возможности оперативного изменения их свойств под требования проектируемых конструкций. Переход к цифровым технологиям актуален в производстве продукции как технического, так и бытового назначения. Причем в перспективе возрастающее внимание предполагается уделять освоению принципиально новых бизнес-моделей в сфере изготовления конечной продукции, где основополагающей становится роль потребителя в части удовлетворения его потребностей в комфорте и самоидентификации, в стремлении к непосредственному участию в разработке конструкции изделия и его дизайна. В связи с этим создание цифровых фабрик в индустрии моды направлено на кардинальное изменение в эффективности процесса изготовления предметов одежды, на радикальное сокращение времени и стоимости проектирования и разработки продукта

путем прямого 3D проектирования и виртуального моделирования ткани и швейного изделия, оценки посадки и комфорта на динамических виртуальных манекенах, соответствующих реальным потребительским морфотипам, прогнозирования стоимости и технологичности.

Основная идея в области конструирования одежды базируется на обеспечении возможности увидеть будущую форму изделия. Задача реализуется при помощи процесса, называемого «виртуальной примеркой», то есть симуляции сшивки деталей и «надевания» их на виртуальный манекен [1–3]. Виртуальные технологии позволяют сместить центр тяжести на этап проектирования, которое, включая весь набор необходимых испытаний, выполняется в цифровом виде на основе современных средств компьютерного моделирования. Такое решение имеет ряд преимуществ, в том числе ускоряет и удешевляет устранение ошибок без промежуточного отшива образцов изделия, позволяет оперативно реагировать на изменения рынка, входить в окно возможностей с опережением конкурентов [4].

Существующие в настоящее время САПР «виртуальной примерки» (Lectra, Франция; Optitex, Израиль; Assyst, Германия; Gerber, США; Marvelous Designer, Корея и т.д.) с целью учета свойств материалов предлагают инструменты для эмпирического подбора параметров математической модели ткани, что существенно снижает адекватность симуляции посадки изделия. Принципиально важно создание универсальной модели физико-механических свойств текстильных материалов, позволяющей получать цифровые двойники заданных материалов для использования как на этапе построения развертки, так и на этапе симуляции посадки изделия. Повышение адекватности моделей одежды, задаваемых в трехмерных САПР, возможно за счет применения в математических моделях данных о способности текстильных материалов к деформации, образованию объемной формы и ее сохранению при эксплуатации изделия. Для этого необходимо создание универсального цифрового представления материала, а также инженерных методик получения его количественных характеристик. Это даст возможность формирования межотраслевой базы данных свойств материалов, которая может пополняться несколькими участниками, в том числе самими производителями материалов.

В идеале виртуальное проектирование изделия должно не просто находить рациональные пути воспроизведения модели из конкретных имеющихся материалов, а, прежде всего, задавать требования к материалам, обеспечивающим создание необходимой конструкции. Реализацию этих требований должна обеспечивать развитая методологическая система анализа цифровых двойников, позволяющая оптимизировать получение необходимых материалов, начиная от стадий подбора сырья и технологических режимов его переработки. Анализ литературы подтверждает наличие активных усилий специалистов разного профиля в комплексном решении соответствующего круга задач.

Одним из основных направлений современного развития цифровых технологий в области текстильного производства является разработка автоматизированных систем контроля качества текстильных материалов (пряжи, нитей, ткани) [5–7]. Так, в настоящее время широкое распространение в ткацком производстве получили зарубежные технологии оптического распознавания пороков поверхности текстильных полотен, такие как система Zellweger Uster's Fabriscan (Швейцария), система Cyclops в составе Barco's QualiMaster system (США) и система Elbit Vision System's IQ-TEX (Израиль). Последняя признана мировым лидером в области автоматического оптического контроля за показателями качества тканей.

Вопросы развития отечественных инфо-технологий и создания автоматизированных интегрированных систем контроля качества находятся в центре внимания ряда научно-исследовательских групп в профильных вузах страны, например [8–11]. В частности, специалистами ИВГПУ разработаны методики оценки и создан измерительный

комплекс для контроля показателей длины, засоренности и зрелости хлопковых волокон [12–13]. Средства и алгоритмы обработки первичных данных, используемые при инструментальном измерении зрелости хлопковых волокон, позволили существенно усовершенствовать используемый в настоящее время органолептический метод в направлении повышения производительности и объективности оценки. Предложен автоматизированный алгоритм процесса проектирования свойств пряжи, главным итогом применения которого является подбор состава смесок хлопкового волокна, а также регламентация номинальных и предельно допустимых значений по показателям линейной плотности пряжи, коэффициента вариации по линейной плотности, количество утолщений и утонений. Разработана система контроля плотности нитей в тканых полотнах (АСК «Лаборатория») [14–15]. Программно-аппаратный комплекс для оперативного получения изображения поверхности текстильных материалов и подсчета плотности нитей является частью автоматизированной системы контроля структурных характеристик тканей. Он может быть использован текстильными, швейными и торговыми предприятиями для оперативного получения визуализированной информации о структурных свойствах сырья (исходных волокон), полупродуктов (хлопковых смесок, прочеса, формируемой суровой пряжи) и готовой продукции (товарного суровья и готовых отделанных тканей) при выполнении входного, операционного и приемочного контроля качества.



Рис. 1. Основные задачи цифровых технологий в производстве хлопчатобумажной продукции

Представленная на рис. 1 схема в общем виде отражает совокупность задач реализации цифровых технологий в производстве хлопчатобумажной текстильной и швейной продукции. Наименее проработанной является сфера проектирования отделочного производства. Разработка цифровых прототипов в данном сегменте должна рационально увязать регламентацию параметров химико-технологических процессов с учетом требований к материалам со стороны швейного производства, а также допустимого уровня ухудшения структурных и физико-механических характеристик текстильных материалов под влиянием растворов химических реагентов и разнообразных деформирующих воздействий на технологическом оборудовании.

Отмечая наличие перспективных заделов для цифровизации хлопчатобумажного производства, приходится констатировать наличие факторов, ограничивающих их прямой перенос в сферу переработки льноволокнистых материалов. Основные проблемы связаны с тем что, моделирование хлопковых материалов ориентировано на проектиро-

вание однородных по химическому составу систем, а также на применение приемов итеративного составления рецептуры смесок волокон с известными механическими характеристиками.

В отличие от хлопка, качественные характеристики льноволокнистых материалов преимущественно определяются свойствами льняных комплексов, а не входящих в их состав элементарных волокон. При этом поведение комплексных волокон в составе текстильной продукции контролируется не целлюлозой клеточной стенки волоконца, на долю которой приходится 60...80 % общей массы, а состоянием связующих веществ лубяного пучка, которые в свою очередь состоят из нескольких видов полимерных соединений.

Основной барьер для оцифровки льняного производства состоит в неприменимости существующей системы нормирования льняного сырья для создания цифровых технологий проектирования свойств полуфабрикатов и продукции. Как показано в таблице, существующая система сортоиспытания льноволокнистых материалов в процессах получения текстильного сырья использует в качестве основных критериев не характеристики свойств волокнистых компонентов, а показатели их засоренности остатками растительных тканей льняного стебля, что не дает исходной информации о поведении волокна в процессах текстильного производства. Методы контроля качества льняных текстильных материалов [ГОСТ 10078-85, ГОСТ 15968-2014] предполагают констатацию результатов обработки лишь для градации сортности продукции без возможности оперативной переналадки процесса их получения для улучшения показателей качества. Выбор технологических режимов облагораживания полуфабрикатов производится интуитивно по формальным признакам разделения льняного сырья на категории мягкого волокна, средней мягкости или грубого, что не позволяет обосновать требуемый уровень воздействий в процессах его подготовки.

Таблица. Критерии нормирования качества льняного сырья

Вид сырья; нормативный документ для оценки качества, число градаций	Основной метод	Аналитические методы (в случае несоответствия и разногласий)	
		контроль количества сорных элементов	инструментальные
трепанный лен ГОСТ 10330-76 13 номеров	органолептический сравнение со стандартными образцами	недоработка костра сорные примеси	пределы значений процентно-номеров (по результатам контрольного гребенного прочеса)
чесанный лен ОСТ 17-05-012-94 10 сортов (номеров)	органолептический сравнение со стандартными образцами	инкрусты недоработка костра и шишки	расчетный номер: общая неровнота (по данным разрывной нагрузки сухих и мокрых прядок, гибкости прядок)
льняной очес ОСТ 17-05-013-94 9 сортов (номеров)	органолептический сравнение со стандартными образцами	костра шишковатость	расчетный номер очеса (по данным разрывной нагрузки ленточки, расщепленности, массодлины волокна)
короткое волокно ГОСТ 9394-76 5 номеров	органолептический сравнение со стандартными образцами	костра сорные примеси	разрывная нагрузка скрученной ленточки

Развиваемый научный подход реализует одно из ключевых положений химической науки, согласно которому свойства системы определяются ее составом. Новизна решений состоит в выявлении закономерностей «состав – свойство» для описания по-

казателей качества льняных волокнистых материалов и разработки методики получения цифровых прототипов льноволокнистого сырья, текстильных полуфабрикатов и готовых изделий на базе единых регулирующих параметров системы, в качестве которых предполагается использовать изменяющиеся в процессе переработки льняных материалов *соотношения массовой доли основных полимерных компонентов: целлюлозы, пектиновых веществ, гемицеллюлозных соединений и лигнина*. Системные корреляции между полимерным составом и техническими характеристиками материалов впервые были прослежены в диссертационной работе [16].

К настоящему времени в текстильном материаловедении имеются общепринятые надежные методы анализа полимерного состава льняных материалов, основанные на современных оперативных приемах спектрофотометрического анализа, которые позволяют с высокой точностью определять основные компоненты льняного волокна [17–20]. Планомерный контроль за совокупностью показателей состава и химического строения полимерных компонентов льноволокна в привязке к симбатным изменениям его технологических свойств позволяет выявить диапазоны оптимальных значений остаточного содержания полимерных компонентов соединительных тканей в лубяном пучке на каждом технологическом переходе многостадийного цикла, что обеспечит получение текстильных полуфабрикатов и готовых изделий с высоким уровнем качества [21].

Вернемся к основной конечной задаче инфо-технологии в производстве текстильной продукции – моделированию объемной формы проектируемого швейного изделия. На практике необходимое объемно-силуэтное решение достигается путем подбора прокладочных материалов для обеспечения необходимой жесткости пакета дублированных формообразующих деталей изделия. Наиболее перспективно использование с этой целью прокладочных материалов с дискретно нанесенным на поверхность термопластичным адгезивом, обеспечивающим скрепление слоев пакета в условиях влажно-тепловой обработки [22, 23].

Моделирование свойств пакетов, дублированных трикотажными термоклеевыми материалами, позволило выявить зависимости жесткости пакета по основе (EI_O) и утку (EI_Y) от структурных характеристик прокладочных материалов, в числе которых поверхностная плотность (M_S , г/м²), плотность клеевых точек ($N_{КТ}$, ед./см²), массовая доля уточных нитей ($G_{УН}$, %) [24]. При этом параметры дублированной детали определяются, прежде всего, показателями жесткости основного материала $EI_O^{ом}$ и $EI_Y^{ом}$ соответственно по основе и утку:

$$- EI_O = EI_O^{ом} [0,027M_S + 0,017(100 - G_{УН}) + 0,0025N_{КТ}]; R^2 = 0,9999;$$

$$- EI_Y = EI_Y^{ом} (0,049M_S + 0,0086G_{УН} + 0,0079N_{КТ}); R^2 = 1,0.$$

Установлено [25], что в случае льняных тканей величина показателя жесткости полотна зависит не только от остаточного содержания лигнина (L_T , масс.%), но и от количества сохранных гемицеллюлозных соединений ($G_{УТ}$, масс.%). Причем эти полимерные спутники льняной целлюлозы оказывают разнонаправленное влияние на упруго-деформационные свойства материала. Сохранение гемицеллюлоз позволяет в определенной степени компенсировать жесткость, придаваемую лигниновыми образованиями. Вместе с тем чрезмерное удаление гемицеллюлоз усугубляет недостаточную эластичность льняного полотна. Для обоих видов примесей концентрационные зависимости имеют экстремальный характер, что отражает обобщенная математическая модель:

$$EI = 7877 - 1942L_T + 776L_T^2 - 1535G_{УТ} + 116G_{УТ}^2 - 203\frac{M}{G_{УТ}} - 15,6\left(\frac{M}{G_{УТ}}\right)^2, R = 0,973$$

Использование модели для проектирования требуемой жесткости материала позволяет сбалансировано определять степень извлечения примесей в процессах химического облагораживания тканых полотен с учетом их содержания в суровье на входе в отделочное производство. Вместе с тем модель позволяет оценить влияние вводимого в структуру материала мягчителя (M , масс.%) и возможные изменения свойств ткани в результате вымывания умягчающего агента в ходе бытовых обработок при эксплуатации изделия.

Часть полимерных спутников извлекается из льняного волокна еще на стадии подготовки его к прядению. На базе обширного экспериментального материала [26–28] выявлены зависимости для проектирования технологических свойств формируемой пряжи, в частности по показателям линейной плотности (T_{np} , Текс), гибкости (G_{np} , мм) и удельной разрывной нагрузки ($P_{y_{np}}$, сН/Текс) исходя из данных массовой доли спутников целлюлозы в подготовленной ровнице (Π_p – содержание в ровнице пектиновых веществ, масс.%):

$$\begin{cases} T_{np} = 52,946 + 0,319\Pi_p + 0,0002\Pi_p^2 + 0,835L_p + 0,003L_p^2 + 0,105G_{yp} + 0,013G_{yp}^2; R^2 = 0,928 \\ G_{np} = 33,446 + 10,2L_p - 5,667L_p^2 + 3,908G_{yp} - 0,521G_{yp}^2 - 0,65\Pi_p - 0,059\Pi_p^2; R^2 = 0,9792 \\ P_{y_{np}} = 19,8 + 0,559\Pi_p - 1,398\Pi_p^2 + 3,402L_p - 1,512L_p^2 + 0,751G_{yp} - 0,083G_{yp}^2; R^2 = 0,912. \end{cases}$$

Совместное решение системы уравнений позволяет определить требования к качеству ровницы для получения высокосортной пряжи заданной линейной плотности, либо оценить возможное ухудшение деформационных и прочностных свойств пряжи при заправке на получение более высоких номеров. Вместе с тем содержание полимеров в ровнице определяет их количество в формируемых тканых полотнах и позволяет обоснованно определить предпочтительный режим подготовки суровья в отделочном производстве.

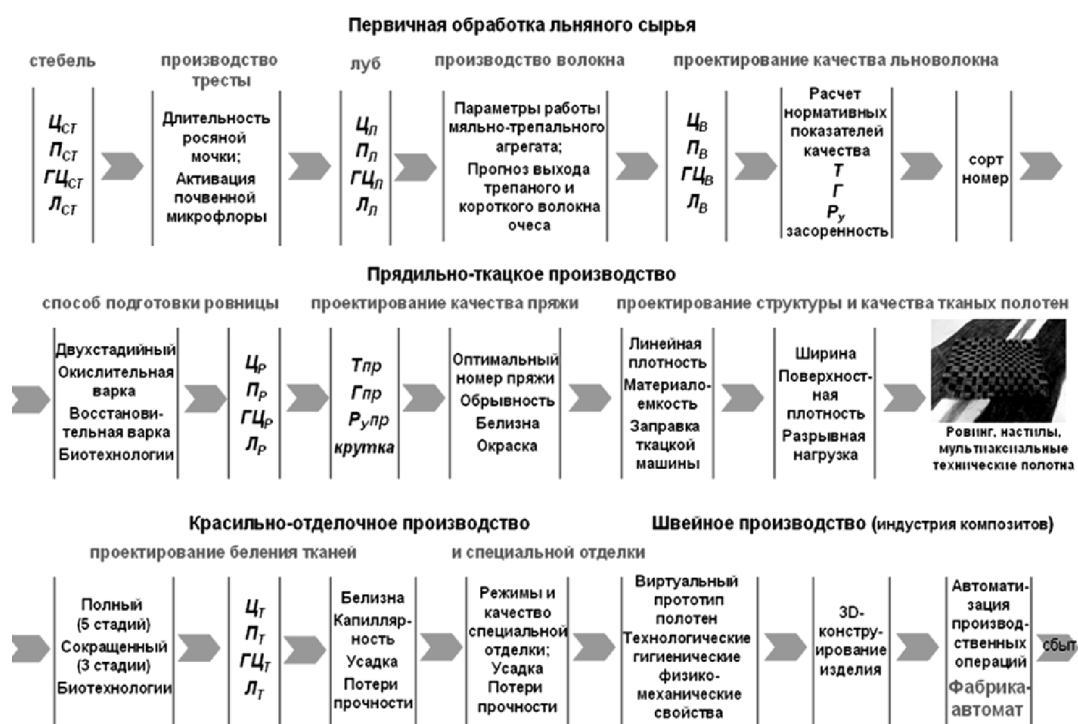


Рис. 2. Направления использования цифровых технологий в производстве льняной продукции

На рис. 2 представлена схема сквозного аналитического обеспечения производства высококачественной льняной продукции.

Проектирование свойств текстильных материалов по данным их полимерного состава целесообразно начинать с процессов первичной переработки растительного сырья и производства льноволокна. Существенное ускорение и повышение информативности может обеспечить реализация цифровых методов сортоиспытания льноволокнистой продукции, в основу которых положена математическая модель описания свойств чесаного волокна (линейной плотности T_B , гибкости Γ_B и удельного разрывного усилия льняных комплексов P_Y) от массовой доли целлюлозы (C_B , масс.%) и ее полимерных спутников [29–30]:

$$\begin{cases} T_B = 3,2508 + 0,1482 \Gamma_{ц_B} + 0,5119 \Pi_B - 0,1225 \Pi_B^2, & R = 0,9575; \\ \Gamma_B = 291,37 - 2,2399 \cdot \Gamma_{ц_B} - 48,6781 \cdot L_B + 2,5858 \cdot L_B^2, & R = 0,9775; \\ P_Y = P_B / T_B = 29,11 - 0,91 C_B + 0,015 C_B^2 + 0,45 \Pi_B + 0,513 L_B - 0,03 L_B^2; & R = 0,9982. \end{cases}$$

Анализ полимерного состава лубяной части льняного стебля позволит оптимизировать условия деструкции паренхимных тканей льняного стебля в условиях лугового растила [31–35], прогнозировать эффективность процессов первичной обработки льно-тресты и качество получаемого льняного сырья. Предлагаемый подход позволит обосновать критерии оценки пригодности льняного сырья и режимы его последующей переработки в элитную трикотажную или швейную продукцию, в ассортимент бытовой или технической текстильной продукции, либо в разнообразные виды биополимерных композиционных материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Xuyuan Tao. Toward advanced three-dimensional modeling of garment prototype from draping technique // International Journal of Clothing Science and Technology. 2013. V. 25. N 4, P. 266 – 283.
2. Meng Y. Flexible shape control for automatic resizing of apparel products // Computer-Aided Design. 2012. 44. P. 68–76.
3. CH Chu. Exemplar-based statistical model for semantic parametric design of human body // Computers in Industry. 2010. V. 61. N 6. P. 541–549.
4. <http://tass.ru/nauka/4032401>
5. Choi T.-M. Information Systems for the Fashion and Apparel Industry // Amsterdam: Woodhead Publishing, The Textile Institute. 2016. 285 p.
6. Surjit R., Rathinamoorthy R., Vardhini K.J.V. ERP for Textiles and Apparel Industry // London: CRC Press LLC. 2016. 286 p.
7. Hu J. Computer Technology for Textiles and Apparel // Oxford: Woodhead Publishing, The Textile Institute. 2011. 385 p.
8. Новиков А.Н. Разработка теоретических и методологических принципов создания систем компьютерного зрения для автоматизации контроля качества текстильных материалов: дисс. ... докт. техн. наук. М.: МГТУДит. 2014. 287 с.
9. Ершов С.В., Калинин Е.Н. Влияние пиксельной характеристики цифровых изображений нетканых структур на точность результатов их компьютерного анализа // Изв. вузов. Технология текст. пром-сти. 2016. № 6. С. 243–248.
10. Марценюк М.А. Компьютерное зрение: уч.-методическое пособие. – Пермь: ПГНИУ. 2007. 204 с.

11. Адилов Р.М. Системы искусственного интеллекта. Модуль 3. Системы машинного зрения: уч. пособие. – Пенза: ПГТА. 2008. 32 с.
12. Матрохин А.Ю. и др. Метрологическая оценка показателя зрелости хлопковых волокон // Изв. вузов. Технология текст. пром-сти. 2010. № 2. С. 21–25.
13. Матрохин А.Ю., Шаломин О.А., Гусев Б.Н. Лабораторный измерительный комплекс для оценки показателей качества хлопковых волокон // Изв. вузов. Технология текст. пром-сти. 2010. № 4. С. 120–123.
14. Шаломин О.А. и др. Построение автоматизированной системы контроля технологического процесса формирования ткани // Изв. вузов. Технология текст. пром-сти. 2013. № 1. С. 167–169.
15. Гойс Т.О., Баженов С.М., Матрохин А.Ю. Разработка алгоритма распознавания степени поврежденности геотекстильных полотен на основе анализа цифровых изображений // Изв. вузов. Технология текст. пром-сти. 2016. № 2. С. 55–59.
16. Алеева С.В. Методологические основы совершенствования процессов биохимической модификации льняных текстильных материалов: дисс. ... докт. техн. наук. Иваново: ИГХТУ, 2013. 396 с.
17. Усов А.И., Яроцкий С.В. Раздельное определение гексоз и пентоз при помощи ортолуидинового реагента // Известия Академии наук СССР. Серия химическая. 1974. № 4. С. 877–880.
18. Иванов А.Н., Гурусова А.А., Ремизова Т.В. Влияние химического состава и структуры на прядильные свойства льняных волокон различных селекционных сортов // Изв. вузов. Технология текст. пром-сти. 1986. № 1. С. 19–21
19. Гурусова А.А., Иванов А.Н. Влияние структурных факторов на прядильную способность льняных волокон различных селекционных сортов // Изв. вузов. Технология текст. пром-сти. 1989. № 1. С. 19–21.
20. Иванов А.Н. Физико-химические основы технологии приготовления льнотресты: дисс. ... докт. техн. наук. Кострома. 1989. 535 с.
21. Koksharov S.A., Aleeva S.V., Lepilova O.V. Nanostructural biochemical modification of flax fiber in the process of its preparation for spinning // AUTEX Research Journal. 2015. V. 15. N 3. P. 215–225.
22. Бузов Б.А., Смирнова Н.А. Современный ассортимент термостойких материалов для одежды и разработка их классификации // Изв. вузов. Технология текст. пром-сти, 2012. № 2. С. 105–109.
23. Kornilova N. et al. Development of reinforced interlining materials to regulate elastic properties // Indian J. of Fibre & Textile Research. 2017. V. 42. P. 150–159
24. Кокшаров С.А. и др. Влияние структурных характеристик термостойких материалов на жесткость дублированного пакета // Изв. вузов. Технология текст. пром-сти. 2016. № 4. С.96–101.
25. Алеева С.В. Влияние содержания лигнина и гемицеллюлоз на жесткость тканых полотен // Изв. вузов. Технология текст. пром-сти. 2013. № 5. С. 129–131.
26. Алеева С.В., Кокшаров С.А. Дифференцированная оценка влияния примесей льняного волокна на свойства пряжи // Изв. вузов. Технология текст. пром-сти. 2011. № 1. С. 66–70.
27. Алеева С.В., Кокшаров С.А. Влияние химических способов подготовки льняного волокна на свойства формируемой пряжи // Изв. вузов. Технология текст. пром-сти. 2015. № 6. С. 94–98.
28. Алеева С.В., Кокшаров С.А. Химия и технология биокатализируемого наноконструирования льняных текстильных материалов // Рос. хим. ж. 2011. Т. 54. № 6. С. 46–58.

29. Кудряшов А.Ю., Кокшаров С.А., Пашин Е.Л. Влияние селекционного сорта, способа получения и зоны по длине стебля на изменчивость химического состава льняного волокна // Изв. вузов. Технология текст. пром-сти. 2009. № 5. С. 3–5.
30. Koksharov S.A., Aleeva S.V. Chemistry and technology of biocatalyzed nanoengineering of linen textile materials // Rus. J. Gener. Chem. 2012. V. 82. N 13. P. 2279–2293.
31. Кудряшова Т.А. и др. Влияние условий выращивания льна-долгунца сорта «Алексим» и первичной обработки льнотресты на свойства трепаного волокна // Изв.вузов. Технология текст. пром-сти. 2008. № 2. С. 31–34.
32. Кокшаров С.А. и др. Свойства льняного волокна селекционного сорта льна-долгунца «А-93» с опытных участков в Тверской и Костромской областях // Химия растительного сырья. 2008. № 3. С. 51–54.
33. Кокшаров С.А. и др. Полимерный состав трепаного льняного волокна селекционных сортов льна-долгунца «Зарянка» и «Могилевский-2» // Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2011. Т. 54. № 6. С. 93–96.
34. Алеева С.В., Кокшаров С.А. Особенности биохимической мацерации отечественного и импортного льняного сырья: сопоставительный анализ химического строения пектиновых веществ // Химия растительного сырья. 2010. № 3. С. 11–16.
35. Алеева С.В., Кокшаров С.А. Особенности биохимической мацерации отечественного и импортного льняного сырья: закономерности расщепления полиуронидных соединений ферментами пектолитического комплекса // Химия растительного сырья. 2010. № 4. С. 5–10.

УДК 677.02; 66.061.3

ЭКСТРАКЦИЯ И МИКРОКАПСУЛИРОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ДЛЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

EXTRACTION AND MICROENCAPSULATION BIOLOGICAL ACTIVE AGENTS FOR FUNCTIONAL TEXTILE MATERIALS

Королев Д.С. *, Королев С.В. *, Одинцова О.И. **, Чернова Е.Н. ***

*Общество с ограниченной ответственностью

«Объединение «Специальный Текстиль»,

153000, Россия, г. Иваново, ул. Варенцовой, д. 12/3

**Ивановский государственный химико-технологический университет,

153000, Россия, г. Иваново, пр. Шереметевский, 7

***Общество с ограниченной ответственностью «УМНЫЕ МАТЕРИАЛЫ»,

155900, Россия, г. Шуя, ул. Советская д. 12А

Korolev D.S. *, Korolev S.V. *, Odincova O.I. **, Chernova E.N. ***

*SPECIAL TEXTILES GROUP Co., Ltd,

12/3, Varentsova st., Ivanovo, 153000, Russia

**Ivanovo State University of Chemistry and Technology,

7, Sheremetievskiy Pr., Ivanovo, 153000, Russia

***SMART MATERIALS, Ltd,

12A, Sovetskaya st., Shuya, 155900, Russia

E-mail: koroliovds@mail.ru

В статье раскрывается технологический процесс экстракции из растительного сырья биологически активных веществ (БАВ), их последующего микрокапсулирования и закрепления на функциональных текстильных материалах. Делается вывод о целесообразности применения предлагаемого методического подхода при получении БАВ из разнообразного растительного сырья.

Ключевые слова: экстрактор, биологически-активное вещество, микрокапсулирование.

The article reveals the technological process of extraction of biologically active substances (BAS) from plant raw materials, their subsequent encapsulation and fixation on textile materials. The conclusion is made about the expediency of the proposed methodological approach in the preparation of BAS from a variety of plant raw materials.

Key words: extractor, biological active agent, microencapsulation.

В настоящее время известно большое количество биологически активных веществ (БАВ), оказывающих определенное благотворное воздействие на организм человека, или животного:

– природных – органических и неорганических. Органические извлекают из природных веществ, в первую очередь – растительного и животного происхождения, в которых БАВ (гормоны, алкалоиды, гликозиды, витамины, ароматические масла и пр.) содержатся в очень незначительном количестве. Источниками получения неорганических лекарственных средств является минеральное сырье: воды морей, рек, озер, подземных источников, минеральные руды, сланцы. Например, при сухой перегонке сланцев получают ихтиол, обладающий местным противовоспалительным, обезболивающим и антисептическим средством;

– синтетических – многие витамины, аминокислоты, кофеин и пр., получают методами химического синтеза, что экономически более выгодно;

– полусинтетических, создаваемых на основе природных веществ.

В работе рассматриваются природные БАВ, растительного происхождения, применяемые в текстильной и легкой промышленности, для создания новых функциональных текстильных материалов (ФТМ).

В России ежегодно заготавливаются десятки тысяч тонн различного лекарственного растительного сырья. Потребность в БАВ, содержащихся в растительном сырье, постоянно возрастает, а природные запасы лекарственного растительного сырья – снижаются, вследствие уменьшения площади, занятой лесами, освоения новых пахотных земель, урбанизации, ухудшения экологической обстановки, изменения климата и т.д.

Растительное сырье - плоды и корни многих растений, листья, стебли и кора, являются источником различных видов органических БАВ: эфирных и жирных масел, млечных соков, смолы, белков и углеводов. Некоторые из этих продуктов применяются непосредственно, как фармацевтические препараты, например, разнообразные эфирные масла (сандаловое, анисовое, лавандовое, розовое, мятное и др.), другие – после определенной переработки также обеспечивают лечебный эффект. Примерно треть лекарственных средств, используемых в фармацевтике, получены из растительного сырья – для заживления ран, лечения сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний, психических расстройств, нарушений функций сна и т.д. В медицинской практике существует множество способов введения лекарственных средств в человеческий организм. Для воздействия на человека, лекарственные средства могут попадать в организм человека в том числе и трансдермально, или интраназально, как в ароматерапии. У каждого из этих способов есть достоинства и недостатки. Каждый следует применять своевременно и правильно, в том числе и в виде различных лечебных и профилактических повязок, масок и пр., изготовленных из функциональных текстильных материалов.

На современном уровне развития технологий, одним из самых распространенных способов получения БАВ из растительного сырья является экстракция летучими растворителями [1]. Способ экстракции основан на растворимости ароматических эфирных масел и иных душистых веществ, содержащихся в растениях, в органических растворителях и жидком диоксиде углерода – CO_2 . Кроме эфирных масел из растительного сырья извлекаются труднолетучие смолистые и воскообразные вещества. Получаемый таким образом продукт получил название экстракт-конкрет. Вследствие извлечения из растительного сырья всего комплекса душистых веществ и отсутствия химических изменений извлекаемых компонентов, подобная технология обеспечивает повышенный выход, высокое качество экстрактовых масел, хорошие экономические показатели производства.

Сущность метода экстракции состоит в обработке растительного сырья растворителем, путем погружения в него, орошения сырья растворителем, или при протекании/продувке растворителя через массу растительного сырья. При этом экстрагируемые вещества переходят в растворитель, затем из образовавшегося раствора (мицеллы) отгоняют растворитель и получают экстракт-конкрет.

Сейчас в мире существуют два основных направления в CO_2 -экстракции: докритическая, с параметрами экстракции: давление 57–65 кгс/см², температура 15–25 °С; и сверхкритическая: давление 150–400 кгс/см², температура экстракции 50–90 °С.

Докритическая CO_2 -экстракция, относительно мягкая и щадящая к живому растительному веществу разрабатывалась в СССР с конца 50-х годов 20 века. За 60 лет развития этой технологии накоплен обширный опыт её использования в различных отраслях лёгкой промышленности, разработаны и запатентованы десятки вариантов лабораторных и промышленных установок, множество различных рецептур по применению полученных бальзамов (CO_2 -экстрактов) во многих отраслях промышленности. Разработаны государственные стандарты на CO_2 -экстракты, позволяющие сертифицировать эту продукцию.

При докритической CO_2 -экстракции подготовленное и измельченное растительное сырье загружается в специальную емкость, через которую впоследствии пропускают углекислый газ под давлением. Все выделенные вещества поступают в специальный приемник, из которого углекислый газ поступает обратно в систему экстракции, а сам экстракт через клапан извлекают из установки. В результате получается сбалансированный природный комплекс БАВ, который обладает важными качествами:

- 100 % природная натуральность,
- простота дозирования и дальнейшей технологической переработки,
- широкий спектр возможных применения (от пищевой до косметической, фармацевтической и текстильной промышленности),
- снижение логистических расходов, поскольку масса экстракта существенно меньше массы исходно растительного сырья,
- продление/сохранение наиболее полезных свойств растительного сырья в течение достаточно длительного времени.

Для получения качественного экстракта с минимальным количеством технологических циклов, необходимо предварительно измельчить растительное сырье. Это обеспечивает повышенную проницаемость двуокиси углерода к растворяемым компонентам, что позволяет уменьшить время извлечения и повысить выход экстрагируемого продукта. В процессе работы было замечено, что растительное сырье желателно сразу после заготовки на полях передавать на экстракцию, для уменьшения эффекта «выветривания» летучих компонентов. Экспериментально установлено, что процент выхода экстракта из свежей партии растительного сырья на 10–30 % больше, чем из партии, заготовленной год назад.

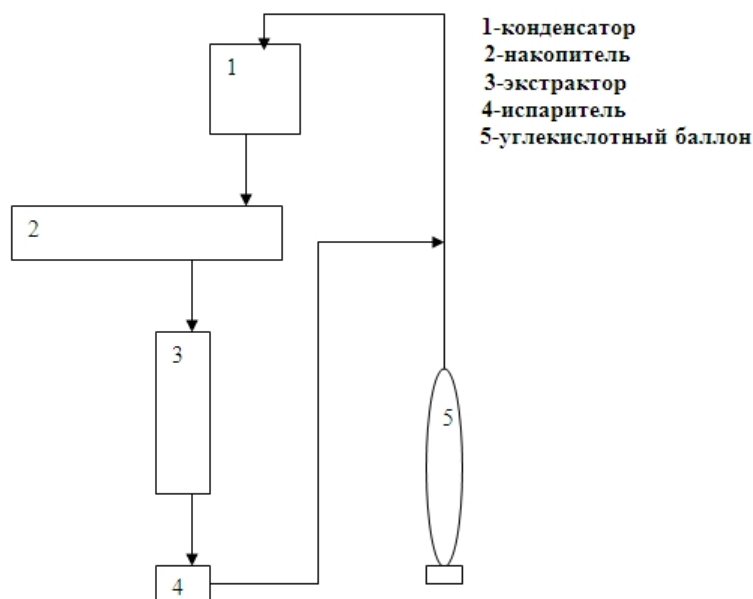


Рис. 1. Технологическая схема работы установки докритической углекислотной экстракции

Принцип действия установки докритической экстракции:

1. Измельчённое растительное сырьё через люк закладывается в экстрактор (3), люк закрывается и экстрактор герметизируется.

2. Оксид углерода CO_2 через конденсатор (1) закачивается в накопительную ёмкость (2) из стандартного углекислотного баллона (5).

3. Оксид углерода CO_2 при открывании системы вентилей установки подаётся в экстрактор (3).

4. Протекая через находящееся в экстракторе измельченное растительное сырьё, оксид углерода CO_2 вымывает липофильную составляющую растительных клеток и, в виде мицеллы, поступает в испаритель (4).

5. Мицеллы разделяются на экстракт и оксид углерода CO_2 в испарителе (4).

6. Освободившийся оксид углерода CO_2 закачивается вновь, через конденсатор (1), в накопительную ёмкость (2).

7. Процесс экстракции герметичен и происходит в течении 2 –4 часов.

8. После завершения экстракции, процесс останавливается путём перекрытия системой вентилей циркуляции оксида углерода CO_2 .

9. Концентрат экстракта, сливается из испарителя (4) в приёмную емкость.

10. Остатки оксида углерода CO_2 из экстрактора (3) откачиваются вновь в накопительную ёмкость (2).

11. Люки экстрактора открываются и жмых из отработанного сырья заменяется на свежее измельченное растительное сырье.

12. Затем технологический цикл экстракции повторяется.

Достаточно давно во всем мире ведутся работы по созданию ФТМ с ароматами. Однако, при пропитке ткани ароматическими маслами, запахи получались либо сильными и резкими, либо слишком быстро улетучивались. Создать ароматизированный ФТМ с мягким устойчивым запахом можно за счет иммобилизации на текстильном материале микрокапсул с натуральными ароматическими экстрактами – от расслабляющего запаха лаванды до фантазийного запаха, предназначенного для борьбы с неприятными запахам пота, табака и пр.

В текстильном производстве развитых стран Америки, Азии и Европы происходит смена приоритетов, на место обычного текстиля приходят «умные» ФТМ бытового

и медицинского назначения. Следуя этой мировой тенденции, в Ивановском государственном химико-технологическом университете (ИГХТУ) совместно с компанией «УМНЫЕ МАТЕРИАЛЫ» были проведены предварительные теоретические и лабораторные исследования, разработана новая оригинальная технология производства функциональных текстильных материалов (ФТМ), содержащих различные инкапсулированные активные вещества (АВ), включая биологически активные (БАВ) и другие вещества [2, 3, 4]. Инкапсулирование АВ происходит в процессе их эмульгирования, путем сочетания возможностей двух методов – коацервации и электростатической самосборки полиэлектролитных нанослоев («Layer-by-Layer» синтез). На рис. 2 представлена типичная фотография получаемых микрокапсул, содержащих БАВ.

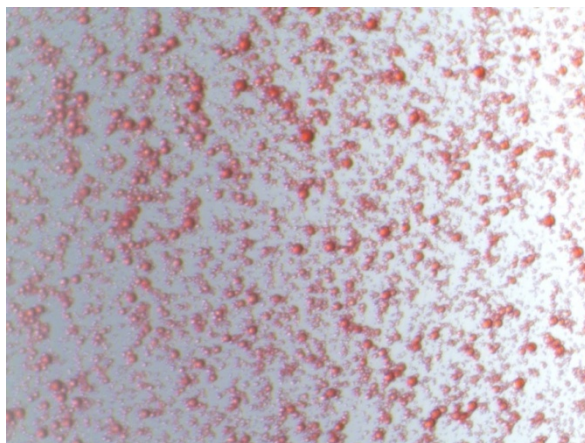


Рис. 2. Фотография микрокапсул, содержащих БАВ

Шуйско-Тезинская фабрика «Тезинка», входящая в состав Объединения «Специальный текстиль», совместно с Ивановским государственным химико-технологическим университетом (ИГХТУ) и компанией «УМНЫЕ МАТЕРИАЛЫ», приступила к освоению перспективных технологий получения БАВ природного происхождения методом докритической CO_2 -экстракции. На «Тезинке» создается опытный участок, на котором будут отрабатываться методы получения из растительного сырья различных БАВ для производства «умных» функциональных текстильных материалов, полуфабрикатов и готовых изделий [5].

ЛИТЕРАТУРА

1. Силинская С.М. Разработка интенсивной технологии получения купажированных CO_2 -экстрактов из растительного сырья методами до- и сверхкритической экстракции. Диссертация, к.т.н, Краснодар, 2006.
2. Кузьменко В.А., Одинцова О.И., Русанова А.И., Малышева К.А. Современное состояние и перспективы развития ароматной отделки текстильных материалов (обзор) // Химия растительного сырья. 2015. № 1. – С. 15–27.
3. Одинцова О.И., Козлова О.В. Межмолекулярные взаимодействия в водных растворах синтетических полиэлектролитов и ПАВ // Глава 6 в монографии: Растворы в химии и технологии модифицирования полимерных материалов: новое в теории и практике – отв. ред. А.Ю. Цивадзе. – Сер. Проблемы химии растворов. – Иваново: ИХР РАН, 2014
4. Прохорова А.А., Петрова Л.С., Владимирцева Е.Л., Одинцова О.И. Использование метода микроэмульсионного капсулирования для придания текстильным материалам акарицидных свойств // Изв. Вузов. Технология текстильной промышленности, № 1, 2017. – С. 332–336.

5. Патент РФ № 2596452 Способ производства текстильного материала, содержащего нано- и микрокапсулированные биологически активные вещества с замедленным высвобождением /Одинцова О.И., Королев С.В., Кузьменко В.А., Владимирцева Е.Л., Козлова О.В., Королев Д.С., Крутских Е.В., Муратова Н.Н., Одинцова Л.С., Прохорова А.А., Никифорова Т.Е. // опубл. 10.09.2016 (приор. от 10.06.2015).

УДК 677.027

МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ГЛИНЫ В ОТДЕЛКЕ ТЕКСТИЛЯ

MODIFIED CLAY IN TEXTILE FINISHING

Кравченко М.А., Владимирцева Е.Л., Овчинников Н.Л.

Ивановский государственный химико-технологический университет,
153000, Россия, г. Иваново, пр. Шереметевский, д. 7

Kravchenko M.A., Vladimirtseva E.L., Ovchinnikov N.L.

Ivanovo State University of Chemistry and Technology,
7, Sheremetievskiy Avenue, Ivanovo, Russia

E-mail: a_a_a_4@mail.ru

В работе представлен анализ изменения свойств шерстяного волокна при обработке природными и модифицированными алюмосиликатами. Доказана эффективность применения TiO_2 -пилларных глин для защиты шерсти от инсоляции.

Ключевые слова: алюмосиликаты; пилларные глины, шерстяное волокно; дисперсии; светостойкость.

The paper presents an analysis of changes in the properties of wool fibers during processing with dispersion of natural and modified aluminosilicates. Proved the effectiveness of TiO_2 -pillared clay to protect wool from insolation

Keywords: aluminosilicates; pillared clay, wool fiber; dispersion; lightfastness.

Использование новых, нетрадиционных для текстильной промышленности веществ и технологий, позволяющих комплексно модифицировать свойства материалов, снизить или исключить потребление экологически опасных химикатов и красителей, уменьшить промышленные выбросы и сократить производственные расходы, может иметь хорошую перспективу для внедрения в отделочное производство. На кафедре ХТВМ ИГХТУ предложен способ обработки шерстяного волокна водной дисперсией нерастворимых алюмосиликатов, к которым в первую очередь относятся природные глинистые минералы [1, 2]. Их предварительно измельчают, погружают шерсть в дисперсию и с помощью шейкер-установки при комнатной температуре добиваются равномерного распределения и фиксации микрочастиц на поверхности волокна. Технология является чистой и безотходной.

Специфика строения шерстяного волокна, имеющего поверхностный чешуйчатый слой, амфотерный аминокислотный состав кератина [3] обуславливает возможность фиксации на его поверхности мелкодисперсной фракции алюмосиликатов, что создает

условия для защиты шерстяного волокна от неблагоприятных внешних воздействий, придает ему био- и светостойкость.

Проведенные ранее исследования показали, что протекторные свойства алюмосиликатов по отношению к шерстяному волокну определяются в первую очередь присутствием в них в качестве примесей соединений металлов. Например, для увеличения светостойкости материала, его следует обработать глинами, содержащими от 2 до 10 % оксида титана (TiO_2) [4, 5].

Чтобы усилить защитное действие предложили проводить обработку волокна дисперсией модифицированных минералов, т.е. искусственно обогащенных необходимыми элементами. В качестве объекта исследования использовали монтмориллонит, обогащенный наноразмерным TiO_2 , полученный интеркаляционными методами с использованием как гидротермальной активации интеркаляции [6], так и сочетания гидротермального воздействия и механической активации исходной слоистой матрицы [7]. Для сравнения образцы шерсти также были обработаны природными алюмосиликатами – Бентонитом и глинами Часов-Ярской и Веселовской, которые максимально проявляют защитные свойства по отношению к УФ-инсоляции.

Обработанные образцы выдерживали под лампой UVB-313 при облучении с длиной волны 313нм в течение 24 часов. Деструкцию шерсти под действием инсоляции оценивали на основании измерения прочности на разрыв отдельных волокон на динамометре типа ДШ-3М [8].

На основе полученных результатов была рассчитаны потери прочности каждого образца по формуле:

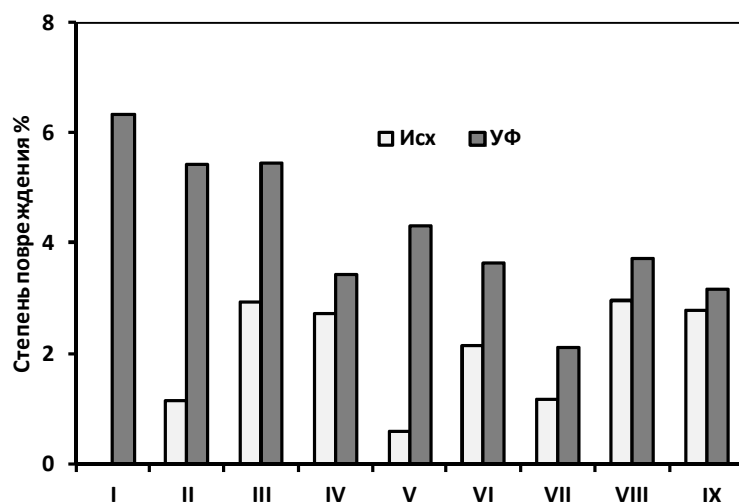
$$\text{ПП} = \frac{X_0 - X_1}{X_0} \cdot 100 \% ,$$

где: X_0 – прочность на разрыв образца, обработанного в дисперсии алюмосиликатов; X_1 – прочность на разрыв образца, обработанного в дисперсии алюмосиликатов и выдержанного под лампой UVB-313.

Из результатов оценки протекторных свойств алюмосиликатов, представленных на рисунке 1 видно, что наиболее высокая степень защиты волокна наблюдается после обработки пилларированным оксидом титана монтмориллонитом, полученным интеркаляцией гидроксокомплексов титана с использованием гидротермальной обработки и прокаленным при 500 °С и 700 °С. В этом случае протекторные свойства проявляются даже в большей степени, чем у чистого оксида титана. Вероятно, это связано с тем, что пилларирование монтмориллонита при этих условиях вызывает формирование в межслоевом пространстве глины частиц-пилларов TiO_2 , представляющих собой смесь анатаза и рутила, с более высокой степенью кристалличности. Благодаря чему микрочастицы порошка пилларной глины лучше фиксируются на волокне и при этом увеличивается их отражательная способность.

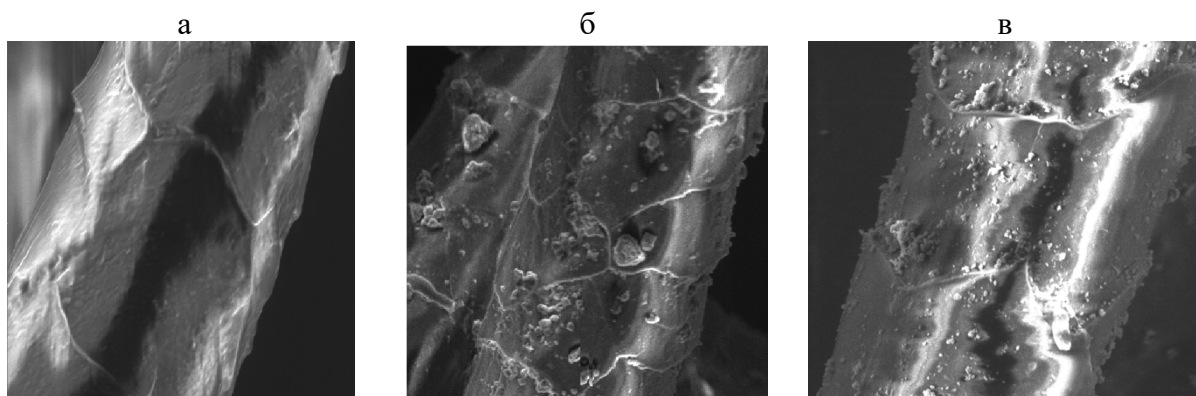
Косвенно это предположение подтверждают микрофотографии волокон, обработанных дисперсиями природных и модифицированных алюмосиликатов (Рисунок 2).

Нативный бентонит фиксируется в основном по краям и сколам чешуек шерстяного волокна. В отличие от него, модифицированный диоксидом титана монтмориллонит равномерно распределяется по всей поверхности шерсти. Вероятнее всего такое распределение порошков минералов по поверхности волокна связано с ионообменной способностью алюмосиликатов.



Образцы: I – исходный; II – обработанный нативным бентонитом; III – обработанный оксидом титана (TiO_2); обработанные модифицированными глинами: IV, V – прокаленные при 500 и 700 °С соответственно; VII – прокаленные при 500 °С + гидротермальная обработка; VIII, IX – механоактивация + прокаливание при 500 и 700 °С соответственно + гидротермальная обработка

Рис. 1. Степень повреждения шерстяного волокна под действием УФ-облучения



а – исходное; б – обработанное в дисперсии нативного бентонита; в – обработанное в дисперсии модифицированного бентонита

Рис. 2. Микрофотографии шерстяного волокна

Известно, что строение монтмориллонита характеризуется трёхслойным пакетом (2:1): два слоя кремнекислородных тетраэдров (Т), обращённые вершинами друг к другу, с двух сторон покрывают слой алюмогидроксильных октаэдров (О). Благодаря изоморфным замещениям (например, Al_3^+ на Si_4^+ в Т слое и/или Al_3^+ на Mg_2^+ в О слое), алюмосиликатные слои в кристаллической решетке монтмориллонитов имеют избыточный отрицательный заряд, а положительные зарядокомпенсирующие одно- или двухвалентные катионы (противоионы) могут перемещаться в 2D межслоевом пространстве [9]. Однако присутствие этих катионов в межслоевом пространстве полностью отрицательный заряд кристаллической решетки монтмориллонита не компенсирует. Таким образом, плоские грани или так называемые базальные поверхности монтмориллонита заряжены отрицательно. Поэтому из водной дисперсии бентонит иммобилизуется на неровностях шерстяного волокна, где, как известно, сосредоточен положительный заряд [3]. Пилларный материал не имеет такой жесткой полярности, но

по данным [6] у образцов как пилларного так и исходного монтмориллонита наблюдаются отрицательные величины ζ -потенциала в воде.

Факт усиления взаимодействия с поверхностью шерстяного волокна, более эффективного высаживания и закрепления на его поверхности частиц пилларной глины а, следовательно, и наибольшего эффекта по сохранению прочности на разрыв при облучении, наблюдающийся на примере гидротермально обработанного образца, прокаленного при 500 °С, обусловлен электрическими свойствами. При этом наблюдается интересная корреляция между максимальной величиной диэлектрической проницаемости и наиболее высокой защитой от УФ-облучения.

Таким образом, использование пилларных глин для защиты шерстяных материалов от инсоляции может стать неплохой альтернативой сложным и дорогостоящим технологиям. В первую очередь такой вариант функционален для изделий, выпускаемых для технических целей и эксплуатируемых под открытым небом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Владимирцева Е.Л. Исследование сорбции алюмосиликатов шерстяным волокном / Е.Л. Владимирцева, Л.В. Шарнина, И.Б. Блиничева, Ю.С. Егорова, А.С. Желнова // Изв. Вузов. Технология текстильной промышленности. 2010. № 8. – С. 50–54
2. Владимирцева Е.Л. Оценка сорбционных свойств шерстяного волокна по отношению к нерастворимым алюмосиликатам / Е.Л. Владимирцева, Л.В. Шарнина, А.С. Желнова // Сб. мат-лов XIII Международного семинара «Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы», (Smartex-2010) ИГХТУ. – Иваново. 2010. – С. 162–163.
3. Новорадовская Т.С., Садова С.Ф. Химия и химическая технология шерсти / Т.С. Новорадовская, С.Ф. Садова. – М.: Легпромбытиздат, 1986. – 200 с.
4. Общая технология силикатов: Учеб. для вузов / Н.М. Бобкова, Е.М. Дятлова, Т.С. Куницкая; под общ. ред. Н.М. Бобковой. – М.: Высшая школа, 1987. – 286 с.
5. Шамсуддинова, Э.Г. Применение алюмосиликатов для защиты шерстяного волокна от инсоляции / Э.Г. Шамсуддинова, Е.Л. Владимирцева, Л.В. Шарнина // Вестник молодых ученых СПГУТД. 2016. № 2. – С. 107–111.
6. Butman M.F. Photocatalytic and adsorption properties of TiO₂-pillared montmorillonite obtained by hydrothermally activated intercalation of titanium polyhydroxo complexes / M.F. Butman, N.L. Ovchinnikov, N.S. Karasev, N.E. Kochkina, A.V. Agafonov, A.V. Vinogradov // Beilstein Journal of Nanotechnology. 2018. Vol. 9. – P. 364–378.
7. Овчинников, Н.Л. Влияние механоактивации монтмориллонита на эффективность интеркаляции полигидроксикомплексов алюминия при формировании слоистой столбчатой структуры / Н.Л. Овчинников, В.В. Арбузников, А.П. Капинос, А.Г. Белозеров, М.Ф. Бутман // Российские нанотехнологии. 2015. Т.10., № 3–4. – С.74–79.
8. ГОСТ 20269-93 Шерсть. Методы определения разрывной нагрузки: утв. Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации 15.03.94. – Минск: ИПК Издательство стандартов, 1995. – 15 с.
9. Brigatti, M.F. Structure and Mineralogy of Clay Minerals / M.F. Brigatti, E. Galan, V.K.G. Theng // Handbook of Clay Science. Elsevier. 2013. V. 5. – P. 21–81.

Работа выполнена в рамках Государственного задания (проектная часть), проект № 4.1929.2017/4.6

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОМПРЕССИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ТРИКОТАЖНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ВИРТУАЛЬНОЙ СРЕДЕ

SIMULATION OF COMPRESSION ABILITY OF KNITTED MATERIALS

Кузьмичев В.Е. *, ***Чен Чжэ.*** **

*Ивановский государственный политехнический университет,
153000, Россия, г. Иваново, пр. Шереметевский, д. 21

**Уханьский текстильный университет,
430070, Китай, Провинция Хубэй, Ухань, район Hongshan, ул. Fangzhi, 1

Kuzmichev V.E. *, ***Chen Zhe*** **

*Ivanovo State Polytechnical University,
21, Sheremetievskiy Avenue, 153000, Ivanovo, Russia

**Wuhan Textile University,
Fangzhi Road No.1, Hongshan District, Wuhan, 430070, Hubei Province, China

E-mail: wkd37@list.ru

Статья посвящена применению технологий трехмерной симуляции для проектирования компрессионного белья из трикотажных материалов. Предложен алгоритм высокоточной симуляции поведения трикотажных материалов и белья, подтвердивший возможность виртуального дизайна компрессионного белья. Исследование может помочь расширить область применения цифровых технологий для проектирования с ожидаемыми результатами, оценки результатов, повышения производительности, эффективности и снижения затрат.

Ключевые слова: виртуальная среда, трикотажный материал, белье, давление.

This article aims to improve the application of 3D simulation technology in compression underwear design made on knitted materials. We have proposed the method of knitted materials precision simulation and underwear presentation, and we confirmed the availability and accuracy of 3D approach for men compression underwear design. This research can promote the application of 3D technology in terms of virtual design and evaluation to obtain the expected results and to improve design, production, efficiency, and save cost.

Keywords: VR, knitted material, underwear, pressure, push-up.

Virtual simulation is the key technology which can improve design efficiency and realize the virtual fitting system by using digital replicas of male body, textile fabrics, and apparel. It can also be used by designers and consumers to order, buy and evaluate online the comfort of compressed underwear in advance. The evaluation of apparel comfort, fit, and its virtual performance are hot research topics now. Most researchers cannot control and change properties of digital textile fabrics under try-on simulation. Some designers adjust 2D pattern blocks based on the effects getting by 3D simulation systems, although this approach used to the loose apparel. Usually virtual textile fabrics are presenting the limited number of own properties in loosely apparel, but for tight apparel the amount of fabric properties are more bigger and should be taken into account. In order to compare the virtual and real results better, as well as comprehensive prediction of real product efficacy, it is necessary to combine contemporary possibilities of IT with practical application for comparison and verification.

Our research is devoted to male compression underwear. At present, only a few research have been done about underwear and only concentrated on selection of textile fabrics, pressure experiments, or development of avatars. Nevertheless, in our methodology of design and simulation we take into account real data about human body morphology, knitted materials, evaluation of comfort and physiological performance. We are demonstrating original experimental data and adjusting its in VR to achieve the simulation effect as in real underwear but by using virtual replica of knitted materials and compression underwear to satisfy the wearing comfort under various factors (compression of soft tissue, deformation of knitted materials, shaping of human body, etc.) [1–3]. To compare two kinds of results - real and virtual - the evaluation criteria should be build up.

The algorithm of design process (Figure 1) by using digital replica consists of four main components.

1. With help of multiple 3D software, we used MakeHuman to create rigid avatars, 3D Max – to modify the morphological features of avatars and transformed ones into deformable avatars (Steps *A1*, *A2*).

2. Some equations can convert/calculate the properties of knitted materials obtained after KES test into virtual data that can be applied to simulate digital replica of knitted materials in CLO3D according to its compression ability (Steps *B1–3*).

3. We have virtualized all our real research data, and used one to optimize the underwear pattern block (Steps *C1–3*).

4. We have demonstrated the applications and processes associated with try-on testing in Steps *D1*, and show the method for functional underwear presentation in Steps *D2*.

So, we build up and proved new algorithm of comfort evaluation under properties of virtual fabric (Phase 2). Through the evaluations, we found that a small error is existing between the virtual and the real results. The pressure errors can be attributed to difference between the avatar surface and the soft tissue of real human. Moreover, we can infer which compression will produce knitted fabric to human body and we can design higher pressure according to different human acceptance because the range of pressure is suitable for human perception.

The digital replicas of underwear and fabric can match the avatars well, we have verified the simulations process which can achieve good virtual underwear in Phase 3. These results have achieved the main purpose of compression underwear design. We recommend to use the pressure rating method with pressure scale to provide simple understanding of pressure comfort influence on design results.

To demonstrate all digital computation and simulation testing in the final phase, we have verified virtual design. It proves that the simulation of push-up effect which is producing by underwear is practicable to meet the pressure data in the real test. At present, we cannot accurately predict the push-up and lifting effects on human body soft tissues by underwear in real practice, only the developed virtual try-on evaluation can be used to draw conclusions without limits. However, it is certain that underwear with the same functional structure but made of different fabrics will produce different push-up values.

Limitations. (1) The soft tissue of the human body parts need more complex simulation methods. (2) The negative ease is mainly stimulated by textile fabric parameters.

We investigated 14 knitted materials for men's underwear as common fabrics used in terms of the fiber and threads component and weaving structure. Most components of knitted materials were made of Lenzing Modal (43–93 %), Viscose (45–60 %), combed cotton (20–65 %) or polyethylene (90–97 %), and mixed with spandex (3–35 %). Structure is weft knit – single and double sides of plain knit (jersey), single and double sides of rib knit; and warp knit – interlock knit, pique knit. The knitted materials have next properties: thickness is 0.4–1.2 mm; weight is 110–360 g/cm²; shrinkages under elongation are 2.4–5.5 %. Figure 1

shows the surface of several knitted materials in smooth and wrinkled positions that have presented its ability to shape.

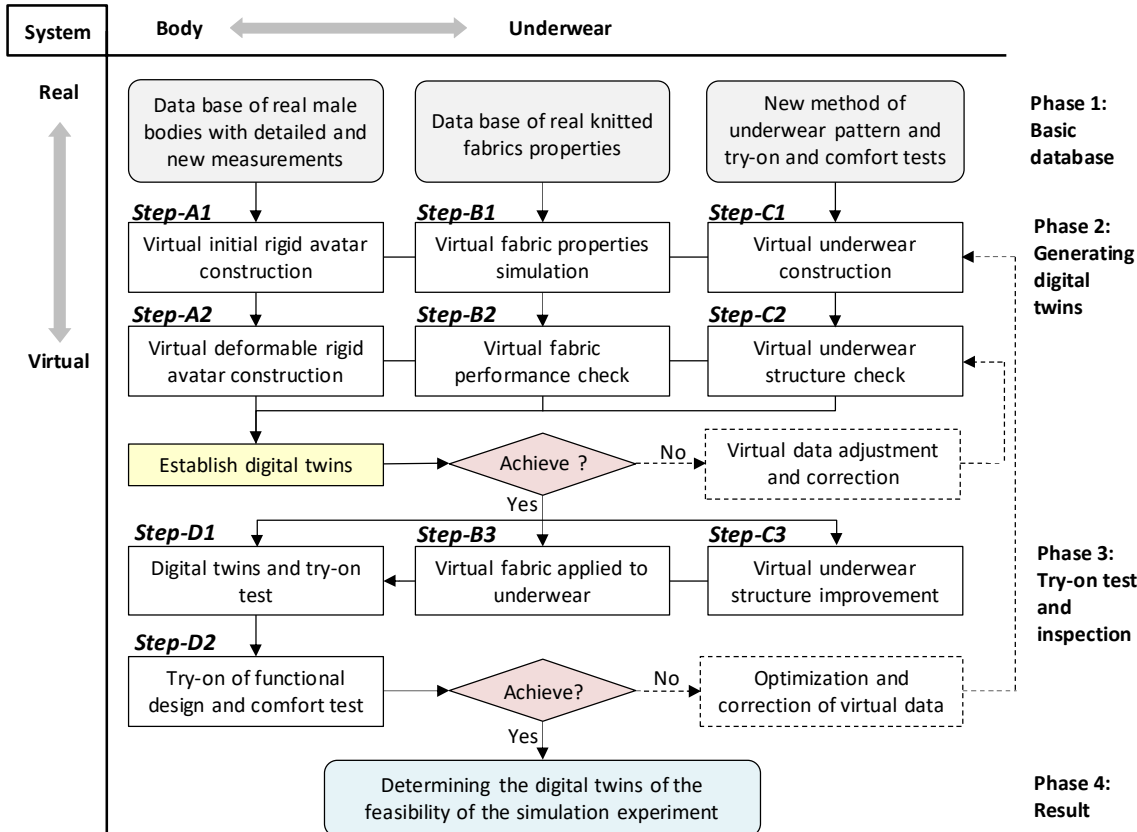


Figure 1. Flowchart of design process by using digital replica of all elements of system "avatar-underwear"

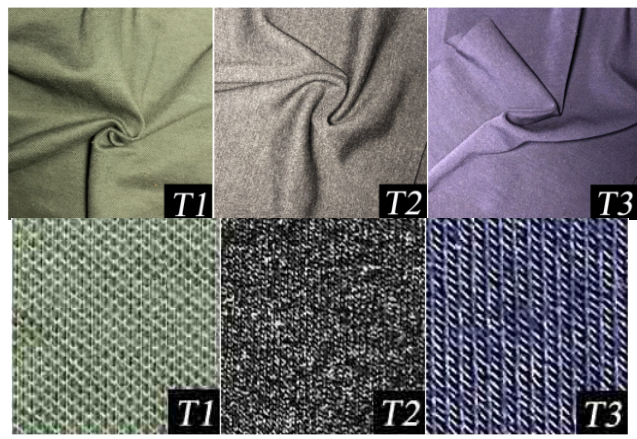


Figure 1. Knitted materials (left) and its images after twice scaling (right)

We have tested knitted materials by Kawabata Evaluation System (KES) to evaluate their physical properties (tensile, elongation, shearing, compression, friction). After our analysis, some main results for materials simulation have been measured. Through the sensory analysis, it was found that different knitted materials have different compression perception. To differentiate them for further simulation in VR, we proposed the index of compression ability CA , $kPa/\%$ which indicates the pressure value that the material can produce under step-by-step elongation in 1 %. The calculation is as follow [1, 2]:

$$CA = P_{\max} / E_{\max},$$

where E_{\max} is the maximum elongation of knitted material when the maximum acceptable pressure is produced, %; P_{\max} is the maximum pressure tested between the body and elongated material around the body, kPa.

We divided knitted materials into four groups in according with its CA , kPa/%: 1 – lowest compression $CA < 0.05$; 2 – below average compression $0.05 \leq CA < 0.1$; 3 – above average $0.1 \leq CA < 0.15$; 4 – highest compression $CA \geq 0.15$ [1].

After scanning male bodies we imported them into *3DClo* software to build up the virtual scanavatars by using special functions. Then we used *2DCAD* to draw basic patter block which was imported into *3DClo* as Figure 2 shows.

After defining half of pattern block (Figure 2, a), we copied the other one by means of “instance pattern” function. Then we arranged each pattern blocks to the corresponding location around the male avatar (Figure 2, b), and then to put it together by using virtual “sewing tools” (Figure 2, c).

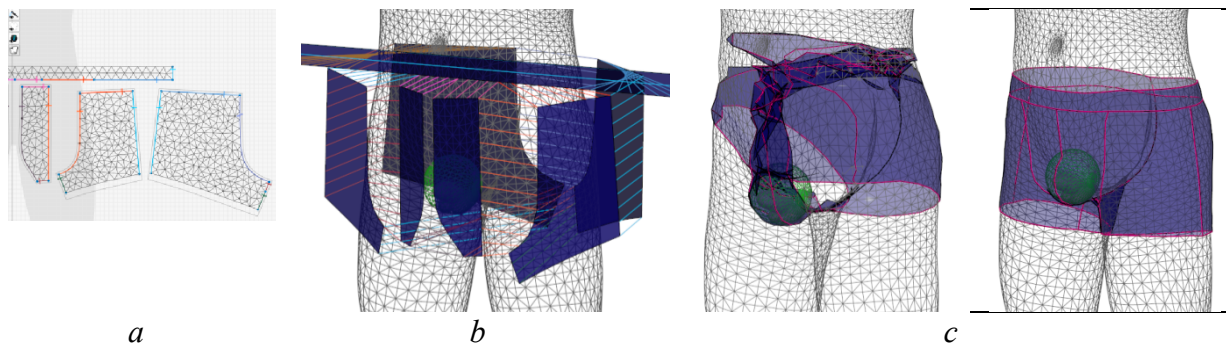


Figure 2. Underwear pattern block (a) and virtual sewing: b - failed virtual try-on; c - proper virtual try-on

Digital replica of underwear

To check the accuracy of underwear simulation, we selected four knitted materials *T10*, *T6*, *T4*, and *T2*, with different CA respectively from 1, 2, 3, 4 groups and the underwear were sew for S, M and L scanavatars with next body measurements respectively, cm: waist 68.6/75.7/84.4, hips 85.3/93.5/97.6, thigh 46.7/50.6/56.5. To achieve the tightness effect, the dimensions of compression underwear should be smaller than body measurements [3]. Therefore, during virtual try-on the coordinats of avatar and underwear must be strictly correspond one to other, for example, the position of waistband and bottom should be fixed on the avatar surface with tool “*tack on avatar*”.

The dimensions of tested underwear were smaller than these body measurements, so, the underwear should produce the compression on soft tissue. Then we measured the compression in more than 50 points under each virtual underwear. Figure 3 shows the underwear made of knitted materials *T2*, *T4*, *T6*, *T10* for S, M, L scanavatars.

Figure 3, a illustrated the triangular-mesh of underwear, the pressure points in blue, and the available points under which the pressure has been measured. Due to the stretching of the knitted materials and the unevenness of scanavatars surface, some parts of the underwear can not cover the avatar surface, such as the buttocks center, side, and the front groin. E.g., the average pressure measured under underwear was 1.14 kPa, that indicated the average pressure value as comfortable but a little tight.

Figure 3, b shown that the average pressure measured on S, M and L scanavatars are similarity in according with CA of knitted materials.

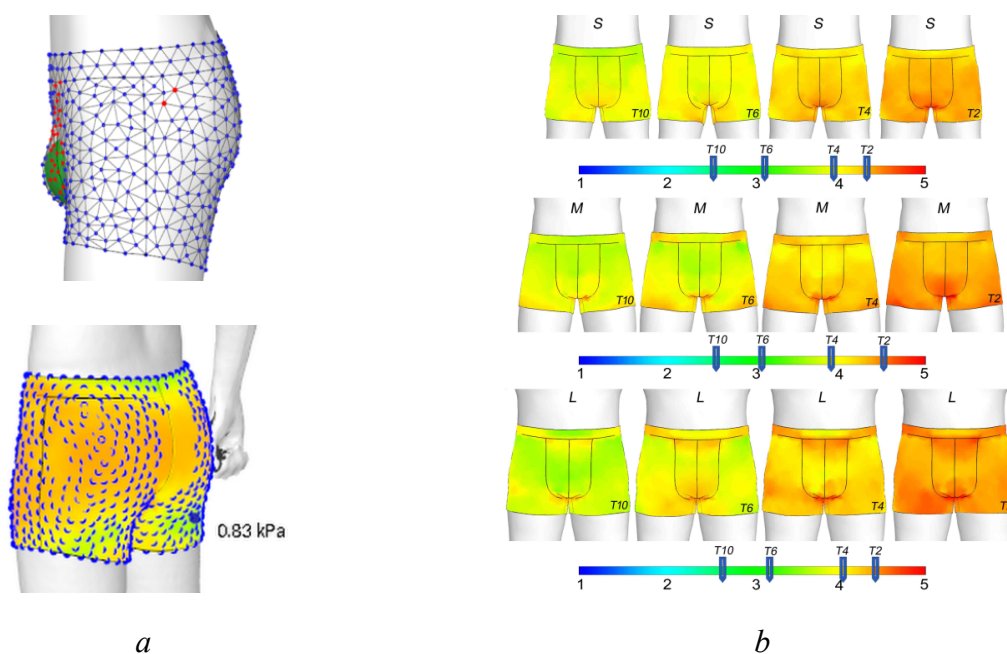


Figure 3. Location of points (a), evaluation of pressure distribution on S,M,L scanavatars under the underwear made on different knitted materials T2, T4, T6, T10 (b)

Conclusion

In this paper we have proposed the method of digital replica generating related to knitted materials and male body avatar with detailed. Our method allows to simulate delicate morphological features of males, its compression and reshaping by stretching underwear.

Future work

To improve educating data base, we need to scan more human bodies and to optimize the sizes of avatars, to simulate more knitted fabrics to increase the content of digital library, and further verify our algorithm by designing an underwear with more strong compression. Future works will involve other styles of compression clothes, and our approach will be tested in a variety of styles.

This work has been fully supported by Russian Ministry of Science and Education under the project № 2.2425.2017/4.6 “Development of software for virtual design of system “body – clothes” in static and dynamic and for virtual try-on “FashionNet”.

REFERENCES

1. Cheng, Z. Development of knitted materials selection for compression underwear / Z.Cheng, V.E.Kuzmichev, D.C.Adolphe // AUTEX Research Journal, 2017, vol.17, 2, p.177–187. <https://doi.org/10.1515/aut-2016-0006>.
2. Cheng, Z .Classification of male lower torso for underwear design / Z.Cheng, V.E.Kuzmichev: IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering: 17th World Textile Conference AUTEX 2017 – Textiles-Shaping the Future /volume 254, 2017, article number 172007, doi:10.1088/1757-899X/254/17/172007.
3. Cheng, Z. Research of male lower torso for improving underwear design // Z.Cheng, V.E. Kuzmichev // Textile Research Journal, 2018, p. 1–19, <https://doi.org/10.1177/0040517518775925>.

**ИННОВАЦИИ В ТЕКСТИЛЕ НА БАЗЕ ДОСТИЖЕНИЙ
ОТРАСЛЕВОЙ НАУКИ**

**INNOVATIONS IN TEXTILE ON THE BASIS OF BRANCH
SCIENCE ACHIEVEMENTS**

Лаврентьева Е.П.

Открытое акционерное общество «Инновационный научно-производственный центр текстильной и легкой промышленности» (ОАО «ИНПЦ ТЛП»)
119071, Россия, г. Москва, ул. Орджоникидзе, д. 12

Lavrentyeva E.P.

JSC “Innovative research and production center for textile and light industry”
119071, Russia, Moscow 12 Ordzonikidze str

E-mail: e.lavrentyeva@inpctlp.ru

В данной статье представлены инновационные разработки Центра в области текстиля для защитной одежды, текстиля для спорта и медицинского текстиля.

Ключевые слова: спецодежда; заключительная отделка; технический текстиль; текстиль для спорта; текстиль для медицины; текстиль для защитной одежды.

The following articles presents innovations of the Centre in the field of textiles for protective clothing, sports textiles and textiles for medicine.

Key words: working clothes; final finishing; technical textile; sports textiles; textiles for medicine; textiles for protective clothing.

Текстильная промышленность является ключевой отраслью во многих, в том числе экономически развитых странах мира. Она играет доминирующую роль в экономике этих стран, так как ее продукция – это товары широкого потребления, удовлетворяющие одну из основных потребностей людей – потребность в одежде.

Потребление текстильных материалов в мире имеет устойчивую тенденцию роста. Этот рост связан с двумя факторами – ростом численности населения и увеличением уровня потребления текстиля на душу населения. Качество и назначение готовых текстильных материалов в основном формируется за счет используемого сырья и химико-технологических процессов в отделочном производстве, при этом специальной и заключительной отделке принадлежит чрезвычайно важная роль.

В историческом развитии общей технологии отделки текстильных материалов специальная заключительная отделка (аппретирование) появилась значительно позднее технологии подготовки (очистка, беление) и колорирования.

Если технологии подготовки и колорирования были известны еще в античные времена и даже раньше, то специальная и заключительная отделка сформировались с развитием химии, физики и физикохимии полимеров, то есть в основном в XX веке.

Используя достижения полимерной химии текстильным материалам можно придавать широкий спектр потребительских свойств, не свойственный данному виду сырья, который может удовлетворить требования почти всех заказчиков.

Условия жизни современного человека, создающие для большинства людей дефицит времени, диктуют новые требования к изделиям из текстиля и, прежде всего, к одежде, а именно, комфорт и минимальный по времени уход за ней.

К требованиям комфортности относятся: гигроскопичность, драпируемость, формоустойчивость, пониженная загрязняемость, легкое отстирывание, легкое глажение до и после стирки, водо-, маслоотталкивающие эффекты и др.

Бурное развитие полимерной химии в последние десятилетия привели к созданию новых материалов с уникальными свойствами, используемых в различных отраслях народного хозяйства и в производстве нового поколения текстиля. Передовым рубежом новых текстильно-вспомогательных веществ является область использования нанотехнологий, нанесение полимерных покрытий, ламинирование материалов, использование мембран и т.д.

Решая проблемы инновационного развития текстильной промышленности, ОАО «ИНПЦ ТЛП», далее Центр, значительное внимание уделяет созданию новых текстильных материалов с комплексом различных функциональных характеристик, которые обладают уникальными свойствами, как потребительскими: гигроскопичность, воздухопроницаемость, износостойкость, так и специальными, а именно: защитными, бактериостатическими, водоотталкивающими, антистатическими, кислотозащитными и др. свойствами.

За последние три года разработаны материалы и технологии по следующим основным блокам: текстиль для защитной одежды, для спорта и медицинский текстиль, описанные ниже.

Текстиль для защитной одежды

Новые материалы с защитными свойствами от повышенных температур на основе метода поверхностной модификации полимерных тканей

Патент РФ № 2666098

Разработан новый инновационный ассортимент импортозамещающих полиэфирсодержащих тканей, предназначенный для защиты от воздействия повышенных температур при использовании в качестве накладок в спецодежде персонала топливно-энергетического комплекса. Ткани обладают высокой степенью защиты от негативных производственных факторов, обусловленных вредными и опасными условиями труда, работой в зоне повышенных температур и других экстремальных условиях, имеют 3-ий класс защиты.

Преимущества:

- Огнестойкость (ГОСТ Р 12.4.200 – 10 сек) первоначальная и после 5 стирок: (остаточное горение, сек – 0, остаточное тление, сек. – 0, образование дыр, мм – нет)
- Маслоотталкивание, балл: (первоначальное – 5, после 5 стирок – 4)
- Нефтеотталкивание, балл: (первоначальное – 5, после 5 стирок – 5)
- Водоупорность, мм вод. ст.: первоначальная – 1331, после 5 стирок – 571
- Разрывная нагрузка, Н: основа – 1134, уток – 728
- Истирание, циклы – 10 000
- Удельное электрическое сопротивление, Ом – $6,7 \cdot 10^4$
- Паропроницаемость, г/м²·ч – 7,2

Хлопчатобумажная ткань технического назначения с комплексом защитных свойств от агрессивных сред и нефтепродуктов

Патент РФ № 2010143281

Кислотозащитные свойства – это комплекс свойств, обеспечивающих защиту пользователя от воздействия кислот.

Кислoneпроницаемость материала – способность материала в течение определенного времени удерживать на поверхности капли растворов кислот, не впитывая их.

Ткани с кислотозащитной отделкой не должны разрушаться, впитывать и пропускать кислоту на изнаночную сторону, их кислoneпроницаемость должна быть не меньше 6 часов (капельный метод).

Изделия из новой ткани обеспечивают безопасность условий труда, сохраняют работоспособность человека в течение всего рабочего времени, защищая одновременно от комплекса вредных воздействий в условиях промышленных производств, и отвечают требованиям экологического стандарта ЭКОТЕКС 100.

Ткань обеспечивает следующие специальные свойства:

- кислотонепроницаемость (60 %-я серная кислота) более 24 часов (по ГОСТ Р 12.4.248-2008, п.5.2.3 не менее 6 часов);
- потеря прочности от воздействия нефтепродукта, %: основа – 3,9; уток – 2,0;
- разрывная нагрузка 900–1000 Н;
- раздирающая нагрузка 42–45 Н;
- стойкость к истиранию по плоскости – 2 500–2 700 циклов.

Новая ткань обладает хорошими гигиеническими свойствами:

- воздухопроницаемость – 120 дм³/м²;
- гигроскопичность ткани – 18,3 %.

Текстильные материалы с защитными свойствами от УФ-излучения

Разработанная ткань с защитой от УФ-излучения обеспечивает снижение обнаружения военнослужащего в обмундировании при выполнении поставленных боевых задач (снижение общей видимости и заметности военнослужащего приборами ультрафиолетового излучения). УФ-излучение – электромагнитное излучение, занимающее спектральный диапазон между видимым и рентгеновским излучением. Длины волн УФ-излучения лежат в интервале от 10 до 400 нм.

Новые ткани разработаны на основе синергизма свойств используемых синтетических и целлюлозосодержащих волокон, а также придания необходимых специальных свойств в результате отделочных операций. На рисунке 1 видно, что значение коэффициентов отражения разработанной отбеленной ткани начиная от 300 нм и далее после 300 нм находятся выше, чем коэффициенты кривой запуска белого цвета.

Преимущества новых тканей:

- разрывная нагрузка – 1000 Н (норма не менее 600 Н);
- истираемость 2200 циклов (норма не менее 2000);
- гигроскопичность – 11,5 % (норма не менее 7 %);
- несминаемость – 55 % (норма не менее 50).

Инновационные технологии крашения и отделки термо-, огнестойких метаарамидных текстильных материалов

Патент РФ № 2641471

В настоящее время термостойкие волокна широко востребованы, так как они устойчивы к действию открытого огня и обладают способностью выдерживать длительное воздействие повышенных температур во время эксплуатации.

Метаарамидные волокна обладают постоянной невоспламеняемостью благодаря своей химической структуре (процентное содержание кислорода более 30 %) и способны длительно выдерживать температуры до 250°, а также кратковременно выдерживать пиковые температуры до 1000 °С. Ткани из таких волокон не воспламеняются при контакте с открытым пламенем, а лишь карбонизируются.

Крашению термостойких волокон уделяется большое внимание, как в нашей стране, так и за рубежом. Это вызвано прежде всего тем, что при отделке арамидных волокон возникают трудности, связанные с высокой степенью кристалличности, с сильным межмолекулярным взаимодействием, что препятствует крашению известными методами, применяемыми для традиционных видов волокон.

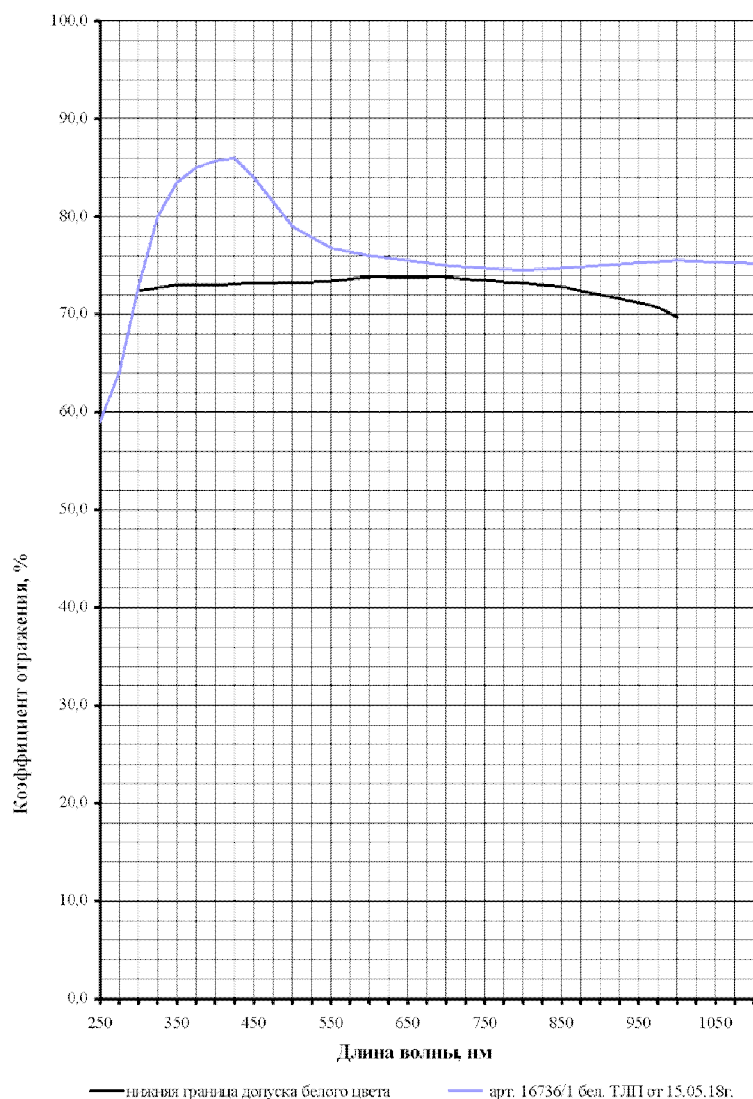


Рис. 1

В Центре разработана инновационная экологически чистая технология крашения в темные, средние тона и отделки текстильных материалов из метаарамидных волокон для изготовления спецодежды для защиты от воздействия:

- огня и повышенных температур;
- негативных производственных факторов;
- опасных условий труда.

Основными преимуществами технологии являются:

- крашение осуществляется в водной среде без использования вредных веществ – органических растворителей;
- хорошая воспроизводимость цветовой гаммы;
- получение интенсивных и равномерных окрасок ткани;
- получение окрасок с высокими прочностными показателями к физико-химическим воздействиям: трению и стиркам, соответствие показателям «Прочное крашение».

Импортозамещающие средства индивидуальной защиты для экранирующих комплектов от электромагнитных полей радиочастотного диапазона

Патенты РФ № 176287, 2652577

Основными видами средств защиты персонала от электромагнитных полей радиочастотного диапазона являются экранирующие комплекты. Они предназначены для

защиты работающих от воздействия электромагнитных полей радиочастотного диапазона от 30 кГц до 60 ГГц.

В состав экранирующего комплекта входят следующие элементы:

- экранирующий комбинезон с капюшоном или костюм с капюшоном;
- экранирующий головной убор (в случае, если комбинезон или костюм без капюшона);
- экранирующие перчатки;
- экранирующие ботинки или чулки, носки, бахилы;
- щиток защитный лицевой;
- каска защитная.

Специалистами Центра были разработаны экспериментальные образцы экранирующих одинарных вязаных пятипалых перчаток с применением электропроводящих нитей для лицевой стороны и хлопчатобумажной пряжи – для изнаночной стороны перчатки (рисунок 2).

Защитная перчатка состоит из участков: напульсник, корпус, пальцы. Участки перчатки изготовлены различными переплетениями.

Для изготовления образцов перчаток разработана специальная программа вязания и проведена наладка перчаточного автомата для провязывания мишурной нити.

Был выбран способ вязания, обеспечивающий надежность петлеобразования при выполнении необходимого переплетения.



Рис. 2. Экранирующая перчатка



Рис. 3. Экранирующий носок

Специалистами Центра разработаны экспериментальные образцы экранирующих носков с двойным бортом и удлиненным паголенком с применением электропроводящих нитей для лицевой стороны и хлопчатобумажной пряжи – для изнаночной стороны носка (рисунок 3). Защитный носок состоит из участков: двойной борт, удлиненный паголенок, след, пятка, мысок.

Для изготовления экспериментальных образцов носков разработана специальная программа вязания и проведена наладка круглочулочного автомата для провязывания мишурной нити.

Для вязания образцов выбраны переплетения, способные обеспечить образование на лицевой стороне защитного слоя, а на изнаночной – гигиенического.

Для исследования специальных свойств экспериментальных образцов защитных перчаток и носков выбраны основные показатели, характеризующие способность изделий препятствовать порезу и воздействию электромагнитных полей радиочастотного диапазона от 30 кГц до 60 ГГц: сопротивление порезу, коэффициент экранирования в составе комплекта, электрическое сопротивление в составе комплекта.

Результаты испытаний импортозамещающих экранирующих перчаток и носков приведены в таблице 1.

Отмечен высокий уровень гигиенических и потребительских свойств экспериментальных образцов экранирующих перчаток и носков, обеспечивающих комфортность и формоустойчивость в процессе эксплуатации.

Испытания экранирующих перчаток и носков по физико-механическим, санитарно-химическим, органолептическим, токсиколого-гигиеническим, потребительским и специальным защитным свойствам (сопротивление порезу, коэффициент экранирования и электрическое сопротивление) подтвердили соответствие изделий требованиям технического регламента ТР ТС 019/2011 и ГОСТ 12.4.305.

Таблица 1. Результаты испытаний экранирующих перчаток и носков

Свойства изделия	Наименование показателя, ед. измерения	Вид изделия	
		экранирующие перчатки	экранирующие носки
Гигиенические	Гигроскопичность, %	7,5	5,4
	Воздухопроницаемость, $\text{дм}^3/\text{м}^2\cdot\text{с}$	520	–
Потребительские	Растяжимость, мм	напульсника – 330	борта – 440; паголенка – 328
Специальные	Сопротивление порезу, Н/мм	10	-
	Коэффициент экранирования в составе комплекта, дБ	32,79	
	Электрическое сопротивление в составе комплекта, Ом	5,1	

Текстиль для спорта **Высокорастяжимые трикотажные** **основовязанные полотна**

Одним из перспективных направлений является рынок спортивных товаров. В настоящее время лидерами на российском рынке спортивной одежды являются иностранные производители, изделия отечественного производства составляют всего около 10 %. В то же время рынок спортивных товаров в России стабильно растет на 15–17 % в год.

Основными требованиями к материалам для спортивной одежды являются:

- высокая растяжимость
- эластичность
- устойчивость окраски к воздействию: стирки, пота, трения, морской и хлорированной воды
- прочность
- легкость.

Одно из первых мест занимают в этой нише высокоэластичные основовязальные полотна на основе микрофиламентных синтетических нитей, что обеспечивает быстрое отведение влаги от тела и испарение с поверхности одежды во время тренировок.

В Центре разработан ассортимент и технология производства высокоэластичных основовязанных полотен:

- с мерцающим блеском на основе полиамидной комплексной блестящей нити трикотажного сечения и полиуретановой нити;
- матовое полотно на основе полиамидной комплексной высокоэластичной нити круглого сечения и полиуретановой нити.

Основные преимущества полотен:

- поверхностная плотность – до 200 г/м²
- растяжимость: по длине – 113 %, по ширине – 65–75 %
- эластичность: по длине – 88 %, по ширине – 89 %
- паропроницаемость – 13,0–13,5 %
- влагоотдача – 45–60 %
- гигроскопичность – 5,5–7,0 %
- воздухопроницаемость – 370–475 дм³/м²·с.

Технология производства трикотажных флисовых полотен

Патент РФ № 2664237

В настоящее время широкое применение во всем мире получили многофункциональные трикотажные флисовые полотна с односторонним и двусторонним ворсом на базе применения полиэфирных текстурированных микрофиламентных нитей.

Сырьем для производства флиса является синтетическое волокно, которое может быть как первичным, так и вторичным (переработанные пластиковые бутылки, пленка).

Развитию и увеличению выпуска трикотажных флисовых полотен способствует расширение ассортимента выпускаемых модифицированных микрофиламентных полиэфирных нитей, создание эффективных химических препаратов, в том числе наносодержащих, для придания флисовым трикотажным полотнам защитных антимикробных и улучшенных потребительских свойств.

Флисовые трикотажные полотна отличаются легкостью, мягкостью, повышенными теплозащитными свойствами (даже в намокшем состоянии), повышенной износоустойчивостью, высоким коэффициентом влагоотдачи, паропроницаемости и воздухопроницаемости. Изделия из флиса не требуют особого ухода, не подвержены биологическому разрушению и не вызывают аллергии.

Трикотажные флисовые полотна используются для производства широкого спектра одежды от термобелья до различных видов верхней и спортивной одежды (куртки, брюки, спортивные костюмы, головные уборы, перчатки и др.), домашнего текстиля (пледы, покрывала, халаты), а также в качестве утеплителя.

Разработанные специалистами Центра импортозамещающие отечественные флисовые трикотажные полотна характеризуются наполненным, объемным грифом, мягким, пушистым ворсом, пластичностью, хорошими растяжимыми, упругими свойствами, требуемыми показателями поверхностной плотности и не уступают импортным аналогам.

Основные преимущества:

группа растяжимости – 2,2; воздухопроницаемость – 300, дм³/м²; остаточная деформация – 5 мм; устойчивость к истиранию: до истирания ворса – 5000 циклов, до разрушения – 75000 циклов; устойчивость к образованию пилинга – 3 балла.

Текстиль для медицины

Инновационные текстильные материалы с модифицированной комплексной структурой на основе натуральных и химических волокон с пролонгированной биоактивностью для медицинских изделий

Сегодня уровень профессиональной заболеваемости медицинских работников остается достаточно высоким. В защите их от воздействия негативных производственных факторов важную роль играет спецодежда и специальные средства защиты.

Защитные свойства материалов во многом определяются волокнистым составом, а также специальными пропитками. Причем требования, которые предъявляются к тканям для специальной одежды, должны иметь адресную направленность: зависеть от специальности и специализации. К специальной медицинской одежде следует отнести

одежду работников хирургических отделений, инфекционных, патологоанатомических, клинических лабораторий, диагностических кабинетов.

К физическим факторам, которые могут оказывать вредное воздействие на здоровье медицинских работников, относятся: повышенная температура и влажность воздуха, наличие и интенсивность ионизирующих излучений.

В последнее время отечественные и зарубежные исследователи разрабатывают более щадящие способы защиты кожных покровов от патогенной микрофлоры – биоцидную отделку текстильных материалов, например, импрегнацию тканей серебром, а также выработку ткани, содержащей синтетические волокна, обладающие антимикробными свойствами. Центром разработаны новые материалы с пролонгированной биоактивностью для медицинских изделий.

Новая биоактивная продукция с пролонгированными биоактивными свойствами является одним из средств борьбы с внутрибольничными инфекциями за счет задержки роста микроорганизмов, защищает от переноса бактерий, снижает риск контактного инфицирования, характеризуется гигиеническими и комфортными свойствами, не требует утилизации по сравнению с одноразовыми медицинскими изделиями из синтетических нетканых материалов, обладает повышенной износостойкостью, имеет повышенный срок эксплуатации, не уступает аналогичным импортным биоактивным материалам.

Инновационные биоактивные текстильные материалы предназначены для использования в медицинских центрах, инфекционных больницах, родильных домах, ожоговых центрах в качестве постельного и нательного белья, средств индивидуальной защиты для медперсонала лечебных учреждений.

Биоактивные свойства инновационных текстильных материалов до и после 20-ти стирок подтверждены исследованиями испытательного центра ГБУЗ «НИИ СП им. А.В. Склифосовского ДМЗ».

Основные преимущества биоактивного текстиля с пролонгированными биоактивными свойствами и комплексной антимикробной и масло-, водо-, грязеотталкивающей отделкой:

- воздухопроницаемость – 67 дм³/м²с
- гигроскопичность – 16,4 %
- истираемость – 1050 циклов
- водоупорность – 188 мм вод. ст.
- соответствуют требованиям стандартов серии EN 13795-2011.

Льносодержащая медицинская марля

Новый материал на основе использования натуральных волокон с вложением отечественного льняного волокна и не имеет отечественных аналогов. Введение короткоштапельного льняного волокна позволяет сократить долю хлопка в марле, поступающего в Россию по импорту.

Преимущества инновационной продукции заключаются в том, что по основным физико-механическим (разрывная нагрузка) и по физико-химическим свойствам (капиллярность, смачиваемость, степень устойчивости белизны) новая марля превосходит стандартную хлопчатобумажную.

По заключению ВНИИИМТ и «Института хирургии им. А.В. Вишневского» новая марля превышает по техническим параметрам марлю медицинскую хлопчатобумажную улучшенного качества, по токсикологическим и санитарно-химическим показателям отвечает требованиям, предъявляемым к медицинским изделиям аналогичного назначения, и рекомендуется для широкого использования в медицинской практике.

**ЭЛЕМЕНТАРИЗОВАННОЕ ЛЬНОВОЛОКНО – ПЕРСПЕКТИВНОЕ СЫРЬЕ
ДЛЯ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РОССИИ**

**ELEMENTARY FLAX FIBER IS ADVANCED RAW MATERIAL
FOR TEXTILE INDUSTRY IN RUSSIA**

Ларин И.Ю.*, Морыганов А.П.**

*Ивановский государственный политехнический университет,
153000, Россия, г. Иваново, пр. Шереметевский, д. 21

**Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН,
153045, Россия, г. Иваново, ул. Академическая, д. 1

Larin I.Yu.*, Moryganov A.P.**

*Ivanovo State Polytechnic University, 21,
Sheremetievskiy Avenue, Ivanovo, 153000

**G.A. Krestov Institute of Solution Chemistry of the Russian Academy of Sciences,
1, ul. Akademicheskaja, 153045, Ivanovo, Russia

E-mail: larin_igor@inbox.ru

Проведен сравнительный анализ геометрических и механических свойств элементаризованного волокна льна, произведенного в России в настоящее и в советское время. Сопоставлены свойства элементаризованного, котонизированного и хлопкового волокон. Исследован состав примесей и свойства льняного волокна, модифицированного различными механическими способами. Показана принципиальная возможность получения высококачественного льносырья для производства инновационной высокорентабельной текстильной продукции бытового, медицинского и технического назначения целенаправленным разрушением связей между элементарными волокнами внутри комплексных волокнистых пучков способом циклического деформирования.

Ключевые слова: льняной котонин, элементаризованные волокна льна, примеси льняного волокна, свойства волокна.

The comparative analysis of geometrical and mechanical properties of elementary flax fiber that had been produced in former USSR, as well presently produced in RF was performed. Comparatively observed the properties of elementary flax, cottonized flax and cotton. The impurities composition and properties of flax fiber that had been modified by variable mechanical methods studied. The principal possibility of obtaining of high quality raw flax was shown to produce innovative highly profitable textile for internal, medical and technical applications by targeted destruction of bonds between elementary fibers inside complex fibrous sheafs by methods of cyclic deformation.

Key words: cottonized flax, elementary flax fibers, flax fibers admixtures, fiber properties.

В настоящее время льняная отрасль текстильной промышленности России оказалась на грани полного разрушения. Одной из причин является низкое качество российского льняного волокна: оно отличается высокой жесткостью и большим содержанием недоработанных волокон (по ГОСТ Р 53484-2009. Волокно трепаное. Технические условия. (Для справки: недоработанными волокнами считаются волокна, имеющие на своей поверхности (сплошь или с небольшими промежутками) прочно прикрепленные частицы костры с длиной не менее 5 см.).

Причиной большой жесткости волокна и содержания большого количества недоработки является, в частности, повышенное содержание в нем лигнина. Лигнин увеличивает прочность связей между элементарными волокнами, что затрудняет процесс дробления волокнистых пучков и не позволяет производить тонкую, ровную и прочную пряжу. Большое влияние на качество льняного волокна оказывают селекционные сорта, сроки посева и уборки, нормы высева семян, уровень удобренности почвы, способы приготовления тресты и погодные условия. Все эти факторы изучены и подробно описаны в научно-технической литературе [1, 2].

Не следует забывать, что трепаный лен – это комплексное волокно, состоящее из отдельных элементарных волокон, скрепленных между собой срединными пластинками. В сложившейся практике оценки качества трепаного льняного волокна не учитываются единичные показатели геометрических и механических свойств элементарных волокон. Без знания единичных показателей длины, линейной плотности, прочности, жесткости элементарных волокон невозможно их рациональное использование в прядени. Свойства элементарных волокон определяют ассортимент и свойства производимой из них пряжи. Чем тоньше, длиннее и прочнее элементарные волокна, тем более ровную, прочную и тонкую пряжу можно из них произвести. Без знания этих характеристик невозможно правильно выбрать сырье для производства пряжи разных линейных плотностей, невозможно выбрать величину крутки пряжи и разводку в вытяжном приборе прядильной машины.

Нами разработан способ целенаправленного управляемого разрушения соединительных тканей комплексных льняных волокон [3]. Способ позволяет выделять элементарные волокна из волокнистых пучков в неизменном виде. С помощью этого способа проведена элементаризация волокон нескольких образцов длинного льняного волокна различных отечественных производителей. В табл.1 представлены результаты исследований показателей прочности и геометрических характеристик элементаризованных волокон. Для сравнения в этой же таблице представлены результаты исследований ЦНИИЛВ, выполненные в советские годы [4].

Таблица 1. Характеристики линейной плотности и прочности элементаризованных льняных волокон

Наименование показателей	ИВГПУ	ЦНИИЛВ
Линейная плотность, мтекс	209...287	125...557 Чаще 167...333
Удельная разрывная нагрузка, сН/текс	20,9...50,8	55,0...80,0

Анализ полученных результатов показывает, что по сравнению с советскими годами произошло увеличение минимальной линейной плотности элементарных волокон на 25–67 % и снижение удельной разрывной нагрузки в среднем в 2 раза.

Таким образом, штапель элементаризованного волокна современных селекционных сортов льна значительно изменился по сравнению со штапелем элементаризованного волокна селекционных сортов, возделываемых в советские годы. Произошло значительное уменьшение длины элементарных волокон (табл. 2). Нами не обнаружено длинноволокнистых и средневолокнистых селекционных сортов льна, обнаружены только коротковолокнистые сорта. Наибольшая длина элементаризованных волокон разных штапелей изменяется в пределах 39,5...57,5 мм. Наличие волокон длиннее 50 мм было установлено в одном штапеле и составило 0,6 % от общей массы штапеля, против 10 % у советских селекционных сортов. Содержание непрядомых волокон пуховой группы в штапеле составляет 41,5...54,1 % против 42 % у советских селекцион-

ных сортов. Основная масса прядомых волокон находится в классах, смежных с волокнами пуховой группы, то есть основная масса прядомых волокон имеет малую длину, а поэтому – низкие прядомые свойства. Из такого сырья невозможно производить тонкую, ровную и прочную пряжу, что и подтверждает практическая работа отечественных предприятий льняной отрасли текстильной промышленности.

Таблица 2. Характеристики штапеля элементаризованного волокна

Результаты исследований	Вид льна	Массовое содержание волокон, %				Средняя длина, мм
		0,0...15,0 мм	15,1...50,0 мм	50,1...100,0 мм	Длиннее 100 мм	
ЦНИИЛВ	Длинноволокнистый	20	49	28	3	21
	Средневолокнистый	28	52	20	0	16
	Коротковолокнистый	42	48	10	0	12
ИВГПУ	Коротковолокнистый	41,5...54,1	45,9...50,2	0,0...0,6	0	16,3...20,2

При модифицировании лубяных волокон (в частности, льна) механическим методом отводится наиболее значительная роль: они могут использоваться не только автономно, но и являются необходимой стадией при реализации прочих способов. Это связано с тем, что они позволяют в большей или меньшей степени разрушать комплексные волокна, и, в результате, облегчать доступ химических реагентов или биохимических препаратов в их структуру.

Общим недостатком модифицированных волокон, делающим проблематичным их дальнейшую переработку по существующим технологиям хлопко- и шерстопрядения в изделия бытового и медицинского назначения с высокой степенью чистоты, является высокая дисперсия по геометрическим размерам, физико-механическим показателям, химическому составу и наличию примесей (остатки костры, пыль), а также волокон с высокой степенью одревеснения [5].

Разрабатываемая нами технология элементаризации является принципиально новым направлением в модификации льняных волокон, позволяющим освоить производство нового вида льняного сырья – элементаризованного фракционированного по свойствам льняного волокна – и в максимальной степени рационально использовать ценное отечественное сырье. Подход к решению задачи основан на целенаправленном разрушении соединительных тканей комплексного льноволокна под действием многократных циклических деформирующих нагрузок [3].

С помощью модельного устройства получены лабораторные образцы элементаризованного льноволокна и выполнены их исследования. На рис. 1 представлена гистограмма распределения льняного элементаризованного волокна по длине в сравнении с

гистограммой хлопкового волокна селекции 108-Ф. Элементаризованное волокно имеет отличный от хлопка закон распределения по длине и содержит в своем составе 44,3 % непрядомых волокон (длиной до 15 мм). Они оказывают значительное негативное влияние на характеристики длины волокна: так, средняя длина волокна составляет 18,8 мм, штапельная длина – 24,2 мм. Волокну с таким высоким содержанием пуха сложно найти применение в прядении, поэтому на стадии производства элементаризованного волокна его необходимо рассортировать на фракции по длине волокна: прядную и непрядную. Деление волокна на прядную и непрядную фракции позволит значительно улучшить характеристики длины волокон, составляющих прядную фракцию, и уменьшить, таким образом, линейную плотность производимой пряжи, повысить её ровноту и прочность. Также в отдельную фракцию необходимо выделить жесткие неразработанные волокна, что позволит повысить стабильность процесса прядения.

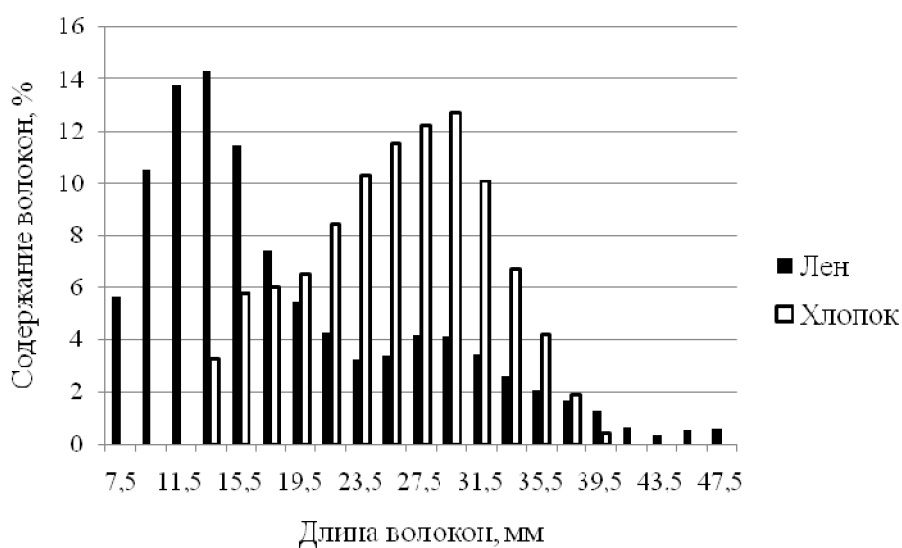


Рис. 1. Гистограммы распределения льяных и хлопковых волокон по длине

Проведен сравнительный анализ состава лигноуглеводного комплекса (ЛУК), гигроскопических, физико-механических свойств, а также структуры элементаризованного льноволокна и льноволокна, модифицированных по известным технологиям [6]. Результаты исследования структуры льноволокна, модифицированных по известным технологиям, показали невозможность полного распада комплексных волокон до элементарных. При этом на отщепившихся волокнах сохраняются остатки соединительных тканей. Разрушение склеренхимных тканей льноволокна под действием циклических деформирующих нагрузок сопровождается эффективным механическим удалением лигнина и пектиновых веществ: остаточное содержание их составляет соответственно 50 и 66 % от исходного количества с одновременным повышением целлюлозной составляющей (до 80,1 %). На содержание гемицеллюлоз подобного рода воздействия влияния практически не оказывают. Аналогичные показатели были получены ранее при осуществлении двухстадийного механохимического способа модификации льносырья, в котором основную роль в деструкции примесей играют химические процессы, протекающие с участием реагентов селективного действия по отношению к лигнину, пектинам и гемицеллюлозам [7]. При катонизации по известным механическим способам такого результата добиться не удалось. Очень важно подчеркнуть, что высокая степень очистки от примесей позволяет получить развитую капиллярно-пористую систему, придающую волокну гидрофильность уже на стадии механической обработки (табл. 3) -капиллярность 65 мм / 10 мин, водопоглощение 16,6 г/г волокна. У котонина, полу-

ченного по известным механическим технологиям, гидрофильность практически отсутствует (капиллярность 0 мм/10 мин, водопоглощение не более 2 г/г волокна). Благодаря этому дальнейшие химические обработки нового вида волокна или изделий на его основе (при их необходимости) могут проводиться в значительно более мягких условиях, чем требуется при обработках известных видов льнопродукции [8]. Анализ кинетики деструкции и растворения основных примесей срединных пластинок выявил более чем 1,5-кратное ускорение процесса удаления наиболее трудногидролизуемого компонента ЛУК – лигнина – из элементаризованного волокна ($K_{ск} = 2,67 \cdot 10^{-4} \text{с}^{-1}$) по сравнению с котонизированным ($K_{ск} = 1,68 \cdot 10^{-4} \text{с}^{-1}$).

Таблица 3. Сравнительные характеристики элементаризованного, котонизированного и хлопкового волокон

Наименование показателей	Значения показателей для волокон		
	элементаризованного	котонизированного	хлопка селекции 108-Ф
Средняя линейная плотность, мтекс	209–287	1030–2520	179
Размеры поперечника, мкм	7–23	–	25
Абсолютная разрывная нагрузка, сН	5,1–11,0	21,8–35,4	4,5
Удельная разрывная нагрузка, сН/текс	20,9–50,8	21,2–29,5	25,0
Гигроскопические свойства:			
капиллярность, мм/10 мин	65	0	0
водопоглощение, г/г волокна	16,6	2,0	5,5

Результаты исследования показали, что новый вид льняного волокна (табл. 3) имеет лучшие значения показателей физико-механических свойств по сравнению с котонином. Волокна котонина имеют очень большую линейную плотность и не пригодны для производства пряжи средней и малой линейной плотности. Большая абсолютная разрывная нагрузка волокон котонина обусловлена большой линейной плотностью этих волокон. Малая величина удельной разрывной нагрузки котонина свидетельствует о структурных повреждениях волокон котонина. Линейная плотность элементаризованных волокон в среднем в 7 раз меньше линейной плотности волокон котонина и незначительно превышает линейную плотность средневолокнистого хлопка (на 17–60 %). Учитывая тот факт, что элементаризованные волокна имеют меньшие размеры поперечника по сравнению с хлопковым волокном, можно ожидать, что пряжа из элементаризованных волокон будет тоньше пряжи хлопчатобумажной при равенстве их линейных плотностей. По абсолютной разрывной нагрузке элементаризованные волокна (5,1–11,0 сН) значительно превосходят волокна хлопковые (4,5 сН). Установлено, что для нового вида волокна статический коэффициент трения «волокно по волокну» составляет 0,27, а динамический коэффициент трения – 0,25. Статический коэффициент трения «волокно по стали» составляет 0,18, а динамический коэффициент трения – 0,16. Полученные результаты близки к соответствующим показателям как льняного котонина, так и хлопкового волокна.

Из табл. 4 следует, что жесткость элементаризованного волокна при кручении существенно ниже жесткости комплексных волокон льняного котонина [5]. Это позволяет прогнозировать возможность получения высококачественной чистольняной пряжи низких линейных плотностей на оборудовании хлопкопрядильного производства.

Для прядомой группы элементаризованного волокна расчетным путем определен диапазон линейных плотностей льняной пряжи, которую можно производить из этого волокна на хлопкопрядильном оборудовании: по кардной системе – до линейной плотности 22 текс и по гребенной системе – до линейной плотности 14 текс.

Таблица 4. Показатели жесткости льноволокна при кручении

Показатели	Элементаризованные волокна, поперечный размер, мм			Котонизированные волокна, поперечный размер, мм	
	0,021	0,014	0,007	Тонкие комплексы, не более 0,042	Толстые комплексы, более 0,042
Жесткость при кручении волокон, Н·м ²	$8,7 \cdot 10^{-11}$	$7,2 \cdot 10^{-11}$	$5,6 \cdot 10^{-11}$	$5,88 \cdot 10^{-10}$	$19,55 \cdot 10^{-10}$

Короткие элементаризованные волокна непрядомой фракции могут стать прекрасным сырьем для производства большого количества различных видов продукции, например, сорбирующих наполнителей подгузников и средств личной гигиены, целлюлозы, эфиров целлюлозы и продуктов на их основе. Нами показана возможность применения непрядомого элементаризованного льноволокна в качестве основы для получения инновационных изделий различного назначения с заданными функциональными свойствами: огне- и биозащищенные нетканые материалы, изделия медицинского назначения с высокой антимикробной активностью, композиционные материалы повышенной прочности [9, 10].

Новое волокно может стать альтернативой импортируемому хлопку и основой для получения инновационной высокорентабельной текстильной продукции бытового, медицинского и технического назначения.

В настоящее время совместно с ООО ИПФ «ТексИнж» начаты работы по созданию машины элементаризации льняных волокон, создано два макета узлов машины, проводятся их исследования. Создаваемым оборудованием элементаризации планируется доукомплектовать линию котонизации короткого льняного волокна производства ООО ИПФ «ТексИнж» и провести её частичную модернизацию. В результате, модернизированная линия позволит производить фракционированное элементаризованное волокно.

Предварительная оценка выходов элементаризованного волокна позволяет прогнозировать, что из одной тонны короткого волокна льна может быть произведено 250–300 кг элементаризованного волокна прядомой фракции и столько же волокна непрядомой фракции. В общем балансе производимого сырья это составит 18,8–22,5 % для прядомого волокна и столько же – для волокна непрядомого.

В настоящее время во всем мире расширяется использование и другого вида льняных волокон - волокна конопли. В России с появлением новых селекционных сортов ненаркотической конопли происходит возрождение возделывания её культуры и промышленного производства волокна. Выполненные нами поисковые исследования показывают, что использование циклического деформирования волокна ненаркотической конопли в сочетании с химическими обработками позволяют успешно вести процесс его модификации. Средняя линейная плотность модифицированного волокна составляет 1,2–1,8 текс. Дальнейшее развитие этих работ направлено на создание способа получения высококачественного волокнистого сырья для широкого ассортимента бытовых и технических тканей на основе безнаркотической конопли, а также его аппаратное оформление.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карпунин Б.Ф., Гулов В.А., Карацеева Ю.Б. Технологии производства льняного волокна для климатических условий Российской Федерации: метод. реком. для сельскохозяйственных консультантов / Б.Ф. Карпунин, В.А. Гулов, Ю.Б. Карацеева – М: ФГБНУ Росинформротех, 2017. – 124 с.

2. Соловьев А.Я. Льноводство. – 2-е изд., перераб. и доп. – М: Агропромиздат, 1989. 320 с.
3. Патент РФ № 2497982. Способ обработки комплексных лубяных волокон и устройство для его реализации. / Ларин И. Ю. Савинов Е. Р. // Бюл.31. 2013.
4. Прядение льна и химических волокон: Справочник / Под ред. Л.Б. Карякина и Л.Н. Гинзбурга. – М.: Легпромбытиздат, 1991. – 544 с.
5. Ларин И.Ю. Влияние жестких волокон котонина на качество пряжи и стабильность технологического процесса прядения // Изв.вузов. Технология текстильной промышленности. 2016. №2. С.96–100.
6. Стокозенко В.Г., Ларин И.Ю., Титова Ю.В., Морыганов А.П. Влияние элементаризации льноволокна на его свойства и состав примесей. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2016. № 4. С. 54–57.
7. Современные проблемы модификации природных и синтетических волокнистых и других полимерных материалов: теория и практика. Колл. монография под ред. А.П. Морыганова и Г.Е. Заикова. Гл. 2. Воздействие окислительно-восстановительных систем на природные полисахариды в процессах химической модификации лубяных волокон. (Стокозенко В. Г., Морыганов А. П.) – СПб.: Научные основы и технологии. 2012. – С. 71–133.
8. Стокозенко В.Г., Морыганов А.П., Ларин И.Ю., Воронина Е.Р. Исследование влияния щелочной обработки на состав и свойства элементаризованного льноволокна. // Химия растительного сырья. 2017, № 2, с. 143–148.
9. Баранов А.В., Ларин И.Ю., Морыганов А.П. Прогнозирование возможности получения армированных композитов на основе элементаризованного льноволокна.// Изв.вузов. Технология текстильной промышленности, 2018, №2, с. 113–117.
10. Дымникова Н.С. Ерохина Е.В., Морыганов А.П. Исследование эффективности придания антимикробных свойств элементаризованному льняному волокну // Химия растительного сырья, 2018, № 2, с. 191–197.

УДК 677.11+636.087.2

СПЕЦИФИКА ПОДГОТОВКИ ЛЬНЯНЫХ УГАРОВ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ КОРМОВЫХ ФИТОДОБАВОК ДЛЯ ЖВАЧНЫХ ЖИВОТНЫХ

SPECIFICITY OF TREATMENT OF FLAX FIBROUS MATERIALS TO RECEIVING OF FEED PHYTO ADDITIONS FOR CATTLE

Лепилова О.В.

Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН,
153045, Россия, г. Иваново, ул. Академическая, д. 1

Lepilova O.V.

G.A. Krestov Institute of Solution Chemistry of the Russian Academy of Sciences,
1, ul. Akademicheskaja, 153045, Ivanovo, Russia

E-mail: lov@isc-ras.ru

*Экспериментально обоснованы методологические подходы к биомодификации
волокнистых отходов льняного производства для получения добавок к рациону жвач-*

ных животных, способствующих решению специфических задач обеспечения защиты кормового белка.

Ключевые слова: льняные волокнистые материалы, ферментная обработка, поровая структура, удельная поверхность, адсорбционная способность

The technological approaches to the fibrous flax waste biomodification in order to produce additives for ruminant diets, contributing to solving of the specific problem such as a protection of feed protein were experimentally substantiated.

Keywords: flax fibrous materials, enzymatic treatment, pore structure, specific surface, adsorption capacity

Исследования проведены в рамках научного поиска в области совершенствования биохимических методов модификации лигноцеллюлозных материалов [1–4] для получения высокоэффективных биополимерных сорбентов на основе возобновляемого сырья, обладающих регулируемой поглотительной способностью в отношении веществ различной химической природы.

Основное назначение кормов из растительного сырья с высокой степенью одревеснения связано с улучшением моторики желудочно-кишечного тракта. Наряду с этим актуальны задачи повышения питательной ценности трудно ассимилируемой биомассы и ее использования для выведения токсинов из организма животных. Общим недостатком химических методов подготовки грубых кормов являются неизбирательность действия реагентов на компоненты растительного сырья и деструкция веществ, способных оказать благоприятное действие на организм животных [5]. Прежде всего, это - нецеллюлозные полисахариды, которые благодаря обволакивающему действию способствуют улучшению пищеварения и лучшему усвоению питательных веществ. К классу углеводов относится большая группа действующих веществ растений: терпеноиды, каротиноиды, гликозиды, которые даже в малых количествах оказывают положительное влияние на работу желудочно-кишечного тракта, поддерживают работу сердечной мышцы [6]. Пектины – застуденевшие вещества межклеточников, обладают способностью связывать тяжелые металлы, в том числе радиоактивные элементы, адсорбировать ядовитые вещества. Поскольку ферменты, способные расщеплять пектин, в желудочно-кишечном тракте животных не вырабатываются, данный вид полимеров проходит через их организм практически без повреждений, обеспечивая выведение токсинов.

Положительное влияние на усиление выделения пищеварительных соков и перистальтику кишечника оказывают органические кислоты [7]. Биомасса льна содержит большое количество физиологически активных фенолкарбоновых кислот: *n*-кумариновая, *n*-оксibenзойная, феруловая, хлорогеновая, кофеилхинная, а так же гликозид линамарина - ценнейший компонент оболочки семян льна. Полифенольные соединения, в т.ч. флавоноиды обладают высокой антиоксидантной активностью, укрепляют стенки кровеносных капилляров. Вышеуказанные компоненты растительного сырья целесообразно максимально сохранять при получении кормовых продуктов. Избирательное действие на целлюлозу клетчатки обеспечивают ферментативные и микробиологические способы переработки грубых кормов.

При разработке сбалансированного рациона жвачных животных имеются значимые особенности пищеварительного процесса, которые связаны с первоначальным попаданием кормов в преджелудок (рубец), после которого происходит повторное их пережевывание с дальнейшим расщеплением в желудке и кишечнике. В связи с этим при подготовке кормов нужно исключить глубокую деструкцию полисахаридов до низкомолекулярных сахаров, во избежание нежелательного их поглощения без расщепления кровеносной системой преджелудка. По той же причине важно обеспечить защиту кормового белка от преждевременного расщепления в рубце. Специфика указанных за-

дач учтена при разработке условий биоподготовки льняного сырья для использования в рационе питания жвачных животных.

Новизна развиваемого направления «защиты» белка кормовых добавок от распада заключается в использовании пектиновых веществ, содержащихся в лубоволокнистых материалах, как высокоактивных полианионов, способных образовывать с белком обратимые комплексы и снижать преждевременное расщепление под влиянием микрофлоры рубца. В основе возможности использования пектина льна в качестве протектора кормовых добавок лежит свойство этих полимеров к комплексообразованию с белками или ионами переходных металлов.

В растительных материалах, в том числе в лубоволокнистых видах сырья, пектиновые вещества находятся в структурно связанном состоянии в составе углеводно-белкового комплекса связующих веществ растительных тканей. При использовании пектинов льняных материалов для защиты протеинов корма от распада необходимо создать условия для высвобождения полиуронидов из структуры лубяного пучка. Следовательно, подбор полиферментной композиции должен обеспечивать эффективное вскрытие поровой структуры субстрата и регулируемое воздействие на полимерное окружение полиуронидов при максимальном обеспечении их сохранности.

В качестве критериев составления полиферментной композиции учитывалась не только субстратная специфичность проявления активности биокатализаторов, но и позиционная специфичность их действия на макромолекулу полимеров во избежание глубокой деструкции с накоплением в системе низкомолекулярных сахаров. Одним из прорывных направлений использования ферментативного катализа при модифицировании биополимерных систем состоит в реализации приемов пространственно локализованного действия белковых катализаторов в разных структурных зонах обрабатываемого субстрата. Регулирующим фактором является размер глобулы ферментов, величина которого для изоформ биокатализаторов, продуцируемых различными микроорганизмами, варьирует от 3...7 до 50...100 нм. Это служит дополнительным критерием при подборе состава биопрепарата с учетом пространственных ограничений зоны его действия в структуре биополимерного материала.

Действие сбалансированной по составу полиферментной композиции ПК-ФД сопоставлено с результатами модификации льняной вытряски промышленным биопрепаратом Целловиридин 20х. Модификацию осуществляли с применением маломодульной обработки биомассы (5 мл раствора на 1 г волокна) для исключения влияния экстракционных процессов. Изменение структурных характеристик волокна оценивали по величинам суммарного объема пор V_{Σ} , определенного по данным равновесной сорбции воды, общего значения площади удельной поверхности $S_{уд(общ)}$ (сорбция йода ГОСТ 6217-74) и доли мезопоровых пространств $S_{уд(мезо)}$ (сорбция метиленового голубого ГОСТ 13144-79), по разности которых определяли составляющую субмикроскопических пор $S_{уд(субм)}$. Степень структурного высвобождения пектиновых веществ определяли по количеству полимера, извлекаемого из материала раствором щавелевой кислоты $G_{ПВ}$ [8]. Оценку белковосвязывающей способности осуществляли с применением в качестве модельного маркера бычьего сывороточного альбумина с молекулярной массой 66000. Изменение способности фитопрепарата к связыванию токсинов оценено по данным поглощения ионов $Cu(II)$ из раствора $CuSO_4$.

На рис. 1 сопоставлено влияние длительности обработки льняного волокна сравниваемыми биопрепаратами на изменение внутреннего объема субстрата и структурного высвобождения пектиновых веществ.

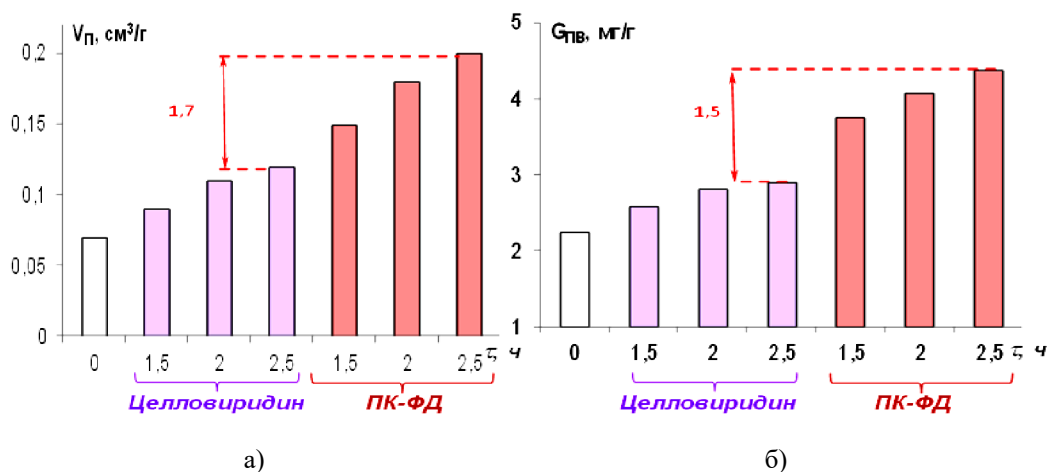


Рис. 1. Влияние условий биомодификации льноволокна на изменение суммарного объема пор (а) и степени высвобождения пектиновых веществ (б)

Отличие в возможностях проникновения целлюлолитических ферментов и вскрытия фибриллярной структуры элементарных волокон льна обеспечивают преимущества препарата ПК-ФД, выражающиеся в увеличении значений $V_{п}$ для соответствующих временных точек обработки в 1,7...1,75 раза по сравнению с действием препарата Целловиридин. При этом приращение доступности пектина для межчастичных взаимодействий повышается в 1,5 раза.

На рис. 2 представлены данные, иллюстрирующие изменение сорбционных свойств образцов модифицированных льноволокнистых материалов. Предлагаемый вариант подготовки сырья позволяет повысить белковосвязывающую способность в 2 раза относительно исходного волокна при увеличении способности к связыванию и выведению токсинов из организма животного в 1,7 раза.

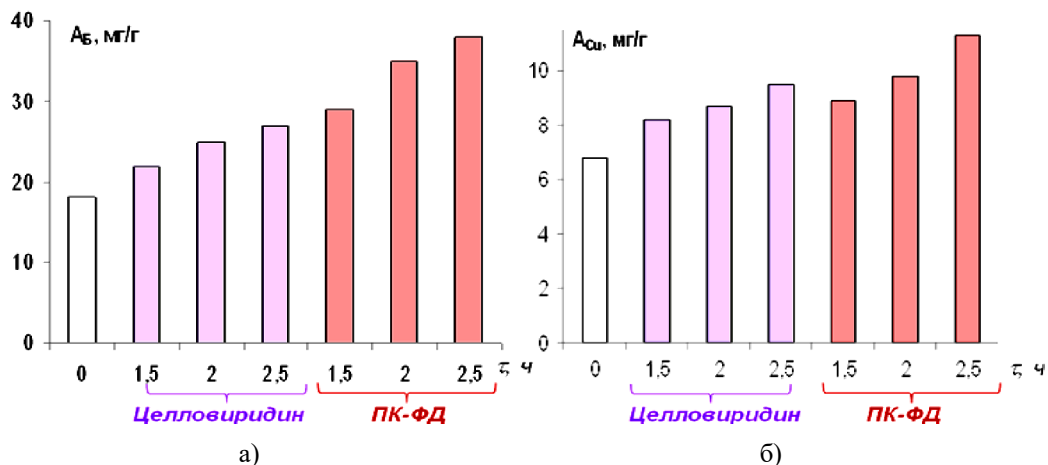


Рис. 2. Влияние условий модификации волокна на изменение сорбции белка (а) и ионов меди (б)

Математическая обработка данных рис. 1 и 2 позволяет с высокой степенью аппроксимации описать закономерности в изменении сорбционной емкости субстратов зависимостями, отражающими вклад механизмов физической и химической адсорбции в совокупный результат поглощения модельных веществ:

$$A_B = 0,0805 + 4,1816 \cdot G_{пв} + 122,07 \cdot V_{п}, R = 0,9877;$$

$$A_{Cu} = -0,0211 + 3,1169 \cdot G_{пв} + 3,1069 \cdot V_{п}, R = 0,9852.$$

Анализ приреченных множителей демонстрирует, что в обоих уравнениях вклад «пектинового компонента» имеет одинаковый порядок, в то время как весомость структурного фактора различается более чем в 40 раз. Очевидно, смена маркера чувствительно откликается на содержание поровых пространств, доступных для внедрения сорбируемого вещества.

Данные рис. 3 характеризуют отличия влияния биопрепаратов в развитии поровой системы волокнистого материала. Действие Целловиридина обеспечивает возрастание внутренней поверхности в 1,5...2,5 раза преимущественно за счет развития мезопоровых пространств в зоне межклеточных связующих веществ льняных комплексов. Оптимизация состава ферментов в препарате ПК-ФД позволяет не только увеличить прирост удельной поверхности мезопор до 5 раз, но и обеспечить эффективное вскрытие межфибриллярной структуры элементарных волокон, что отражается в 9-кратном повышении показателя $S_{уд}(субм)$.

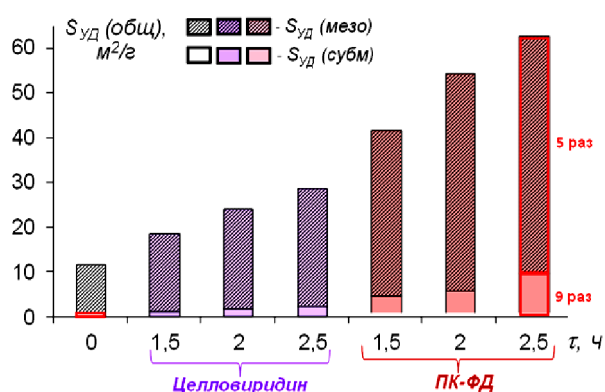


Рис. 3. Развитие поровой структуры волокна при модификации сравнимаемыми биопрепаратами

Получены математические модели сорбции анализируемых веществ, отражающих непосредственное влияние структурных элементов поровой системы, которые обеспечивают связывание по механизму физической адсорбции:

$$A_B = 0,0936 + 6,6504 \cdot G_{ПВ} + 0,2928 \cdot S_{уд}(мезо), R = 0,9944;$$

$$A_{Cu} = -0,0724 + 3,027 \cdot G_{ПВ} + 0,1578 \cdot S_{уд}(субм), R = 0,9951.$$

Анализ полученных зависимостей позволяет сопоставить вклад химического и физического факторов в адсорбционные характеристики сравниваемых лубоволокнистых материалов. Результаты анализа представлены в таблице.

Таблица. Изменение вклада механизмов физической и химической адсорбции в величине сорбционной емкости модифицированных субстратов

Исследуемый образец	Время обработки, ч	Вклад в величину A_B (мг/г) параметров		Вклад в величину A_{Cu} (мг/г) параметров	
		$G_{ПВ}$	$S_{уд}(мезо)$	$G_{ПВ}$	$S_{уд}(субм)$
до модификации	0	14,8	3,2	6,6	0,2
модификация целловиридином	1,5	17,1	5,1	7,8	0,4
	2,0	18,7	6,5	8,5	0,5
	2,5	19,3	7,7	8,8	0,7
модификация препаратом ПК-ФД	1,5	18,2	11,2	8,3	0,6
	2,0	20,3	14,7	9,0	0,8
	2,5	21,7	16,1	9,9	1,4

Определяющим фактором в проявлении сорбционных свойств модифицированными льноматериалами является его хемосорбционная способность. Обработка препаратом ПК-ФД позволяет повысить ее вклад в сорбцию белка в 1,5 раза. При этом 5-кратное увеличение возможности связывания маркера в мезопоровых пространствах обеспечивает возрастание долевого вклада физической адсорбции до 43 % в общем результате белковосвязывающей способности фитодобавки. Ценным результатом является развитие субмикроскопической части поровых пространств материала в части увеличения вклада механизмов физической адсорбции малоразмерных токсикантов для выведения их из организма животного.

Дополнительное развитие поровой системы льноволокна достигается при использовании прорывных методов биомодификации, обеспечивающих аморфизацию лигнина в одревеснелых срединных пластинках между элементарными волокнами [9–12]. Роль полимерных компонентов в изменении параметров удельной поверхности отражает математическая модель, которая учитывает деполимеризацию целлюлозы, перевод гемицеллюлоз и пектина в структурно высвобожденное состояние и долю аморфизованного лигнина от общего его содержания в волокне:

$$S_{уд} = 0,009 + 0,395 \frac{C}{\eta} + 0,097G_{ц} + 1,23G_{ц_{CB}} - 0,02П + 0,89П_{CB} - 0,27Л + 1,89Л_A, R = 0,992$$

Структурная модификация лигнина позволяет обеспечить дополнительное увеличение показателя $S_{уд}$ в 1,2...1,4 раза к уровню результатов рис. 3.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алеева С.В., Лепилова О.В., Кокшаров С.А. Технологические подходы к биомодификации структуры льняного волокна для получения сорбционных материалов // Изв. вузов. Технология текст. пром-сти, 2017. № 1. С. 319–324.
2. Алеева С.В., Чистякова Г.В., Лепилова О.В., Кокшаров С.А. Влияние состояния карбоксильных групп пектина на сорбционное связывание ионов меди // Журнал физ. химии, 2018, Т. 92. № 8. С. 1308–1315.
3. Лепилова О.В., Кокшаров С.А., Алеева С.В. Роль пектиновых веществ в структурной организации гибридного сорбента льноволокно–монтмориллонит // Журнал прикл. химии, 2018. Т. 91. № 1. С. 68–73.
4. Алеева С.В., Лепилова О.В., Курзанова П.Ю., Кокшаров С.А. Специфика изменения сорбционной способности льноволокна при регулируемой биокатализируемой деструкции нейтральных полиуглеводов // Изв. вузов. Химия и хим. технология, 2018. Т. 61. № 2. С. 80–85.
5. Свиридонова М.Г., Свиридонов Г.М. Растение и здоровье: лечебные и пищевые свойства. М.: Профиздат, 1992. 272 с.
6. Минаева В. Лекарственные растения Сибири / 5-е изд., перераб. и доп.- Новосибирск: Наука. Сибирское отделение, 1991. 431 с.
7. Задорожный А., Кошкин А., Соколов С. и др. Справочник по лекарственным растениям // 2-е изд. – М.: Экология, 1992. 415 с.
8. Лепилова О.В., Кокшаров С.А. Оценка степени извлечения и свойств пектина лопуха *Arctium lappa L.* при экстрагировании цитратом аммония // Химия растительного сырья, 2015. № 2. С. 249–251.
9. Лепилова О.В., Алеева С.В., Кокшаров С.А. Влияние продуктов ферментативной деструкции углеводных примесей льняного волокна на разрушение лигнина // Изв. вузов. Химия и хим. технология, 2007. Т. 50, № 7. С. 71–74.
10. Lepilova O.V., Aleeva S.V., Koksharov S.A. Comparison of the reducing power of aldose solutions // Russ. J. Organic Chem. 2012. V. 48. N 1. P. 83–88.

11. Лепилова О.В., Алеева С.В., Кокшаров С.А. Анализ химических превращений лигнина в щелочных растворах моносахаридов // Химия растительного сырья, 2013. № 1. С. 47–52.
12. Lepilova O.V., Spigno G., Aleeva S.V., Koksharov S.A. Study of the ability of reducing saccharides to chemically transform lignin // Eurasian Chemico-Technological Journal, 2017. V. 19. N 1. P. 31–40.

УДК 677.027:677.047.6

**ИССЛЕДОВАНИЕ АГРЕГАТИВНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ КОМПАУНДОВ
ПРИРОДНЫХ И СИНТЕТИЧЕСКИХ ПИРЕТРОИДОВ
ДЛЯ РЕПЕЛЛЕНТНОЙ ОТДЕЛКИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**THE STUDY OF THE AGGREGATIVE STABILITY OF MIXTURES
OF NATURAL AND SYNTHETIC PYRETHROIDS REPELLENTS
FOR TEXTILE FINISHING**

Липина А.А., Есина О.А., Одинцова О.И.

Ивановский государственный химико-технологический университет,
153000, Россия, г. Иваново, пр. Шереметевский, д. 7

Lipina A.A., Esina O.A., Odintsova O.I.

Ivanovo State University of Chemistry and Technology,
7, Sheremetievskiy Avenue, Ivanovo, 153000

E-mail: prohorova.a94@yandex.ru

Методом нефелометрии исследована интенсивность светорассеяния ряда эфирных масел с альфа-циперметрином. Выбраны наиболее сочетаемые с синтетическим пиретроидом эфирные масла. С использованием биodeградируемого полимера определены оптимальные мольные соотношения компонентов, необходимые для получения устойчивой препаративной формы эмульсии, содержащей акарицидно-репеллентные вещества.

Ключевые слова: акарицидно-репеллентные вещества, синтетические полиэлектролиты, акарицидная отделка, целлюлозные текстильные материалы, микрокапсулирование.

The intensity of light scattering of an essential oils with alpha-cypermethrin by nephelometry method was investigated. Essential oils which are most compatible with synthetic peritroid were selected. With the use of biodegradable polymer, the optimal molar ratios of the components, which are necessary to obtain a stable preparative form of the emulsion containing acaricide-repellent substances, were determined.

Key words: acaricide-repellent substance, synthetic polyelectrolyte, acaricidal finishing, cellulosic textile materials, microencapsulations.

В современной текстильной промышленности новые методы поверхностной обработки тканей позволяют улучшить функциональность материалов и повысить долговечность покрытия по сравнению с традиционными способами отделки. Они включают в себя иммобилизацию функциональных веществ, технологию «Layer-By-Layer», нано-

покрытия, использование плазмы для осаждения функциональных молекул, но особый интерес в настоящее время вызывает метод микрокапсулирования. Данный экономически эффективный способ можно использовать для нанесения различных функциональных агентов на ткань, для достижения более высокой эффективности функциональных веществ, например, для продления срока службы ароматов, увеличения времени защитного эффекта антимикробной и репеллентной отделки текстильных материалов [1, 2]. Перспективным является использование метода микрокапсулирования для инкорпорирования акарицидно-репеллентных веществ (АРВ) в структуру текстильного материала, с целью получения пролонгированного эффекта для защиты от насекомых [3]. Значимым свойством микроэмульсий является их агрегативная устойчивость, которую можно оценить по измерению мутности системы.

Дисперсность систем, состоящих из наночастиц, обуславливает их оптическую неоднородность (анизотропию) и изменение интенсивности оптических явлений с ростом или уменьшением размеров частиц дисперсной фазы. Поэтому оптические методы исследований являются наиболее приемлемыми для анализа разнообразных дисперсных систем. Для анализа суспензий, эмульсий, различных взвесей и других мутных сред наиболее эффективным является применение нефелометрического метода, в основе которого лежит непосредственное измерение интенсивности рассеянного дисперсной системой света.

Задача исследования эмульсий сводилась к определению устойчивости во времени композиций, содержащих в своем составе микрокапсулы с включенными исследуемыми эфирными маслами (пихта, сосна, мята, эвкалипт, чайное дерево, розмарин) и растворенным в них альфациперметрином (АЦП), а также катионными и анионными полиэлектролитами. Содержание АЦП в маслах постепенно увеличивали, соблюдая мольное соотношение компонентов.

Далее полученные эмульсии оценивали на устойчивость, измеряя значение мутности. Данные приведены на рис. 1–2.

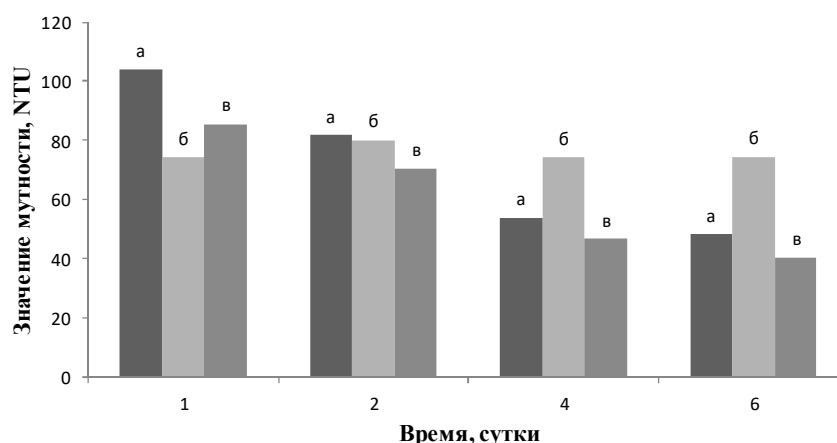


Рис. 1. Зависимость значения мутности от времени жизни эмульсий, содержащих в своем составе эфирные масла: а – пихты, б – сосны, в – эвкалипта

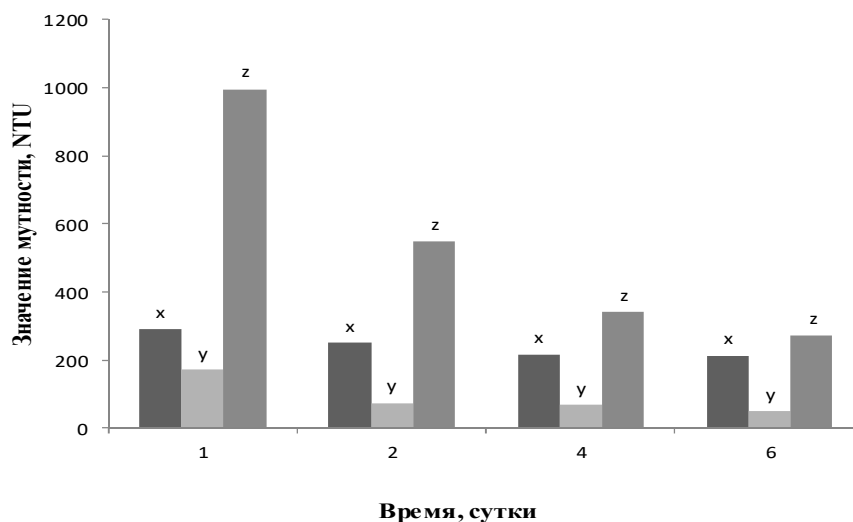


Рис. 2. Зависимость значения мутности от времени жизни эмульсий, содержащих в своем составе эфирные масла: x – мяты, y – чайного дерева, z – розмарина
 *NTU – универсальная единица измерения мутности, используемая агентством защиты окружающей среды США и Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ),
 англ. NTU (Nephelometric Turbidity Unit)

Из полученных данных можно сделать вывод, что, в рассматриваемом случае, резкое снижение полученных значений мутности характеризует низкую агрегативную устойчивость эмульсий. В системе происходит постепенная самоорганизация нанокapsул в хаотичные пространственные структуры, что можно объяснить недостаточно точным подбором соотношений катионного и анионного полиэлектролита в сочетании с конкретным масляным растворителем (эмульсии, содержащие в своем составе эфирные масла пихты, эвкалипта, чайного дерева, розмарина). Однако, снижение устойчивости остальных масел (сосны, мяты) незначительно, и происходит равномерно и постепенно с течением нескольких суток. Наиболее устойчивой оказалась эмульсия, содержащая в своем составе эфирное масло сосны. Поскольку, одним из предъявляемых технологических параметров к текстильным вспомогательным веществам при непосредственной пропитке на производстве является устойчивость в течение суток, то полученные данные подтверждают пригодность данных препаративных форм эмульсий для пропитки текстильных материалов на стадии заключительной отделки.

Проведенные исследования позволяют рекомендовать использование комбинированного синтетического перитроида альфациперметрина и эфирных масел для создания стойкого репеллентного компаунда на основе микрокапсул.

ЛИТЕРАТУРА

1. Gomes A.P. Layer-by-layer deposition of antibacterial polyelectrolytes on cotton fibres / A.P. Gomes, J.F. Mano, J.A. Queiroz, I.C. Gouveia // *J. Polym Environ.* – 2012. – Vol. 20, № 4. – P. 1084–1094.
2. Golja B. Fragrant finishing of cotton with microcapsules: comparison between printing and impregnation / B. Golja, B. Sumiga, P.F. Tavcer // *Coloration Technology. Society of Dyers and Colourists.* – 2013. – Vol. 129, № 5. – P. 338–346.
3. Одинцова О.И. Использование метода микроэмульсионного капсулирования для придания текстильным материалам акарицидных свойств / О.И. Одинцова, А.А. Прохорова, Е.Л. Владимирцева, Л.С. Петрова // *Известия высших учебных заведений. Технология Текстильной промышленности.* – 2017. – № 1. – С. 332–336.

**ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ МОНИТОРИНГ КАЧЕСТВА
ПОЛИМЕРНО-ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**MANUFACTURING MONITORING QUALITY
OF POLYMER-FIBER MATERIALS**

*Лысова М.А. *, Грузинцева Н.А. **, Гусев Б.Н. ***

*Ивановский государственный химико-технологический университет,
153000, Россия, г. Иваново, пр. Шереметевский, д. 7

**Ивановский государственный политехнический университет,
153000, Россия, г. Иваново, пр. Шереметевский, д.21

*Lysova M.A. *, Gruzintsev N.A. **, Gusev B.N. ***

*Ivanovo State University of Chemistry and Technology,
7, Sheremetievskiy Avenue, 153000, Ivanovo, Russia

**Ivanovo State Polytechnic University,
21, Sheremetievskiy Avenue, 153000, Ivanovo, Russia

E-mail: Lysova7@yandex.ru

Предложен способ мониторинга характеристик неравномерности поверхностной плотности полимерно-волокнистого материала.

Ключевые слова: химико-технологические процессы; полимерно-волокнистые материалы; качество.

A method is proposed for monitoring the characteristics of the non-uniformity of the surface density of a polymer-fibrous material.

Keywords: chemical and technological processes; polymeric fibrous materials; quality.

Огромный интерес к полимерно-волокнистым материалам обусловлен комплексом их свойств: высокая прочность и упругость, устойчивость к истиранию, низкое водопоглощение, устойчивость к атмосферным воздействиям [1]. Спектр применения волокнистых материалов очень широк:

– для дома и интерьера (занавеси, портьеры, декоративный текстиль; мебельный текстиль; напольные покрытия);

– технический текстиль (материалы для тепло- и массообменных процессов – это фильтрующие, брызгоулавливающие, диафрагменные, сепарирующие и т.п. материалы; геотекстиль (грунтоукрепляющие материалы, геотекстильные материалы для дорожного строительства; укрывочные и упаковочные материалы и изделия);

– защитный и специальный текстиль (термостойкие материалы, материалы для химической, биологической, радиационной защиты);

– волокнистые материалы медицинского и гигиенического назначения.

В процессе производства всех многообразных видов полимерно-волокнистых материалов требуется непрерывный мониторинг их качества. Рассмотрим это на примере оценки качества характеристик структурной неравномерности по показателю качества «Поверхностная плотность» полимерно-волокнистых материалов, применяемых в вышеперечисленных областях. Объектом исследования служил нетканый волокнистый

материал из полиэфирных волокон марки «Геоманит», производимый ООО «Нимпром-текс» (Курская обл., г. Железногорск).

Алгоритм мониторинга указанной выше характеристики состоял из следующих операций:

- получение цифрового изображения пробы;
- бинаризация изображения по уровню яркости и контрастности в двух уровнях монохромического изображения;
- определение характеристик радиальной и секториальной неровноты пробы.

Первоначально спроектируем параметрические характеристики неравномерности по показателю «Поверхностная плотность» (см. табл. 1).

Таблица 1.– Характеристики неравномерности поверхностной плотности

Наименование показателя, единица измерения	Условия реализации
<i>Показатели секториальной неравномерности</i>	
площадь светлых участков i -го сектора ($i = 1, \dots, n, n = 8$), мм ²	$(S_C)_i$
площадь темных участков i -го сектора ($i = 1, \dots, n, n = 8$), мм ²	$(S_T)_i$
средняя секториальная площадь светлых участков, мм ²	$(\overline{S_C})_c$
средняя секториальная площадь темных участков, мм ²	$(\overline{S_T})_c$
среднее квадратическое отклонение секториальной площади светлых участков, мм ²	$\sigma_{S_C} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [(S_C)_i - (\overline{S_C})_c]^2}{n-1}}$
среднее квадратическое отклонение секториальной площади темных участков, мм ²	$\sigma_{S_T} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [(S_T)_i - (\overline{S_T})_c]^2}{n-1}}$
коэффициент вариации секториальной площади светлых участков, %	$C_{S_C} = \left[\frac{\sigma_{S_C}}{(\overline{S_C})_c} \right] \cdot 100$
коэффициент вариации секториальной площади темных участков, %	$C_{S_T} = \left[\frac{\sigma_{S_T}}{(\overline{S_T})_c} \right] \cdot 100$
<i>Показатели радиальной неравномерности</i>	
площадь светлых участков j -го радиального сегмента ($j = 1, \dots, m, m = 8$), мм ²	$(S_C)_j$
площадь темных участков j -го радиального сегмента ($j = 1, \dots, m, m = 8$), мм ²	$(S_T)_j$
средняя радиальной площадь светлых участков, мм ²	$(\overline{S_C})_p$
средняя радиальной площадь темных участков, мм ²	$(\overline{S_T})_p$
среднее квадратическое отклонение радиальной площади светлых участков, мм ²	$\sigma_{S_C} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [(S_C)_i - (\overline{S_C})_p]^2}{n-1}}$
среднее квадратическое отклонение радиальной площади темных участков, мм ²	$\sigma_{S_T} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [(S_T)_i - (\overline{S_T})_p]^2}{n-1}}$
коэффициент вариации радиальной площади светлых участков, %	$C_{S_C} = \left[\frac{\sigma_{S_C}}{(\overline{S_C})_p} \right] \cdot 100$
коэффициент вариации радиальной площади темных участков, %	$C_{S_T} = \left[\frac{\sigma_{S_T}}{(\overline{S_T})_p} \right] \cdot 100$
<i>Показатели общей неравномерности</i>	
доля площади светлых участков, %	$\Delta S_C = (S_C/S) \cdot 100$
доля площади темных участков, %	$\Delta S_T = (S_T/S) \cdot 100$
общая площадь	$\Delta S_T + \Delta S_C = 1$

Для реализации операции бинаризации цифрового изображения пробы была разработана компьютерная программа в оболочке Matlab [2], реализация которой на основе фактических изображений пробы волокнистого материала представлена на рис. 1.

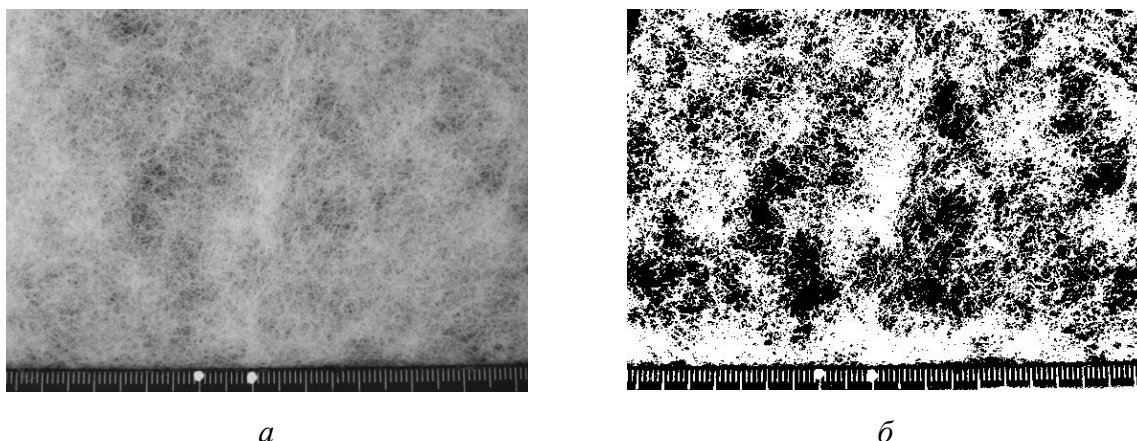


Рис. 1. Исходное (а) и бинаризованное (б) изображение пробы материала

На следующем этапе была разработана компьютерная программа [3] по автоматическому определению показателей неравномерности поверхностной плотности волокнистого материала, которые приведены в табл. 2. Первоначально в данную программу загружается бинаризованное цифровое изображение пробы (рис. 1б). В дальнейшем устанавливаются размеры анализируемого участка пробы по длине и ширине с учетом выбранного масштаба. На следующем этапе на экран монитора выводятся изображения пробы для оценки соответственно по секториальному, радиальному и общему анализу исследуемого показателя качества (рис. 2).

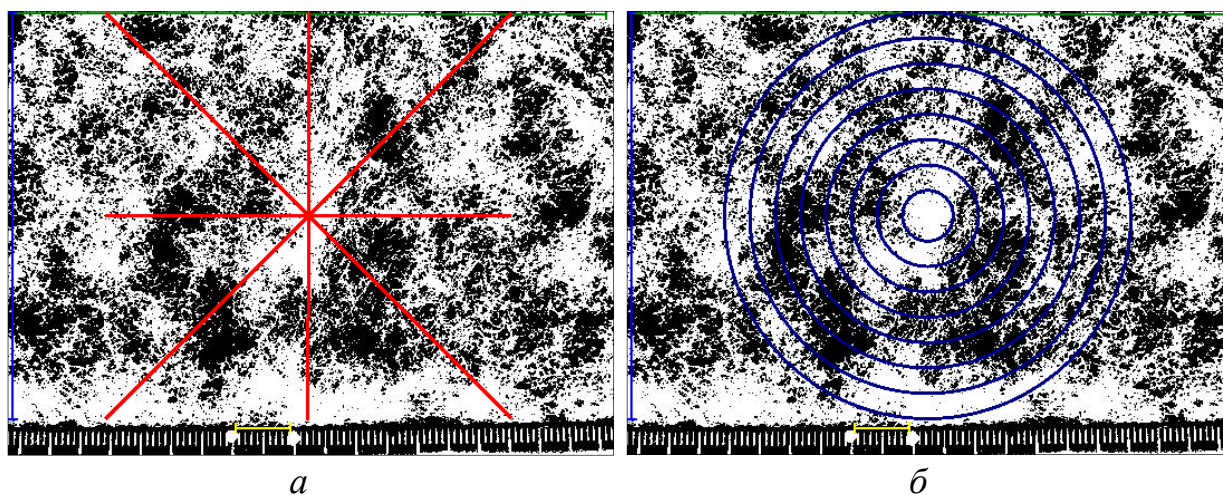


Рис. 2. Бинаризованное изображение образца при определении секториальной (а) и радиальной (б) неравномерности поверхностной плотности материала

После проведения данной операции последовательно формируются протоколы по секториальной, радиальной и общей неровноте (табл. 2).

Таблица 2. Значения характеристик секториальной, радиальной и общей неравномерности поверхностной плотности материала

Кодированное обозначение характеристик	Единица измерения	Значения испытываемых образцов			
		№1	№2	№3	Среднее
<i>Секториальная неравномерность</i>					
$(\bar{S}_C)_c$	мм ²	396,91	317,48	362,26	350,85
$(\bar{S}_T)_c$	мм ²	294,49	210,65	245,91	247,29
σ_{S_C}	мм ²	917,12	776,15	716,03	769,92
σ_{S_T}	мм ²	864,20	805,20	711,62	775,35
C_{S_C}	%	9,62	7,80	6,76	7,92
C_{S_T}	%	12,22	12,19	10,06	11,36
<i>Радиальная неравномерность</i>					
$(\bar{S}_C)_p$	мм ²	298,96	243,80	278,93	269,41
$(\bar{S}_T)_p$	мм ²	242,28	170,76	195,45	199,02
σ_{S_C}	мм ²	270,33	30,71	234,48	134,43
σ_{S_T}	мм ²	272,8	64,62	233,27	141,13
C_{S_C}	%	27,74	3,20	21,63	13,50
C_{S_T}	%	41,95	5,21	35,84	20,72
<i>Общая неравномерность</i>					
S	мм ²	5531,22	4225,00	4833,37	4778,74
S_C	мм ²	3175,31	2539,83	2898,09	2806,84
S_T	мм ²	2355,91	1685,17	1935,28	1971,91
ΔS_C	%	57,41	60,11	59,96	58,81
ΔS_T	%	42,59	39,89	40,04	41,19

Анализ данных, приведенных в табл. 2, позволяет осуществить мониторинг характеристик неравномерности полотна по следующей схеме:

– оценивается общая неравномерность, а именно площади светлых ΔS_C и темных ΔS_T участков пробы, где высокому качеству волокнистого материала соответствует $\Delta S_C \Rightarrow (\Delta S_C)_{max} = 100\%$. Данное условие является труднодостижимым. Поэтому по шкале порядка нормируется данная характеристика в следующем варианте: хорошее качество от 71 до 100 % (первый уровень); удовлетворительное качество от 41 до 70 % (второй уровень); плохое качество до 40 % (третий уровень); анализируется секториальная неравномерность, а именно значения коэффициента вариации C_{S_C} . Данный показатель имеет негативную направленность, т.е. наилучшим вариантом является условие $C_{S_C} \Rightarrow (C_{S_C})_{min} = 0\%$. Данное условие является труднодостижимым. Поэтому по шкале порядка нормируется данная характеристика в варианте: низкая секториальная неравномерность от 0 до 5 % (первый уровень); средняя секториальная неравномерность от 6 до 10 % (второй уровень); высокая секториальная неравномерность от 10 % и выше (третий уровень);

– изучается радиальная неравномерность, а именно значения коэффициента вариации C_{S_p} . Данный показатель также имеет негативную направленность, т.е. наи-

лучшим вариантом является условие $C_{S_p} \Rightarrow (C_{S_p})_{min} = 0 \%$. Данное условие является труднодостижимым. Поэтому, аналогично, как и в предыдущем случае по шкале порядка нормируется данная характеристика в варианте: низкая радиальная неравномерность от 0 до 5 % (первый уровень); средняя радиальная неравномерность от 6 до 10 % (второй уровень); высокая радиальная неравномерность от 10 % и выше (третий уровень);

– оформляется итоговый протокол мониторинга качества искомого технологического процесса в варианте, представленном в табл. 3.

Разработан способ мониторинга качества по показателю «поверхностная плотность» полимерно-волокнутого материала, включающий операции получения цифрового изображения пробы, его бинаризации и получении результата об изменении структурных характеристик.

Таблица 3. Протокол мониторинга показателей поверхностной плотности полимерно-волокнутого материала

Наименование характеристики, ед. измерения	Обозначение	Среднее значение	Уровень неравномерности по шкале порядка			Оценка состояния технологического процесса и решения по его нормализации
			1	2	3	
Поверхностная плотность, г/м ²	P_S	67,30				Соответствует требованиям
Доля светлых участков, %	ΔS_C	58,81		X		Допустимый уровень
Коэффициент вариации светлых участков секториальной неравномерности, %	C_{S_C}	7,92		X		Допустимый уровень
Коэффициент вариации светлых участков радиальной неравномерности, %	C_{S_C}	13,50			X	Требуется настройка узлов чесания

ЛИТЕРАТУРА

1. Гусев Б.Н. Материаловедение: традиции, достижения, перспективы / Б.Н. Гусев, А.Ю. Матрохин // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2018. – № 4. С. 31–36.
2. Коробов Н.А. Компьютерная программа бинаризации цифровых изображений проб геотекстильных материалов / Н.А. Коробов, С.В. Павлов, Н.А. Грузинцева, Б.Н. Гусев // Свидетельство о регистрации электронного ресурса № 21692 в Объединенном фонде электронных ресурсов «Наука и образование». Оpubл. 10.03.2016.
3. Павлов С.В. Компьютерная программа для измерения структурных характеристик геотекстильных материалов / С.В. Павлов, Н.А. Грузинцева, Б.Н. Гусев // Свидетельство о регистрации электронного ресурса № 21693 в Объединенном фонде электронных ресурсов «Наука и образование». Оpubл. 10.03.2016.

**ТЕКСТИЛЬНАЯ ПИГМЕНТНАЯ ПЕЧАТЬ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ЭКО-СВЯЗУЮЩИХ**

**TEXTILE PIGMENT PRINTING WHEN USING DOMESTIC
ECOLOGICALLY SAFE POLYMER BINDERS**

Манюли О.А., Козлова О.В.

Ивановский государственный химико-технологический университет,
153000, Россия, г. Иваново, пр. Шереметевский, д. 7

Manoli O.A., Kozlova O.V.

Ivanovo State University of Chemistry and Technology,
7, Sheremetievskiy Avenue, Ivanovo, 153000

E-mail: ovk-56@mail.ru

Обоснована эффективность применения отечественных полимерных связующих нового поколения в пигментной печати, в том числе освобожденных от оксиэтилированных алкилфенолов (APEO-free).

Ключевые слова: пигментная печать, полимерные связующие, оксиэтилированные алкилфенолы.

A substantiation of the effectiveness of the use of domestic polymer binders of a new generation in pigment printing, including those that do not contain ethoxylated alkylphenols (APEO-free), has been carried out.

Keywords: pigment printing, polymer binders, ethoxylated alkylphenols.

Традиционно для печати пигментами по текстильным материалам используют композиции, включающие полимерное связующее, загуститель и вспомогательные препараты, которые отвечают за эффективность процесса нанесения пигментной композиции и осуществления условий закрепления пигментов на текстильном материале [1,2].

В течение последних лет в сфере производства и потребления текстильной продукции в экономически развитых странах наблюдается активное выдвижение требований на государственном и межгосударственном уровнях по защите окружающей среды и здоровья человека. В частности, ограничение использования опасных веществ, в том числе алкилфенолэтоксилатов в качестве смачивающих добавок и использования растворителей, классифицируемых как летучие органические соединения.

Цель работы заключается в обосновании эффективности применения отечественных полимерных связующих нового поколения, в том числе новых, освобожденных от алкилфенолэтоксилатов (APEO-free), в пигментной печати; в выявлении закономерностей фиксации пигментов на текстильных материалах в присутствии новых полимеров отечественного производства; оценке влияния сшивающих добавок на качественные показатели печати по тканям различного волокнистого состава.

Оценена эффективность применения нового отечественного эко-связующего фирмы ООО «Империон» – ЭМ-37э; выявлены закономерности фиксации пигментов на текстильных материалах в присутствии нового полимера и сшивающих препаратов различных фирм.

На примере имперона голубого РВ получены спектральные характеристики поглощения, снятые с окрасок при использовании различных сшивающих препаратов (глиоксаля, глицедилового эфира, метилакрилата и сшивающего агента N). Результаты экспериментов свидетельствуют о том, что во всех случаях интенсивности получаемых окрасок ниже, чем при использовании композиций без сшивающих препаратов. Однако в их присутствии значительно (на 0,5–1,5 балла) улучшаются прочности окрасок к трению, особенно мокрому. Показатели, характеризующие мягкость грифа хорошие. Наименьшее снижение интенсивности окрасок наблюдается при использовании глицедилового эфира.

В таблице 1 приведены основные колористические и прочностные показатели окрасок, полученные при использовании в печатных композициях сшивающих агентов. Как можно видеть при практически неизменном цветовом тоне (HUE) повышается устойчивость окрасок к трению.

Таблица 1. Влияние добавок фиксатора на колористические показатели окрасок импероном красным KB на хлопколавсановой ткани 50/50 %*

№	Наименование связующего и фиксатора	Наличие фиксатора, г/кг	Координаты цвета			HUE (тон)	Satur. (насыщ.)	Прочность к трению, балл
			R	G	B			
1	Ларус-21из Глиоксаль	–	177	66	77	236	167	3
		+	163	50	49	236	170	4
2	Ларус-21из Глицедил. эфир	–	186	93	73	235	165 163	3
		+	192	78	64	235		4–5
3	Ларус-21из Фиксатор N	–	184	83	74	235	164	3
		+	183	75	66	235	162	4
4	Ларус-21из Фиксатор МА	–	180	80	75	236	160	3
		+	181	70	58	235	162	4

* Концентрация связующего – 60 г/кг, фиксатора – 10 г/кг, пигмент.

По цветовым характеристикам отмечена высокая чистота получаемых окрасок и незначительные изменения цветового тона (в пределах минимальных различий в цвете – ΔE не превышает 1,5–2 ед. Lab), что подтверждает хорошую совместимость нового связующего с другими компонентами печатного состава – фиксаторами и загустителями.

Полученные результаты могут быть использованы при выдаче рекомендаций для промышленного освоения технологии пигментной печати с использованием нового отечественного экологически безопасного связующего (APEO-free), а сам препарат ЭМ-37э может конкурировать с известными зарубежными аналогами, используемыми в пигментной печати по текстилю.

ЛИТЕРАТУРА

1. Меленчук Е.В. Использование дисперсий акриловых полимеров при печати тканей пигментами / Е.В. Меленчук, О.В. Козлова, А.А. Алешина // Изв. вузов. Химия и химическая технология. – 2011. – Т. 54. – № 1. – С. 13–20.
2. Козлова О.В. Использование полимеров-модификаторов при колорировании парарамидных тканей / О.В. Козлова, Е.В. Меленчук // Изв. вузов. Химия и химическая технология. – 2013. – Т. 56. – №. 8. – С. 90–92.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАСТВОРА
НА ОСНОВЕ КРЕМНИЙОРГАНИЧЕСКОГО СОЕДИНЕНИЯ
НА ПОВЕРХНОСТЬ ТЕКСТИЛЬНОГО МАТЕРИАЛА**

**RESEARCH OF EFFECTS OF SOLUTION ON THE BASIS
OF THE SILICON ORGANIC COMPOUND ON THE SURFACE
OF TEXTILE MATERIAL**

Махоткина Л.Ю., Лутфуллина Г.Г., Халилова А.А.

Казанский национальный исследовательский технологический университет
420015, Россия, Республика Татарстан, г. Казань, ул.К.Маркса, 68

Makhotkina L.Yu., Lutfullina G.G., Khalilova A.A.

Kazan National Research Technological University
420015, Russia, Republic of Tatarstan, Kazan, K. Marks St., 68

E-mail: adikovna777@yandex.ru

Наиболее широкое применение в текстильной и легкой промышленности нашли кремнийорганические соединения или силиконы, вследствие их универсальности и высокой эффективности. В качестве гидрофобизирующего агента использован раствор силана. Целью работы является изучение влияния силана на поверхность текстильных материалов. Для проведения исследования выбран материал бязь суровая.

Ключевые слова: текстильные материалы, кремнийорганические соединения, гидрофобизирующий агент, время впитывания капли, силан.

The most widely used in the textile, leather industries, as well as in many others, are organosilicon compounds or silicones, due to their versatility and high efficiency. A solution of silane grade A-1100 was used as a hydrophobic agent. The aim of the work is to study the effect of silane on the surface of textile materials. For the study, the material selected is a coarse calico from 100 % cotton.

Keywords: textile materials, organosilicon compounds, hydrophobic agent, droplet absorption time, silane.

В настоящее время в мире прослеживается высокий спрос на материалы текстильной и легкой промышленности, обладающие гидрофобными характеристиками, так как данные материалы применяются для изготовления специальной одежды и обуви, верхней одежды, палаток, тентов, а также других материалов технического и бытового назначения [1].

Одним из важных факторов при проектировании качественной рабочей одежды является правильный подбор пакета материалов, защищающий от воздействия различных вредных веществ и влаги. В последние годы особое внимание уделяют изучению гидрофобных поверхностей текстильных материалов.

Гидрофобные материалы обладают особенными многофункциональными качествами: водоотталкивающими свойствами, стойкостью к загрязнению, стойкостью к кислотам и щелочам.

Водоотталкивающее свойство материала зависит от значения поверхностной энергии и фактуры материала. Следовательно, для получения положительного результата, следует применять покрытия с более низкой энергией.

Для придания тканям необходимых кислотозащитных, водо-, масло-, грязезащитных свойств их нужно гидрофобизировать. Из-за частых стирок рабочей одежды пропитка должна обладать стойкостью к многократным стиркам. В последние годы, для разработки рабочей одежды от защиты кислот применяют материалы из смеси шерсти и синтетических волокон вследствие высокого показателя поверхности материала стойкости к щелочам [2]. Сорбируясь на ткани из волокон природного происхождения, пары кислот химически взаимодействуют с волокном и разрушают его. Этого не происходит на волокнах из синтетических полимерных веществ [3]. Однако, следует уделить внимание на влияние раствора на основе кремнийорганических соединений на гигиенические характеристики текстильных материалов, так как гигиенические свойства текстильных материалов напрямую влияют на поддержание комфортного пододежного микроклимата [4].

С целью придания материалам гидрофобных свойств различают четыре способа отделки тканей:

1. Покрытие материала сплошной водонепроницаемой пленкой. На поверхность материала наносят покрытие из органических смол и затем обрабатывают ее кремнийорганическим составом.

2. Покрытие ткани водоотталкивающей пленкой. На ткань наносят силоксаны, парафин, пиридиновые, циркониевые или фторсодержащие соединения, обладающие водоотталкивающими свойствами.

3. Набухающая отделка. Применяется при изготовлении брезента из хлопчатобумажной ткани. На ткань наносят специальные смолы, обладающие свойством набухания при попадании воды на поверхность материала.

4. Комбинированный метод. Использование всех трех способов отделки тканей.

Наибольшее практическое применение текстильно-вспомогательных веществ в качестве получения водоотталкивающих свойств, следует разделять на две группы:

1. К первой группе относят соединения, образующие эмульсии (эферы, сорбит, производные оксикарбоновых кислот, оксиэтилированные жирные кислоты, азотосодержащие соединения, производные алкилимидазолина). Гидрофобную эмульсию первой группы применяют методом замачивания, после чего на поверхности волокна образовывается полимолекулярный слой, повышающий гидрофобные показатели, вследствие получения высокой адгезии к волокну.

2. Ко второй группе относят соединения различной химической природы (металлокомплексные соединения, соединения солей алюминия с парафином или воском, соединения солей циркония с воском, комбинация хрома и жирных кислот, перфторированные соединения хрома и жирных кислот, жирные кислоты, поликарбоновые кислоты, эфиры фосфорной кислоты, производные алкиладипиновой кислоты, силиконаты, полиалкилгидросилоксаны, олидиметилсилоксаны, полидиметилсилоксановые каучуки [4].

Наиболее широкое применение в текстильной и легкой промышленности нашли кремнийорганические соединения или силиконы, вследствие их универсальности и высокой эффективности. Под действием воды метилхлорсиланы в результате конденсации превращаются в олигомерные продукты. Диметилдихлорсилан образует смесь олигомеров линейной и циклической структуры – олигодиметилсилоксаны. Линейный олигосилоксан с концевыми ОН-группами способен к реакции конденсации, а циклический – к полимеризации за счет размыкания циклов [5]. В обоих случаях на тканях образуются полимерные гидрофобные пленки. Метилтрихлорсилан превращается в нерастворимый полимер с трехмерной сетчатой структурой. Такой продукт, придающий тканям высокую гидрофобность даже в условиях сушки при комнатной температуре

превращается в сшитый полисилоксан. В смеси $(\text{CH}_3)_2\text{SiCl}_2$ и CH_3SiCl_3 последний является трифункциональным и действует как сшивающий агент. Силиконовые препараты обладают низким поверхностным натяжением и при гидрофобной обработке текстильных изделий сорбируются поверхностью волокон ткани, заполняя поры и капилляры. При отверждении полимера на поверхности волокна образуется полимолекулярный слой, обладающий высокой адгезией к волокну. Сорбция силикона может привести к образованию водородной связи между кислородом силоксановой группы и полярными группами поверхности волокна. Закрепление силикона на волокнах может происходить за счет химического взаимодействия функциональных групп волокна с реакционноспособными группами полимера. Гидрофобное действие силиконов связано с тем, что полярные группы SiO находятся у поверхности волокна, а в окружающую среду направлены углеводородные радикалы [6].

Кремнийорганические соединения можно применять для придания гидрофобности материалам в виде паров и растворов органических растворителей.

В проведенных исследованиях в качестве гидрофобизирующего агента использован раствор силана производства ООО «Корсил Трейд», г. Москва. Данный силан является аминофункциональным аппретом и обеспечивает прочных связей между неорганическими субстратами и органическими полимерами. Кремнийсодержащая часть молекулы обеспечивает прочное связывание с субстратом. Первичная аминогруппа взаимодействует с различными терморезистивными, термопластичными и эластомерными материалами.

Целью работы является изучение влияния водного раствора на основе силана на поверхность текстильного материала в качестве получения гидрофобного покрытия. Для проведения исследования выбран материал - бязь суровая из 100 % хлопка.

Пропитку образцов материалов проводили в водном растворе силана при разной концентрации с целью выявления оптимальных параметров. В химической посуде разогревали пропитку до $50\text{ }^\circ\text{C}$ в водяной бане, образцы опускали до полного погружения на 10 минут. Образцы выкладывали на фильтровальную бумагу и удаляли излишки раствора. Образцы высушивали в сушильном шкафу до полного высыхания. В таблице 1 представлены параметры получения покрывной пленки на поверхности текстильного материала.

Для оценки гидрофобных свойств поверхности текстильного материала использовался экспресс-метод, заключающийся в определении времени впитывания капли. Каплю воды наносили на поверхность обработанного текстильного материала и по секундомеру определяли время впитывания. Появление ореола вокруг капли считали за окончание испытания. Проведение испытаний более 30 мин считали нецелесообразным в связи с потерей массы капли из-за испарения [8]. Результаты полученных исследований представлены на рисунке 1,2.

На рисунке 1 представлена зависимость времени впитывания капли воды от температуры сушки обработанных образцов. Из графика видно, что выше температура сушки обработанных образцов, тем дольше время впитывания капли воды на поверхности текстильного материала. При сушке обработанных образцов выше $160\text{ }^\circ\text{C}$ результат времени впитывания капли воды на поверхности текстильного материала является константой. Таким образом, из данных зависимостей видно, при температуре сушки $160\text{ }^\circ\text{C}$ время впитывания капли воды на поверхности текстильного материала составляет 34 мин.

На рисунке 2 представлена зависимость времени впитывания капли воды от концентрации раствора силана. Оптимальной концентрацией раствора силана, на данном этапе исследований, составляет 5 г/дм^3 . При применении меньшей концентрации раствора силана время впитывания капли воды на опытных образцах уменьшается, а при повышении концентрации раствора силана результат времени впитывания капли воды составляет более 30 мин. Следовательно, увеличение концентрации раствора силана более 5 г/дм^3 нецелесообразно.

Таблица 1. Параметры нанесения раствора на поверхность текстильного материала

№	Концентрация, г/дм ³	Температура раствора для пропитки °С, ±2	Продолжительность пропитки, мин	Температура сушки °С, ±2
1	20	50	10	180
2	20	50	10	160
3	20	50	10	140
4	20	50	10	120
5	20	50	10	100
6	20	50	10	80
7	20	50	10	60
8	10	50	10	180
9	10	50	10	160
10	10	50	10	140
11	10	50	10	120
12	10	50	10	100
13	10	50	10	80
14	10	50	10	60
15	5	50	10	180
16	5	50	10	160
17	5	50	10	140
18	5	50	10	120
19	5	50	10	100
20	5	50	10	80
21	5	50	10	60

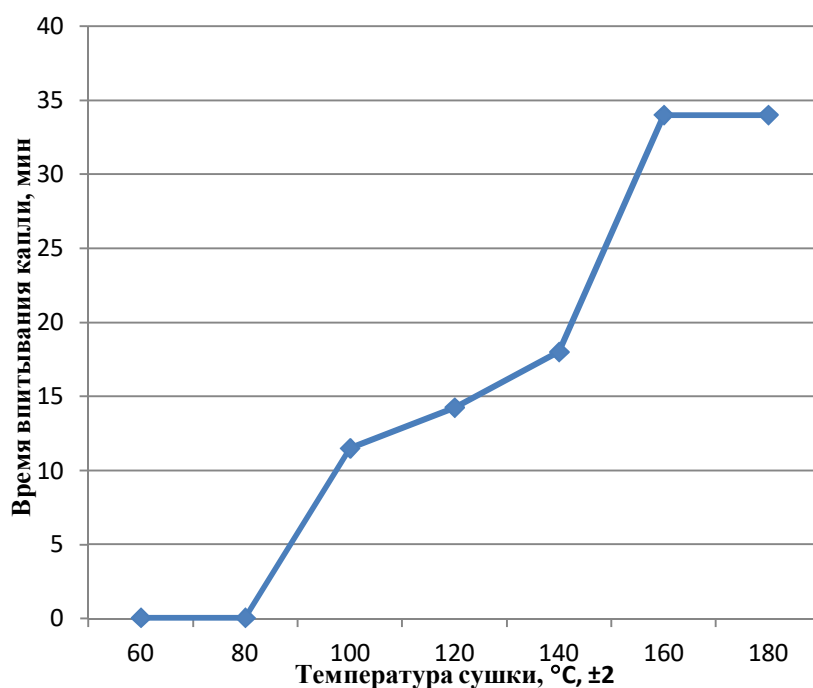


Рис. 1. Зависимость времени впитывания капли воды от температуры сушки обработанных образцов

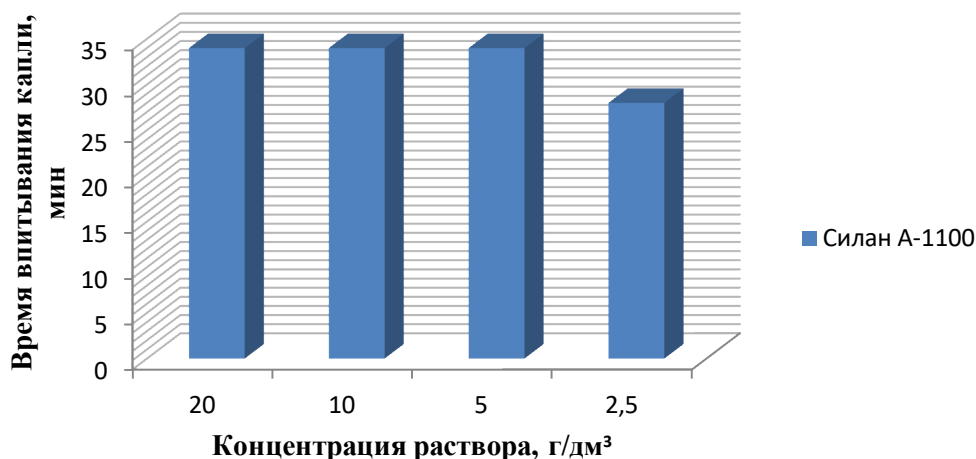


Рис. 2. Зависимость времени впитывания капли воды от концентрации раствора силана

Таким образом, изучено влияние водного раствора на основе силана на поверхность текстильных материалов. По проведенным исследованиям, выявлено, что обработка текстильных материалов водным раствором на основе силана при концентрации 5 г/дм³ и 160 °С сушки обработанных образцов способствовало к повышению гидрофобных свойств поверхности текстильных материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Николаенко Г.Р., Минлебаева М.Н. Обзор существующих гидрофобизирующих материалов, используемых в легкой промышленности / Вестник технологического университета. 2015. –Т.18. - №17. С. 165–168.
2. Махоткина Л.Ю., Хузина Л.М. Анализ материалов для одежды специального назначения, реализуемых на российском рынке // Вестник Технологического университета. 2016. – Т.19. №7. С. 89–93.
3. Данченко В.В., Сарибекова Д.Г., Салеба Л.В., Семешко О.Я. Применение катионоактивных препаратов для интенсификации процессов заключительной отделки целлюлозосодержащих текстильных материалов / Вестник херсонского национального технического университета. 2015. № 2 (53). С. 28–32.
4. Махоткина Л.Ю. Насыбулина А.А., Галялутдинова Р.М. Повышение гигиенических показателей в одежде специального назначения // Вестник Технологического университета. 2015. – Т.18. – №21. С. 86–87.
5. Интернет источник: <http://sci-article.ru/stat.php?i=1472816419>.
6. Тихонова Н.В., Леонова Е.В., Андреева А.А., Бондарева Н.А. Проектирование одежды для рыбаков из водо- и воздухонепроницаемых материалов // Вестник Технологического университета. – Казань, 2017, – Т. 20, № 4, С. 77–81.
7. Жихарев А.П. Влияние факторов окружающей среды на материалы легкой промышленности: монография / А.П. Жихарев, О.В. Фукина, И.Ш. Абдуллин, Махоткина Л.Ю. – Казань: КГТУ, 2011. – 236 с.
8. Кумеева Т.В. Сверхгидрофобизация полиэфирных текстильных материалов посредством модифицирования их поверхности политетрафторэтиленом: дис. канд. техн. наук / Т.В. Кумеева. – Иваново, 2010. – 137 с.

**ВЛИЯНИЕ ВОЛОКНИСТОГО СОСТАВА НА УСАДКУ ТКАНЕЙ
В ПРОЦЕССЕ ПЕРЕВОДНОЙ СУБЛИМАЦИОННОЙ ПЕЧАТИ**

**THE EFFECT OF COMPOSITION ON THE SHRINKAGE OF THE TISSUES
DURING THE PROCESS OF TRANSFER SUBLIMATION PRINTING**

Мезюхо Е.А., Азанова А.А.

Казанский национальный исследовательский технологический университет,
420015, Россия, г. Казань, ул. Карла Маркса, д.68

Mizuho E. A., Azanova A.A.

Kazan National Research Technological University,
68, Karl Marx street, Kazan, 420015

E-mail: azanovlar@mail.ru

В статье приводятся результаты экспериментальных исследований влияния состава на усадку пальтовых тканей в процессе переводной сублимационной печати. Рассчитанные парные коэффициенты регрессии показали, что с увеличением содержания полиэфирных волокон усадка материалов по ширине при переводной сублимационной печати уменьшается.

Ключевые слова: сублимационная печать, пальтовые ткани, усадка

The article presents the results of experimental studies of the effect of the composition on the shrinkage of coat fabrics in the process of transfer sublimation printing. The calculated pair regression coefficients showed that with the increase in the content of polyester fibers, the shrinkage of materials in width during the transfer sublimation printing decreases.

Keywords: sublimation printing, coat fabrics, shrinkage

Перспективным и быстроразвивающимся направлением колорирования текстильных материалов является переводная сублимационная печать. В процессе колорирования по данному методу сублимационный краситель при температуре 190–210 °С переносится с бумажной подложки на текстильный материал. Основным достоинством сублимационного метода является исключение очень трудоемкой и водоемкой операции промывки, используемой при обычном крашении тканей [1]. Благодаря экологичности процесса, возможности получать изображения любой сложности высокого качества и высокой устойчивости получаемых окрасок она считается одним из самых перспективных направлений в колорирования текстильных материалов. Это создает предпосылки для расширения ее области применения для материалов разного ассортимента, в том числе для костюмных и пальтовых тканей, как на текстильных фабриках (сплошной печати), но и швейного производства (локальной печати). Большой интерес представляет применение переводной сублимационной печати для колорирования пальтовых тканей в швейном производстве для создания авторских коллекций и расширения ассортимента.

Вместе с тем область применения переводной сублимационной печати ограничена. Это вызвано тем, что, во-первых, сублимационный перенос красителя возможен только на тканях с содержанием на поверхности не менее 50 % синтетических волокон, во-вторых, ограничениями по режимам тепловой обработки тканей, изменением внешнего вида тканей после прессования при наличии ворса и другими факторами. При проектировании пальтовых изделий, колорированных переводной сублимационной печатью, следует учитывать возможную усадку ткани после термообработки, в частности на ка-

ландре. Следует также учитывать высоту ворса ткани и его свойства: необходимо подбирать оптимальные технологические режимы термотрастфера, которые обеспечивали бы качественный перенос рисунка и в тоже время сохранение внешнего вида ткани [2].

Одним из решающих факторов для принятия решения о возможности колорирования тканей по данному методу является усадка материалов при тепловом воздействии и прессовании. В данной работе приведены результаты исследования усадки пальтовых тканей в процессе переводной сублимационной печати с целью выработки рекомендаций по применению данного метода к тканям пальтового ассортимента.

Объектами исследования являлись образцы пальтовых тканей тринадцати артикулов светлых тонов от светло-бежевого до светло-коричневого, с близкими значениями поверхностной плотности (250–350 г/м²), толщины, вида отделки и окраски, с содержанием в волокнистом составе не менее 55 % полиэфирных волокон или нитей (табл.). Термоперенос изображения осуществлялся на многофункциональном каландре Monti Antonio 853 при температуре 200°С. Усадку образцов по длине Y_d , по ширине $Y_{ш}$ и по площади Y_s определяли по методике, описанной в ОСТ 17-790-85 «Материалы текстильные. Метод определения изменения линейных размеров после влажно-тепловой обработки» по формулам:

$$Y_d = 100 \times (L_{д1} - L_{д2}) / L_{д1} \quad (1)$$

$$Y_{ш} = 100 \times (L_{ш1} - L_{ш2}) / L_{ш1} \quad (2)$$

$$Y_s = 100 \times (L_{д1} \times L_{ш1} - L_{д2} \times L_{ш2}) / (L_{д1} \times L_{ш1}) \quad (3)$$

где L_1 и L_2 – линейные размеры пробы по длине и ширине до и после прессования, мм

Полученные результаты зависимости усадки от волокнистого состава образцов приведены в табл.

Таблица. Характеристики образцов пальтовых тканей

№ образца	Артикул	Страна	Состав, %	Усадка, %		
				Y_d	$Y_{ш}$	Y_s
1.	ПТ202	Китай	полиэфир-100	2,4	4,7	7,0
2.	ТР20Д2	Китай	полиэфир -90, шерсть-10	1,7	3,9	5,5
3.	ТО2Д2Р20	Китай	полиэфир-90, шерсть-10	2,1	3,0	5,1
4.	ТН02ДР02 АБ36703	Китай	полиэфир-95, шерсть-3, эластан-2	1,5	0,8	2,3
5.	ПСТ37	Китай	полиэфир-80, шерсть-20	2,1	2,6	4,6
6.	3.3.16.79	Китай	полиэфир-80, шерсть-20	3,8	4,2	7,9
7.	13092	Россия	полиэфир-60, шерсть-40	0,6	3,5	4,1
8.	1619	Корея	полиэфир-100	2,1	1,5	3,6
9.	ДР11	Корея	полиэфир-75, вискоза-25	4,7	0,9	5,6
10.	ДР08	Корея	полиэфир-75, вискоза-25	2,9	2,3	5,1
11.	ДР05	Корея	полиэфир-75, хлопок-25	3,6	2,2	3,8
12.	Е30	Турция	полиэфир-70, вискоза-30	1,1	5,9	6,9
13.	Е6	Турция	полиэфир-55, вискоза-45	0,5	6,8	7,2

Рассчитаны парные коэффициенты корреляции r значений содержания полиэфирных волокон x в образцах и усадки ткани по длине, ширине и площади, которые составили $r_{хд}=0,36$, $r_{хш}=-0,58$, $r_{хс}=-0,27$ соответственно. Таким образом, связь между волокнистым составом и усадкой по длине и по площади образцов практически отсутствует, однако имеется средняя (обратная) зависимость усадки по ширине от содержания полиэфирных волокон в материале, а именно – с увеличением содержания полиэфирных волокон усадка материалов при переводной сублимационной печати уменьшается.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кричевский Г.Е. Химическая технология текстильных материалов: учебник. М.: РосЗИТЛП, Т.2. 2001. 410 с.
2. Новые технологии и материалы легкой промышленности: сборник статей / М-во образ. и науки России, КНИТУ. Казань: Изд-во КНИТУ, 2017.

УДК 678.023:66

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ СОЕДИНЕНИИ РАЗНОРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

THE STUDY OF POSSIBLE USE OF COMPOSITE MATERIALS WHEN CONNECTED DISSIMILAR MATERIALS

Метелева О. В., Сурикова М. В.

Ивановский государственный политехнический университет
15300, Россия, г. Иваново, Шереметевский пр., д.

Metelava O.V., Surikova M.V.

Ivanovo State Polytechnic University
21, Sheremetievskiy Avenue, Ivanovo, 153000

olmet07@yandex.ru, surikovsm@mail.ru

В статье рассматривается процесс соединения разнородных по свойствам материалов с помощью композиционного клеевого пленочного материала (ККПМ). Целью работы является исследование свойств клеевых соединений разнородных по технологическим свойствам материалов с помощью ККПМ.

Ключевые слова: композиционный клеевой пленочный материал; разнородные по свойствам материалы, клеевое соединение.

The process of connecting materials heterogeneous properties using a composite adhesive film material (CAFМ) is in the article. The aim of the work is to study the properties of adhesive compounds heterogeneous in technological properties of materials with the help of CAFМ.

Keywords: composite of the adhesive film material; properties of heterogeneous materials, adhesive bonding.

Защитные изделия изготавливают из различных материалов: тканей, нетканых материалов, пленок. Они имеют специальные отделки или специальные покрытия. Применение универсального клеевого пленочного материала позволяет получать клеевые соединения разнородных материалов и с разной адгезионной активностью [1]. Получены характеристики адгезионной активности различных материалов, как индивидуальные, так и в разных вариантах клеевого соединения друг с другом.

Целью работы является исследование свойств клеевых соединений разнородных по технологическим свойствам материалов с помощью композиционного клеевого пленочного материала (ККПМ).

Липкий слой клеевого пленочного материала находится в вязкотекучем состоянии при нормальной температуре, способен заполнять микрошероховатости склеиваемых поверхностей [2]. В качестве объектов исследования рассмотрены несколько групп различных материалов, используемых для изготовления защитных изделий:

- материалы с покрытием (плащевая ткань с пленочным покрытием М1, искусственная кожа поливинилхлоридная (материал облегченный с пониженной горючестью) М2, прорезиненный материал М3);

- нетканые материалы (объемный нетканый фильтрующий материал иглопробивной М5, нетканый материал спандбонд, обработанный антипиреном М6 и без обработки М7);

- пленочные материалы (полиимидная пленка М8, эластичный пленочный материал М9).

Исследовали показатели:

- динамику адгезии (C_p – изменение сопротивления расслаиванию с течением времени существования клеевого соединения);

- адгезионную прочность на сдвиг. Фиксировали значения силы растяжения в поперечном направлении шва и характер разрушения образца;

- эластичность (способность выдерживать растягивающие нагрузки без нарушения герметичности соединения в продольном направлении).

В течение 14 дней наблюдается рост C_p соединений всех материалов (рис. 1) – клей затекает в микровпадины поверхности материалов, повышая площадь контакта.

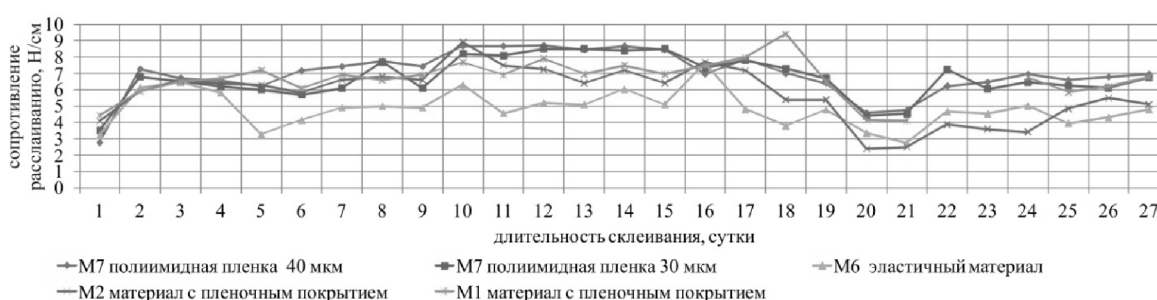


Рис. 1. Динамика изменения C_p после получения клеевого соединения

Далее происходит снижение C_p – вероятно, это связано с обратным перетеканием клея на подложку, а затем опять увеличение C_p . Таким образом, несмотря на взаимобратные процессы в целом происходит рост C_p во времени. Минимальный срок, который необходимо выдержать образцы после изготовления перед эксплуатацией – 14 дней. Со временем, пока самоспасатель будет храниться, прочность швов будет увеличиваться. Наиболее прочные соединения образуют пленочные материалы М6, М7 и материал с пленочным покрытием М1.

Поскольку при надевании самоспасателя испытывает растягивающие нагрузки в продольном и поперечном направлении, выполнена оценка прочности швов. В продольном направлении шов соединения фильтра с капюшоном выдерживает значительные нагрузки (28,1...81,67 Н/см) – это важно при надевании самоспасателя. Прочность шва обеспечивают материалы с пленочным покрытием, по ним происходит разрыв. Нетканые материалы (М3, М4) и самоклеящийся пленочный материал испытывают растяжение без разрыва. Ниточно-клеевой шов повышает прочность соединения еще на 23 %. Если капюшон выполнен из полиимидной пленки, предпочтительнее клеевой способ соединения – перфорация иглой при стачивании снижает прочность материала и шва.

Наименее прочное соединение (2,35...3,67 Н/см) в поперечном направлении – соединение фильтра (иглопробивной нетканый материал) с капюшоном (материалы с пленочным покрытием). Во всех случаях происходит разрыв нетканого материала, следовательно, шов прочнее материала. Поэтому рекомендуется в фильтрующем пакете снаружи и внутри располагать нетканый материал типа спандбонд с антипиреновой пропиткой (М4), который обеспечит повышенные прочностные характеристики шва (в 6,5 раз больше) и одновременно дополнительную фильтрацию вдыхаемого воздуха. Использование ниточно-клевого шва для соединения фильтра с капюшоном повышает прочность соединения на 17...23 %.

Боковой шов капюшона при надевании испытывает в основном продольное растяжение. Более прочные боковые швы обеспечивают материалы с пленочным покрытием (М1, М2). Для полиимидной пленки (М7) эти значения в 3...4 раза меньше. В поперечном направлении прочность бокового шва ниже (16,51...29,32 Н/см), но ее компенсирует достаточная величина прибавки на свободное облегание самоспасателя по обхвату головы, исключая вероятные разрывные нагрузки.

Соединение иллюминатора (М7) с капюшоном при надевании испытывает поперечное растяжение. Прочностные характеристики (27,2...30,4 Н/см) находятся на уровне величин остальных соединений (узлов).

Швы, в состав которых входили эластичные пленочные материалы (М9 и М10), не разрушились при заданных нагрузках. Этому способствует высокая эластичность материалов и шва в целом, а также достижение высокой адгезионной прочности.

Таким образом, для изготовления капюшона самоспасателя рекомендуются ткани с пленочным покрытием – прочностные характеристики швов с их применением выше, чем у полиимидной пленки. Выбранные конструкции обладают (39,5...45 Н/см) в среднем одинаковой прочностью и соответствуют уровню прочностных характеристик аналога (самоспасателя «Феникс»).

На следующем этапе проведен эксперимент по определению наиболее компактной формы при складывании самоспасателя и выбора материала обеспечивающего компактную форму в сложенном виде. Для этого исследуемые материалы стандартного формата А4, наиболее приближенного к размерам самоспасателя, сложили: в первом варианте путем многократного поочередного складывания их пополам в поперечном и продольном направлении до момента невозможности дальнейшего сложения, во втором – сначала сложили продольно в 3 слоя, затем скрутили в поперечном направлении. Для более тонких материалов (толщиной до 0,45 мм) компактная форма достигается при первом способе складывания, для остальных – при втором. Таким образом, в зависимости от выбора материала капюшона самоспасателя рекомендуется выбирать соответствующий способ складывания.

В результате оценки физико-механических свойств материалов установлено, что для выполнения деталей основы капюшона наилучшие показатели прочности имеют клеевые швы материалов с пленочным покрытием и пленочные материалы, обеспечивая соответствие нормативным требованиям к соединениям самоспасателей.

Установлено, что для хранения самоспасателя следует отдать предпочтение полиимидной пленке, быстро восстанавливающей форму изделия после длительного хранения, обеспечивающей ему компактные размеры в сложенном виде.

ЛИТЕРАТУРА

1. Соединение защитных материалов при использовании самоклеющегося пленочного материала / Метелева О.В., Сурикова М.В., Коваленко Е.И. // Известия вузов. Технология текст. пром-сти. – 2013. – № 5. – С. 101–104.
2. Пат. 2506296 РФ. Многослойный клеевой материал / Покровская Е.П. (RU), Метелева О.В. (RU), Бондаренко Л.И. (RU), Савченко Т.С. (RU), Зайцева Н.Н. (RU); № 2012107518/05; заявл. 28.02.2012; опубл. 10.02.2014. – Бюл. № 4.

УДК 338

РОЛЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПЛАТФОРМ ВО ВНЕДРЕНИИ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ПРОЕКТОВ

THE ROLE OF TECHNOLOGICAL PLATFORMS IN THE IMPLEMENTATION OF RESOURCE-SAVING PROJECTS

Мисбахова Ч.А.

Казанский национальный исследовательский технологический университет,
420015, Россия, г. Казань, ул.К. Маркса, д.68

Misbakhova Ch.A.

Kazan National Research Technological University,
68, Karl Marx street, 420015, Kazan, Russia

E-mail: 330-a@mail.ru

В статье показана роль технологических платформ как формата инновационного развития, представлена взаимосвязь развития технологических платформ и роста патентной активности, увеличения степени защиты инноваций, обосновывается стимулирование инновационной активности патентной системой.

Ключевые слова: инновации; технологические платформы; инновационная политика; инновационная инфраструктура; патентная система; ресурсосберегающие проекты.

The article shows the role of technology platforms as a format of innovation development, presents the relationship between the development of technology platforms and the growth of patent activity, increasing the degree of protection of innovation, justifies the stimulation of innovation activity by the patent system.

Keywords: innovation; technology platforms; innovation policy; innovation infrastructure; patent system; resource saving projects.

На фоне внедряемых новшеств и повышения роли наукоемких, высокотехнологичных отраслей с высокой добавленной стоимостью управлять развитием инновационных промышленных систем старыми методами становится все сложнее. Организации-участники современных технологических проектов создают серьезные вызовы стандартным моделям управления производством и требуют новых

форматов развития. Одним из таких форматов инновационного развития являются технологические платформы, которые становятся главным инструментом государственной инновационной политики [1, 2].

Технологические платформы формируются на основе механизма частно-государственного партнерства для объединения усилий в области научно-технологического и инновационного развития экономики. Они призваны обеспечить потребности экономики в научных исследованиях и в соответствующей промышленной продукции. Технологические платформы направлены на активизацию усилий в области создания перспективных технологий, новой продукции и услуг, на привлечение дополнительных ресурсов для проведения научных исследований и разработок.

Поскольку технологические платформы формируются на основе потребностей производства, как заказ на проведение научно-технологических работ для достижения стратегических целей и развития современного общества, они выступают как перспективные объекты инновационной инфраструктуры, позволяющие повысить результативность технологической модернизации за счет развития научно-производственных партнерств, позволяют привлечь дополнительные негосударственные ресурсы в инновационную сферу, расширяют условия для распространения в экономике передовых технологий [3–4].

Технологические платформы выступают перспективными объектами инновационной инфраструктуры, их перспективность определяется уровнем ожидаемых потенциальных выгод от кооперации их участников:

- государство раскрывает направления модернизации экономики, приоритеты научно-технологической политики;

- бизнес побуждает спрос на инновационную продукцию, получает финансовую поддержку реализации инновационных проектов, возможности для выпуска новой продукции;

- наука создает благоприятные условия для привлечения бизнеса к партнерству с научными организациями, имеет возможности проводить обучение, осуществлять инжиниринг, долгосрочное прогнозирование, формулирует новые кооперации в научном секторе [5].

Российские технологические платформы решают проблемы фрагментарности сектора исследований и разработок, проблемы в трансформации результатов НИОКР в коммерческие технологии; дублирование НИОКР, поддерживаемые государством; слабое распространение полученных результатов. С развитием технологических платформ идет рост патентной активности, и увеличивается степень защиты инноваций, что, безусловно, влияет на глобальную конкурентоспособность компаний на международном рынке, патентная активность также является важным условием доступа к зарубежным технологиям посредством их импорта или прямых иностранных инвестиций. Так, например, в рамках технологической платформы "Текстильная и легкая промышленность" развивается текстильная индустрия в России (за рубежом существует аналогичная платформа: Euratex - European Apparel and Textile Confederation).

Патентная система как институт рыночной экономики стимулирует инновационную активность. Патент предоставляет исключительные права, которые позволяют патентовладельцу использовать данное изобретение в течение, как правило, 20 лет со дня подачи патентной заявки. Обладая исключительными правами, владелец патента способен успешно противодействовать незаконному использованию его изобретения другими лицами. Кроме того, патентная защита позволяет предпринимателю коммерциализовать объект интеллектуальной собственности, то есть ввести его в хозяйственный оборот. При наличии надёжной защиты исключительных прав изобретение может стать источником прибыли, создающий гарантированный возврат инвестиций. Использование интеллектуальной собственности также открывает

и широкие возможности для бизнеса (патенты можно использовать в собственном производстве, что обеспечивает патентовладельцу монопольного положения в определённом сегменте рынка, увеличение объёмов продаж, повышение конкурентоспособности товаров или услуг, а также можно передать исключительные права на договорной основе, что предполагают получение коммерческого дохода) [6].

В Республике Татарстан с 2013 года действует подпрограмма «Развитие рынка интеллектуальной собственности в Республике Татарстан на 2016–2020 годы» государственной программы «Экономическое развитие и инновационная экономика Республики Татарстан на 2014–2020 годы», основными направлениями которой являются:

- продвижение технологий предприятий и организаций на российский и международный рынки;
- проведение технологического аудита интеллектуальной собственности предприятий и организаций;
- создание систем управления правами на интеллектуальную собственность предприятий;
- создание и развитие патентно-лицензионных служб предприятий и региональной сети центров поддержки технологий и инноваций РТ;
- создание системы планирования и управления НИОКР в РТ;
- подготовка квалифицированных специалистов в сфере управления интеллектуальной собственностью;
- развитие брендинга Республики Татарстан.

По этой программе предприятия могут получать федеральное субсидирование затрат на регистрацию патентов, создание НИОКР. Однако, несмотря на наличие этой программы активность патенто-заявителей в Республике Татарстан невелика, по сравнению с ожидаемыми результатами.

С ростом патентной активности увеличивается степень защиты инноваций, что влияет на глобальную конкурентоспособность организаций на международном рынке. Патентная активность также является важным условием доступа к зарубежным технологиям посредством их импорта или прямых иностранных инвестиций.

Таким образом, технологические платформы дают возможность найти взаимовыгодное сотрудничество по привлечению инвестиций в приоритетные отрасли промышленности для создания новых технологий и внедрения ресурсосберегающих проектов. В результате развития технологических платформ раскрываются новые научно-технологические возможности модернизации существующих секторов и формируются новые сектора экономики, новые партнерства в инновационной сфере, формируются направления совершенствования отраслевого регулирования для быстрого распространения перспективных технологий, стимулируются инновации, поддерживается научно-техническая деятельность, растёт патентная активность. В свою очередь, инновационная экономика требует обеспечения надёжной охраны интеллектуальной собственности. Это становится тем более актуальным в свете решения такой масштабной государственной задачи, как наращивание экспорта высокотехнологичных российских товаров темпами 15–20 % ежегодно, чтобы к 2020 году его стоимостной объём составил 60–100 млрд долларов, как это предполагается Концепцией долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации до 2020 года. Увеличение экспорта высокотехнологичных товаров возможно при условии создания конкурентоспособного продукта с инновационной составляющей, интеллектуальные права на который надёжно защищены, что является основой его успешной коммерциализации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мисбахова Ч.А. Технологические платформы как институт развития инноваций в текстильной и легкой промышленности / Ч.А. Мисбахова // Инновационная деятельность. – 2016. – № 3 (38). – С. 22–29.
2. Мисбахова Ч.А. Состояние и перспективы развития инновационной деятельности в Республике Татарстан / Ч.А. Мисбахова, А.И. Шинкевич, Ф.Ф. Галимулина // Инновационная деятельность. – 2015. – № 3 (34). – С. 44–51.
3. Мисбахова Ч.А. Роль институтов развития инноваций в защите интеллектуальной собственности / Ч.А. Мисбахова // Право интеллектуальной собственности как объект недобросовестной конкуренции: сборник материалов научно-практической конференции, 27 октября 2016 года, г. Казань. – Казань: ФГАУ «Учебно-методический центр» Федеральной антимонопольной службы», 2016. – С.121–126.
4. Модели диффузии инноваций в контексте неонституциональной теории / А.И. Шинкевич, Ч.А. Мисбахова, Ф.Ф. Галимулина // Экономический вестник Республики Татарстан. – 2015. – № 2. – С. 43–48.
5. Мисбахова Ч.А. Специфика инновационного развития на мезоуровне в условиях модели технологических платформ / Ч.А. Мисбахова // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Экономика и управление. – 2016. – № 4 (32). – С. 79.
6. Дудко Д. Стимулируют ли патенты инновации? // <http://www.odnako.org/almanac/material/stimuliruyut-li-patenti-innovacii/>.

УДК 687.1

НОВЫЕ РАЗРАБОТКИ В ПРОИЗВОДСТВЕ УМНОЙ ОДЕЖДЫ

NEW DEVELOPMENTS IN THE MANUFACTURE OF SMART CLOTHES

Михеева А.Р., Бугаева А.И., Минязова А.Н., Илюшина С.В.

Казанский национальный исследовательский технологический университет,
420015, Россия, г. Казань, ул. К. Маркса, д. 68

Mikheeva A.R., Bugaeva A.I., Minyazova A.N., Ilyushina S.V.

Kazan national research technological university,
68, K. Marx str., Kazan, Russia, 420015

E-mail: gfertop-0499-w@mail.ru

В работе представлен краткий обзор новых разработок в производстве одежды. В настоящее время высокие технологии всё чаще проникают в повседневную жизнь. Развитие производства умной одежды имеет огромный потенциал для того, чтобы стать одним из ключевых направлений в развитии общества.

Ключевые слова: умная одежда; современные технологии; разработки; датчики.

The paper presents a brief overview of new developments in the production of clothing. Nowadays, high technology is increasingly penetrating into everyday life. Development of production of smart clothes has a huge potential to become one of the key directions in development of society.

Keywords: smart clothes; modern technologies; developments; sensors.

Наука не стоит на месте, вместе с изобретениями техники и электроники, разрабатывается и современная «умная» одежда. Умная одежда является сочетанием классического представления о текстиле и новейших научных разработок. Такая одежда имеет возможность получать сигналы, раздражители от окружающей среды и выдавать на них необходимые отклики. С каждым годом на рынок выходит все больше предметов гардероба, которые могут контролировать наше здоровье, привычки и даже состояние окружающей среды вокруг [1].

Об изобретении умной одежды стали говорить еще в конце XIX века. На улицах Нью-Йорка появились девушки, в чье одеяние были вшиты лампы накаливания, напоминали они ходящие светильники. Этот исторический период являлся толчком в создании симбиоза электроники и текстильных изделий [2].

Сейчас умная одежда используется во многих сферах деятельности человека, внедряется в обычную жизнь и занимают все более значимое место в представлении мира будущего.

На данном этапе развития общества, практически не заметно, насколько высокие технологии насыщают повседневную жизнь человека. Смартфоны и планшеты, умные часы и даже лампочки с Bluetooth – этим вряд ли удивишь современного обывателя. Исходя из всего этого, приходит естественное понимание того, что обычная одежда достаточно устарела и требует инновационных решений.

Для более продуктивного внедрения умного текстиля в будничную обстановку людей, стоит понимать, что необходимо сохранить привычный силуэт вещи, незаметно скрывая электронную начинку от глаз.

Все большую популярность среди аксессуаров стали набирать перчатки, в которые элегантно и незаметно встроены микрофон и динамик. Востребованность этому устройству принесло его бесспорное удобство. Микрофон и динамик подключены к устройству владельца через Bluetooth, это и помогает избавиться от лишних проводов. Для ответа на звонок не придется снимать перчатку, что дает возможность оставаться на связи с близкими даже в сильные морозы [3].

Одним из последних изобретений являются носки с встроенным датчиком, который определяет нагрузку на стопу при беге, отслеживает положение стопы и технику бега спортсмена. Также этот датчик позволяет обнаружить потерянный носок, ведь это огромная проблема, с которой встречался практически каждый [3].

К счастью, современные технологии в одежде доступны не только спортсменам, но и обычным офисным работникам. Компания Arrow запустила в продажу умную рубашку с NFC-метками Arrowlife. Метки хранят информацию о пользователе и позволяют в одно касание передать партнёру контакты или ссылку на профиль в социальных сетях, запустить на смартфоне любимый трек или режим совещания с автоответом на все звонки [3].

На данном этапе набирает обороты производство одежды с внедрением в нее ультратонких гибких солнечных батарей. Солнечные батареи на поверхности подключены к встроенным аккумуляторам, заряжая их. К аккумуляторам, владелец вещи может подключить свой гаджет для подзарядки [4].

Развитие современных технологий затрагивает не только сферу электронных устройств и прочих «хайтек», но и вполне обычные вещи. Совсем недавно фирма Fast Company выпустила первую в мире куртку с применением графена, который ранее для этих целей практически не использовался. Причем инновационный материал в данном случае применяется не только ради того, чтобы выделиться на фоне конкурентов, но и для согревания, охлаждения пользователя и некоторых других полезных свойств в зависимости от ситуации. С внешней стороны размещены графеновые мембраны, а подкладка создана на основе графеновых трубок. Подобная конструкция позволяет отводить тепло в жаркую погоду, согревать в холода, а также уничтожать болезнетворные

бактерии. При этом сама одежда получилась очень тонкой и легкой, а также крайне прочной и способной выдержать огромную нагрузку. Сама куртка окрашена в серый цвет, а изнутри покрыта слоем черного нейлона [5].

Медицина – одна из областей, в которых «умная» одежда наиболее востребована. Одежда со встроенными датчиками используется для непрерывного слежения за состоянием пациентов, так как позволяет снимать кардиограмму, следить за сердечным ритмом, дыханием, давлением и другими параметрами. Примерами таких разработок служат LifeShirt System жилет со встроенными датчиками и возможностью записи и анализа данных [6].

Разрабатываются также кроссовки со встроенным в них навигатором. Современные системы навигации основаны на ориентации приборов в пространстве при помощи информации, полученной от спутников GPS или ГЛОНАСС. Одной из проблем таких приборов является то, что они могут работать далеко не всегда и сильно зависят от массы условий. Но недавно отечественные ученые из Сибирского федерального университета совместно с коллегами из Национального исследовательского Томского политехнического университета разработали технологию, которая сможет определять координаты пользователя без данных со спутников. Именно эту систему собираются использовать в производстве современной обуви [7].

Таким образом, умная одежда – это одежда, которая способна интерактивно взаимодействовать с окружающей средой, обрабатывая входящие данные и определенным образом реагируя в ответ. Она значительно упростит и улучшит качество жизни, сделает ощущения человека комфортными и максимально удобными. Именно сейчас то, что считалось немыслимой фантастикой, становится нашей повседневностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Высокотехнологичный гардероб: чем живет рынок «умной одежды» [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://sciencepop.ru/vysokotehnologichnyj-garderob-chem-zhivet-rynok-umnoj-odezhdy/>, свободный.
2. Одежда будущего, девушки - светильники – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://pink.rbc.ru/fashion/5abdf81d9a79477d5bfbe372>, свободный.
3. Умная одежда, разработки, что можно купить уже сейчас – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.mvideo.ru/obzor-umnoj-odezhdy-chto-kupit>, свободный.
4. Умная одежда – [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%BC%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%B6%D0%B4%D0%B0, свободный.
5. Куртка из графена – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://hi-news.ru/technology/kurtka-iz-grafena-spaset-i-ot-zhary-i-ot-xoloda.html>, свободный.
6. Умная одежда в медицине – [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Умная_одежда#cite_note-5, свободный.
7. Одежда будущего – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://hi-news.ru/tag/odezhda-budushhego>, свободный.

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕПЛОЗАЩИТНОГО КОСТЮМА ДЛЯ АКТИВНОГО
ОТДЫХА С ПРИМЕНЕНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**DESIGNING THERMAL PROTECTIVE SUIT FOR ACTIVE REST
WITH APPLICATION OF MODERN MATERIALS**

Морозова И.И., Махоткина Л.Ю., Тихонова Н.В.

Казанский национальный исследовательский технологический университет
420015, Россия, Республика Татарстан, г. Казань, ул.К.Маркса, 68

Morozova I.I., Makhotkina L.Yu., Tikhonova N.V.

* Kazan National Research Technological University
420015, Russia, Republic of Tatarstan, Kazan, K. Marks St., 68

E-mail: nata.tikhonova.81@mail.ru

В статье рассмотрена новая подборка пакета материалов костюма для активного отдыха с повышенными теплозащитным свойствам и их лабораторные испытания на соответствие заданным метеорологическим условиям эксплуатации, предъявляемым к III климатической зоне, что обеспечивает комфортное пребывание человека на холоде.

Ключевые слова: костюм для активного отдыха, пакет материалов, теплозащитные свойства, комфорт, климатическая зона, организм человека.

The article considers a new selection of a package of materials for an active leisure suit with enhanced heat-shielding properties and their laboratory tests for compliance with specified meteorological conditions of operation, presented to climate zone III, which ensures a comfortable stay of a person in the cold.

Keywords: suit for outdoor activities, a package of materials, heat-shielding properties, comfort, climate zone, the human body.

Характерный для современности рост внимания к пропаганде здорового образа жизни и всесезонной активности, формируют новые требования к материалам и конструкции одежды, которая будет решать вопросы повышения комфортного теплового состояния организма человека при различных природно-климатических условиях с учетом его переменной физической активности [7,8].

Особое значение в климатических условиях нашей страны имеет одежда, обладающая теплозащитными функциями. Несмотря на широкий выбор предложений теплозащитной одежды, комплексное исследование инновационных текстильных материалов и пакетов одежды и разработка на этой основе принципиально нового пакета с повышенными теплозащитными свойствами и малой массой остаются весьма актуальными, поскольку не всегда данные изделия обеспечивают комфортное пребывание человека на холоде [1].

В данной работе проведен анализ подбора пакета материалов из инновационных материалов и их лабораторные испытания на соответствие заданным метеорологическим условиям эксплуатации.

Данные исследования направлены на решение следующих вопросов: повышение качества одежды для зимнего отдыха за счет обеспечения комфортного психофизиологического состояния человека; расширение ассортимента выпускаемой продукции; внедрение инновационных материалов и технологий в производство.

Целью исследования является обеспечение комфортного теплового состояния организма человека в проектируемом изделии из инновационных материалов при различных погодных условиях.

Проектируемым костюмом для активного отдыха являются женская теплозащитная куртка в стиле «парка» и брюки. В таблице 1 представлены исходные данные для расчета.

Таблица 1. Исходные данные для проектирования и расчета рационального пакета одежды

Климатическая зона	Условия эксплуатации изделия		Степень охлаждения, балл теплоощущение	Сезон месяц	Время непрерывного пребывания на открытом воздухе, ч	Активность	Потребитель
	температура воздуха, $t_{в}, ^\circ\text{C}$	Скорость ветра, $V_{в}, \text{м/с}$					
III	-15	5,5	3 «слегка прохладно»	декабрь-февраль	1	ходьба по наклонной местности, уголдо 10град	Женщина 30–40 лет $m_{т}$ 60кг, рост 1,65 м

Для подбора пакета материалов проектируемых изделий выполнен расчет теплоизоляции пакета материалов и его составляющих в соответствии с заданными метеорологическими условиями, допустимой степенью охлаждения человека, физической активностью, временем непрерывного пребывания его на холоде, воздухопроницаемостью внешнего слоя по методике П.А. Колесникова.

Расчетные значения теплового сопротивления ($\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$) представлены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты расчетов теплового сопротивления ($\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$)

Средневзвешенное значение	Значение в области туловища	С учетом ветра
0,38	0,63	0,53

Данные показатели соответствует справочным данным для III климатической зоны, значения теплопроводности для которой в диапазоне $0,37 \dots 0,59 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$. Требуемая толщина пакета материалов для полученных данных составляет не менее 11 мм [2].

Далее проведено сравнение расчетных показателей с данными, полученными в ходе проведения испытаний на испытательных стендах. С этой целью подобраны материалы с учетом условий эксплуатации.

Основная функция в обеспечении необходимой теплоизоляции одежды принадлежит пакету ее материалов, при формировании которого большую значимость имеют теплофизические характеристики утепляющего слоя (утеплитель). Современная промышленность научилась создавать инновационные материалы, которые по отдельным взятым свойствам могут в несколько раз превосходить материалы из натуральных во-

локон. В качестве утепляющего слоя лидером являются ткани из волокон полиэстера или полиамида. Отечественной новинкой является утеплитель марки Shelter®. Первый российский утеплитель из микроволокон. Разработан с учетом российских климатических условий и максимально точно воспроизводит структуру натуральной подпушки ценных мехов (соболя и норки), и благодаря тончайшим микроволокнам, обеспечивает превосходную защиту от холода [3].

В качестве второго утепляющего слоя лидером является материал – флис. Объемная структура этого материала позволяет хорошо сохранять тепло.

К оболочковой ткани теплозащитной одежды предъявляются особые требования – она должна обладать хорошими теплоизоляционными свойствами, при этом быть удобной, с повышенными физико-химическими и эксплуатационными характеристиками [6]. Самые популярные ткани для производства теплозащитной одежды – смесовые, полученные путем переплетения синтетических и натуральных нитей (хлопчатобумажные и полиэфирные волокна).

Для проектируемого изделия подобраны следующие материалы:

Оболочковая ткань:

- ткань Дюспан (100 % полиэстер)
- ткань Оксфорд (100 % полиэстер)
- ткань плащевая (20 % хлопок / 80 % полиэстер)

Утеплитель:

- Shelter Microtm 100
- Shelter Профи 200

Подкладочная ткань:

- флис

Из подобранных материалов сформированы образцы пакетов материалов, состоящие из трех слоев текстильных материалов, на которых проведены лабораторные испытания на определение ключевых показателей теплофизических свойств: суммарное тепловое сопротивление, воздухопроницаемость, паропроницаемость, поверхностная плотность.

образец №1: ткань Дюспан (100 % полиэстер); 1 слой утеплителя ShelterMicrotm 100; подкладочная ткань флис.

образец №2: ткань Оксфорд (100 % полиэстер); 1 слой утеплителя ShelterMicrotm 100; подкладочная ткань флис.

образец №3: ткань плащевая (20 % хлопок/80 % полиэстер); 1 слой утеплителя ShelterMicrotm 100; подкладочная ткань флис.

образец №4: ткань Дюспан (100 % полиэстер); 1 слой утеплителя Shelter Профи 200; подкладочная ткань флис.

образец №5: ткань Оксфорд (100 % полиэстер); 1 слой утеплителя Shelter Профи 200; подкладочная ткань флис.

образец №6: ткань плащевая (20 % хлопок/80 % полиэстер); 1 слой утеплителя Shelter Профи 200; подкладочная ткань флис.

Результаты и их обсуждение

В таблице 3 представлены значения паропроницаемости в зависимости от вида выбранного пакета.

По результатам испытаний образцов на паропроницаемость выбран образец №6 с наибольшим значением показателя, состоящий из:

- ткань плащевая (20 % хлопок/80 % полиэстер);
- 1 слой утеплителя Shelter Профи 200;
- подкладочная ткань флис.

Таблица 3. Результаты испытаний на паропроницаемость

Проба	П, г/м ·24
Образец №1	1806,4
Образец №2	1311,9
Образец №3	3407,6
Образец №4	1676,0
Образец №5	1265,0
Образец №6	4155,1

В таблице 4 представлены испытания образцов на поверхностную плотность.

Таблица 4. Результаты испытаний на поверхностную плотность

Проба	Поверхностная плотность, г/м ²
Ткань Дюспан (100 % полиэстер)	86,9
Ткань Оксфорд (100 % полиэстер)	227,4
Ткань плащевая (20 % хлопок/80 % полиэстер)	169,3

Из таблице 4 можно сделать следующий вывод о том, что по итогам испытаний тканей для проектируемого типа куртки в стиле «парка» на поверхностную плотность исключена ткань «Оксфорд», т.к. обладает повышенной жесткостью, плохо поддается деформации и гибкости.

В таблице 5 представлены значения воздухопроницаемости в зависимости от вида подобранного пакета.

Таблица 5. Результаты испытания на воздухопроницаемость

Проба	Воздухопроницаемость, дм ³ /м ² ·с
Образец №1	0,9
Образец №3	28
Образец №4	0,8
Образец №6	26
Ткань Дюспан (100 % полиэстер)	1,1
Ткань плащевая (20 % хлопок/80 % полиэстер)	29

По итогам испытаний, наименьшим значением воздухопроницаемости обладает образец №4, состоящий из трех слоев текстильных материалов:

- ткань Дюспан (100 % полиэстер);
- 1 слой утеплителя Shelter Профи 200;
- подкладочная ткань флис

В таблице 6 представлены значения теплового сопротивления материалов в зависимости от вида подобранного пакета.

Таблица 6. Результаты испытания теплового сопротивления материалов

Проба	«Спокойный воздух», м ² ·°С/Вт	Обдув при 5 м/с, м ² ·°С/Вт
Образец №1	0,805	0,707
Образец №3	0,812	0,673
Образец №4	0,818	0,711
Образец №6	0,843	0,700

Высокие показатели по итогам испытаний суммарного теплового сопротивления материалов показал образец №6, состоящий из:

- ткань плащевая (20 % хлопок / 80 % полиэстер);
- 1 слой утеплителя Shelter Профи 200;
- подкладочная ткань флис.

Значения теплопроводности образцов исследуемых материалов, определенные на приборе ПТС-225 составляют 0,673 ... 0,843 м²·°С/Вт, что соответствует:

- справочным данным для III климатической зоны – значения теплопроводности в диапазоне 0,37...0,59 м²·°С/Вт
- расчетным данным в соответствии заданным условиям эксплуатации – значения теплопроводности в диапазоне 0,38...0,53 м²·°С/Вт
- требуемая толщина пакета материалов не менее 11 мм – значение по результатам испытания 21 мм.

Проведенные исследования образцов пакетов материалов показали, что образец №6 является оптимальным при проектировании костюма для активного отдыха и обеспечивает комфортное тепловое состояние организма человека. Данные представлены в таблице 7.

Таблица 7. Итоговые результаты испытаний пакета материала

Наименование показателя	Результат испытания	Ед.изм.
Тепловое сопротивление	0,700 ... 0,843	м ² ·°С/Вт
Воздухопроницаемость	26	дм ³ /м ² ·с
Паропроницаемость	4155,1	г/м ² 24ч
Поверхностная плотность	169,3	г/м ²
Толщина пакета материалов	21	мм

Показатель «воздухопроницаемость» для выбранного пакета материалов – 26 дм³/м²·с, что выше справочного рекомендованного показателя равного 10 дм³/м²·с [4]. Данное расхождение компенсируется более высоким показателем «тепловое сопротивление» для выбранного пакета, у которого min значение при обдуве ветром – 0,700 м²·°С/Вт.

С учетом топографии теплового потока, зон теплопотерь (туловище, плечи, руки, колени, наименьшие в области головы, кистей) [5] возможно увеличение толщины пакета материалов на тех участках одежды, где нужно достижение большего эффекта, например, в области плечевого пояса.

На основании вышеизложенного, из всех образцов выбран оптимальный пакет материалов, который соответствует ключевым показателям заданным условиям эксплуатации, состоящий из трех слоев текстильных материалов:

- ткань плащевая (20 % хлопок / 80 % полиэстер);
- 1 слой утеплителя Shelter Профи 200;
- подкладочная ткань флис.

Данная принципиально новая подборка пакета из инновационных отечественных материалов не только имеет малую массу, но и соответствует в полной мере повышенным теплозащитным свойствам, предъявляемым к III климатической зоне, что обеспечивает комфортное пребывание человека на холоде.

ЛИТЕРАТУРА

1. Афанасьева Р.Ф. Гигиенические основы проектирования одежды для защиты от холода // М. «Легкая индустрия», 1977. – 136 с.
2. Методические рекомендации по расчету теплоизоляции комплекта индивидуальных средств защиты работающих от охлаждения и времени допустимого пребывания на холоде. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901837315>
3. Утеплитель для одежды Шелтер® [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.sh.wesmir.com/>
4. ГОСТ Р 12.4.185-99«Средства индивидуальной защиты от пониженных температур. Методы определения теплоизоляции комплекта»
5. Селина Н.Г., Михайлов А.Б., Тихонова Н.В., Осина Т.М., Прохоров В.Т. О поиске эффективных решений по защите коленных и локтевых суставов военнослужащих Арктики при воздействии на низких температур // Вестник Технологического университета. – Казань, 2016. – Т. 19. – № 22. – С. 93–97.
6. Тихонова Н.В., Леонова Е.В., Андреева А.А., Бондарева Н.А. Проектирование одежды для рыболовов из водо- и воздухонепроницаемых материалов // Вестник Технологического университета. – Казань, 2017. – Т. 20. – № 4. – С. 77–81.
7. Махоткина Л.Ю., Голованева А.В., Голованева О.И. Проектирование одежды из современных полимерных материалов на основе анализа физиологических особенностей человека // Вестник Казанского технологического университета, 2014. – Т. 17. – № 6. – С. 98–100.
8. Жихарев А.П., Фукина О.В., Абдуллин И.Ш., Махоткина Л.Ю. Влияние факторов окружающей среды на материалы лёгкой промышленности // монография; М-во образ. и науки РФ. – Казань, 2011. – 232 с.

ЦВЕТОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И СОРБЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ ОКРАШЕННЫХ КОТОНИНСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ

COLOR CHARACTERISTICS AND SORPTION ABILITY OF COLOR FLAX-CONTAINING MATERIALS

Мухина Е.Н., Топорищева Н.А., Фролова Т.С., Чешкова А.В.

Ивановский государственный химико-технологический университет
153000, Россия, г. Иваново, пр. Шереметевский, д. 7

Mukhina E.N., Toporischeva N.A., Frolova T.S., Cheshkova A.V.

Ivanovo State University of Chemistry and Technology,
7, Sheremetievskiy Avenue, Ivanovo, 153000

E-mail: a_cheshkova@mail.ru

Оценено влияние длительности ферментативной обработки на технические свойства современных актуальных природноокрашенных хлопкольняных котонинсодержащих тканей (содержание котонина от 25 до 100 %). Показано, что следствием целенаправленной модификации целлюлозы в процессе ферментативной обработки карбогидразами является удаление примесей, повышение белизны и капиллярных свойств тканей, а также сорбционной восприимчивости и реакционной способности целлюлозы по отношению к активным красителям. Осуществлена оптимизация длительности ферментативной обработки перед крашением с целью получения прогнозируемых колористических эффектов.

Ключевые слова: ферменты, подготовка, биоотварка, котонинсодержащие ткани, котонин, крашение активными красителями.

The influence of the duration of enzymatic pretreatment on the technical properties of modern actual native-colored flax-containing cloth (cottonin content from 25 to 100 %) was evaluated. It is shown, that the result of selective modification of cellulose in the process of enzymatic treatment with carbohydrases is the removal of impurities, increased whiteness and capillary properties of the cloth, as well as sorption susceptibility and reactivity of cellulose with respect to active dyes. The optimization of the duration of enzymatic treatment before dyeing for the purpose of obtaining the required coloristic effects.

Key words: enzymes, pretreatment, bioscouring, cotton-containing cloth, cottonin, dyeing with active dyes.

Отечественный рынок текстиля, включающий в себя изделия из смесовых тканей на основе хлопка и льна ежегодно увеличивается на 20 %. У иностранных производителей спрос на российские льносодержащие ткани ежегодно растет на 10–12 %. По оценкам экспертов европейской ассоциации «European System of Cooperative Research Networks in Agriculture» в перспективе 70 % всей одежды в мире будет изготавливаться с применением льна. Предполагается, что спрос на продукцию России будет составлять более 600 млн. кв. м льносодержащих тканей, в том числе чистольняных 300 млн. кв. м тканей [1].

Особо перспективны ткани на основе котонина льна, где пряжа сформирована по сухой системе прядения. Получение таких тканей менее трудоемко чем полульняных. Работами проводимыми на каф. ХТВМ доказано, что содержание котонина в смесовых

хлопкольных пряжах на уровне 10–25 % не влияет в существенной степени на процессы беления, проводимые по традиционным двухстадийным технологиям. Вложение котонина более 25 % приводит к получению природноокрашенных тканей, которые отбеливать трудно и нецелесообразно, в связи с существенной потерей массы более 30 %. Высокое содержание котонизированного льноволокна и нецеллюлозных окрашенных примесей требует особых подходов к организации процессов подготовки и крашения [2,3] (табл.1–3).

Таблица 1. Химический состав и свойства хлопкольных котонинсодержащих тканей.

содержание, %	Процентное содержание котонина, %				х/б ткань
	100	50	40	25	
Гемицеллюлоза	16,2	10,2	7,2	3,2	–
Пектин	3,8	2,9	1,9	1,9	1,3
Лигнин	5,5	2,8	1,0	0,6	–
Жиры и воски	1,0	1,1	1,2	1,9	2,2
Водорастворимые вещества	5,4	3,1	2,3	1,3	1,5
Влагосодержание	13,6	10,9	8,9	8,1	7,2
Целлюлоза	67,1	79,9	77,5	84,3	87,8
Белизна, % (λ 540 нм)	26,0	28,8	30,1	32,9	59,9
Капиллярность, мм/час	70	30	20	10	0

Для котонинсодержащих тканей оригинальным подходом в построении технологии отделки и дизайнерским решением может стать биохимическая (ферментативная) обработка с крашением активными красителями по технологии выбора. Данный подход требует особой подготовки с обеспечением полной расшлихтовки, частичного удаления примесей как льна, так и хлопка [2–5]. В работе использованы промышленные ферментные препараты карбогидраз, в том числе Скаурзим, представляющий собой щелочную эндополигалактоураназу, эндо-1,4- β -D-ксиланазу, арабиназу, бета-глюканазу и целлюлазу [6].

Нами показано, что следствием целенаправленной ферментативной модификации целлюлозы является повышение впитываемости, капиллярных свойств тканей и как следствие повышения сорбционной восприимчивости и реакционной способности целлюлозы по отношению к активным красителям. Установлено, что в течение 60–90 минут в условиях моделирующей работу эжектора белизна увеличивается на 8–9 ед, капиллярность более чем на 70 мм при допустимом снижении прочностных свойств ткани и вязкости медно-аммиачных растворов целлюлозы (таблица 3,4). Степень расшлихтовки за это время достигает 98–99 %, степень удаления примесей превосходит результаты постадийной технологии обработки путем щелочной отварки и промывки щавелевой кислотой на 8–10 %.

Таблица 2. Влияние ферментативной обработки на свойства ткани на основе котонина.

Время мин	Потеря веса, %	Целлюлоза, %	Нецеллюлозные вещества, %	Капиллярность, мм	Впитываемость, с	Прирост белизны, ед
15	3,96	76,24	15,26	100	4	5,1
60	10,2	80,8	11,2	120	3	8,3
90	15,0	85,5	8,5	125	1	10,5
120	24,79	90,68	2,82	130	<1	11,2

Таблица 3. Влияние длительности обработки в растворах гидролаз на технические результаты котонин-содержащей ткани (котонин 50 %)

Время, мин	Белизна, %, λ 540	Капиллярность, мм	Разрывная нагрузка, Н	Истирание, циклы	Вязкость, ед
-	32,9	30	830/760*	10042	2,0
15	43,9	95	680/520	9754	1,9
60	44,2	105	609/516	8389	1,8
90	45,1	110	599/500	8230	1,5
120	46,1	120	585/485	8037	1,2

** в числителе – значения для основы, в знаменателе – для утка.

Нами получены образцы льняных и полульняных «серых» тканей окрашенных активными красителями в условиях производства. Проведены полупроизводственные испытания их крашения применительно к оборудованию полунепрерывного действия (джиггер и эжектор). Предложена технологическая схема процесса подготовки для «серых» котонинсодержащих тканей ассортимента Яковлевский (г.Приволжск. Ивановская область), Вологодский текстильный комбинат (г.Вологда) и Оршанский льнокомбинат.

Таблица 4. Влияние длительности ферментной обработки на цветовые характеристики окрашенной котонинсодержащей ткани (Рывалон красный 3В)

Эталон сравнения – суровая окрашенная ткань (котонин 50 %)

Время, мин	X	Y	Z	a	b	ΔL	ΔC	ΔH
15	12,84	8,32	9,82	38,58	-2,82	34,63	38,68	-4,17
60	14,41	9,32	11,26	40,26	-3,40	36,58	38,41	-4,82
90	14,39	9,55	12,01	38,18	-4,94	37,03	40,50	-7,38

Таблица 5. Сравнительные результаты цветовых характеристик природноокрашенной котонинсодержащей ткани

Эталон сравнения - суровая окрашенная ткань

Способ подготовки	X	Y	Z	a	b	ΔL	ΔC	ΔH
распихтовка	10,4	7,2	8,5	31,1	-3,3	32,2	31,5	-5,5
биоотварка Скаурзим	12,8	8,4	10,3	37,4	-4,0	33,8	37,6	-6,1
биоотварка Аквазим, Скаурзим	11,9	7,7	10,1	37,2	-5,6	34,4	37,5	-8,6
щелочная отварка	8,7	5,9	6,6	30,8	-0,7	29,2	30,9	-1,6
перекисное беление, х/б ткань	19,2	12	16,2	43,9	-6,6	41,9	44,4	-8,7

Проведена комплексная оценка спектральных характеристик окраски тканей и их технических свойств в динамике процесса предварительной ферментативно-механической обработки (табл. 4, 5). Показано, что новые режимы отделки льняных тканей костюмного ассортимента на эжекторах позволяют получить окраски с цветовым тоном, чистотой и светлотой цвета, более близкими к результатам окраски предварительно отбеленной хлопчатобумажной ткани. Окраска тканей после щелочной отварки характеризуется более низкими значениями светлоты, а по чистоте даже несколько ниже суровой ткани. Сравнение колористических характеристик тканей, предварительно прошедших стадию ферментативной подготовки, выявляет преимущества биохимического способа отделки. Наблюдаются более высокие значения по чистоте и светлоте, при меньшей желтизне тканей.

Важным является то, что ткани, подготовленные и окрашенные по сокращенной технологии, имеют высокие показатели устойчивости к сухому, мокрому трению. Причем, устойчивость к мокрому трению превышает результаты не только для серой ткани подготовленной по химическим технологиям щелочной отварки с промывкой в растворах щавелевой кислоты. Как отмечалось ранее, несмотря на высокую крашнимоустойчивость суровых тканей прочность окраски, особенно к мокрому трению значительно уступает результатам для предварительно подготовленных тканей. Так, при крашении бифункциональным красителем Рывалоном красным 3В эти прочность к сухому трению составляет всего 3 балла, а к мокрому – 1 балл.

Таким образом, показана перспективность технологий подготовки тканей, выработанных на основе котонина льна, а также их колорирования путем крашения активными красителями по регламентированным технологиям с получением качественных окрасок. Доказана возможность получения модных тканей более экономичным путем, что позволит значительно расширить ассортимент выпускаемой продукции.

ЛИТЕРАТУРА

1. ИТС 39-2017 «Производство текстильных изделий», Москва Бюро НТД, 15 декабря 2017 г. № 2835, С. 366.
2. Шибашова, С.Ю. Особенности модификации поверхности целлюлозы под действием гидролаз / С.Ю. Шибашова, А.В. Чешкова, А.П. Кузьмин // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2003. – №4. – С. 50–52.
3. Чешкова, А.В. Практика использования биопрепаратов в технологиях подготовки льносодержащих текстильных материалов / А.В. Чешкова, В.П. Клейн, О.К. Смирнова, А.П. Кузьмин // Лен в товары России: материалы научно-техн. конф. – Вологда, 2002. – С. 345.
4. Yadviga Soyka-Ledakowicz, Yoanna Lewartowska /Environmentally friendly bleaching of linen fabrics pretreated with cellulases from *Aspergillus niger* IBT-90 / *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, Poland, 2007, Vol. 15, No. 4 (63), p 86–89.
5. Bhattacharya, S.D. Enzymatic Treatments of Flax Fabric/ S.D. Bhattacharya, J.N. Shah// *Textile Research Journal*. – 2004. – № 74. – С.622 – 628.
6. Николов, А. Энзимы фирмы Ново Нордиск для текстильной промышленности / А. Николов // *Текстильная химия*. – 1998. – №2(14). – С.65–67.

**НАУЧНЫЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ СИСТЕМ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА
ТЕКСТИЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

**SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL BASES FOR DESIGN OF TEXTILE EN-
TERPRISE'S RESOURCE-SAVING WATER MANAGEMENT SYSTEMS**

Невский А.В.^{(*)()}, Ся Донченг^{(**)(***)}, Ван Цинпэй^(**), Ван Ийдун^(**), Сунь
Лэй^{(**)(***)}, Чжао Хуэй^(***), Чжун Хэн^(***)**

*Ивановский государственный химико-технологический университет,
153000, Россия, г. Иваново, пр. Шереметевский, д. 7

**Чжэньяо Текстиль-Технология Лимитэд,
362700, Китай, провинция Фуцзянь, г. Шиши, Промышленный район Дабао

***Уханьский текстильный университет,
430200, Китай, г. Ухань, ул. ФангЖи, 1

Nevsky A.V.^{(*)()}, Xia Dongshen^{(**)(***)}, Wang Qingpei^(**), Wang Yidong^(**),
Sun Lei^{(**)(***)}, Zhao Hui^(***), Zhong Heng^(***)**

*Ivanovo State University of Chemistry and Technology,
7, Sheremetievskiy Avenue, 153000, Ivanovo, Russia

**Zhanyaotextile Science & Technology Co., Ltd.,
Dabao Industrial Zone, 362700, Shishi, Fujian Province, China

***Wuhan Textile University,

1, Fangzhi Road, 430200, Wuhan, China

E-mail: nevsky@isuct.ru

The methodology for designing of resource-saving water-use chemical processes (WUCP) of textile enterprises has been proposed. The expedience of thermodynamic approach usage was proved. The environment-oriented analysis of bleaching, dyeing, printing, top (final) finishing shops of large textile enterprises of Central, Volga, South Federal Districts of Russia and of Hubei, Guangdong, Fujian Provinces of China was carried out. The main goals were to develop the rational scheme of separation-mixing technological water streams, to design the water-recycling systems on the basis of purified wastewater re-use. It was proved, that the most effective for this purpose are physicochemical advanced oxidation processes (AOP): electrocatalytic destruction, catalytic destruction with strong oxidizing agents presence, catalytic destruction oxidation combined with some other physicochemical impact, such as coagulation and flocculation. Mathematical apparatus and software for computer-aided design system (CADS) have been developed. Offered CADS allows to achieve the increase of projects innovative level, the reduction of labour-intensiveness, of designing time-frame and cost price. As a whole, the results of WUCP manufacturing application witness about the possibility to essentially reduce the volume of consumed pure water, raw materials and energy resources, to apply AOP technology for wastewater local treatment, to reduce a great deal of pollutants emissions to environment, to rise the level of technical and economic effectiveness of textile enterprises.

Keywords: methodology of designing water management systems, water-use technological processes, thermodynamic exergy method, thermodynamic water pinch method, wastewater purification techniques, electrocatalytic method, technological risk, ecologic-economic effectiveness.

Предложена методология проектирования ресурсосберегающих водопотребляющих технологических процессов (ВПТП) текстильных предприятий. Обоснована целесообразность использования термодинамического подхода. Проведен экологический анализ функционирования цехов: отбельного, красильного, печатного, заключительной (финишной) отделки крупных текстильных предприятий Центрального, Приволжского, Южного федеральных округов России и провинций Хубэй, Гуандун, Фуцзянь Китая. Основными задачами были разработка рациональной схемы разделения-смешения технологических водных потоков, разработка систем рециркуляции воды на основе повторного использования очищенных сточных вод. Показано, что наиболее эффективными для достижения этой цели являются физико-химические высокоэффективные окислительные процессы (ВОП): электрокаталитическая деструкция, каталитическая деструкция в присутствии сильных окислителей, окислительная каталитическая деструкция в сочетании с некоторыми другими физико-химическими воздействиями, такими как коагуляция и флокуляция. Разработан математический аппарат и средства программного обеспечения для системы автоматизированного проектирования (САПР). Использование предлагаемой САПР позволяет добиться повышения инновационного уровня проектов, снижения трудоемкости, сроков и себестоимости проектирования. В целом, результаты внедрения разработанных ресурсосберегающих ВПТП в производство свидетельствуют о возможности существенного сокращения объемов потребляемой чистой воды, сырья и энергоресурсов, применения технологии ВОП для локальной обработки сточных вод, значительного снижения выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду, повышения уровня технико-экономической эффективности текстильных предприятий.

Ключевые слова: методология проектирования систем водного хозяйства, водопотребляющие технологические процессы, термодинамический эксергетический метод, термодинамический водный пинч метод, методы очистки сточных вод, электрокаталитический метод, технологический риск, эколого-экономическая эффективность.

INTRODUCTION

The conceptual regulations of the theory of sustainable socio-economic development provide the creation of resource-saving environmental friendly production, the basis of which are the effectively operating resource-saving WUCP of textile enterprises. In particular, it's generally known that textile production is extremely water-retaining and power-consuming. Therefore, the problem of resource-saving chemical process analysis and synthesis (designing) of textile plants is of great importance. This problem is of particular importance because of the basic requirements to chemical process: ecological compatibility, efficiency, stability and reliability.

So, the **objective** of this investigation was the development of the designing methodology for scientific-reasonable resource-saving chemical processes of water management system for textile enterprises, which use the basic dyeing-finishing technology of cloth. This water management system should to ensure the reduction of specific flowrates of fresh water consumption and wastewater disposal, the reduction of pollutants mass in sewage discharge into natural water basins, high-performance technology of a local wastewater treatment aimed at water reuse.

In order to reach the objective, mentioned above, it was needed to solve the following **tasks**:

- 1) to perform a comprehensive environmental and technological analysis of the main production processes of textile plants;
- 2) to develop and to apply the thermodynamic exergy analysis method for the design of resource-saving chemical processes of water management system, allowing scientifically to argue the problem of separation - mixing of water streams of textile enterprises;

3) to apply thermodynamic water pinch method for the design of resource-saving chemical processes of water management system aimed to re-organize the traditional straight-flow system of **WUCP** to repeatedly-serial one, that will provide the significant reduction of the specific flowrates of fresh water consumption and wastewater disposal;

4) to study and to use in practice the high effective methods of wastewater treatment;

5) to assess the environmental, technical and economic benefits of the proposed innovative technological solutions.

EXPERIMENTAL

The thermodynamic exergy and thermodynamic water pinch methods of synthesis of resource-saving water management systems of textile plants have been used and refined upon by us. The exergy value change can be used for definition of energy potential decrease in water system in the process of mixing of technological water streams. In practice this value can serve as a measure of substance and energy degradation (dissipation) which is taking place at dilution (in the course of mixing) of technological water streams, for example, sewage. The application of thermodynamic water pinch method is fruitful in designing of water-supply and water-disposal systems as well. It helps to re-organize the traditional straight-flow system of **WUCP** to repeatedly-serial one, that will provide the significant reduction of the specific flowrates of fresh water consumption and wastewater disposal. The appropriate numerical experiment was held.

The efficiency of proposed wastewater purification techniques - electrocatalytic destruction, catalytic destruction by hydrogen peroxide, coagulation, clarification filtration, magnetic treatment was studied on model and real effluents. The metal oxides were used as catalysts.

The special experimental technique for development of technology of heavy metals ions utilization as useful products, such as mineral pigments, has been proposed.

RESULTS AND DISCUSSION

In an extended sense there are two methods of resource-saving chemical process designing in practice. These are: 1) the construction of minimal structure and 2) the construction of hypothetical hyperstructure (hypertechnology). Decompositive-searching and decompositive-heuristic principles show the search procedures of optimal technological decisions based on knowledge of theoretic basics of chemical technology, physicochemical process essence, environmental-oriented aspects and thermodynamics laws. We've proposed the combination of advantages of these two approaches and have established the next following principle steps of **WUCP** designing.

The basic processes of dyeing-finishing cotton and union cloth manufacture were analyzed in environmental-oriented aspect at some large textile factories of Russia and China.

The methodology foundations for designing integrated **WUCP** of textile plants, proposed by us [1] and developed further [2–6], was the theoretical basis of projects designed described below.

Step 1. The source data gathering: environmental-oriented analysis (inventory) of textile enterprise's technology.

First of all the scheme of „analysis and synthesis“ (designing) of textile enterprise have been developed as shown in Figure 1. We considered in detail the following sequence of such hierarchy levels as: the enterprise as a whole, manufacturing departments, processing lines, equipment units, processes, phenomena, effects. So, the analysis was held in top-down order and the synthesis in reverse: bottom-up order.

It's very important to perform a comprehensive **environmental** and **technological** analysis of the main production processes of textile factory in all following basic shops: **desizing, kiering, mercerization, bleaching, dyeing, printing, top finishing and engraving**. The textile company's water management system includes usually three main subsys-

tems: **water-supply** (water-intake, water-conditioning, water-pumping); **water-use** (water as a solvent, as an extractant, as a washing liquid, etc.); **water-disposal** (water-removal (drainage)), **water-treatment** (regeneration, purification, disinfection), **water-discharge** (to central sewage systems of population aggregates or to natural water basins). So, for obtaining the expected results of this **environmental-oriented analysis (inventory)** we should to: analyze the methods of organization and operation modes of **all these subsystems**; 1) determine the **flowrates** of technological fresh water and sewage; 2) analyze the quality (the **ingredients composition** and **concentration**) of fresh water and wastewater; 3) choose the **critical pollutants**, contained in the wastewater, their **characteristics** in terms of environmental risk; 4) analyze the **literature data** on the methods of organization and operation of water management system and on the effectiveness of textile factories wastewater treatment by advanced methods.

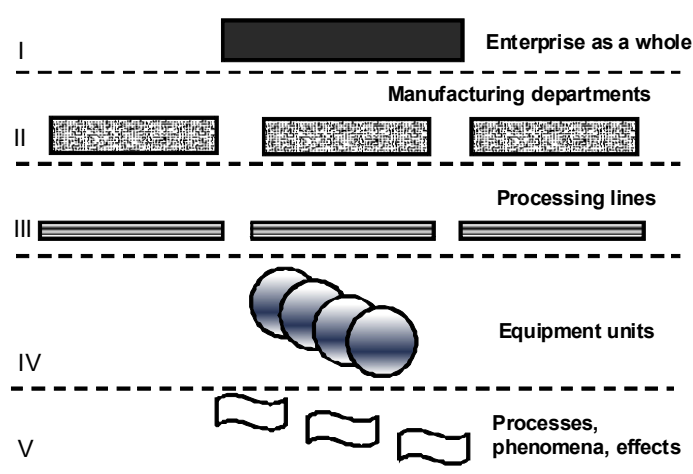


Fig. 1. The scheme of „analysis and synthesis“ (designing) of textile enterprise.

The identification of **critical polluting substances** in textile technological water of individual process lines provided the following results obtained (see data in Table). These table contain the average values data, obtained by us in the course of inventory of emissions by chemical processes of textile dyeing-finishing enterprises.

Step 2. The scheme design of integrated resource-saving water management system of textile enterprise.

It has been shown by us earlier [1] that mixing of individual wastewater streams, generated in separate (specific) processes, as they practice now, does not meet the principles of chemical thermodynamics, concerning the exergy (or “energy” from the narrow point of view) efficiency of water management system of textile enterprises.

The thermodynamic approach to the designing of resource-saving water management system is developed by us. This methodology is based on the simultaneous accounting of the following principles: 1) the principles of chemical thermodynamics; 2) the basic environmental protection principles (system analysis, integrated approach, recycling, rational architecture, environmental safety demands); 3) real technical and organizational opportunities of the textile enterprises. There are some literature data regarding the methodology for the designing of resource-saving industrial systems [7–16]. But we didn't find out in these works the complex approach (including analysis and synthesis) to development of the resource-saving water management systems.

Table. Characteristic wastewater composition of the basic chemical processes of dyeing-finishing manufacture

Chemical process	Suspended matter, mg/l	COD, mg O ₂ /l	Heavy metals, mg/l
Desizing (Bleaching shop)	1000–1500	2400–3700	traces
Kiering (Bleaching shop)	750–1150	1700–2500	traces
Mercerization (Bleaching shop)	80–110	170–220	traces
Bleaching (Bleaching shop)	150–200	250–400	traces
Dyeing (Dyeing shop)	350–450	800–1200	0,1–2
Printing (Printing shop)	300–350	700–1000	0,5–3
Top finishing (Dressing shop)	200–250	1100–1500	traces
Galvanic and etching operations (Engraving shop)	500–700	130–200	100–250

As one of the main component of thermodynamic approach is thermodynamic exergy method of WUCP designing was carried out by us.

The availability of thermodynamic exergy analysis for designing of chemical processes of textile enterprises water management systems have been carried over for consideration. In particular, the advantage of exergy method in the case of solution of one of the most relevant problems - designing of water-streams network has been demonstrated. It has been shown that the mixing of individual waste water streams, generated in separate (specific) processes (as they practice now), does not meet the principles of chemical thermodynamics concerning efficiency of water-use and water-disposal systems of textile company.

An efficient technique to fulfill the design tasks is the **water pinch method**, which is a modification of the thermodynamic pinch method for designing of economically optimal energy-saving integrated chemical engineering systems. The application of water pinch method at the step of designing of water removal systems is fruitful as well. Advantages of this method are particularly pronounced if there are organizational, economic and technical possibilities of treatment (regeneration) of wastewater from individual chemical process systems (individual process lines, groups of process equipment, etc.).

According to the basic principles of resource saving, if the removed wastewater is impossible to use in downstream processes, it must be treated (regenerated) and then recycled to the water consumption cycle. This principle of recycling is the basis for designing of environmental friendly **WUCP**. Minimization of fresh water consumption and reduction of contaminants content in wastewater are among the most important ways of improving the economic efficiency and environmental safety of textile plants.

So, the design of such so called “narrow-purpose” (for single process line) local wastewater treatment facilities (**LWTF**) is a topical challenge in synthesis of resource-efficient integrated chemical engineering systems for textile enterprises.

Figure 2 shows the essence of methodology proposed. The key units of this scheme are: the unit for development of innovation technique and equipment for water-resource saving; the unit for quality control system of water and of water treatment products; the unit for **WUCP**'s ecological and economic efficiency evaluation. The functioning of all these units aimed at the optimal designing of resource-saving water management system of textile enterprise, subsystems of which (as shown in the central part of the scheme, Figure 2), respectively, are: water consumption system, production sub-units system of serial and recycling water use, water disposal system, wastewater local treatment facility. The most part of water treated must be recycled and the rest of it must be discharged. The lack of water must be compensated by fresh water inlet.

While mixing the individual water flows, the number of specific components in mixed water flow increases. It leads to increase of the total system entropy as characteristic of more probability of system macro-state occurrence while micro-states quantity increases. That's why the availability of **exergy method** of designing of resource-saving chemical processes water management system of textile plants has been carried over for consideration by us. It has been shown that mixing of individual water streams, generated in separate (specific) processes (as practices now), does not meet the principles of chemical thermodynamics concerning efficiency of water-use and water disposal-systems of textile enterprise.

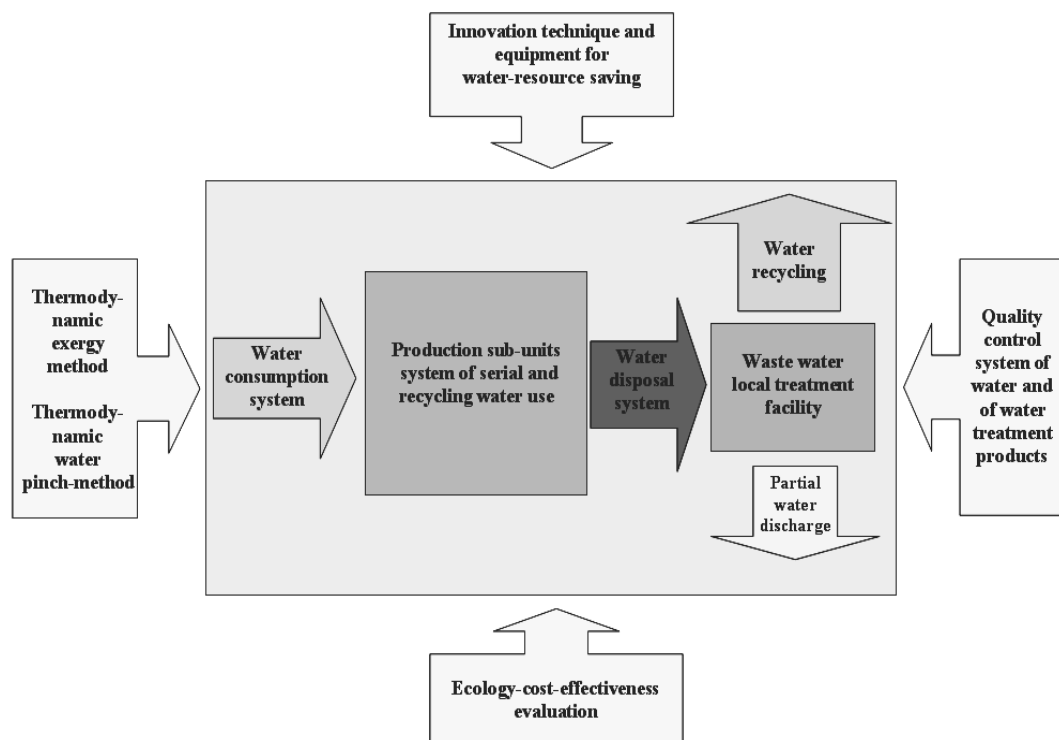


Fig. 2. The scheme, illustrating the essence of the proposed methodology for design resource-saving water management system of textile enterprises.

The common-used textil plant's water-use flow charts are not serial - the individual water operations use the fresh water separately. But it is of grate interest and advantage to use the fresh water step-by-step and to connect the water-use operations in series. So, the application of **water pinch method** for designing of serial resource-saving **WUCP** of textile plants has been demonstrated. This method is used to design water recycling systems on the base of purified wastewater re-use. Water pinch-method allows to estimate the fresh water and wastewater re-use flowrates target values. The flowrates values and usage sequence of

rinsing water on operations of dyeing-finishing textile production have been set. The design fresh water-use efficiency as compared with common processes is equal to 30 - 40 %.

The functional diagram of resource-saving **WUCP** of dyeing-finishing textile plant was proposed (see Figure 3). It is inherently the separation scheme of general water streams of dyeing-finishing textile factory on individual flows. This scheme combine the high-performance cleaning of wastewater aimed at it reuse and the opportunity of plants redesign implementation with minimum investment.

The appropriate numerical experiment was held to calculate all the parameters of the resource-saving chemical processes water management system of textile plants. For this purpose the structure of computer application intelligence system of water resource-saving chemical processes designing and operation has been developed. The initial codes of basic modules of this intelligence system, diagram of data flows, describing the interaction of components of an application package (software), have been designed.

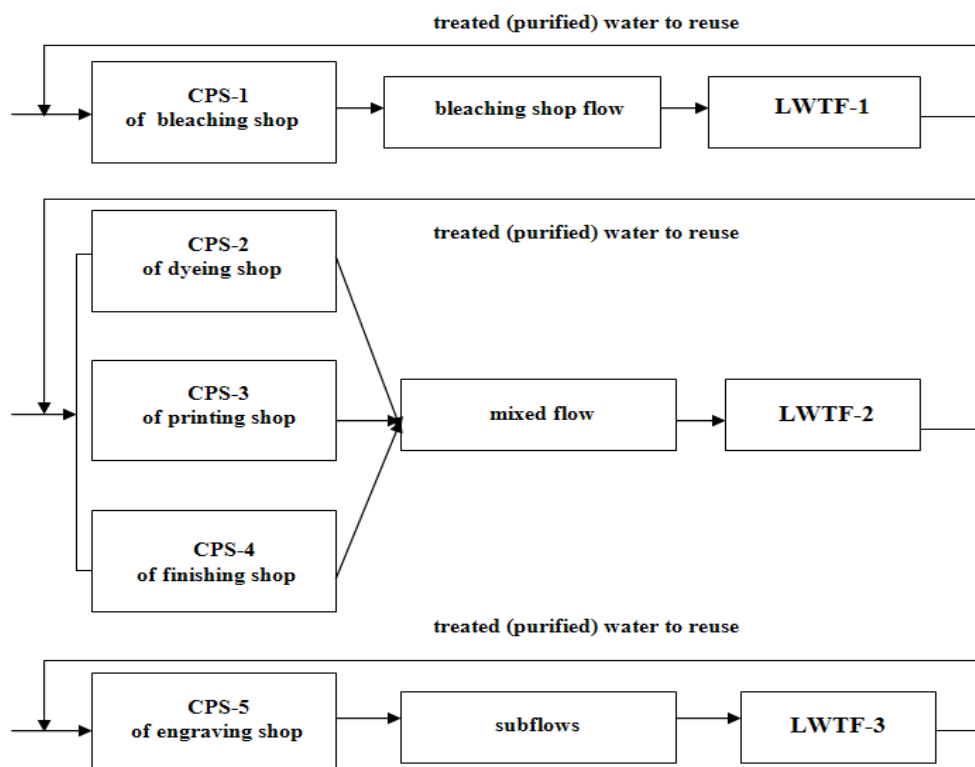


Fig. 3. The functional diagram of resource-saving water-use chemical processes of dyeing-finishing textile plant (LWTF - local wastewater treatment facilities).

Step 3. The design of repeatedly-serial water integrated chemical process system of textile enterprise's shops (process lines).

An efficient technique to fulfill the design tasks is the water pinch method, which is a modification of the thermodynamic pinch method for designing of economically optimal resource-saving integrated water management systems. The application of **water pinch method** is fruitful in designing of water-supply and water-disposal systems as well [17 - 19]. It helps to re-organize the traditional **straight-flow** system of **WUCP** to **repeatedly-serial** one, that will provide the significant reduction of the specific flowrates of fresh water consumption and wastewater disposal.

So, the **schemes of textile enterprise's shops (process lines) resource-saving water management systems** have be proposed. These schemes combine the high-performance

cleaning of wastewater aimed at its reuse and the opportunity of textile enterprises to redesign implementation with minimum investment. The appropriate numerical experiment was held.

Step 4. The development of wastewater purification techniques (wastewater treatment methods).

It was proved, that the most effective for this purpose are physicochemical advanced oxidation processes (AOP): electrocatalytic destruction, catalytic destruction with strong oxidizing agents presence, catalytic destruction oxidation combined with some other physicochemical impact, such as coagulation and flocculation. The destruction degree of individual criterion contaminants and the investigated sewage electrocatalytic purification efficiency in general are within 80–90 % [20, 21].

It's of great importance to control the treated wastewater quality. So we've made the proposals on development and rework of **physical, physical-chemical** and **biotest** quality control methods of wastewater and products of wastes treatment. It is shown that there is the possibility of combination of instrumental measurement and biotest method (**Daphnia magna** and **Paramecium caudatum** as test-organisms) for rapid and precise analysis of wastewater and products of pollutants utilization.

Step 5. The development of Intelligence System of resource-saving water management system of textile enterprise.

The development of engineering tool of our methodology realization - an Intelligence System of functioning data accumulation, storage and processing of resource-saving water management system of textile enterprise should be made.

The software for computer calculation of flow diagrams of textile enterprises's WUCP should be designed which permit to obtain the values of technological and constructive parameters of the basic equipment with high efficiency and accuracy.

Step 6. The technological risk assessment and safety management.

The estimation of technological risk of textile enterprises's water chemical processes should be held. This assessment should include the examination of hazards of technological units at emergency conditions and determination of possible consequences with the aim of necessary working out measures of technological risk assessment and safety management [22, 23]. These measures should be as follows: prevention of man-caused accidents, plan of actions working out in emergency situations, technical-organizational activities working out of accident risk and its consequences scaling down. For all that the modern approaches of technological safety guarantee based on optimal risk conception should be applied.

Step 7. The estimation of ecologic and economic efficiency.

The estimation of ecologic-economic effectiveness of textile enterprises's water chemical processes should be held. The main purpose of the project designing is the development of clean production, which significantly reduce the consumption of water resources, raw materials, energy and possess high ecologic and economic efficiency. High ecologic-economic efficiency of the project is achieved by significantly reducing of the: 1) volume of fresh water consumption, 2) volume of wastewater, 3) mass of pollutants discharged into natural water basins; 4) due to profit, stipulated by the sale of products obtained by treating of wastewater streams.

CONCLUSION

The methodology of designing of resource-saving chemical processes of textile plants water management systems has been developed.

The functional diagram of resource-saving **WUCP** of dyeing-finishing textile plant has been proposed.

The structure of computer application intelligence system of water resource-saving chemical processes designing and operation has been developed.

Water purification techniques such as electrocatalytic destruction, catalytic destruction by hydrogen peroxide, coagulation, clarification filtration, magnetic treatment were investigated. The electrocatalytic destruction method is proved to be most perspective in practice of sewage treatment.

The flow charts of individual wastewater streams local treatment were designed. The equipment designed passed the long test to satisfaction and is now in operation at some companies.

The basic technical-economic parameters of the project will guarantee the following results.

- The **reduction of fresh water** consumption of the Company will be up to **30–40 %**.
- The **local wastewater treatment facilities** of the Company will have an efficiency of specific pollutants destruction or extraction at a level of **70–95 %**.
- The **reuse** amount of purified wastewater of the Company will be up to **50–70 %**.
- The **treatment technology** of the Company's wastes, containing chemical compounds of **heavy metals**, will be realized aimed at manufacturing of useful products - **mineral pigments** (optionally).
- The **anticipated profit** of proposed engineering solutions implementation at the Company will be at the range of **\$ 200 – 300 thousand** annually.

Acknowledgements

The authors are grateful for financial support from Russian Ministry of Education and Science (grant No. 01.03.005), from Russian Foundation for Basic Research (grant No. 04-05-78035), from Chinese High Technology Project Fund (863, grant No. 2009AA063904).

REFERENCES

1. Nevsky A.V., Meshalkin V.P., Sharnin V.A. Analysis and synthesis of water resource chemical processes systems. Monograph. Moscow: Nauka PH. 2004. 212 p. ISBN: 5-02-033287-9.
2. Nevsky A.V., Kashina O.V. Resource-saving system of water management for oils and fats production. Monograph. LAP LAMBERT Academic Publishing, GmbH & Co. Saarbrücken, Germany. 2012. 254 P. ISBN: 978-3-8484-1069-9.
3. Nevsky A.V., Kashina O.V., Xia D., Sun L., Zhao H., Zhong H. Thermodynamic exergy analysis for designing optimal water-use chemical processes. Invited Report. Materials of the XX Intern. Conf. on Chemical Thermodynamics in Russia. Nizhni Novgorod, Russian Federation. June, 22–26. 2015. Abstracts. Nizhni Novgorod University Press. P. 371.
4. Nevsky A.V., Kashina O.V. Thermodynamic approach to the design of optimal energy-resource-saving water management systems. WaterMagazine. 2015. N 1. P. 22–31.
5. Kashina O.V., Bushuev M.V., Nevsky A.V. Exergic analysis of the mass load effect in the design of energy-resource-saving water management systems. Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol. 2012. V. 55. N 9. P. 97–103.
6. Nevsky A.V., Vatagin V.S., Sharnin V.A., Usanova O.A., Bushuev M.V. The thermodynamic approach to designing of energy-efficient chemical process systems of water consumption. Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. 2010. N 2. P. 145–149.

7. J. Jeżowski, G. Poplewski, A. Jeżowska. Optimization of water usage in chemical industry. *Environmental Protection Engineering*. 2003. V. 29. N. 1. P. 97–117.
8. Thomas P. Seager, Thomas L Theis. A thermodynamic basis for evaluating environmental policy trade-offs. *Clean Technologies and Environmental Policy*. 2003. V. 4. N 4. P. 217–226.
9. Prakash R., Shenoy U.V. Targeting and design of water networks for fixed flowrate and fixed contaminant load operations. *Chemical Engineering Science*. 2005. V. 60. N 1. P. 255–268.
10. Pillai H.K., Bandyopadhyay S. A rigorous targeting algorithm for resource allocation networks. *Chemical Engineering Science*. 2007. V. 62. N 22. P. 6212–6221.
11. Tan R.R., Col-long K.J., Foo D.C.Y., Ng D.K.S., Hul S. A methodology for the design of efficient resource conservation networks using adaptive swarm intelligence. *Journal of Cleaner Production*. 2008. V. 16. N 7. P. 822–832.
12. Kleidon A., Schymanski S. Thermodynamics and optimality of the water budget on land: a review. *Geophysical Research Letters*. 2008. V. 35. N 20. P. L20404.
13. Statyukha G., Kvitka O., Dzhygyrey I., Jezowski J. A simple sequential approach for designing industrial wastewater treatment networks. *Journal of Cleaner Production*. 2008. V. 16. N 2. P. 215–224.
14. Dzhygyrey I., Kvitka O., Jezowski J., Statyukha G. Distributed wastewater treatment network design with detailed models of processes. *Computer Aided Chemical Engineering*. 2009. V. 26. P. 853–858.
15. Nikanorov A.M., Trofimchuk M.M.. Peculiarities in thermodynamics of intrabasin processes in fresh-water ecosystems under anthropogenic impact. *Doklady Earth Sciences*. 2010. V. 433. N 1. P. 954–956.
16. Estupiñan Perez L., Martinez Riascos C.A., Dechaine G.P. Simplified conceptual design methodology for double-feed extractive distillation processes. *Industrial and Engineering Chemistry Research*. 2015. V. 54. N 20. P. 5481–5493.
17. Kutepov A.M., Meshalkin V.P., Nevsky A.V. Modified water pinch method for designing resource-efficient chemical engineering systems. *Doklady Chemistry*. 2002. V. 383. N 4–6. P. 123–127.
18. Alva-Argáez A., Kokossis A.C., Smith R. The design of water-using systems in petroleum refining using a water-pinch decomposition. *Chemical Engineering Journal*. 2007. V. 128. N 1. C. 33–46.
19. Khezri S.M., Lotfi F., Erfani Z., Tabibian S. Application of water pinch technology for water and wastewater minimization in aluminum anodizing industries. *International Journal of Environmental Science and Technology*. 2010. V. 7. N 2. P. 281–290.
20. Hui Zhao, Heng Zhong, Lei Sun, Dongsheng Xia, Nevsky A.V. Acid Orange 52 dye degradation efficiency by electrocatalytic method. *Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.* 2018. V. 61. N 3. P. 64–69.
21. Zhao H., Zhong H., Sun L., Xia D., Nevsky A.V. Acid Orange 52 dye degradation by electrocatalytic plus photocatalytic technique and intermediates detection. *Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.* 2018. V. 61. N 4–5. P. 111–118.
22. Vatagin V.S., Nevsky A.V. Risk assessment of accidents at industrial plants with the use of "Tree of events" method. *Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.* 2008. V. 51. N 2. P. 101 - 104.
23. Nevsky A.V., Xia D., Sun L., Zhao H., Zhong H., Wang Q., Wang Y. Advanced oxidation processes in industry and risk assessment. Invited Report. Materials of the XX Mendeleev Congress on General and Applied Chemistry, Ekaterinburg, Russian Federation. September, 26 – 30, 2016. Abstracts. Ekaterinburg. LLC JiLime PH. V. 3. P. 273.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАНОЧАСТИЦ СЕРЕБРА ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПОЛИМЕРНЫХ УПАКОВОЧНЫХ И ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

USING OF SILVER NANOPARTICLES IN THE DEVELOPMENT OF POLYMER PACKAGING AND TEXTILE MATERIALS

Никифорова Т.Е., Смирнова А.А., Воинова М.С.

Ивановский государственный химико-технологический университет,
Россия, г. Иваново

Nikiforova T.E., Smirnova A.A., Voinova M.S.

Ivanovo State University of Chemistry and Technology, Russia, Ivanovo
tatianaenik@mail.ru

Исследована возможность использования инулинсодержащего сырья для синтеза наночастиц серебра и их внедрения в полимерную матрицу для разработки текстильных материалов и упаковочных материалов для пищевых продуктов. Золи наночастиц серебра получали методом «зеленой химии» при помощи гидролизатов из корней одуванчика лекарственного. Внедрение наночастиц серебра в целлюлозную матрицу проводили с использованием ультразвука. Получены СЭМ-изображения материалов с закрепленными наночастицами серебра. Проведена оценка токсичности материалов.

Ключевые слова: наночастицы серебра; текстильный материал; упаковочный материал; ультразвуковая обработка; целлюлозная матрица; биотоксичность.

The possibility of using of inulin-containing raw materials for the synthesis of silver nanoparticles and their introduction into the polymer matrix for the development of textile materials and food packaging materials was investigated. Silver nanoparticles sols were obtained by the "green chemistry" method using hydrolyzates from dandelion roots. The introduction of silver nanoparticles into the cellulosic matrix was performed using ultrasound. SEM images of materials with attached silver nanoparticles were obtained. An assessment of the toxicity of materials was done.

Keywords: silver nanoparticles; textile material; packaging material; ultrasonic treatment; cellulose matrix; biotoxicity.

Необходимость совершенствования технологических процессов и получения новых материалов с улучшенными характеристиками привела к значительному увеличению числа исследований, посвященных получению, изучению свойств, а также применению наночастиц серебра. В настоящее время их синтез является одним из наиболее интенсивно развивающихся направлений коллоидной химии, однако, сдерживающим моментом является проблема дороговизны и потенциальной опасности реагентов, используемых при получении наночастиц. Замена традиционных химических и физических методов синтеза методами «зеленой химии» имеет своей целью удешевить получение наноразмерных частиц серебра и сделать его более экологичным. Поэтому сейчас необходимо уделять внимание нетрадиционным способам с использованием доступного возобновляемого сырья, пригодного для синтеза наночастиц. В качестве таких возобновляемых сырьевых ресурсов могут выступать многочисленные культурные и дикорастущие растения, а также отходы пищевых производств, содержащие сахара терпеноиды, полифенолы, фенольные кислоты и белки, играющие важную роль в биовосстановлении ионов металла с образованием наночастиц.

Возможность варьировать состав реакционной смеси и условия проведения реакции путем изменения температуры, pH, а также использование разнообразных растительных экстрактов, выполняющих роль «зеленых реагентов», позволяет создавать наночастицы различных металлов определенного размера и формы.

Учитывая, что «зеленый» синтез наночастиц с использованием растительных материалов вызывает значительный интерес, необходимо изучить различные аспекты получения и потенциальные возможности применения наночастиц для разработки новых перспективных материалов.

В настоящее время при создании современных упаковочных материалов для пищевых продуктов и антибактериальных текстильных материалов все шире используются нанотехнологии, позволяя получить материалы с антимикробными свойствами и безопасные для здоровья человека.

Целью работы является изучение возможности применения нетрадиционных восстановителей, таких как гидролизат корней одуванчика лекарственного, при синтезе наноразмерных частиц серебра и их внедрения в целлюлозную матрицу для получения материалов с антимикробными свойствами.

Экспериментальная часть

В состав корней одуванчика лекарственного входят полисахариды, прежде всего, фруктозаны и инулин (его содержание колеблется от 20 до 40 %), а также фруктоза (5,3 %), сахароза (1,8 %), небольшие количества пектина, смол и слизи, различные флавоноиды, терпеноиды, фенольные кислоты.

Для получения гидролизата инулинсодержащее сырье измельчали до однородной массы с размером частиц 5 мм, загружали в коническую колбу с мешалкой и заливали дистиллированной водой в соотношении 1:7 с учетом влажности материала. К смеси добавляли порциями раствор лимонной кислоты до pH 3,0 и нагревали при 80°C в течение 45–60 мин при постоянном перемешивании. Смесь охлаждали, отфильтровывали и нейтрализовывали раствором гидрокарбоната натрия (NaHCO₃) до pH 4,5.

Наночастицы серебра получали путем восстановления водного раствора нитрата серебра квалификации «х.ч.» (C(AgNO₃) = 0,005 моль/л). В качестве восстановителя использовали водные гидролизаты инулинсодержащего сырья, полученные из корней одуванчика лекарственного. Все растворы готовили на дистиллированной воде. Золи наночастиц серебра получали смешением растворов нитрата серебра с гидролизатами корней одуванчика лекарственного в соотношении объемов 1:1–1:5. Обработку смеси проводили 10 %-м раствором гидроксида аммония (квалификации «х.ч.») при pH среды 8–9. Затем золь нагревали в течение 30–40 мин при температуре 70°C. Оптические спектры поглощения золь серебра регистрировались при комнатной температуре в области 350–500 нм на спектрофотометре U-2001 (Япония) в кварцевой кювете, длина оптического слоя – 1 см.

Обработку целлюлозосодержащих материалов золью наночастиц серебра проводили с помощью ультразвука. Образцы целлюлозы и целлофана помещались в стаканчики со свежеприготовленным золью наночастиц серебра, которые устанавливались в емкость ультразвукового диспергатора УЗДН-2т с частотой излучения 44 кГц и выдерживались в течение 1, 10, 20 и 30 мин. Далее образцы промывали дистиллированной водой с целью удаления слабо закрепленных наночастиц и высушивали. Определение закрепления наночастиц серебра на целлюлозных материалах производилось методом сканирующей электронной микроскопии на микроскопе TESCAN VEGA 3 SBH.

Обсуждение результатов

Окраска золь наночастиц серебра, полученных путем восстановления нитрата серебра и гидролизатом из корней одуванчика, изменилась от светло- до темно-

желтого. Известно, что для наночастиц серебра сферической формы и диаметром до 40 нм свойственна желтая окраска. Такая окраска золь наночастиц серебра обуславливает появление характерной для коллоидных наночастиц полосы поглощения при длине волны 410–420 нм. С целью подтверждения образования наночастиц серебра был снят спектр поглощения коллоидного раствора, полученного путем восстановления нитрата серебра гидролизатом из корней одуванчика (рис. 1).

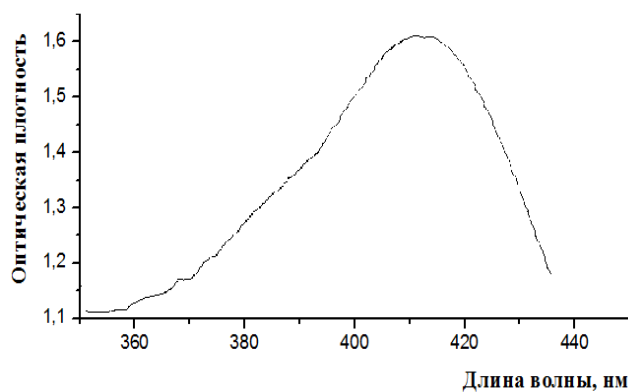


Рис. 1. Электронный спектр поглощения золя наночастиц серебра

На снимке поверхности тонкой углеродной подложки, на которую предварительно был нанесен и высушен золь, полученный восстановлением гидролизатом из корней одуванчика (рис. 2), отчетливо видны скопления наночастиц серебра.

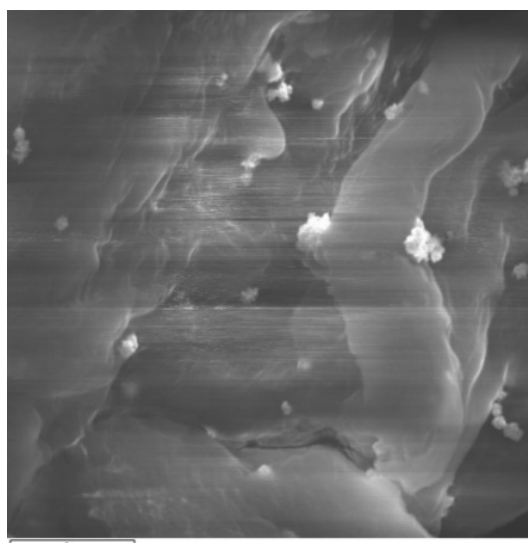


Рис. 2. СЭМ- изображение поверхности углеродной подложки с нанесенным золем наночастиц серебра

Полученные золи были использованы для нанесения наночастиц серебра на целлюлозные материалы /пленки с помощью ультразвука. Целлюлозные образцы, которые могут быть использованы при изготовлении текстильных материалов и упаковки для пищевых продуктов, помещали в стаканчики с золем наночастиц серебра, обрабатывали ультразвуком, промывали водой и высушивали. Обработка ультразвуком является способом управления размерами наночастиц, применяемым в научной практике, а также способствует их закреплению на поверхности (в порах) материала. При этом происходит разрушение конгломератов наночастиц и закрепление наночастиц серебра благо-

даря силам межмолекулярного взаимодействия. В процессе ультразвуковой обработки достигается температура, достаточная для расплавления материалов в местах контактов с наночастицами серебра, что свидетельствует в пользу того, что частицы удерживаются на поверхности наноматериалов за счет физической адсорбции.

Эффективность закрепления наночастиц серебра зависит от материала, на который они наносятся, и от свойств наночастиц. На стадии промывки удаляются слабо закрепленные наночастицы серебра. На стадии высушивания степень закрепления наночастиц серебра увеличивается, если высушивание происходит при повышенной температуре. Наночастицы серебра наносятся в основном на поверхность полимера или пленки. В результате такого подхода расход серебра значительно ниже по сравнению с материалами, где наночастицы серебра сосредоточены в основной массе полимера или пленки, что приводит к повышению эффективности и снижению стоимости такого материала. Достоинствами данного метода являются также низкая степень миграции наночастиц серебра в пищевой продукт и высокоэффективное использование наночастиц серебра.

Придание текстильным материалам антибактериальных свойств осуществляет защиту поверхности материала от действия различных микроорганизмов, а также защиту человеческого тела от действия патогенной микрофлоры. Наиболее часто с этой целью применяют пропитку антимикробными препаратами (биоцидами), однако, такие вещества могут быть токсичны для человека и окружающей среды. Использование в качестве биоцидной добавки наночастиц серебра позволяет создавать новые материалы с биоцидными свойствами широкого спектра действия. Модифицированные серебром материалы способны проявить определенный лечебный и обеззараживающий эффект и, таким образом, оказывать лечебное воздействие.

В результате визуальной оценки полученных материалов с закрепленными наночастицами, было обнаружено, что они имеют слегка желтоватую окраску в отличие от белых исходных образцов материала.

Полученные образцы были исследованы методом сканирующей электронной микроскопии. СЭМ-изображения целлюлозного материала свидетельствуют о наличии закрепленных на его поверхности наночастиц серебра сферической формы (рис. 3).

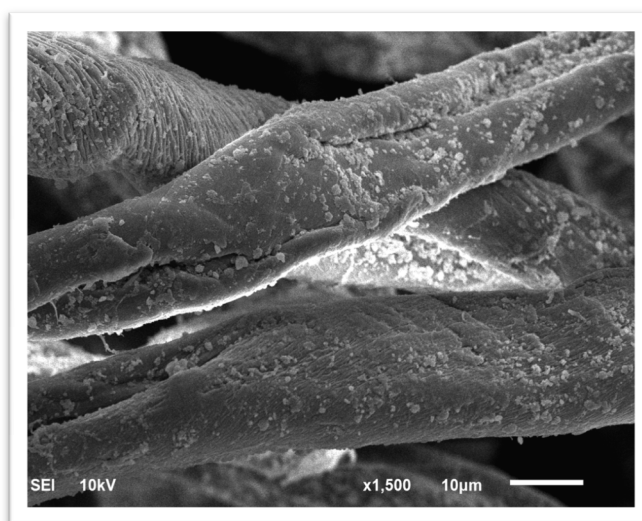


Рис. 3. Микроструктура целлюлозы, полученной методом нанесения на нее раствора наночастиц серебра с использованием ультразвука

Для определения безопасности полученных образцов при их использовании в качестве упаковочных материалов или тканей был использован токсикологический метод анализа водных вытяжек, которые контактировали с материалами, содержащими нано-

частицы серебра. Оценку острой токсичности водной вытяжки, содержащей наночастицы серебра, проводили по двум методикам: по смертности дафний и по изменению оптической плотности культуры водоросли хлорелла. Результаты определения острой токсичности водных вытяжек, содержащих наночастицы серебра, методом биотестирования свидетельствуют о том, что полученные наноматериалы являются безопасными для человека и могут быть использованы для изготовления упаковок для пищевых продуктов, а также в качестве материалов медицинского назначения.

Заключение

Таким образом, метод нанесения раствора наночастиц серебра на полимер/пленку с использованием ультразвука является эффективным при изготовлении текстильных материалов и материалов упаковки с антимикробными свойствами. Полученные наноматериалы могут использоваться при изготовлении текстильных изделий медицинского назначения и упаковок для различных пищевых продуктов и изделий, где актуальным является поддержание асептических условий продолжительное время.

ЛИТЕРАТУРА

1. Козлова Е.С., Никифорова Т.Е. Внедрение наночастиц серебра в целлюлозную матрицу для получения упаковочных материалов для пищевых продуктов // ЖПХ. 2015. Т. 88. Вып. 4. С. 607–615.
2. Козлова Е.С., Никифорова Т.Е. Токсикологическая оценка целлюлозных материалов, содержащих наночастицы серебра / Проблемы медицинской микологии. 2015. Т. 17. №2. С. 85. (XVIII Кашкинские чтения).
3. Козлова Е.С., Никифорова Т.Е. Закономерности образования наночастиц серебра на целлюлозных полимерах и оценка их токсичности // Современные научные исследования и инновации. 2014. № 12 [Электронный ресурс]. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2014/12/39482>.

УДК 677.027:677.047.6:677.842.314

ИННОВАЦИОННЫЕ РАЗРАБОТКИ В ОБЛАСТИ ОТДЕЛКИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Одинцова О.И.

Ивановский государственный химико-технологический университет,
153000, Россия, г. Иваново, пр. Шереметевский, д. 7

E-mail: odolga@yandex.ru

В работе описаны перспективные направления в области создания технологий получения многофункционального текстиля, способного благоприятно воздействовать на здоровье человека. Показаны теоретические и практические аспекты получения и применения серебросодержащих препаратов, придающих текстильным материалам бактерицидные и профилактические свойства. Отражены вопросы получения тканей с токопроводящими свойствами.

Ключевые слова: полиэлектролиты, наночастицы, нанокапсулы, бактерицидные ткани, антибактериальная отделка, токопроводящие ткани.

Традиционный текстиль активно замещается «умными» материалами медицинского, бытового, технического, информационного назначения, с инновационными видами отделок, для получения таких текстильных материалов используют наукоемкие нанотехнологии, в основе которых лежат различные способы синтеза микрокапсул, включающих функциональные вещества. Наиболее популярным является метод создания микрокапсул, основанный на послойной (Layer-by-Layer) электростатической самосборке (Electrostatic Self-Assembly) противоположно заряженных полиэлектролитов на коллоидных наноразмерных частицах, что обусловлено возможностью широкого применения полиэлектролитных капсул в медицине, фармацевтической, косметической, пищевой, текстильной промышленности и сельском хозяйстве. Формирование оболочек капсул может осуществляться как на темплатах, так и на частицах наноэмульсий. В работе использованы как синтетические (полидиаллилдиметиламмоний хлорид, акремоны), так и натуральные (альгинат натрия, хитозан, гуаровая камедь) полиэлектролиты.

Выполненные исследования направлены на создание полиэлектролитных микрокапсул непосредственно в процессе эмульгирования с использованием приемов метода коацервации, позволяющего упростить технологию получения капсул.

Согласно принятым представлениям на начальной стадии происходит зарождение сферических мицелл, которые в дальнейшем образуют более сложные структуры. При введении в систему противоположно заряженного полиэлектролита наблюдается электростатическое взаимодействие между катионным полиэлектролитом (КПЭ) и анионным ПАВ. Это приводит к образованию «мягких» микрокапсул, и, соответственно, стабилизирует рассматриваемую систему. Дальнейшее введение анионного полиэлектролита приводит к образованию более плотной оболочки капсулы.

Наноэмульсии готовили на основе маслорастворимых витаминов и биологически активных веществ, которые окрашивали жирорастворимым красителем суданом красным IV. В качестве эмульгаторов опробованы неионогенные (оксиэтилированные алкилфенолы и производные жирных спиртов), а также анионоактивные ПАВ различного химического строения. Наиболее устойчивая прямая эмульсия получена при введении в систему Карбоксилав, Эмполо 10 и Синтанола АЛМ-10. Средней эмульгирующей способностью обладают Эмпол С-10, Эмпол 8 и Эмпол 12.

Выявлено влияние природы поверхностно-активных веществ, используемых в составе наноэмульсий на размеры синтезируемых капсул. Размер частиц определяли на приборе Photocor Compact-Z методом динамического рассеяния света делали фотографии, используя микроскоп Микмед-6 со съемной фотокамерой.

Сравнение полученных капсул, содержащих масло грейпфрута при использовании для эмульгирования различных ПАВ показало, что минимизировать их размер позволяет применение в процессе эмульгирования неионогенного ПАВ синтанола АЛМ-10. В этом случае размер капсул составляет от 9 до 13 нм. Если эмульгирование осуществляли с помощью смеси карбоксилав и неолола АФ-9/10 размер синтезированных капсул увеличивался до 45–185 нм.

В случае капсулирования витамина А минимальный размер капсул – 33,9 нм также достигается при использовании синтанола АЛМ-10, при эмульгировании масляного субстрата смесью неолола АФ 9/10 и карбоксилав размер капсул возрастает до 174,1 нм.

Размер формируемой капсулы определяется природой и концентрацией в системе масляного вещества. Капсулирование при одинаковых условиях масел грейпфрута и розмарина позволяет получить капсулы различного размера. При концентрации масла розмарина в эмульсии 5г/л размер капсул в системе составляет от 25,07 до 155,5 нм. Увеличение концентрации масла розмарина до 50 г/л практически не влияет на размер капсул (средний размер 75–121 нм).

Получить устойчивые системы, содержащие капсулированные вещества удалось посредством подбора стабилизаторов. В результате исследований разработаны методики синтеза бислойных и тетраслойных оболочек капсул, содержащие масляные растворы функциональных веществ.

Разработаны технологические схемы отделки БАВ, ароматической и репеллентной отделок целлюлозных тканей, включающие пропитку капсулированным препаратом, сушку при температуре 100°–130 °С, послойное закрепление (Layer-by-Layer) противоположенно заряженными полиэлектролитами, конвективную или контактную сушку. Разработанные технологии рекомендованы в качестве базовых для полупроизводственных испытаний. В настоящее время ведется прототипирование акарицидно-репеллентной отделки в условиях производства ООО «Умный текстиль» в г. Шуя.

Актуальным направлением в развитии сегмента рынка «Хелснет» является создание текстильных материалов с антимикробной отделкой на основе инновационных технологий, в том числе с использованием серебросодержащих препаратов. Серебро – это натуральный антисептик, подавляющий большинство болезнетворных микробов, вирусов, грибков. Его антибактериальные свойства стимулируют специфическую защиту человеческого организма, что особенно полезно при низкой иммунной активности. Текстильные изделия с серебросодержащей отделкой можно рекомендовать для взрослых и детей, которые страдают кожными заболеваниями (атопический дерматит, экзема, псориаз и др.) и чья кожа нуждается в дополнительной защите.

В работе был изучен целый спектр восстановителей, обеспечивающий синтез наночастиц серебра, а именно: глюкоза, аскорбиновая кислота, дитионит натрия, тиомочевина и др. Однако наиболее перспективным с точки зрения синтеза наночастиц серебра для создания «чистых» антибактериальных препаратов, которые можно использовать в медицинской практике является глуксаль. В результате реакции взаимодействия нитрата серебра и глуксали в качестве побочного продукта образуется 2,2-бисимидазол, который обладает высокой антибактериальной активностью.

Полученные наночастицы серебра, характеризующиеся практически монодисперсностью, что требуется при разработке лекарственных препаратов. Эффективность антимикробного действия разработанного препарата подтверждается по отношению грамм-положительным и грамм-отрицательным бактериям. Разработана технология иммобилизации антибактериального препарата на текстильном материале.

Опробованные способы придания текстильным материалам антибактериальных свойств включают:

Нанесение на текстильный материал разработанного препарата и инкорпорирование его в структуру текстильного материала методом УЗ-обработки.

2. Иммобилизация синтезированных наночастиц с использованием разноименно заряженных полиэлектролитов методом послойного нанесения.

3. Инкорпорирование синтезированных наночастиц серебра в структуру геля, нанесенного на текстильный материал.

4. Создание на текстильном материале нанослоя «депо» с включенными наночастицами серебра.

5. Топирование наночастицами серебра оболочек нанокапсул, несущих лечебный препарат.

Было предложено топить оболочки капсул наночастицами серебра и наполнять антибактериальными препаратами, что позволяет придавать текстильным материалам антибактериальные свойства пролонгированного действия.

Модификация стенки капсулы путем варьирования количества нанесенных слоев, выбора материала оболочки и способа введения наночастиц металлов в ее структуру позволяют целенаправленно регулировать свойства и функции капсулы.

Одним из перспективных типов ядер для формирования полиэлектролитных капсул являются микрочастицы карбоната кальция. С целью получения сферических микрочастиц карбоната кальция смешивали растворы карбоната натрия и хлорида кальция. В результате данной реакции образуется выпадающий при быстром смешивании растворов аморфный осадок CaCO_3 , который после завершения процесса отмывали от ионов Na^+ и Cl^- дистиллированной водой и выпаривали в тигле до полного высыхания.

Изучено влияние времени перемешивания реакционной смеси при постоянной скорости гомогенизатора и скорости перемешивания на размерные характеристики темплатов CaCO_3 . Для измерения размера полученных частиц карбоната кальция и определения распределения размеров частиц был использован метод лазерной дифракции на приборе Analysette 22 NanoTec. Как видно из представленных данных оптимальная скорость перемешивания составляет 700 об/мин. При увеличении времени перемешивания от 0,5 до 5 минут происходит уменьшение размеров частиц карбоната кальция от 8,0 до 4,99 мкм. Перемешивание реакционной смеси более 5 минут не приводит к изменению размеров синтезированных частиц.

Для нанесения полиэлектролитных слоев на частицы использовали метод полиионной сборки, который осуществлялся последовательной обработкой разноименно заряженными полиэлектролитами. Перед нанесением каждого последующего слоя оставшиеся молекулы полимера должны быть удалены, чтобы избежать образования комплексов в растворе. С этой целью полученные частицы промывали дистиллированной водой.

Капсулы топированные наночастицами серебра были синтезированы при использовании для формирования первого слоя оболочки катионного полиэлектролита, второго слоя оболочки – анионного полиэлектролита, третьего слоя раствора наночастиц серебра. Далее тем же методом было нанесено 2 слоя, которые включали анионный и катионный полиэлектролиты. Размер синтезированных капсул топированных наночастицами серебра составил 500–890 нм. Можно сделать вывод, что в процессе растворения темплата происходит «сжатие капсулы», что характеризует усиление электростатического взаимодействия противоположно заряженных полиэлектролитов и самоорганизации более плотной оболочки.

В последние годы достаточно активно ведутся исследования и разработки в направлении создания гибкой «носимой» электроники, способной превратить в цифровые устройства одеваемые людьми вещи или предметы повседневного обихода. Но успехи в этом направлении пока еще весьма посредственны в силу нескольких причин, и в первую очередь из-за того, что нынешние электронные технологии достаточно громоздки и неудобны для того, чтобы встраивать их в предметы одежды, не доставляя, при этом, неудобств их владельцам.

С нашей точки зрения можно решить вышеуказанную проблему с помощью графена, представляющего собой форму углерода, кристаллическая решетка которого имеет одноатомную толщину.

На кафедре ТЭП (Технологии электрохимических производств) нашего университета разработана технология получения коллоидного раствора оксида графена.

В настоящее время начаты работы по созданию технологии дешевой и эффективной модификации хлопка графеновыми материалами с целью придания ткани электропроводности. Ключом к легкому нанесению и прочности к стиркам (и другим воздействиям) является использование коллоидного раствора оксида графена, который образует с хлопком связи, аналогично активным красителям, чем обусловлена устойчивость к физико-химическим обработкам. Такие структурные особенности позволяют модифицировать текстильные материалы, используя традиционное оборудование.

Коллоидный раствор оксида графена был получен путем электрохимической эксфолиации по способу, ранее не использовавшимся в промышленности. Исходным ма-

териалом служил очищенный природный графит. Процесс эксфолиации проводился в квазипотенциостатическом режиме в растворе серной кислоты. В дальнейшем проводилось очищение растворов от остатков кислоты и активация частиц с использованием ультразвука, а также седиментационное отделение частиц заданных размеров с помощью центрифугирования. Хлопчатобумажные ткани были пропитаны полученным коллоидным раствором при комнатной температуре в течение 10–50 минут. Обработанные ткани сушили при температуре 60–90 °С. Экспериментальные данные подтвердили эффективность использования ультразвука в ходе проведения процесса. Восстановление оксида графена, нанесенного на текстильный материал проводили растворами гидразина, глюкозы, дитионита натрия. В результате были получены текстильные материалы, обладающие высокими токопроводящими свойствами.

ТЕКСТИЛЬ И МЕДИЦИНА – 25 ЛЕТ ВМЕСТЕ

TEXTILE AND MEDICINE - 25 YEARS TOGETHER

Олтаржевская Н.Д.

ООО «Колетекс»,
115093, Россия, г. Москва, ул. Павловская, д.21

Oltarzhevskaya N.D.

Coletex Ltd.,
115093, Russia, Moscow, st.Pavlovskaya 21

koletex@list.ru

Статья посвящена созданию лечебных материалов на текстильной («Колетекс») и полимерной («Колегель») основе, выбору метода нанесения на текстиль биополимерной композиции из загустителя альгината натрия и субстанций лекарств, обоснованию целесообразности использования плоскошаблонной печати.

Проанализирован принцип выбора полимеров и лекарств в зависимости от специфики раневого процесса. Предложено использовать гидрогелевую композицию не только для нанесения на текстиль, но и в самостоятельном плане, приведены способы регулирования параметров композиции. Подтверждена необходимость совместного решения исследователями и технологами задач, стоящих при разработке и выпуске материалов «Колетекс» и «Колегель».

Ключевые слова: медицинские изделия, фармсредства, текстильная печать, загустители, альгинат натрия, радиопротекторы, антиоксиданты.

The article is devoted to the creation of therapeutic materials on textile (“Coletex”) and polymer (“Colegel”) basis, the choice of a method for applying a biopolymer composition from a thickener of sodium alginate and drug substances to textiles, and the rationale for the use of flat-plate printing.

The principle of choice of polymers and drugs is analyzed depending on the specifics of the wound process. It is proposed to use a hydrogel composition not only for application to textiles, but also in an independent plan, and methods for controlling the parameters of the composition are given. The necessity was confirmed of the joint solution by researchers and

technologists of the tasks involved in the development and production of Coletex and Colegel materials.

Keywords: medical devices, pharmaceuticals, textile printing, thickeners, sodium alginate, radioprotectors, antioxidants.

При производстве современных изделий все больше используются технологии, характерных для различных областей знаний, что позволяет создавать инновационный продукт с комплексом неожиданных, новых свойств.

Мы – научно-производственная организация ООО «Колетекс», – занимаемся созданием медицинских изделий, а именно лечебных материалов, заменяющих системное – пероральное или внутривенное введение больным лекарственных препаратов на местное, легче переносимое, снижающее дозную лекарственную нагрузку на пациента. Мы понимаем, что своими силами сегодня не можем создавать сложные по химическому строению таргетные материалы и на их основе препараты со структурой, целенаправленно бьющие в цель. Мы создаем технологии, позволяющие максимально близко к цели – очагу поражения подвести лекарство.

При создании лечебных материалов направленного лечебного действия для различных областей медицины мы использовали технологии, широко применяемые в текстильной промышленности и, в частности, в химической технологии текстильных материалов, а так же в полимерной химии и медицине. Сегодня новую, интересную современную продукцию, в том числе, для медицины, можно разрабатывать и производить только на стыке наук. Из текстильных технологий, применяемых в отделочной отрасли, мы взяли как базу технологию текстильной печати как в части нанесения композиции, так и ее приготовления. В части приготовления композиции – аналогия с загусткой, в которую вместо красителя введена субстанция лекарства. Если лекарство мало растворимо, то это аналогия с дисперсным красителем, хорошо растворимо – с активным. При выборе загустителей тоже существуют аналогии. Мы чаще всего используем соли альгиновой кислоты, альгинаты, прекрасно известные в технологии печати тканей активными красителями, но дополнительно, что важно нам, выпускаются в «чистых» формах, пищевой и медицинской. Наш выбор также связан с важными для медицинского применения хорошими восстанавливающими (регенерирующими), кровоостанавливающими и другими свойствами этого полимера. Отметим, что кроме альгината можно использовать NaКМЦ, соли хитозана, гиалуроновой кислоты, применяя их совместно и в различных соотношениях. Если говорить о текстильном материале, то он не может быть плотным, он должен быть объемным, чтобы в нем как в «депо» распределилась композиция с лекарством, быть мягким, не травмирующим рану, не оставляющим в ней волоконце, хорошо прилегать к поверхности. Поэтому мы начали с использования трикотажных полотен, содержащих хлопковые и вискозные волокна, затем перешли на нетканые.

Как «работает» создаваемый материал? После нанесения на текстильную основу загущенной печатной композиции с лекарством и сушки препарат располагается в «депо» – в объеме полимера-загустителя и вместе с ним – на поверхности и в объеме текстиля. При смачивании лечебного материала (принудительно водой, или физиологической жидкостью, например, кровью) происходит неограниченное набухание полимера и его биодеградация, лекарство высвобождается (скорость высвобождения зависит от скорости набухания) и поступает в очаг поражения, пролонгировано и дозировано. Лечебная композиция наносится (печатается) только на одну сторону текстиля, другая (наружная) защищает рану от внешнего воздействия.

Какой способ печати мы выбрали? Плоскошаблонную печать. Причин несколько. Первая – медицина как область деятельности и само фармпроизводство, в том числе выпуск перевязочных и подобных медицинских изделий в частности, выставляют неимо-

верножесткие, сложные требования к технологическому процессу создания изделий. Например, сушить полотна с композицией, содержащей лекарства, можно только при низкой (относительно) температуре (~ до 45 °С), нельзя пользоваться высокой циркулирующей воздухом, т.к. полотна с загусткой «коробят». После печати материал уже не промывают – только нарезают на салфетки различных размеров, упаковывают и стерилизуют радиационным способом. В таком варианте (низкая температура сушки) печатная машина должна работать с неоправданно малыми скоростями. Если это машина с гравированными валами, то нужна специальная сушилка большого объема, иначе полотна не высохнут, а если у машины сетчатые валы, они не позволят получить большой (а нужен очень большой, чтобы достичь высокой концентрации лекарства) привес композиции на ткани. Печатные каретки теоретически возможно использовать, но возникает проблема «приклеивания» текстиля: клей на органических продуктах непозволителен для использования в медицине. Кроме того, широкий ассортимент продукции (мы, например, выпускаем более 20 вариантов салфеток), который создается «под заказ», требует постоянного мытья оборудования (и очень тщательного – медицина!), или, если выпускать большими партиями, то не избежать работы «на склад». Сегодня для малого предприятия это абсолютно не экономично. Один пример: мы в Голландии попытались выпустить на печатной машине Stork гемостатический материал на привезенном из России нетканом полотне и с используемой нами композицией на основе альгината. От большого привеса композиции даже при минимальном натяжении полотно рвалось, в сушилке сохло плохо. То же и на шпреди́нг-машинах для заключительной отделки. Поэтому мы пошли по пути использования плоских шаблонов, они позволяют часто менять ассортимент, их легко мыть, они легкие, с металлическими рамами. Сегодня выпускаемый нами ассортимент перевязочных материалов – салфеток, аппликаций с различными лекарствами, пластырей, очень велик – 20 вариантов, их название и торговый знак – «Колетекс», что значит «композиционный лечебный текстиль». Почему так много? Иначе не выжить, с учетом экономики и современного рынка. Каждому врачу, у которого всегда свое виденье процесса лечения, каждой клинике и каждому пациенту в зависимости от специфики протекания заболевания, его состояния, нужно свое средство. Создавая новые варианты лечебных материалов, мы все время должны думать: «Что есть на рынке? Кто наши конкуренты? Что с ценой?». И, например, встает вопрос: если есть салфетки с антисептиком фурагином, нужны ли салфетки с антисептиком близкого действия хлоргексидином? А с серебром? В научном плане такая разработка интересна, полисахариды и, в частности, альгинат способствуют образованию наночастиц серебра, но что до этого потребителю? Антисептический материал с серебром имеет преимущества перед антисептическим материалом с хлоргексидином (например, широкий спектр воздействия на микроорганизмы, отсутствие привыкания), но достаточно существенные ли они? Если цена выше – не приведет ли это к его низкой реализации? Или надобно для хорошей реализации получить какое-то «добавочное» свойство? Например, к диоксидину, антисептику, мы добавили лидокаин и получили салфетку с антисептическим и обезболивающим эффектом, хорошо реализуемую. Жизнь заставляет нас все время кроме научных задач решать маркетинговые и коммерческие вопросы. Искать нишу для своей продукции. Не бросая производство антисептических и кровоостанавливающих салфеток, мы занялись продукцией для онкологии. Салфетки и онкология – это кажется на первый взгляд не соединяемым, по меньшей мере странным. Но появились области, где это применимо. Например, в онкодерматологии, при лечении не только рака кожи, но и предраковых состояний – базелиом, и т.д. Встал вопрос: какие лекарственные препараты использовать в такой салфетке? Вариантов у нас было очень-очень мало. Это должен был быть отечественный препарат и относительно недорогой. Мы должны были получать на выпуск этой салфетки разрешение Минздрава, Росздравнадзора – это самая тяжелая, трудоемкая, длительная, дорогая процедура. Выбор лекарственного препарата мы никогда не проводим сами. Делать это мо-

гут только врачи, причем не один, а несколько, желателен серьезный консилиум, ведь у врачей тоже свои пристрастия. И только потом, достигнув консенсуса, поняв, что это действительно нужный и востребованный вариант, что выбранный препарат есть на фармацевтическом рынке в виде субстанции, следует начинать прорабатывать технологию получения изделия и его применения. Практически каждый раз, когда мы готовимся разрабатывать и выпускать затем на рынок новое изделие, перед нами стоят новые и порой разноплановые научные задачи. Следует на этом подробнее остановиться, т.к. на мой взгляд этот момент требует отдельного осмысления. Чаще всего каждое новое изделие – это диссертация нашего сотрудника, работающего в ООО «Колетекс». Порой и специалиста-медика. От нашего сотрудника, химика-технолога, требуется не только разработка технологии получения изделия, но и изучение физико-химических и механических особенностей его поведения и при использовании, и при получении, и при реализации (например, обоснование условий хранения), изучение закономерностей, например, кинетических, определяющих концентрацию лекарства в очаге поражения, т.е. влияющих на время применения материала, на время замены салфетки, присущих использованию только этого изделия, и тогда, основываясь на этих знаниях, можно грамотно, научно обосновано создавать композицию, выбирать ее компоненты, в т.ч. биополимеры и т.д. Это специфика работы по созданию лечебных медицинских изделий. Поэтому в такой научно-производственной структуре как ООО «Колетекс» должны работать не только химики-технологи, например, выпускники кафедры ХТВМ. У нас в штате – выпускники разных факультетов Российского химико-технологического университета им. Д.И. Менделеева, Первого Московского государственного медицинского университета им. И.М. Сеченова, фармакологического факультета и лечебного, нужен экономист, инженер-механик для работы с оборудованием. Конечно, мы не все сами можем сделать, и поэтому мы заключаем научные договоры и с клиниками, и с НИИ, и с ВУЗами, но наш штат тоже должен иметь специалистов разного профиля. Можно на примерах, говоря о научных проблемах, возникающих при создании новых материалов, проиллюстрировать это.

Например, область применения разрабатываемых материалов «Колетекс» – онкология. Первый препарат, который мы использовали в салфетках для применения в онкологии, был 5-фторурацил (5-ФУ), цитостатик, применяемый обычно перорально или инъекционно при лечении плоскоклеточного рака, наиболее широко распространенного. В нашем случае салфетка накладывается местно на область поврежденных тканей, на кожу. Нам надо было доказать, что цитостатик в этом варианте, т.е. проникая к опухоли трансдермально или через поврежденную кожу, «работает». Провели токсикологическое изучение при разрешенных дозах препарата, получили хорошие результаты, но как доказать, что препарат воздействует на опухолевые ткани? Специфика его использования согласно литературным данным заключается в том, что «работает» не сам препарат, а его метаболит, который образуется при прохождении препарата после его системного введения через печень или под действием специальных ферментов. В нашем случае препарат через печень не проходит. Мы провели исследование на животных – мышах и крысах в виварии Российского научного центра радиологии и хирургических технологий имени академика А.М. Гранова, Санкт-Петербург, где мышам перерывали опухоли, и затем их лечили (накладывали на область опухоли наши салфетки). Опухоль после наложения салфетки с цитостатиком становилась меньше, заметно меньше. Но Фармкомитет Минздрава РФ требовал от нас ответа – почему? Пришлось заказывать научное исследование в Московском научно-исследовательском онкологическом институте имени П.А. Герцена, где выяснили, что при наложении салфетки на слизистую начинают «работать» определенные виды имеющихся там ферментов, которые «запускают» механизм образования метаболита 5-ФУ. Доказали. Следующий момент – это получение разрешения, чтобы выпускать изделия не как фармформу, а именно как медицинское изделие, на производстве ООО «Колетекс», аттестованном

для выпуска медизделий (класс 2а,б). Здесь нужно найти аналог выпускаемому средству. Слава богу, до войны выпускалась мазь с 5-ФУ не как фармакологическое средство (например, свечи с 5-ФУ – фармакологическое средство), а как медицинское изделие. Аналогия сработала. Разрешили и нам выпускать салфетку с 5-фторурацилом как медицинское изделие, а не фармакологическое средство (для этого наше предприятие не предназначено). И так сложно всегда.

Мы сделали материал с 5-ФУ (салфетка «Колетекс 5-фтур») для применения не только в химиотерапии онкологических заболеваний, но и в лучевой, т.к. 5-ФУ является радиомодификатором и увеличивает эффективность лучевой терапии. Однако надо не только увеличивать эффективность лучевого воздействия, но и защищать здоровые ткани от лучевого повреждения. Как? Облучение – радикальный процесс. Как защитить попадающие в зону облучения ткани? Какой брать препарат, какой полимер? Препарат – понятно, антиоксидант и иммуномодулятор. А полимер? Опять нужны исследования. Проведенная совместно с Российским химико-технологическим университетом им. Д.И. Менделеева научная работа показала, что среди изучаемых биополимеров – хитозана (сукцинат), Na-КМЦ, альгинатанатрия лучший для наших целей – альгинат.

А какой препарат? Это еще одна диссертация. Ясно, что нужен антиоксидант, но какой? Опять научное исследование. Начали работать совместно с институтом химической физики им. Н.М. Эммануэля РАН. Выбор проводили среди наиболее распространенных отечественных лекарственных препаратов – антиоксидантов. Но вставали вопросы, требуемые научного осмысления: какой показатель определять, как моделировать внешнюю (раневую) среду? С помощью ученых из института химфизики им. Н.М. Эммануэля РАН удалось создать модель, соответствующую по литературным данным и их исследованиям по показателю антиоксидантной активности модели раны, после чего определяли методом хемилюминесценции показатель антиоксидантной активности препаратов в ране – K_7 . Рану имитировали (с точки зрения радикального процесса) хемилюминесцентной моделью низкотемпературного инициирования окисления кумола при $t = 37^\circ\text{C}$. Стандартную концентрацию перекисных радикалов обеспечивали стандартным инициатором – азобутиронитрилом (АИБН). Среда, в том числе для набухания альгината, создавали ацетонитрилом и хлорбензолом (1:1) Генерация радикалов в ране рассматривалась как ответ на повреждение. В норме содержание эндогенных антиоксидантов известно – $18,6 \cdot 10^{-6}$ моль/мл плазмы, при патологии значение на 2–3 порядка меньше. Погрузив салфетку с лекарством в рану, можно смотреть, как действует лекарство и меняется антиоксидантный показатель K_7 . Эти исследования показали, что наиболее эффективно выпускать салфетки с такими лекарственными препаратами как мексидол и деринат (Таблица 1).

Объединение в одной салфетке радиопротектора и антиоксиданта – биополимера альгината натрия и лекарств мексидола или дерината дали очень хорошие результаты с точки зрения предотвращения последствий лучевой терапии. Использование такой салфетки позволило проводить эту процедуру без перерыва, сократить время госпитализации и, главное, уменьшить страдания больных. Использованная методика позволила обосновать время замены салфетки с конкретными лекарствами, например, мексидолом: изучая кинетику изменения K_7 в ране, установили, что она сохраняет нужные значения в течение 11 часов. Через 11 часов антиоксидантные свойства падают и салфетку надо менять. Эти исследования также помогли нам вместе с хирургами разработать салфетки для больных с трофическими язвами, в т.ч. с сахарным диабетом. Специфика лечения долго незаживающих ран и трофических язв (а это 30 млн. человек в мире) – обязательный учет причин их возникновения. Для трофических язв – это диабет, венозная недостаточность, пролежни и т.д. Биологические процессы, происходящие в таких ранах, приводят к изменению их антиоксидантного состава, развитию патогенных мик-

роорганизмов. Учитывая это, мы с врачами создавали средства для лечения ран, в т.ч. у больных сахарным диабетом, например салфетку «Колетекс-Мекс» с мексидолом.

Таблица 1. Изучение антирадикальной (антиоксидантной) активности лекарственных препаратов методом хемилюминесценции на модельной реакции инициированного окисления кумола (50 %) при T=60°C, инициатор – АИБН

Лекарственный препарат	$K_7 \cdot 10^{-4}, (\text{Mc})^{-1}$
Мексидол	2,8
Дезоксирибонуклеат натрия	1,3 – 1,5
Прополис	0,9 – 1,4
Эмоксипин	0,61
Пробукол	0,48

Специфика появления ран всегда учитывается и нами, и, главное, врачами. Пример – лечение огнестрельных ран. С этой целью была разработана салфетка «Колетекс-АГГДМ», в которой в состав наносимой на текстильную основу медикаментозной композиции входят антибиотик гентамицина сульфат, гидрокортизона ацетат, димексид и антиоксидант мексидол, чтобы купировать возникающие при таком повреждении специфические процессы, требующие введения большого количества антиоксидантов и серьезную антибактериальную защиту. В результате были созданы специальные салфетки с низкомолекулярными малотоксичными антибиотиками (обычно мы этого не делаем) и антиоксидантами для заживления мягкотканых повреждений. Целесообразность использования низкомолекулярных антибиотиков и глюкокортикоидных гормонов при местной терапии рассматривалась врачами в ряде работ. Указывалось, что низкомолекулярные антибиотики обладают минимальной местной токсичностью, стимулируют процессы заживления открытых мягкотканых повреждений. Поэтому врачи Главного Клинического Госпиталя МВД РФ и предложили такой состав для выпуска материалов для лечения огнестрельных ран.

По этой теме при разработке нового лечебного материала выполнено две диссертации. Одна у врачей, по местному лечению длительно незаживающих и огнестрельных ран, авторая – технологическая, в частности, в ней определяли, как меняется перекисное окисление липидов (ПОЛ) в биологических тканях пациентов, получающих лечение салфетками Колетексс мексидолом («Колетекс-мекс»). В тканях у этих больных, там, где есть ненасыщенные липиды, идет потребление кислорода, наблюдается выраженное длительное усиление перекисного окисления липидов и, соответственно, гибель клеток. При использовании разработанных салфеток ПОЛ снижается уже впервые дни на 10 %, сокращается количество погибших тканей.

Создание методики лечения с помощью салфеток «Колетекс», когда одна салфетка, созданная с конкретной целью, на определенном этапе лечения меняется на другую, с другими свойствами, другим препаратом – это работа врачей. И как показывает опыт, врачам часто не требуется системное введение антибиотиков или других лекарств, достаточно местного использования салфеток. Это помогает вылечить больного, снизить дозную лекарственную нагрузку на его организм, отказаться от госпитализации или сократить ее. Это основная цель использования лечебных материалов для местного направленного подведения лекарств. Но салфетку «Колетекс» можно положить не на любой очаг, доставить не к любому пораженному месту. А если повреждение в полос-

ти, например, ротовой? А если вагинальной, ректальной? Для этих целей опять же по желанию врачей были созданы гели «Колегель» – тоже как изделие медицинского назначения. Композиция, которая по технологии печати наносилась на текстильный материал при получении салфеток «Колетекс», стала выпускаться отдельно, под торговой маркой «Колегель». Стерильная, упакованная в тубы или шприцы. Тут тоже встал вопрос, – какой полимер брать за основу. Думали о КМЦ, альгинате, хитозане, гиалуронате натрия. КМЦ – он дешевый, разрешен в медицине, но собственных лечебных свойств почти нет. Альгинат способствует регенерации тканей, радиопротектор, гемостатик. Сукцинат хитозана (растворимая форма) тоже биологически активен, но, на наш взгляд его высокая цена не оправдывается достигаемыми с его помощью свойствами. Технологический и лечебный эффект не столь велики, а экономические вопросы, т.е. удорожание продукции, существенное. Гиалуронат – другое дело, много положительных, лишь ему присущих качеств, но он в наших композициях из-за реологических свойств может рассматриваться только в смеси с альгинатом. В частности, перед нами была врачами-урологами поставлена задача – создать гидрогелевый лечебный материал для использования в онкологии для лечения и предотвращения лучевого цистита – тяжелого осложнения при лучевом лечении органов малого таза, т.е. у онкологических больных при заболеваниях простаты, мочевого пузыря, прямой кишки гинекологической сферы и т.д. Это очень большое количество больных. Сегодня их лечат введением в мочевой пузырь самодельных «болтушек» и гиалуроната натрия в виде французского препарата «Урогиал», дорогого, но, главное, очень быстро покидающего мочевой пузырь, не удерживающегося в нем, а функция гиалуроната – это закрыть, защитить и восстановить внутреннюю стенку пузыря, гликозаминогликановый слой, в основе которого – гиалуронат. Из-за того, что лекарства так быстро вымываются, приходится часто их вводить, травмировать катетером и психологически больного. Мы много раз отмечали, что использование технологии, при которой лекарство вводится в гидрогель, позволяет пролонгировать его действие, так как доставка лекарства к очагу поражения в этом случае происходит по мере набухания и биодеградации геля. Этот прием мы использовали и при создании материалов для лечения урологических заболеваний – лучевого и других видов циститов, но в качестве гидрогелевой основы использовали смесь двух полимеров – альгината натрия и гиалуроната, и уже в эту композицию вводили лекарство. Изучение и получение этой композиции – это тоже отдельная диссертация. Надо было увеличить адгезию композиции к внутреннему слою, чтоб защитить его, снизить кровоточивость (за счет альгината), надо было пролонгировать действие лекарств, вводимых в композицию – анальгетика, который снимает у больных спазм и боль, и противовоспалительного препарата. Так был создан гидрогель «Колегель» с диоксидином и лидокаином («Колегель АДЛ»), который сегодня проходит испытания уже не как медицинское изделие, а как фармсредство. Сегодня уже созданы четыре геля «Колегель» с разными лекарствами и с биополимерами альгинатом и гиалуронатом натрия.

Однако в ряде случаев врачам неудобно использовать гели «Колегель» с лекарственными препаратами. Например, при их введении в гинекологическую область пациентка должна лежать, не двигаясь, иначе гель вытекает, при введении в ротовую полость он быстро проглатывается, а в ряде случаев надо пролонгировать его действие и, соответственно, присутствие во рту. Встал вопрос о создании более структурированных гидрогелевых материалов. Это была сложная работа (это тоже диссертация). Совместно с ИХР РАН была создана система, которая позволила добиться нужных технологических параметров желирования и разработать высокоструктурированные гидрогелевые материалы с разными лекарствами в форме диска, который можно длительно держать в ротовой полости, подводить непосредственно к очагу поражения, например, при лечении опухоли матки. Диск удерживается за счет адгезии к белковым тканям, и введенный в него цитостатик по мере набухания и биодеградации полимера высвобождается и воздействует на опухоль.

Диски «Колегель-диск» хорошо применимы также в проктологии, оториноларингологии. Время их действия зависит от количества жидкости в окружающем пространстве, т.е., как принято терминологически у химиков-технологов, от модуля ванны. Если жидкости много, например, в гинекологической сфере, диск биодеградирует (не виден зеркалом) через 24 часа, в гайморовой полости он работает 4–5 дней, а в околоушном пространстве виден через 10–12 дней. И все это время в полости есть полимер альгинат натрия, увеличивающий регенерацию поврежденных тканей, и лекарство – например, антисептик. В этом случае не надо больному делать перевязок, промывания и т.д. Интересно, что в основе разработок – научные диссертационные исследования химика-технолога, хирурга-оториноларинголога, онкогинеколога и сейчас делает диссертацию онкопроктолог.

Разрабатывая новый ассортимент, используя новое лекарство, предложенное врачами, мы всегда подходим к решению новых научных задач. Никогда при создании новых лечебных средств не бывает только перенесения технологической проводки для выпуска одного препарата на технологию получения другого. Всегда требуется изучение кинетики массопереноса лекарств, характера взаимодействия с полимером, влияние γ -стерилизации и т.д. Кроме того, в каждом случае возникают свои специфические вопросы для серьезного изучения, нужны знания квалифицированных специалистов в разных областях. Они не всегда есть в нашей структуре – ООО «Колетекс», но всегда их можно найти в академических институтах, ВУЗах, а нам всегда надо учиться, чтобы правильно поставить задачу и оценить полученные результаты.

Выполнение 13 диссертаций химиками-технологами и 12 медиками говорят сами за себя. Результат – мы выпускаем лечебные материалы для направленного подведения лекарств в различных областях. Это – 20 вариантов салфеток Колетекс, 9 гелей Колегель, в т.ч., 5 в шприцах. Только содружество исследователей, ученых, технологов и врачей позволило нам добиться таких результатов.

УДК 677.027.4.047.42:677.042.2

РАЗРАБОТКА АНТИБАКТЕРИАЛЬНОЙ ОТДЕЛКИ ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ ТКАНЕЙ

Петрова Л.С., Носкова Ю.В., Антонова А.С.

Ивановский государственный химико-технологический университет,
153000, Россия, г. Иваново, пр. Шереметевский, д. 7

E-mail: odolga@yandex.ru

*В процессе исследования проведен синтез наночастиц серебра в водной среде химическим методом при использовании глиоксаля и катионных полиэлектролитов в качестве стабилизаторов гетерогенной системы. Определены размеры частиц серебра в исследуемых гидрозолях методом динамического рассеяния света. Показано влияние природы и концентрации катионных полиэлектролитов на стабильность полученных гидрозолей серебра. Проведена оценка антибактериальных свойств полученных препаратов диско-диффузионным методом при использовании культур *Escherichiacoli* и *Staphylococcus aureus*.*

Ключевые слова: ионы серебра, наночастицы, стабилизация, синтетический полиэлектролит, антимикробная отделка текстильных материалов.

Антибактериальная отделка придает изделиям высокие гигиенические свойства, препятствует размножению и росту бактерий и микрогрибов, а также пылевого клеща, вызывающего аллергическую реакцию у человека. Вместе с тем она предохраняет волокно от разрушения микроорганизмами, увеличивая срок эксплуатации текстильных изделий на 10–15 %, что позволяет получить дополнительный экономический эффект [1].

Натуральные волокна легко разрушаются плесневыми грибами и бактериями. Если влажность целлюлозного материала достигает 10 %, то на нем могут развиваться грибки, а при влажности не менее 20 % - бактерии. Целлюлозное волокно, пострадавшее от действия микроорганизмов, теряет прочность и способно растворяться в растворах щелочей. Пораженные грибками места внешне проявляются в виде пятен различной окраски, поражение бактериями чаще всего не отражается на внешнем виде текстильного материала даже при сильном его разрушении [2].

В последние годы встает вопрос о необходимости создания совершенно новых антибактериальных и антигрибковых волокнистых материалов и изделий из них, необходимых для народного потребления и нужд медицины.

Перспективным способом модификации является антибактериальная обработка текстильных материалов препаратами, содержащими серебро. Она может быть осуществлена как при выработке тканей, так и при стирке готовых изделий, и не требует использования дополнительного оборудования и энергетических затрат.

Действие одежды с антимикробной отделкой основано на природном антибактериальном эффекте серебра, которое тормозит рост и размножение бактерий на поврежденной коже, подавляет рост колоний гнойных бактерий стафилококка, а также образование токсинов на коже, что ослабляет воспалительную реакцию кожи.

Терапевтическое действие серебра доказано против широкого спектра микроорганизмов, дрожжевых грибков, вирусов, включающих более 650 видов, даже при использовании в низких концентрациях [3]. Применение наночастиц серебра приводит к увеличению количества частиц на единицу объема и, таким образом, позволяет максимизировать антибактериальные эффекты [4]. Серебряные наночастицы являются нетоксичным и уникальным бактерицидным средством, их антимикробный эффект несколько сильнее, чем у пенициллина, биомицина и других антибиотиков за счет ингибирующего действия на устойчивые к антибиотикам штаммы бактерий [5–6].

Свойства серебра, а также отсутствие аллергенности, хорошая переносимость больными способствовали повышенному интересу к серебру во многих странах мира и созданию различных медицинских препаратов противовоспалительного, антисептического и бактерицидного действия на его основе, как прогатол, колларгол и др. [7]. Однако, на отделочных фабриках России для обработки тканей применяют только импортные антибактериальные препараты на основе соединений серебра.

Проведен сравнительный анализ влияния восстановителей различной природы на свойства синтезированных наночастиц серебра. Показано, что наиболее равномерные по составу наночастицы серебра получены при использовании глиоксаля, при этом составы на его основе обладают повышенной антибактериальной активностью по отношению к *Escherichia coli* и *Staphylococcus aureus*.

Для стабилизации гидрозолей серебра использовали синтетические полиэлектролиты анионного и катионного типа. На основе предварительных исследований в качестве наиболее эффективного стабилизатора был выбран полигуанидин, который также обладает противомикробным действием. Оптимизирован состав антибактериальной композиции.

Определение размера частиц серебра в предлагаемом составе осуществляли методом динамического рассеяния света на приборе Zetasizer Nano ZS. Размер синтезиро-

ванных наночастиц серебра варьируется от 2 до 9 нм, при этом достигается достаточно высокая однородность частиц 93–100 %. Увеличение концентрации полигуанидина в композиции приводит к росту размеров наночастиц серебра, что может быть связано с образованием комплекса между ионами серебра и ПЭ.

Целлюлозные текстильные материалы, обработанные разработанными составами на основе коллоидных растворов серебра и глиоксаля, были испытаны на антибактериальную активность в баклаборатории тубдиспансера г. Иваново и независимой лаборатории г. Москвы. Все испытуемые образцы показали высокую антибактериальную активность как по отношению к грамм-положительным, так и по отношению к грамм-отрицательным бактериям. Зона задержки роста бактерий составила от 8 до 19 мм.

ЛИТЕРАТУРА

1. Подлегаева, Л.Н. Свойства наночастиц серебра, полученных восстановлением из растворов и термическим напылением в вакууме / Л.Н. Подлегаева, Д.М. Руссаков, С.А. Созинов, Т.В. Морозова, И.Л. Швайко, Н.С. Звиденцова, Л.В. Колесников // Ползуновский вестник. – 2009. – № 3. – С. 376–380.
2. Пехташева, Е. Л. Биостойкость натуральных и синтетических текстильных волокон / Е. Л. Пехташева и др. // Вестник Казанского технологического университета. – 2012. – Т. 15. – №. 7. – С. 292–305.
3. Cheng, Q. Surface-modified antibacterial TiO₂/Ag⁺ nanoparticles: Preparation and properties / Q. Cheng, C. Li, V. Pavlinek, P. Saha, H. Wang // Applied Surface Science. - 2006. – V. 252, N 12. – P. 4154–4160.
4. Jeong, S.H. The effect of filler particle size on the antibacterial properties of compound polymer/silver fibers / S.H. Jeong, S.Y. Yeo, S.C. Yi // Journal of Materials Science. – 2005. – V. 40, N. 20. – P. 5407–5411.
5. Shahverdy, A.R. Synthesis and effect of silver nanopracles on the antibacterial activity of different antibiotics against Staphylococcus and Escherichiacoli / A.R. Shahverdy, A. Fakhimi, S. Minaian // Nanomedicine-Nanotechnology biology and medicine. – 2007. – V. 3, N.2. – P. 168–171.
6. Дмитриева, А.Д. Синтез и использование наночастиц серебра для придания текстильным материалам бактерицидных свойств / А.Д. Дмитриева, В.А. Кузьменко, Л.С. Одинцова, О.И. Одинцова // Изв. вузов. Химия и химическая технология. - 2015. - Т.58, № 8. - С. 67–70.
7. Savadjan, Je. Sh. Sovremennye tendencii ispol'zovanija serebrosoderzhashhih antiseptikov / Je. Sh. Savadjan, V.M. Mel'nikova, G.P. Belikova // Antibiotiki i himioterapija. – 1989. – № 11. – S. 874–878.

**ПРИДАНИЕ ПОЛИПРОПИЛЕНОВЫМ ВОЛОКНИСТЫМ МАТЕРИАЛАМ
НОВЫХ И УЛУЧШЕННЫХ СВОЙСТВ В ПРОЦЕССЕ ИХ ПОЛУЧЕНИЯ
ИЗ РАСПЛАВА**

**GIVING POLYPROPYLENE FIBROUS MATERIALS OF THE NEW
AND IMPROVED PROPERTIES IN PROCESS OF THEIR SPINNING
FROM MELTING**

Пророкова Н.П., Вавилова С.Ю.

Институт химии растворов им. Г.А. Крестова Российской академии наук,
153045, Россия, г. Иваново, ул. Академическая, д. 1

Prorokova N.P., Vavilova S.Yu.

G.A. Krestov Institute of Solution Chemistry of Russian Academy of Science
Russia, Ivanovo, Akademicheskaya Str., 1, zip 153045

E-mail: npp@isc-ras.ru

Рассмотрены результаты модифицирования полипропиленовых волокон и нитей, основанного на введении в полипропилен на стадии получения расплава полимера наноразмерных металлсодержащих наночастиц, стабилизированных различными способами. Проанализированы основные физико-механические характеристики нитей с покрытиями на основе политетрафторэтилена, в структуру которых внедрены наночастицы оксида железа. Приведены результаты исследования морфологии покрытий, их устойчивости к эксплуатационным воздействиям.

Ключевые слова: полипропилен; волокна; формование из расплава; модифицирование; наполнители; стабилизированные наночастицы; политетрафторэтилен; оксид железа.

We consider the results of the modification of polypropylene fibers and yarns. The modification was based on the introduction of nano-sized metal-containing nanoparticles, stabilized by various methods, into the polypropylene at the stage of obtaining a polymer melt. We analyzed the basic physical and mechanical characteristics of yarns with polytetrafluoroethylene-based coatings, in the structure of which iron oxide nanoparticles are embedded. We presented the results of the study of the morphology of coatings and their resistance to operational impacts.

Keywords: polypropylene; fibers; spinning from melting; modification; fillers; stabilized nanoparticles; polytetrafluoroethylene; iron oxide.

Производство полипропиленовых (ПП) волокон и материалов на их основе в России, также как и во всем мире, постоянно увеличивается. По прогнозам специалистов, объем промышленного выпуска ПП волокнистых материалов вырастет в 2020 г. до 74,0 тыс. т (в 1,8 раза по сравнению с 2016 г.), а в 2025 году - до 90,3 тыс. т (в 2,2 раза) [1].

Для дополнительного расширения области применения дешевого и доступного ПП, получения на его основе высокотехнологичных инновационных изделий необходимо придание новых функциональных свойств ПП волокнистым материалам. Указанной цели можно достичь с помощью их модифицирования. Однако химическая инертность волокнообразующего полимера, высоко организованная субмолекулярная структура волокон и нитей, их гладкая поверхность осложняют модифицирование готовых

ПП волокнистых материалов. Поэтому целесообразным является альтернативный подход к решению указанной задачи, заключающийся в реализации процессов объемного и поверхностного модифицирования ПП нитей на стадии их формования из расплава.

Модифицирование ПП нитей проводили на установке, имитирующей производственный процесс получения полипропиленовых нитей из расплава. Она состоит из двух лабораторных стендов, описание и схемы которых представлены в [2, 3]: стенда для формования (СФПВ-1) и стенда для ориентационного вытягивания (ОСВ-1) синтетических волокон.

Одним из простых, экономически оправданных и перспективных направлений модифицирования волокон и нитей из термопластичных полимеров считается введение в полимерную матрицу на стадии формования нитей из расплава наноразмерного наполнителя - модификатора. Наномодифицирование может обеспечить значительное улучшение характеристик синтетических нитей и/или придание новых свойств нитям и материалам на их основе. Однако серьезным препятствием для реализации процессов наномодифицирования нитей является присущая наночастицам склонность к агрегированию, поскольку даже незначительное агрегирование наполнителей может отрицательно сказаться на прочности и упруго-эластических характеристиках нитей. Одним из путей стабилизации наноразмерных частиц металлов и их оксидов является иммобилизация их на стадии синтеза в полиолефиновой матрице [2, 4–6]. Получение и свойства таких композитов, содержащих высокодисперсные металлы и их оксиды в инертной полимерной матрице (так называемые композиционные материалы типа «класпол»), подробно описаны в литературе [7]. Важным свойством указанных композитов является то, что металлсодержащие наночастицы в них прочно связаны с полимерной матрицей. На основании исследований, проведенных в ИХР РАН, в качестве матрицы было рекомендовано использовать полиэтилен низкой плотности (ПЭНП). Как было показано в работах [5, 6], использование малых количеств ПЭНП в качестве добавок в полипропилен не приводит к снижению прочности нити. Соответственно, введение металлсодержащих наночастиц, стабилизированных ПЭНП, вызывает существенный прирост прочности модифицированной нити. Как было показано методом рентгеноструктурного анализа [8], наличие малых количеств (до 7,5 %) ПЭНП в полипропилене в процессе получения из него нитей приводит к дополнительной кристаллизации полипропилена и формированию более мелких кристаллитов последнего, что способствует улучшению физико-механических характеристик модифицированной нити. В процессе получения модифицированной нити ПЭНП, за счет интенсивного перемешивания в экструдере, равномерно распределяется в полипропилене. В результате этого обеспечивается также и высокая равномерность распределения по всему объему нити, в том числе, в её поверхностном слое, металлсодержащих наночастиц, прочно связанных с полимерной матрицей. Таким образом, иммобилизация наноразмерных металлсодержащих частиц в процессе их синтеза в матрице ПЭНП создает условия, препятствующие агрегации наночастиц при введении их в ПП в процессе формования нитей. Было установлено [2, 4–6, 9], что введение в ПП микроколичеств (менее 1 %) стабилизированных ПЭНП металлсодержащих наночастиц, оказывает существенное воздействие на свойства ПП нити. Об их изменении можно судить на примере характеристик нитей, модифицированных железо- и марганецсодержащими наночастицами, которые представлены в табл. 1.

Как видно из таблицы, при добавлении в расплав ПП стабилизированных металлсодержащих наночастиц наблюдается увеличение относительной разрывной нагрузки комплексной ПП нити до 77–159 %. При этом не происходит снижения разрывного удлинения и ухудшения её трибологических характеристик (коэффициент трения модифицированной ПП нити остается на уровне соответствующей характеристики немодифицированной). Кроме того, в результате модифицирования ПП нитей малыми количествами наноразмерных металлсодержащих частиц происходит значительное (в 10^5 –

10⁶ раз) снижение поверхностного электрического сопротивления нитей, в то время как использование промышленных антистатических препаратов обеспечивает уменьшение этого показателя лишь в 10⁴ раза. Важно отметить, что в результате модифицирования металлсодержащими наночастицами ПП нити приобретают способность ингибировать жизнедеятельность патогенных микроорганизмов. Подробное исследование антимикробных свойств ПП нитей, модифицированных стабилизированными ПЭНП металлсодержащими частицами, показало, что они проявляются лишь при непосредственном контакте нитей с патогенными микроорганизмами [9]. Следовательно, ПП нити в результате их модифицирования металлсодержащими наночастицами, стабилизированными полиэтиленовой матрицей, приобретают антимикробные свойства, носящие барьерный характер. Это означает, что изготовленный из них волокнистый материал будет препятствовать проникновению через него болезнетворных микроорганизмов за счет ингибирования жизнедеятельности последних при контакте с ним.

Таблица 1. Основные характеристики ПП нити, модифицированной металлсодержащими наночастицами, стабилизированными ПЭНП

Вид наполнителя	Концентрация наночастиц в нити, %	Размер наночастиц, нм	Удельная разрывная нагрузка, сН/текс	Поверхностное электрическое сопротивление, Ом	Ингибирование жизнедеятельности микроорганизмов, %*
–	–	–	42,1 ± 1,3	1,5·10 ¹⁵	39 / 46 / 41
Fe(III)	0,3	2,8–3,5	77,6 ± 1,2	1,8·10 ⁹	49 / 96 / 95
Mn(II)	0,5	4,0–6,0	109,0 ± 3,4	3,6·10 ⁹	64 / 97 / 90

*Представлены результаты испытаний, проведенных, соответственно, на тестовых патогенных грам-отрицательных (*Escherichia coli* штамм М-17), грам-положительных (*Staphylococcus aureus* 6538-Р ATCC=209-Р FDA) бактериях, микрогрибах (*Candida albicans* ССМ 8261 ATCC 90028) по счетному методу

Таким образом, использование в качестве наполнителей ПП комплексных текстильных нитей микроколичеств металлсодержащих наночастиц в стабилизированной ПЭНП форме, препятствующей агрегации наночастиц в процессе формования нитей, приводит к значительному повышению прочности и существенному снижению поверхностного электрического сопротивления модифицированных нитей, обеспечивает придание им барьерных антимикробных свойств.

Однако синтез нанокompозитных порошков, представляющих собой металлсодержащие наночастицы, иммобилизованные в матрице ПЭНП, является довольно сложным, а их промышленное производство отсутствует. В связи с этим оценивали возможность использования в качестве наполнителей ПП нитей металлсодержащих наночастиц, стабилизированных более простым способом – с использованием химически инертных термостойких ПАВ. Исследования проводили на примере типичных металлсодержащих наночастиц, синтез и свойства которых хорошо изучены - наночастиц оксида железа (магнетита). На основании оценки стабилизирующей способности группы препаратов для стабилизации наночастиц магнетита был рекомендован стеарат натрия. Указанный препарат обладает высокой стойкостью к воздействию повышенных температур и не оказывает отрицательного влияния на протекание процесса формования нитей. Установлено, что введение в ПП нить 0,5 % наночастиц магнетита, стабилизированного 0,5 % стеарата натрия, обеспечивает повышение разрывной нагрузки модифицированной нити до 24 %.

В ИХР РАН разработан также простой и эффективный способ модификации ПП нитей в процессе их формования из расплава для придания экстремально высокой химической стойкости, подобной химической стойкости фторполимерных нитей [6, 10–12]. Способ основан на формировании на поверхности каждого филамента, образующего нить, ультратонкого, сплошного, равномерного покрытия из политетрафторэтилена (ПТФЭ). Адгезия ПТФЭ покрытия к ПП обеспечивается за счет нанесения разбавленной суспензии высокодисперсного ПТФЭ на поверхность полутвержденной ПП нити на стадии замасливания. Для этого разработано специальное дозировочное устройство, с помощью которого реализуется нанесение суспензии ПТФЭ – 4 Д. На следующем этапе нить подвергается ориентационному вытягиванию. В процессе вытягивания покрытие, благодаря способности ПТФЭ к псевдотекучести и высокому коэффициенту теплового расширения, приобретает равномерность и становится ориентированным. Нанесение суспензии ПТФЭ на поверхность полутвержденной нити приводит к образованию сплошного, довольно толстого покрытия зернистой структуры. Ориентационное вытягивание модифицированной ПТФЭ нити обеспечивает уменьшение толщины покрытия примерно в 10 раз, приводит к сглаживанию и выравниванию его поверхности. Структура покрытия и основные характеристики модифицированной нити зависят от концентрации наносимой на нить суспензии ПТФЭ и температуры ориентационного вытягивания. Максимальная адгезия ПТФЭ к ПП подложке обеспечивается при использовании суспензии концентрации 3,6–4,8 %. При этом формируется покрытие толщиной 80–120 нм. Наиболее равномерная и бездефектная структура покрытия создается в результате ориентационного вытягивания нити при температуре, приближающейся к температуре плавления ПП (155 °С). Сформированное покрытие является устойчивым к интенсивному истирающему воздействию, о чем свидетельствуют результаты вычитания ИК-спектров модифицированной пленки, подвергнутой истирающему воздействию, и необработанной пленки.

Проведенное исследование показало, что модифицирование суспензией ПТФЭ ПП нити при её получении из расплава обеспечивает формирование фторполимерного покрытия на поверхности каждого составляющего нить филамента. Прочность такой нити, за счет возможности реализации процесса ориентационного вытягивания при более высоких температурах, значительно (до 60 %) выше прочности обычной ПП нити. Её коэффициент трения снижается до уровня коэффициента трения ПТФЭ. Модифицированная ПП нить приобретает экстремально высокую химическую стойкость, о чем свидетельствует тот факт, что ПТФЭ покрытие остается неповрежденным после длительного воздействия агрессивных сред (кипячении в течение двух часов в растворе гидроксида натрия концентрации 200 г/л, выдерживании в течение 24 часов в концентрированной HNO_3). В результате воздействия агрессивных сред структура покрытия лишь улучшается, что приводит к некоторому повышению прочности модифицированного материала. О комплексе свойств модифицированной ПТФЭ ПП нити в сравнении со свойствами нити из ПТФЭ можно судить по данным табл. 2 [12].

Таким образом, новый способ модифицирования является перспективным для получения волокнистых материалов, обладающих низким коэффициентом трения и экстремально высокой устойчивостью к действию химических реагентов. По указанным характеристикам они не уступают волокнам из ПТФЭ, а стоимость новых материалов в десятки раз ниже.

Проведена оценка возможности формирования на поверхности ПП нити в процессе её получения из расплава устойчивого ультратонкого покрытия на основе ПТФЭ с внедренными наночастицами магнетита ($\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$), стабилизированными стеаратом натрия, для снижения поверхностного электрического сопротивления нити и придания ей барьерных биоцидных свойств.

Установлено, что использование препа­рации, содержащей суспензию ПТФЭ, магнетит и замасли­ватель, подвергнутой обработке ультразвуком, позволяет получить нить, прочность которой выше прочности немодифицированной нити на 50 %. Показано также, что модифицированные ПП нити характеризуются высокими разрывными нагрузками даже при включении в структуру покрытия сравнительно большого количества магнетита (до 3 %). Это свидетельствует о высокой равномерности распределения стабилизированных железосодержащих наночастиц в покрытии.

Таблица 2. Сравнительная характеристика ПП нитей с ПТФЭ покрытием и нитей из ПТФЭ (Polifen®)

Вид нити	Плотность, г/см ³	Удельная разрывная нагрузка, МПа	Относительное разрывное удлинение, %	Химическая стойкость	Коэффициент трения	Максимальная температура эксплуатации, °С
ПП с ПТФЭ покрытием	0,9	630 ± 61	45,4 ± 4,4	Очень высокая	0,04	120–140
Polifen®	2,2	100–180	20–40	Очень высокая	0,04	260–280

Поверхностное электрическое сопротивление ПП пленочных нитей с покрытием на основе ПТФЭ, содержащим внедренные частицы магнетита, значительно меньше, чем у ПП пленочной нити и пленочной нити с немодифицированным ПП покрытием. Так использование для внедрения в ПТФЭ покрытия стабилизированных частиц магнетита в количестве более 3 % приводит к снижению поверхностного электрического сопротивления ПП пленки с ПТФЭ покрытием с 10¹⁴ Ом до уровня 10⁸ Ом.

Проведена оценка барьерных биоцидных свойств ПП нити с покрытием на основе ПТФЭ, содержащим внедренные наночастицы магнетита. Показано, что такие нити обладают отличными барьерными свойствами относительно *грам*-отрицательных бактерий *Escherichia coli* и удовлетворительными – относительно *грам*-положительных бактерий *Staphylococcus aureus*.

Таким образом, на примере полипропиленовых нитей показано, что на стадии формирования термопластичных нитей из расплава создаются благоприятные условия для реализации достаточно простых и эффективных объемных и поверхностных способов модифицирования волокнистых материалов.

Работа выполнена в рамках госконтракта с Министерством науки и высшего образования Российской Федерации №01201260484 и гранта РФФИ № 13-03-12065 офи_м.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пророкова Н.П., Киселев М.Г., Савинов В.С., Клепиков Д.Н., Айзенштейн Э.М., Базаров Ю.М., Сабаев И.Г., Мусина Т.К. Основные направления и концепции развития производства и модификации отечественных химических волокон / Научно-производственное партнерство: взаимодействие науки и текстильных предприятий и новые сферы применения технического текстиля: сб. докладов Третьего международного научно-практического симпозиума. – М.: Из-во «БОС», 2018. – С. 274–286.
2. Пророкова Н.П., Вавилова С.Ю., Бирюкова М.И., Юрков Г.Ю., Бузник В.М. Модифицирование полипропиленовых нитей с использованием наноразмерных металлсодержащих частиц, иммобилизованных в полиэтиленовой матрице // Российские нанотехнологии. – 2014. – Т. 9, № 9–10. – С. 21–27.

3. Prorokova N.P., Vavilova S.Y., Bouzник V.M. A novel technique for coating polypropylene yarns with polytetrafluoroethylene // Journal of Fluorine Chemistry. – 2017. – V. 204 – P. 50–58.
4. Пророкова Н.П., Бузник В.М. Новые методы модифицирования синтетических волокнистых материалов // Российский химический журнал (Журнал РХО им. Д.И. Менделеева). – 2015. – Т. LIX, № 3. – С. 52–59.
5. Пророкова Н.П., Вавилова С.Ю., Бирюкова М.И., Юрков Г.Ю., Бузник В.М. Полипропиленовые нити, модифицированные стабилизированными в полиэтилене железосодержащими наночастицами // Химические волокна. – 2015. – № 5. – С. 53–58.
6. Пророкова Н.П., Вавилова С.Ю. Объемное и поверхностное модифицирование полипропиленовых нитей на стадии их формования из расплава // Химические волокна. – 2018. – № 3. – С. 89–93.
7. Губин С.П., Кособудский И.Д. Металлические кластеры в полимерных матрицах // Успехи химии. 1983. Т. LII. Вып. 8. – С. 1350–1364.
8. Завадский А.Е., Вавилова С.Ю., Пророкова Н.П. Особенности кристаллизации волокон при формовании нитей из смеси полипропилена с малым количеством полиэтилена // Химич. волокна. – 2016. – № 2. – С. 12–16.
9. Пророкова Н.П., Вавилова С.Ю., Кузнецов О.Ю., Бузник В.М. Антимикробные свойства полипропиленовых нитей, модифицированных стабилизированными полиэтиленом металлсодержащими наночастицами // Российские нанотехнологии. – 2015. – Т. 10, № 9–10. – С. 50–57.
10. Пат. 2522337 РФ / Пророкова Н.П., Вавилова С.Ю., Кумеева Т.Ю., Морыганов А.П., Бузник В.М. Синтетические нити с высокой хемостойкостью и низким коэффициентом трения. Заявлено 14.12.2012. Опубликовано 10.07.2014. Бюл. № 19. Приоритет 14.12.2012.
11. Пат. 2522338 РФ / Пророкова Н.П., Вавилова С.Ю., Кумеева Т.Ю., Морыганов А.П., Бузник В.М. Способ получения синтетических нитей. Заявлено 14.12.2012. Опубликовано 10.07.2014. Бюл. № 19. Приоритет 14.12.2012.
12. Prorokova N.P., Vavilova S.Y., Bouzник V.M. A novel technique for coating polypropylene yarns with polytetrafluoroethylene // Journal of Fluorine Chemistry. – 2017. – V. 204. – P. 50–58.

УДК 677.027.4-486.1

**ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА КРАШЕНИЯ
ХЛОПКОСОДЕРЖАЩИХ СМЕСЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**INTENSIFICATION OF THE PROCESS OF DYEING
COTTON-CONTAINING MIXED MATERIALS**

Расулова К.М., Аъзамжанова С.Ш., Набиева И.А.

Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности,
100100, Узбекистан, г. Ташкент, р. Яккасарайский, ул. Шохжахон, д. 5

Rasulova K.M, Azamjonova S.Sh, Nabiyeva I.A.

Tashkent institute of textile and light industry,
5, Shohjaxonst., Yakkasaroydstr., Tashkent city, 100100

E-mail: niroda@bk.ru

В статье рассматривается вопрос интенсификации процесса крашения смешанных текстильных материалов на основе волокон нитрона и хлопка различного соотношения активным красителем. Изучением влияния концентрации щелочного агента и мощности высокочастотного излучения на колористические показатели окрашенных материалов предложен состав красильного раствора и режим крашения хлопко-нитроновых смесовых материалов.

Ключевые слова: хлопок, нитрон, крашение, активный краситель, интенсивность окраски, высокочастотное излучение.

The article discusses the issue of intensification of the process of dyeing composite textile materials based on nitron and cotton fibers of different ratios with an active dye. The study of the influence of the concentration of alkaline agent and the high-frequency radiation power on the color characteristics of the dyed materials suggested the composition of the dye solution and the mode of dyeing of cotton-nitron composite materials.

Keywords: cotton, nitron, dyeing, active dye, color intensity, high-frequency radiation.

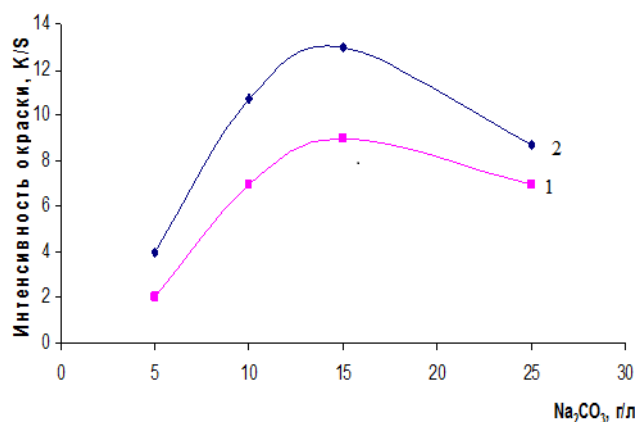
Большинство видов электромагнитных волн в той или иной степени применяются для активирования процессов красильно-отделочного производства. Так, ультразвуковое поле применяют для пероксидного беления хлопчатобумажного волокна [1]. Ультрафиолетовый (УФ) и видимый свет составляют основу фотохимии и используются для осуществления процессов беления, крашения и отделки тканей. Также процесс крашения нитрона катионными красителями осуществляется под воздействием электрического тока [2]. Радиоволны высокочастотного (ВЧ) и сверхвысокочастотного (СВЧ) диапазона применяют для активирования процессов отделки текстильных материалов [3].

Мы в своих исследованиях изучали возможность крашения смесовых образцов, таких как трикотажа на основе хлопка (90 %) и волокна нитрон (10 %) и ткани состава 67 % хлопка и 33 % нитрона активным красителем в поле высокочастотного излучения по периодическому способу.

Как известно крашение активными красителями целлюлозных волокон проводят в щелочной среде, т.к. именно в щелочной среде молекулы красителя взаимодействуют с гидроксильными группами волокна с образованием прочной ковалентной связи. Однако, волокно нитрон при применении концентрированных растворов щелочи при нагревании разрушается за счет омыления нитрильных групп и деструкции макромолекул [4]. В связи с этим в наших исследованиях в процессе крашения смесовых образцов активными красителями была использована в качестве щелочного агента кальцинированная сода. Это связано с тем, что во-первых в щелочной среде более интенсивное набухание целлюлозных волокон происходит не только при обработке концентрированными щелочами, но и при обработке разбавленными щелочными растворами, что приводит к увеличению удельной поверхности волокна, повышению его сорбционной способности и проницаемости для диффузии красителя. Во-вторых под действием слабых щелочных агентов происходит частичное омыление нитрильных групп, что приводит к появлению ионизированных функциональных групп в макромолекуле полимера, которые могут вступать в межмолекулярную связь с активным красителем. Далее нами исследована зависимость интенсивности окраски смесовых образцов от концентрации щелочного агента в процессе крашения под высокочастотным излучением, результаты которых приведены на рис. 1.

В слабощелочной среде замедляется реакция гидролиза и тем самым увеличивается количество активного красителя в активной форме. Дальнейшее увеличение концентрации кальцинированной соды соответственно приводит к снижению количества равновесно сорбированного красителя. С повышением pH среды реакция гидролиза красителя возрастает с большей скоростью, чем основная реакция красителя с воло-

ном. В сильно щелочной среде связь между красителем и волокном разрушается, происходит десорбция красителя.



1 – 67:33 - ткани состава 67 % хлопка и 33 % нитрона
2 – 90:10 - трикотажа на основе хлопка (90 %) и волокна нитрон (10 %)

Рис 1. Зависимость интенсивности цвета от концентрации щелочного агента. Мощность излучения – 350 Вт, концентрация красителя – 2 % от массы волокна, концентрация NaCl: для трикотажа – 40 г/л, для ткани – 50 г/л, продолжительность – 15 мин

И по результатам экспериментальных данных концентрация щелочи в красильном растворе был выбран 15 г/л.

Далее изучено влияние мощности высокочастотного излучения на интенсивность окраски(табл. 1).

Таблица 1. Влияние мощности высокочастотного излучения на интенсивность цвета

Мощность ВЧ излучения, Вт	Интенсивность окраски, К/С	
	Трикотаж	Ткань
350	15	12
500	18	15
750	–	–

Приведенные данные в таблице 1. показывают, что максимальная интенсивность окраски получается при мощности высокочастотного излучения 500 Вт. При более высокой мощности происходит частичное обугливание образцов.

Качественные характеристики окрашенных образцов приведены в таблице 2.

Таблица 2. Качественные характеристики окрашенных образцов

Образцы	Прочность окрашенных образцов, балл			
	К мылу	К поту	К трению	
			Сухому	Мокрому
Трикотаж	5/5/5	5/5/5	5/5	5/4
Ткань	5/5/4	5/5/5	5/5	5/4

Таким образом, по результатам экспериментальных работ предлагаем технологию крашения смесового материала состава хлопок: нитрон по высокочастотному способу активными красителями: Краситель – 3 %; Электролит – 40–50 г/л.

Na_2CO_3 – 15 г/л

Продолжительность – 15 мин

Мощность излучения – 500 Вт

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Шибашов, АВ. Изучение влияния ультразвукового поля на процесс пероксидного беления хлопкового волокна/ АВ. Шибашов, СЮ. Шибашова// Известия вузов Технология текстильной промышленности. – 2007. – № 3. – С. 70–71.
- [2]. Забродин С.А., Мельников Б.Н., Завадский А.Е. Крашение нитрона катионными красителями под воздействием электрического тока // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2003. – № 3. – С. 61–63.
- [3]. Побединский В.С. Активирование процессов отделки текстильных материалов энергией электромагнитных волн ВЧ, СВЧ и УФ диапазонов. Иваново: ИХР РАН, 2000. 128 с.
- [4]. Набиева И.А. Эргашев К.Э. Крашение смесового трикотажа на основе хлопка и модифицированного волокна нитрон. Химические волокна 2009. – № 5. – С. 34–37.

УДК 677.025

РАСШИРЕНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ СВОЙСТВ ТРИКОТАЖНЫХ ИЗДЕЛИЙ

EXPANSION OF CONSUMER PROPERTIES OF KNITTED GOODS

Рахматова Г.А., Ишматов А.Б.

Технологический университет Таджикистана

Rakhmatova G.A., Ishmatov A.B.

Technological University of Tajikistan

E-mail: karoiskandar1994@bk.ru

*В статье приведены результаты исследования проведенных в лабораторных условиях, по выявлению лечебных свойств трав, растущих на территории республики Таджикистан. Выявлено, что из испытанных опытных экземпляров растений, самые лучшие показатели по интенсивности удаления запаха и лечебным свойствам являются *Mentha piperita* L. Разработана методика получения экстракта лечебных трав целью которого является применение их лечебных свойств при лечении гипергидроза стопы человека.*

Ключевые слова: растение, трава, запах, потоотделения, гипергидроз, лечение, носки.

The article presents the results of a study conducted in the laboratory to identify the therapeutic properties of herbs growing in the territory of the Republic of Tajikistan. It was revealed that from the tested experimental specimens of plants, the best indicators on the in-

tensity of odor removal and medicinal properties are Menthapiperita L. mint. A technique for obtaining an extract of medicinal herbs has been developed. Its purpose is to use their medicinal properties when treating odor from a human foot.

Key words: plant, grass, smell, sweating, hyperhidrosis, treatment.

Известно, что гипергидроз стопы отрицательно воздействует на психоэмоциональное состояние больного и определяет его скованность. Стопы обильно потеют и не позволяют человеку чувствовать себя уверенно. Тот стыдится своей проблемы, стесняется снимать обувь, переживает по поводу неприятного запаха ног и не знает, что делать, когда потеют ноги. Это причины замкнутости и отсутствия нормального общения[1].

Для лечения гипергидроза в домашних условиях рекомендуется делать ванночки с дубовой и ивовой корой, шалфеем, лимонным соком, чаем, присыпками из талька, крахмала, соли, квасцов, борной кислоты а также использование специальных дезодорантов и спиртовых растворов формалина и глицерина[2].

Результаты исследования проведенные в лабораторных условиях кафедры технология текстильных изделий показали[3], что еще одним из методов народного лечения запаха при потоотделения является использование текстильных изделий, пропитанных с экстрактами лечебных трав, растущих на территории республики Таджикистан. Нами исследовались различные настойки растений: гвоздики, шалфея, зеленого чая, крапивы, ромашки и мяты.



Рис. 1. Трава перечная мята *Menthapiperita L*

По результатам предварительных исследований установлено, что из исследованных лечебных тра самые лучшие технологические и потребительские показатели оказались у травы мяты *Menthapiperita L* (рис. 1). Трава перечная мята *Menthapiperita L* также применяется для профилактики и лечения заболеваний опорно-двигательного аппарата [4]. Это многолетнее травянистое растение из семейства губоцветных *Labiatae*. Стебель - прямостоячий, четырехгранный. Листья мяты – короткочерешковые, с зубчатыми краями, длиной 3,0–5,0 см, шириной 1,5–2,0 см. Мята являет-

ся культивируемым растением. Размножают ее вегетативным способом - отрезками корневищ, черенками или отпрысками.

Наиболее востребованным компонентом травы перечная мята является эфирное масло. Его содержание в листьях мяты составляет от 2,4 % до 2,75 %, в соцветиях 4–6 %, в стеблях – до 0,3 %. Медики считают, что главным лечебным компонентом мяты ментол, который содержится в эфирном масле этой травы [5]. Кроме эфирного масла в листьях содержатся урсоловая и олеиновая кислота а также геспордин, медь - вещества, хорошо известные в первую очередь людям, страдающим от ожирения вызывающее потоотделения, действует как: противовоспалительное; антимикробное вещество. Наличие в составе мяты таких микроэлементов, позволяет использовать это лечебное растение, в том числе, и как антитоксическое с приятным запахом.

Методика получения экстракта трав

Собранные верхние части трав, раннего возраста из территории Бохтарского района Хатлонской области в 2017-го года урожая, по 10, 20, 30, 40 и 50 г., в дистиллированной воде, стеклянной посуде запаривали 60 минут, без и с предварительным замачиванием, при температуре 90–95 °С. Через каждые 10 мин. запаривания брали пробу на определение аромата(запаха) и относительной вязкости. Затем раствор отстаивали до 25–30 °С, фильтровали и дали респондентам для определения аромата.

Разработка методики и проведение опытов по выявлению лучшей по технологическим, потребительским и лечебным свойствам трав проводились в 4 - этапа:

1 этап – Сбор трав осуществлялись по методу народных знахарив т.е. из трёх: нижнего, среднего и верхнего уровней стебли растения. Эксперименты по сбору трав проводились в 2 варианта: по регионам республики Таджикистан: Согдийская, Хатлонская и ГБАО и по степени созревания растений: до, при и после цветения. Результаты опытов приведены в таблице 1.

2 этап – Выявления наиболее сильного и приятного аромата (запаха) по результатам априорных данных и опроса респондентов (100 чел). На первом этапе респондентам (опрашиваемым) были предложены заполнить таблицу, где нужно было поставить оценку от 0 до 5 ед., по интенсивности запаха, и отметить плюс или минус в графе понравился/не понравился (см. табл. 2)

3 этап – для наилучшего образца травы по результатам первого этапа, разработать методику экстрагирования и оптимизации параметров.

4 этап – исследования лечебных свойств трикотажных изделий (носок) пропитанных с экстрактами различных трав.

По результатам выполненных работ 2 этапа было выявлено, оптимальное время настаивания и запаривания экзemplяров трав, а также оптимальный вес сухих трав, которые приведены в таблицы 1 и 2.

Как видно из данных табл. 1 и 2, самые лучшие показатели получились при массе 60 г. сухой травы мяты с предварительным замачиванием и после 30 мин запаривания. Сравнительный анализ полученных гистограмм рис. 2. также подтверждает ранее приведенных результатов.

Таблица 1.

№ п/п	Наименование трав	Масса сухих трав, г.		Время запаривания			Выход экстракта, мл
		до зап.	после	10	30	60	
1	Мята	10,0	8,2	8,2	8,2	8,2	1,8
		30,0	27,8	29,3	27,8	27,8	2,2
		60,0	57,6	59,0	57,6	58,2	2,4
	Зеленый чай	10,0	8,0	8,0	7,9	7,9	2,1
		30,0	27,6	28,6	27,6	27,2	2,4
		60,0	57,1	57,9	57,1	57,0	3,0
	Крапива	10,0	8,1	9,0	8,1	8,1	1,9
		30,0	27,5	28,0	27,5	27,5	2,5
		60,0	57,4	58,4	58,2	57,4	2,6

Таблица 2.

№ п/п	Наименование трав	Время сбора Трав	Оценка лечебного свойства		Запах приятное, %
			лечить	не лечить	
1	Мята	до цветения	86	29	90
		во время цвет.	40	75	48
		после цветен.	38	77	62
2	Зеленый чай	до цветения	27	88	52
		во время цвет.	30	85	84
		после цветен.	30	85	82
3	Крапива	до цветения	75	40	65
		во время цвет.	80	45	65
		после цветен.	55	60	87
4	Гвоздика	до цветения	22	93	45
		во время цвет.	20	95	25
		после цветен.	20	95	32
5	Шалфей	до цветения	34	81	54
		во время цвет.	65	50	51
		после цветен.	28	87	50
6	Ромашка	до цветения	26	89	51
		во время цвет.	24	91	24
		после цветен.	22	93	56

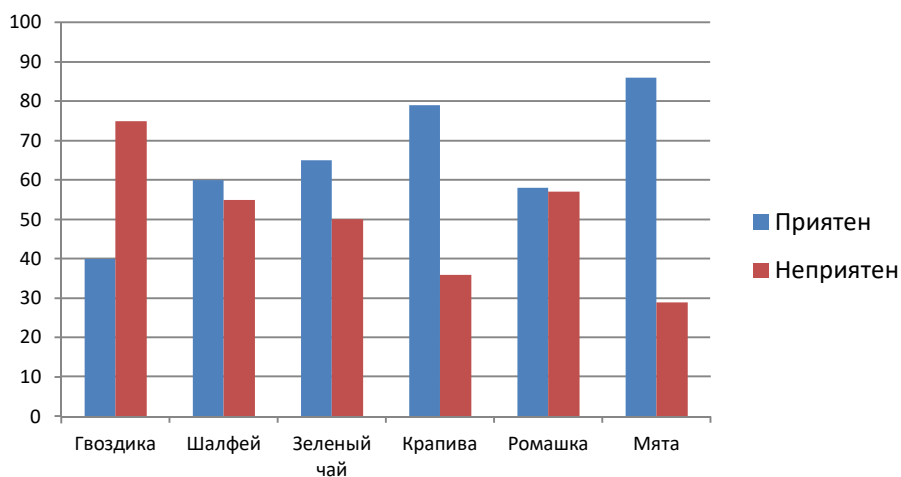


Рис. 2. Гистограммарезультатов опроса респондентов

Обсуждения результатов

Анализ данных гистограмм показывают, результатам опроса респондентов, что лучше по интенсивности запаха из экземпляров растений заняли: Мята; Крапива; Зеленый чай; Гвоздика; Ромашка; и Шалфей. Необходимо также отметить, что при запарке в экстрактах растений заметно изменилась и цвет пряжи. Результаты опытной носки носков пропитанных с экстрактами растений показали, что исследуемые экземпляры носков также приобрели лечебные свойства, характерные для трав используемых в исследовании, а именно:

- мята – ароматическое и антисептическое;
- крапива – антисептическое;
- шалфей – противовоспалительные;
- ромашка – противовоспалительного.

Выводы

1. В результате исследований было выявлено, что ароматизированные трикотажные изделия не только приобретают аромат трав но и некоторые их лечебные свойства.

2. Результаты опроса показали, что трикотажные изделия с ароматом мяты имеют высокий потребительский спрос.

3. Оптимальными условиями экстракции лечебных трав являются: время запаривания 60 мин, настаивания 720 мин, и масса сухой травы 60 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. 1260 рецептов народной медицины. Библиотека лекарственных растений: моног. – М: Эксмо, 2002. 232 с.
2. Гаммерман А.Ф. Дикорастущие лекарственные растения СССР.\Гаммерман А.Ф., Гром И.И. – Медицина, 2006. – 286 с.
3. Мудрагель Л. Трикотаж: носки из трикотажа: Санкт-Петербург 2014. – 116с
4. Меллор З. Детский трикотаж:Москва 2003. – 202 с.

**СЭНДВИЧ-КОНСТРУКЦИИ
ИЗ БАЗАЛЬТОВОЛОКОННОГО ПОЛИМЕРА**

SANDWICH CONSTRUCTION FROM BASALTFIBER POLYMER

Сагдиева В.Н.*

*Казанский национальный исследовательский технологический университет,
420015, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Карла Маркса, д. 68

** Институт технологии легкой промышленности, моды и дизайна,
420015, Республика Татарстан, Казань, ул. Университетская, д. 6/39

Sagdieva V.N.*

*Kazan National Research Technological University,
68, K. Marx Street, Kazan, Republic of Tatarstan, 420015

**Institute of Light Industry, Fashion and Design,
6/39, ul. University, 420015, Kazan, Republic of Tatarstan

E-mail: sagdieva-v@mail.ru

В этой статье рассмотрены характеристики сэндвич-панели с наполнителем из базальтового армированного полимера. Настоящий результат показывает, что система сэндвич-панелей из базальтоволоконного полимера имеет более высокую стойкость к изгибу, чем у стекловолоконная система заполняющих панелей из армированного полимера, то есть на 16 % увеличивается способность к сопротивлению вспучиванию.

Ключевые слова: базальтовое волокно, полимер, сэндвич-панель, авиастроение.

In this study, reviewed the buckling performance of basalt fiber reinforced polymer (BFRP) sandwich infill panels. The present result shows that the sandwich infill panel of basalt fiber reinforced polymer system has higher resistance to buckling failure than those of glass fiber reinforced polymer infill panel system, i.e. 16 % increase in buckling resistance capacity.

Keywords: Basalt fiber, polymer, sandwich infill panel, aircraft industry.

Уровень развития современных технологий и процессов расширили диапазон требований к эксплуатационным характеристикам конструкционных материалов до пределов, которые практически исключают применение мономатериалов.

Материаловедение уверенно вступило в эру композитов, позволяющих сочетать предельные значения составляющих компонентов. При разработке перспективных композиционных материалов комплексно решаются научные и технологические задачи, целью которых является получение эффективных конкурентоспособных композиций с высокими показателями надёжности, материалоемкости и функциональности [1].

Сэндвич-конструкции давно зарекомендовали себя как отличное решение для изделий, в которых необходимо сочетание высокой прочности и низкого веса. Такая конструкция состоит из двух тонких прочных облицовочных пластин (обшивки), толстой легкой сердцевины (заполнитель) и адгезионных слоев, связывающие обшивку с наполнителем и передающие нагрузку от заполнителя к облицовке и обратно. Заполнитель имеет закрытоячеистую структуру, открытыми оказываются только ячейки внешнего слоя. При

пропитке смолой заполняется только этот тонкий слой, обеспечивая надёжную адгезию между наполнителем и оболочками. При этом основная толща наполнителя остаётся лёгкой, обеспечивая тем самым низкий вес всей конструкции.

Актуальность изучения сэндвич-конструкций заключается в том, что современные задачи предъявляют новые требования к материалу, помимо лёгкости и прочности. Так, например, производство интерьеров для авиационного и железнодорожного транспорта требует от изделий высокого уровня пожарной безопасности, а для оборудования, работающего в сложных климатических условиях, необходима стабильность характеристик материалов при больших перепадах температур.

Полимер, армированный углеродом, стеклом, арамидным волокном, наиболее часто выбранный композит в сэндвич-конструкциях. Недавно было упомянуто, что вышеупомянутые армированные полимерные композиты могут улучшать характеристики рамы наполнителя. Однако между различными типами доступных волокон базальтовое волокно все больше распространяется в качестве армирующего материала нового типа из полимерных композиционных материалов с учетом его низкой стоимости, теплоизоляционных свойств, устойчивости к радиации, окислению и прочности на сжатие, сдвиг.

Базальтовое волокно был впервые упомянут в работах Subramanian и Austin[4], которые сообщили, что базальтовое волокно может применяться к полимерной матрице композита вместо стекловолокна. Химический состав базальта тесно связан со стеклом. Это минерал вулканического происхождения, и его наиболее важными компонентами являются SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , MgO , Fe_2O_3 и FeO . Его можно использовать при температуре от -200 до 600 °C без значительной потери механических свойств из-за его высокой температуры плавления (между 1350 и 1700 °C). Тем не менее, недостатки базальтового волокна связаны с их жесткой и хрупкой природой [5]. В отличие от стекловолокна базальтовое является негорючим и более экологически чистым материалом, что повышает уровень использования наполнителя в сэндвич-конструкциях на базальтовой основе.

Корейскими учеными (ViriyavudhSim, JungKyuChoi, YongJuKwak и другие) проведены исследовательские работы о характеристических особенностях системы сэндвич-панели наполнителем из базальтоволоконного армированного полимера. Анализ был сосредоточен на устойчивости к деформации сэндвич-панели при диагональных сжимающих нагрузках [2]. Использование базальтового армированного полимера наполнителем привело к прочным, жестким и легким композитным структурам, как видно на рисунке 1.

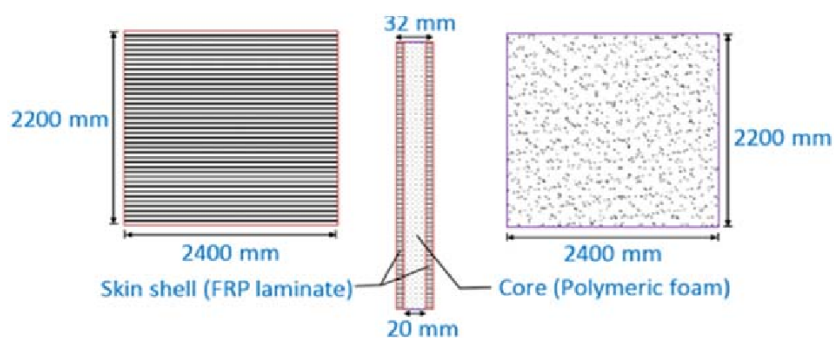


Рис. 1. Конфигурация и размер заполнения полимера

Кроме того, механические свойства сердцевины и оболочки базальтоволоконно-гополимера (BFRP) показаны в таблице 1. Аналитический метод был основан на пред-

положении о том, что волокно (базальт) и матрица (эпоксидная смола) деформируются в равных количествах вдоль направления волокна [3].

Таблица 1. Свойства базальтоволоконного полимера

Механические свойства полистирола и BFRPLAMINA	
Полистирол	BFRP LAMINA
E [MPa] 120.0 v 0.33	E1 [GPa] 69.86 E2 [GPa] 23.42 v120.24 G12 [GPa] 8.83

Исследование показало, что сэндвич-конструкции на основе базальтоволоконного полимера имеет более высокую устойчивость к разрушению при продольном изгибе, чем панельная система из стекловолоконного полимера, то есть на 16 % увеличивается способность к сопротивлению вспучиванию.

Появление новых технологических разработок, касающихся применения базальтового волокна в высокотемпературных приложениях, востребованность новых конструкционных материалов с высокими характеристиками термоустойчивости, износостойкости и огнеупорными свойствами станут факторами, стимулирующими развитие рынка производства и потребления базальтового волокна на мировом рынке.

Успех композитов в авиационной промышленности основан на гибкости дизайнерских решений, возможности дальнейшего снижения веса, высокой прочности, быстром развитии отрасли. Чтобы активизировать использование композитных материалов, они должны стать низкочастотными, технологии их производства должны обеспечить большие объёмы, быстрые циклы процессов, безотходность и экономическую эффективность.

Лёгкие конструкционные материалы, как сэндвич-панели, стали лидером среди технологий, во внедрении которых заинтересована современная промышленность. Когда требуются легковесные и перспективные решения, производители обращаются к волоконно-армированным пластикам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ананин И. AIREX R82 – как основа сэндвич-структур для высокотехнологичных задач // Композитный мир. – 2016. – № 1(64). – С. 24–26.
2. Численное исследование прочности на сжатие базальтовой композитной сэндвич-панели [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://basalt.today/ru>. – (Дата обращения: 21.02.2019).
3. K.K. Chawla, “Composite Materials-Science and Engineering” Springer-Verlag, New York, 3rd ed., 2012.
4. R.V. Subramanian, and H. F. Austin, “Silane coupling agents in basalt-reinforced polyester composites,” International Journal of Adhesion and Adhesives, 1980, vol. 1, no. 1, pp. 50–54.
5. T. Czigány, “Special manufacturing and characteristics of basalt fiber reinforced hybrid polypropylene composites: mechanical properties and acoustic emission study,” Composites science and technology, 2006, vol. 66, no. 16, pp. 3210–3220.

**ЭЛЕКТРОФОРЕТИЧЕСКОЕ ОСАЖДЕНИЕ ОКСИДА ГРАФЕНА
И НАНОЧАСТИЦ СЕРЕБРА НА ПОВЕРХНОСТЬ ТЕКСТИЛЬНЫХ
МАТЕРИАЛОВ**

**ELECTROPHORETIC DEPOSITION OF GRAPHENE OXIDE
AND SILVER NANOPARTICLES ON THE SURFACE
OF TEXTILE MATERIALS**

Сапожников С.В.*, Сафонов В.В.*, Морозова Д.А.*, Зайцев Е.В.****

*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина
(Технологии. Дизайн. Искусство),

117997, Россия, г. Москва, ул. Садовническая, д. 33, стр. 1

**Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева,
125047, Россия, г. Москва, Миусская площадь, д. 9

Sapozhnikov S.V.*, Safonov V.V.*, Morozova D.A.*, Zajcev E.V.****

*Russian State University named after A.N. Kosygin (Tech. Design. Art),
p. 1, 33, ul. Sadovnicheskaya, 117997, Moscow, Russia

**D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia,
9, Miuskaya square, 125047, Moscow, Russia

E-mail: svv@staff.msta.ac.ru

Электрофоретическое осаждение является одним из наиболее прогрессивных технологических методов получения электропроводящих материалов. В работе методом электрофоретического осаждения с использованием оксида графена (ГО) и наночастиц серебра получены углеродные материалы с повышенными показателями электропроводности. Возрастание доли наночастиц серебра и ГО способствует значительному увеличению шероховатости поверхности и поверхностной энергии углеродных материалов.

Ключевые слова: электропроводность; оксид графена; углеродные материалы; электрофоретическое осаждение.

Electrophoretic deposition is one of the most progressive technological methods for producing electrically conductive materials. Using electrophoretic deposition using graphene oxide (GO) and silver nanoparticles, carbon materials with high electrical conductivity were obtained. The increase in the proportion of silver and GO nanoparticles contributes to a significant increase in surface roughness and surface energy of carbon materials.

Keywords: electrical conductivity; graphene oxide; carbon materials; electrophoretic deposition.

В настоящее время все большую актуальность приобретает необходимость получения электропроводящих текстильных материалов. Такие материалы наиболее востребованы и спрос на них с каждым годом будет только расти. Это связано, прежде всего, с ростом количества источников электромагнитного загрязнения окружающей среды, вызванного использованием мобильной связи, персональных компьютеров и источников ВЧ-, СВЧ-излучений [1].

Одним из наиболее прогрессивных технологических методов получения электропроводящих материалов является электрофоретическое осаждение. Электрофоретиче-

ское осаждение представляет собой направленное движение заряженных частиц дисперсной фазы суспензии в электрическом поле, агрегирование их в приэлектродном пространстве, разряд и гетерокоагуляцию на поверхности электрода [2]. Основным преимуществом метода электрофоретического осаждения является сохранение функциональных свойств исходных материалов в готовых изделиях.

К ряду преимуществ метода электрофоретического осаждения также относятся: равномерное покрытие различных материалов любой формы; относительно высокие скорости покрытия и чистота; процесс можно автоматизировать, контролируя его параметры; суспензии легко регенерируются; высокоэффективное использование материалов для покрытия приводит к снижению затрат по сравнению с другими процессами. Все это обуславливает широкое применение электрофореза в промышленности. Электрофоретические покрытия с заданными функциональными свойствами, необходимой структурой, адгезией и прочностью способны образовываться лишь при оптимальном соотношении свойств суспензии и режима осаждения [3].

Существуют два способа нанесения материалов методом электрофоретического осаждения: при постоянном напряжении и при постоянном токе. В первом случае получают более тонкие покрытия, чем во втором.

Процесс электроосаждения характеризуется: толщиной и равномерностью покрытия по толщине, отношением массы покрытия к количеству электричества, потраченного на его образование (условным выходом по току), выходом осадка, приходящегося на единицу поверхности.

Электроосаждение из дисперсий осуществляется путем переноса частиц в неподвижной жидкой среде к одному из электродов – аноду или катоду [4]. Наличие электропроводящей среды является необходимым условием для электроосаждения.

Электрофоретическое осаждение осуществляется из суспензий, которые содержат электролиты-стабилизаторы, находящиеся в диссоциированном состоянии. В качестве стабилизаторов могут выступать электролиты или вещества, не имеющие электролитной природы, например, высокомолекулярные соединения или поверхностно-активные вещества (ПАВ) [5]. Присутствие в дисперсионной среде ПАВ может приводить к нежелательному явлению – загрязнению получаемых электрофоретических покрытий продуктами деструкции ПАВ при термической обработке получаемых покрытий.

Принципиальная схема электрофоретического осаждения включает в себя: 1) приготовление устойчивой суспензии наносимого материала в подходящей жидкой дисперсионной среде; 2) наложение на суспензию электрического поля, вызывающего движение частиц к электроду и их осаждение на нем (электрофорез и электрофоретическое осаждение) [2, 6]; 3) сушку и спекание полученного покрытия.

В данной работе было исследовано электрофоретическое осаждение оксида графена и наночастиц серебра на поверхность углеродных материалов.

Углеродные волокна, обладающие уникальными физико-механическими и электрофизическими свойствами, высокой жаростойкостью в инертной и восстановительной средах, являются одним из самых важных классов электропроводящих химических волокон. Углеродные волокна и материалы на их основе (нити, ткани) обладают целым рядом преимуществ, обуславливающих возможность их использования в различных сферах и направлениях современной промышленности. Они оказались особо востребованными благодаря сочетанию высоких показателей: химической и термической стойкости, теплопроводности, биологической инертности и низкой плотности, стойкости к излучению (радиационному), отличным теплоизоляционным свойствам, сорбционной способности. Сорбционно-активные свойства углеродных материалов (с пористой структурой) позволяют использовать их при производстве средств индивидуальной защиты, а также для очистки воздуха и питьевой воды от различных видов загрязнений.

Наночастицы серебра использовались для функционализации углеродных волокон (нитей). Актуальность выбора наночастиц серебра обусловлена их высокой электро- и теплопроводностью. К тому же, введение наночастиц серебра способствует заполнению поверхностных трещин в углеродных волокнах и улучшению предела прочности материалов при электроосаждении.

Оксид графена (ГО) является одним из самых важных производных графена, благодаря простоте получения и возможности масштабирования производства. Дисперсия ГО с концентрацией 0,1 мг/мл готовилась путем ультразвуковой обработки образца ГО с последующим центрифугированием и отделением осадка. Введение ГО позволяет увеличить шероховатость поверхности и количество активных функциональных групп.

Устройство для электрофореза было соединено с проводящими подложками. В роли катода выступали углеродные материалы, а анода - трубка из нержавеющей стали. В качестве электролитов использовались нитрат серебра (AgNO_3) и поливинилпирролидон.

Проведенные исследования показывают, что возрастание доли наночастиц серебра и ГО способствует значительному увеличению шероховатости поверхности, прочности, электропроводности и поверхностной энергии углеродных материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сапожников С.В., Сафонов В.В. Инновационные технологии в производстве электропроводящих текстильных материалов // Сборник научных статей Международной научно-технической конференции «Инновационные технологии в текстильной и легкой промышленности». УО «ВГТУ», 2018. С. 69–71.
2. Электрофоретическое осаждение нанопорошков на пористой поверхности / А.П. Сафронов, Е.Г. Калинина, Ю.А. Котов, А.М. Мурзакаев, О.Р. Тимошенкова // Российские нанотехнологии. 2006. Т. 1. № 1–2. С. 162–169.
3. Изготовление высокотемпературных сверхпроводящих композитов методом электрофоретического осаждения [Электронный ресурс] / Научная сеть «Ломоносов». URL: https://lomonosov-msu.ru/archive/Lomonosov_2007/23/Chemistry/pobezhimov_gb.doc.pdf (дата обращения: 06.02.19).
4. Яковлев А.Д. Химия и технология лакокрасочных покрытий / Учебник для вузов. 4-е изд., исправл. СПб.: ХИМИЗДАТ, 2010. 448 с.
5. Евдокимов В.Д., Клименко Л.П., Евдокимова А. Н. Технология упрочнения машиностроительных материалов: учебное пособие-справочник / К. : Професионал, 2006. 352 с.
6. Духин С.С., Дерягин Б.В. Электрофорез / М.: Наука, 1976. 332 с.

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ
В CLO3D НА РЕАЛИСТИЧНОСТЬ ОДЕЖДЫ**

**ESTIMATION OF THE IMPACT OF INDICATORS OF MATERIAL
PROPERTIES IN CLO3D ON THE REALITY OF THE CLOTHING**

Сахарова Н.А.

Ивановский государственный политехнический университет,
153000, г.Иваново, Шереметевский проспект, д. 21

Sakharova N.A.

Ivanovo State Polytechnical University,
21, Sheremetievskiy Avenue, Ivanovo, 153000

E-mail: nata1_77@bk.ru

В работе приведены результаты оценки влияния показателей свойств текстильных материалов, составляющих базу данных CLO 3D Marvelous Designer, на реалистичность одежды на примере моделей в стилистике советского конструктивизма 1920-х годов.

Ключевые слова: показатели свойств материалов, модель, конструкция, визуализация, симуляция, 3D.

The paper presents the results of the assessment of the impact of indicators of the properties of textile materials that make up the CLO 3D Marvelous Designer database on the realism of clothing on the example of models in the style of Soviet constructivism of the 1920s.

Keywords: indicators of properties of materials, model, design, visualization, simulation, 3D.

Стремительное внедрение систем автоматизированного проектирования одежды, базирующегося на принципах имитационного моделирования и симуляции в виртуальной среде, требует наличия соответствующих баз данных. Эти базы должны содержать исчерпывающую номенклатуру параметров, например, в виде набора размерных признаков фигур (аватаров) или показателей физико-механических свойств материалов, для минимизации дефектов реалистичности внешнего вида генерируемых в 3D цифровых двойников системы «фигура – одежда».

Настоящая работа посвящена изучению влияния показателей свойств материалов в CLO 3D Marvelous Designer на точность передачи объемно-пространственной формы одежды на примере моделей в стилистике советского конструктивизма 1920-х годов.

Следует отметить, что обращение к рассматриваемому периоду не является случайным. Город Иваново по праву считают носителем бренда этого новаторского для начала прошлого столетия направления. Его появление в молодой советской России обусловлено дефицитом, в том числе, материалов для производства одежды. Переход с индивидуального изготовления одежды на массовое промышленное потребовало от конструкторов разработки принципиально нового подхода к ее проектированию. В распоряжении конструктивистов были хлопчатобумажные ткани ограниченной ширины (62...95 см). Поэтому в основу кроя того времени были положены простейшие геометрические формы (прямоугольники, квадраты, трапеции), которые удачно раскладывались на узких тканях. В ход шли даже полотенца.

Зависимости объемно-пространственной формы одежды от показателей свойств материалов особое внимание уделяла Александра Экстер, один из представителей стиля. Она писала: «Беря ткань для создания той или другой формы, необходимо считаться с ее плотностью, весом, упругостью, шириной и цветом. Из простой грубо обработанной шерсти диктуется форма, заключенная в прямоугольник или сконструированная на прямых углах без лишнего дополнительного вертикального ритма складок. Мягкие широкие ткани (шерсть, шелк) позволяют сделать более сложный и разнообразный силуэт одежды. Упругие ткани допускают возможность сделать одежду для движения (танец) и вырабатывать более сложные формы (круг, многогранник)». Действительно, показатели свойств материалов, равнозначны, как и конструктивные прибавки, во многом определяют форму будущей модели. Однако в литературных источниках нет систематизированной информации о трансформации формы в зависимости от изменения свойств материалов. В работе [1] авторами установлено, что в большей степени физико-механические свойства материалов оказывают влияние на изделия большого объема, так называемых атектоничных форм, чем с плотным прилеганием (оболочкового типа).

Интерес к реалистичному проявлению показателей свойств материалов особенно очевиден при генерировании моделей одежды в виртуальной среде. Цифровая копия модели должна максимально соответствовать реальному прототипу, а виртуальные ткани точно передавать пластику поверхности.

Для изучения степени влияния показателей свойств материалов в Marvelous Designer получены виртуальные модели женских платьев по аутентичным схемам кроя Н.П. Ламановой 1920-х гг. Реконструкция моделей исторических костюмов – одно из научных направлений, реализуемых на кафедре конструирования швейных изделий ИВГПУ. Параллельно с аналитической, выполняется виртуальная реконструкция с целью формирования музейной экспозиции в 3D среде из рендеров исторических костюмов. На рис.1 показан рендер одной из моделей и ее реальный прототип, выполненный студентами 3 курса направления подготовки 29.03.05 в рамках курсового проектирования по дисциплине «Основы аналитической реконструкции исторической одежды». Модель изготовлена из хлопчатобумажной ткани с поверхностной плотностью 110 г/м^2 .

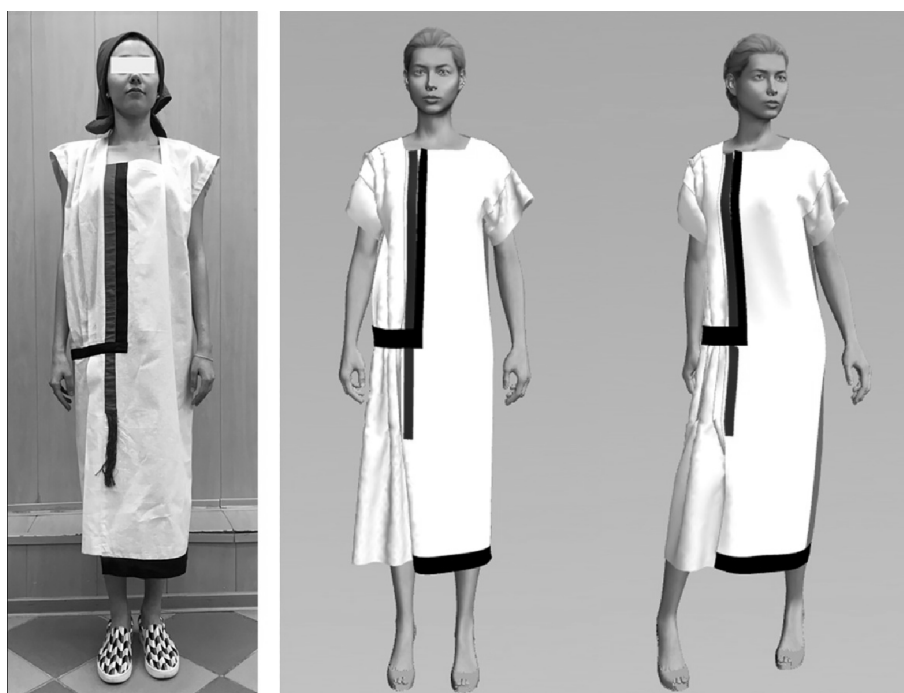


Рис. 1. Внешний вид модели женского платья 1920-х гг. и ее виртуальный цифровой двойник

Визуально рендер совпадает с реальной моделью по художественно-конструктивному решению. Однако оболочка виртуальной копии является более сглаженной, расправленной, складки мягкие. В реальной модели складки формуются посредством операций влажно-тепловой обработки. На визуализацию модели также оказывает влияние и сам процесс «сшивки». Предполагается соединение деталей встык. Несоответствие также характеризуется ограниченностью управляемых показателей материалов. В программе база данных физических свойств представлена 15 показателями. Из них только 3 соответствуют стандартам согласно действующей нормативно-технической документации. Это поверхностная плотность (г/мм^2), величина усадки по основе и утку (%) и толщина (мм). Остальные показатели имеют отличное от принятых в государственных стандартах наименование и размерность, ввиду чего их учет затруднен. Показатели можно варьировать в интерактивном режиме. Также в программе есть возможность предварительного выбора материала, например, «хлопок», «лен», «кожа», «шерсть». В этом случае значения показателей физических свойств устанавливаются автоматически по умолчанию.

На рис. 2 приведены примеры изменения объемно-пространственной формы рассматриваемой модели платья при разных показателях усадки в пределах, характерных для хлопчатобумажной ткани (по основе до 3,5 %, утку до 2 %). Видно, что с увеличением процента усадки даже на 0,1 % форма модели (оболочка) «раздувается». Это же видно и на горизонтальных сечениях (см. рис.2). При изменении поверхностной плотности в сторону ее увеличения модель пропорционально вытягивается, удлиняется (третья модель на рис. 2).

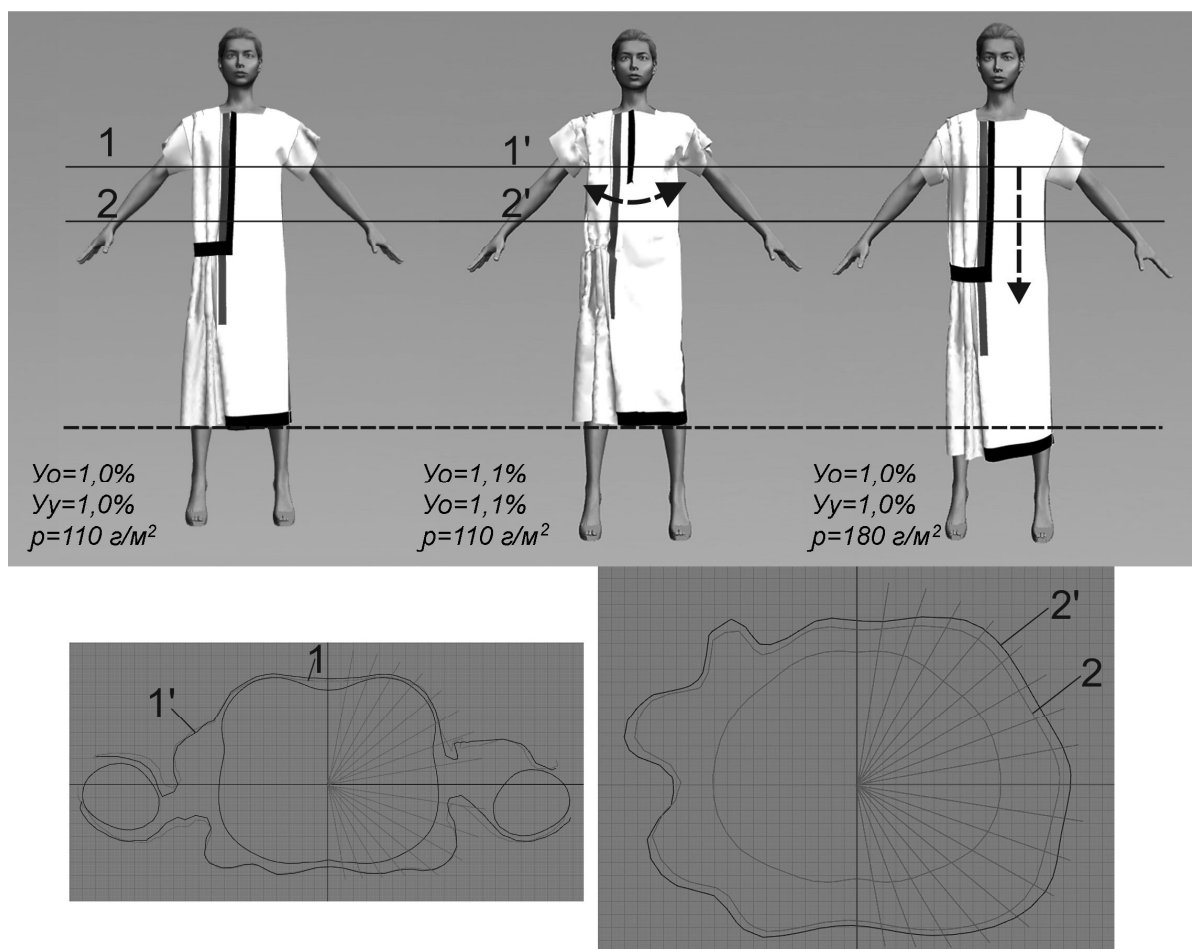


Рис. 2. Пример изменения объемно-пространственной формы модели платья при изменении показателей усадки и поверхностной плотности

Приведенный пример и полученные результаты позволили сделать вывод о том, что реалистичность воссоздания моделей при имеющейся в программе базе данных показателей свойств материалов можно считать условной. Особенно это касается не однослойных моделей, как платье, а многослойных – пальто, куртки, плащи и др., имеющих помимо основного подкладочные, прикладные, утепленные материалы в составе пакета. Подобные исследования были проведены на примере исторических моделей женского демисезонного пальто, платьев стиля модерн и женских деловых костюмов 1910-х гг.

Дальнейшие исследования направлены на изучение свойств материалов и расширение базы данных для более точной передачи формы модели в виртуальной среде.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сурикова О.В. Анализ влияния физико-механических свойств тканей на форму одежды /О.В. Сурикова, В.Е. Кузьмичев, М.В. Курмузакова // ИННОВАЦИИ-2018: сборник материалов междунар. научно-технич. конфер. - Москва: ФГБОУ ВО Российский государственный университет им.А.Н.Косыгина. – 2018. – ч. 1. – С. 232–235.

УДК 620.3

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В ОТДЕЛКЕ МАТЕРИАЛОВ

Семенова Е.Ю.

Казанский национальный исследовательский технологический университет
420015, Россия, г. Казань, ул. Карла Маркса, д. 68

Semenova E.Y.

Kazan National Research Technological University
68, Karla Marksa str., 420015, Kazan, Russia

E-mail: katya.semenova2@yandex.ru

Если информационные технологии (ИТ) – это волна настоящего, то нанотехнологии (НТ), безусловно, являются волной будущего. В основном хлопчатобумажные ткани могут быть эффективно изготовлены из огнестойких, термоусадочных, стойких к несминаемости, водо- и грязеотталкивающих веществ, сохраняя при этом естественность хлопка, превосходный комфорт и эстетику. Развивая НТ, можно изготовить сверхпрочные, долговечные и ориентированные на конкретные функции ткани для целого ряда применений, в том числе медицинских, промышленных, военных, бытовых, швейных и многих других отраслей.

Ключевые слова: нанотехнология; наночастицы; материалы; ткань; свойства; волокна; обработка.

If the information technology (IT) is the wave of the present, then nanotechnology (NT) is certainly the wave of the future. Predominantly, cotton fabrics can be effectively made of fire-resistant, heat-shrink, resistant to creases, water- and dirt-repellent substances, while maintaining the naturalness of cotton, excellent comfort and aesthetics. By developing NTs, it is possible to manufacture ultrastrong, durable and function-oriented fabrics for a wide range

of applications, including medical, industrial, military, consumer, garment and many other industries.

Keywords: nanotechnology; nanoparticles; materials; the cloth; properties; fibers; treatment.

Отделка тканей из натуральных и синтетических волокон для достижения желаемой текстуры поверхности, цвета и других эстетических и функциональных свойств была основным направлением в текстильном производстве. В последнее десятилетие появление нанотехнологий вызвало значительные изменения и нововведения в области текстильных технологий. Отделка тканей получила новые направления и продемонстрировала большой потенциал для значительных улучшений в применении нанотехнологий. События в области поверхностной инженерии и отделки тканей были освещены в нескольких работах [1–3]. Существует множество способов, которыми можно улучшать поверхностные свойства ткани, применяя соответствующие методы обработки поверхности или используя нанотехнологию.

Нанотехнология предоставляет множество эффективных инструментов и методов для получения тканей, желаемого качества, главным образом путем инженерных модификаций поверхности ткани. Например, предотвращение смачивания жидкостью по отношению к разработке водостойких тканей, устойчивых к воздействию влаги, всегда вызывало серьезную озабоченность в текстильном производстве [4]. Основные принципы и теоретические основы взаимодействия поверхности «жидкость-ткань» хорошо описаны в недавней рукописи Шраута и др. Они продемонстрировали, что, изменяя микроуровневые свойства поверхности, можно добиться более надежного контроля поведения смачивания. Они также показали, что такое изменение свойств поверхности ткани способно проявить «эффект Лотоса», который демонстрирует естественное гидрофобное поведение поверхности листа. Этот вид поверхностного поведения, способного воспроизводить гидрофобные свойства, может быть использован при разработке специальных химических покрытий для производства водо- или пятно-отталкивающих тканей [5].

В последние годы исследователи и промышленные предприятия предприняли несколько попыток использовать аналогичные концепции модификаций с поверхностным изменением через нанотехнологии для разработки определенных высокопроизводительных тканей. Наиболее успешные разработки в этом отношении можно отнести к американской компании, Nano-Tech ТМ. Используя нанотехнологии, они разработали несколько методов обработки тканей для достижения определенных улучшенных характеристик ткани, таких как мягкость, прочность на разрыв, сопротивление истиранию и долговечность. Фактически, эта компания является одной из первых в разработке многих тканевых покрытий и обработок, которые способны обеспечить выше упомянутые высокопроизводительные характеристики ткани. Например, их технология Nano-Rel использует концепцию поверхностной обработки и разрабатывает такие гидрофобные поверхности тканей, которые способны отталкивать жидкости и противостоять стойким пятнам, дополняя другие желательные характеристики для ткани, такие как воздухопроницаемость, мягкость и комфорт. В итоге, такая обработка поверхности прикрепляет небольшие нано-усы, которые являются наноструктурами, для придания шероховатости поверхности ткани, так что можно избежать взаимодействия жидкости с поверхностью и, следовательно, проникновения жидкости, и таким образом обработанная ткань имеет постоянное водо- и пятно-отталкивающие свойства. Эта же компания также разработала несколько других методов обработки тканей и технологий, зарегистрировав по свою торговую марку [6–11]. Nano Touch является торговой маркой одной из нанотехнологий Nano-Tech ТМ для обработки ткани типа «сердцевина-оплетка». Это ткани, основные нити которой (сердцевина) из пряжи или, обычно, синтетических волокон, обернуты натуральными волокнами, такими как хлопок. При нанообработке та-

кой ткани сердцевинный компонент двухкомпонентного материала обеспечивает высокую прочность, постоянные антистатические свойства и долговечность, в то время как, традиционно обработанная оплетка обеспечивает желаемую мягкость, комфорт и эстетические характеристики.

Технология Nano Care используется для производства устойчивых к несминаемости и усадке тканей из целлюлозных волокон, таких как хлопок. С другой стороны, технология Nano Dry обеспечивает гидрофильную отделку синтетических тканей. Это финишное наноразмерное покрытие позволяет ткани отводить влагу, пот, которые быстро испаряются, для обеспечения комфортного пользования. Эта компания также разработала технологию, в которой нанобусины используются в текстильной подложке для переноса биологически активных или антибиологических агентов, лекарств, фармацевтических препаратов, солнцезащитных средств и текстильных красителей, которые впоследствии могут обеспечить требуемые высокоэффективные характеристики и функциональность свойств обработанных тканей [12].

В свое время Берингер и Хофер продемонстрировали, что путем сочетания наночастиц гидроксилата титана, TiO_2 , ZnO и Fe_3O_4 с другими органическими и неорганическими веществами, поверхности текстильных тканей могут быть заметно модифицированы для достижения значительно большей стойкости к истиранию, водоотталкивающей способности, стойкости к ультрафиолету, свойства электромагнитной и инфракрасной защиты. Например, наночастицы диоксида титана используются для защиты от ультрафиолетового излучения. Аналогичным образом, используя наноразмерный диоксид кремния в качестве добавки в материалы для покрытий, можно добиться значительного улучшения прочности и огнестойкости текстильных тканей [13]. Для хлопчатобумажных тканей свойство устойчивости к несминаемости можно разработать, используя сшивающие агенты, выработанные во время процесса отделки ткани. Помимо защиты от несминаемости, такая отделка также способна устранять токсические вещества, сохраняя при этом требуемые комфортные свойства хлопка. Также было показано, что широкий спектр, так называемой, функциональной отделки тканей можно получить с использованием техники микрокапсулирования, которая широко используется в фармацевтической промышленности. Эта технология позволяет проводить несколько жидких или твердых агентов (ароматических, огнестойких агентов и т. д.), которые инкапсулированы в материалы, изменяющие фазу, действующие как связующие вещества (например, воск). Эта технология, например, может быть использована для разработки материалов устраняющие запахи. Огнезащитные и антимикробные агенты также могут быть микрокапсулированы для улучшения отделки тканей [14].

Ожидается, что эти достижения в области применения нанотехнологий улучшат отделку материалов для следующего поколения тканей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сударшан Т.С. Новые горизонты в поверхностной инженерии текстиля. Журнал «Surface Engineering». Изд-во: Институт металлов; Вольфсонский институт инженеров поверхности. Том 19 (1): 1–3 февраля 2003.
2. Кативрелу С.С. Применение нанотехнологий в отделке волокон. Журнал «Синтетические волокна». Том. 32, No. 1, 2003. 20–22.
3. Харпер Т.Е. Обзор промышленных тканей. Журнал «Международная ассоциация промышленных тканей». Изд-во Корнельский Университет: Международная ассоциация промышленных тканей, 2004.
4. Амберг-Шваб С. Функциональные барьерные покрытия на основе гибридных полимеров. Справочник по золь-гель науке и технике. Фраунгоферовский институт силикатных исследований. Würzburg Германия. 2016. с. 1–211SC.

5. Энтони Дж. Шраут, Наннаджи Сака и Нам П. Су. Развитие нано-структурированных гемокомпатируемых поверхностей. Материалы Второго Международного симпозиума по Наномануфактурированию. Тэджон, Корея, ноябрь. 3–5, 2004.
6. Мэттью Р. Линфорд, Дэвид С. Соан, Дэвид А. Оффорд, Уильям Уэйр-младший. Прочная отделка для текстиля. Патент США 6,872,424. Владелец Nanotex LLC. 29 марта 2005.
7. Мэттью Л. Линфорд, Дэвид С. Соан, Дэвид А. Оффорд, Уильям Уэйр-младший. Водоотталкивающее и стойкое к загрязнению покрытие для текстиля. Патент США 6,855,772. Владелец Nanotex LLC. 15 февраля 2005.
8. Уильям Уэйр младший, Дэвид С. Соан, Дан Б. Миллвард, Мэттью Р. Линфорд. Красители. Патент США. 6,679,924. Владелец Nanotex LLC. 20 января 2004.
9. Дэвид С. Соан, Дэвид А. Оффорд, Мэттью Р. Линфорд, Дан Б. Миллвард, Уильям Уэйр младший, Лил Эркин, Эрик Грин, Раян Лау. Наночастицы на постоянной основе для обработки текстиля. Патент США 6,607,994. Владелец Nanotex LLC. 19 августа 2003.
10. Дэвид С. Соан, Дэвид А. Оффорд. Модифицированный текстиль и другие материалы и способы их приготовления. Патент США 6,607,564. Владелец Nanotex LLC 19 августа 2003.
11. Мэттью Л. Линфорд, Дэвид С. Соан, Дэвид А. Оффорд. Водоотталкивающее и стойкое к загрязнению покрытие для текстиля. Патент США. 6,544,594 Владелец Nanotex LLC 8 апреля 2003.
12. Парашуру Р. Применение и будущее нанотехнологий в текстильной промышленности. Материалы Всемирной хлопковой конференции. Новый Орлеан, Луизиана, США, 4–7 января 2016.
13. Берингер Д. и Хофер Д. Нанотехнологии и их применение. Журнал «Melliand International». Выпуск 10, 2004.
14. Соухни А. П. С., Кондон Б., Сингх К.В., Панг С.С., Дж. Ли, Дэвид Хуэй. Современные области применения нанотехнологий в текстильной промышленности. Текстильный научный журнал. Выпуск 8, 2008.

UDC 677.027.26

ИССЛЕДОВАНИЕ СВЕТОСТОЙКОСТИ ОКРАСОК ХЛОПЧАТОБУМАЖНОГО ТРИКОТАЖНОГО ПОЛОТНА

THE STUDY OF THE LIGHTFASTNESS OF COLOURS OF COTTON KNITTED FABRIC

Семешко О.Я.*, Скалозубова Н.С., Сарибекова Ю.Г.
Херсонский национальный технический университет
73008, Украина, г. Херсон, Бериславское шоссе, 24

Semeshko O.Ya.*, Skalozubova N.S., Saribeykova Yu.G.
Kherson National Technical University
Berislavskoe Highway, 24, Kherson, Ukraine, 73008

E-mail: solgaya@gmail.com

Основной целью данного исследования является изучение влияния способов подготовки (отварка, беление, совмещенный режим отварки и беления, разработанный режим подготовки) хлопчатобумажного трикотажного полотна на светостойкость окрасок активными красителями. Светостойкость полученных окрасок оценивалась после инсоляции образцов на приборе с ртутно-вольфрамовой лампой RF 1201 BS («REFOND») с помощью колориметра PCE-TCR 200. Установлено, что высокие показатели светостойкости окрасок, полученных на хлопчатобумажном трикотажном полотне активными красителями, обеспечивает разработанный режим подготовки.

Ключевые слова: светостойкость, хлопчатобумажный трикотаж, активные красители, подготовка.

The main goal of this research is to study the effect of preparation methods (boiling, bleaching, combined boiling and bleaching principle, developed preparation principle) of cotton knitted fabric on the lightfastness of colours of reactive dyes. The light fastness of the obtained colours was evaluated after exposure of Light Fastness Tester (Mercury-Tungsten Lamp) RF 1201 BS («REFOND») with a PCE-TCR 200 colorimeter. It has been established that high indices of light fastness of colours obtained on cotton knitted fabric with reactive dyes are ensured by the developed preparation principle.

Keywords: light fastness, cotton knitted fabric, reactive dyes, preparation.

Light fastness of colour is an important indicator of quality for textile materials intended for sportswear, T-shirts, clothes for children. Preparation of textile materials is an important stage, since the efficiency of dyeing processes and final finishing, and hence the quality of the textile material as a whole, depends on its implementation [1, 2].

Since the range of fabrics for summer clothing is widely represented by cotton knitwear, the study of the effect of its preparation on the light fastness of colors is an actual task.

The process of cotton knitwear preparation is the most technologically complex, energy-consuming and labor-intensive stage of finishing works. Therefore, technologically and scientifically-based exclusion of some operations is relevant when producing high quality cotton knitted fabrics with low cost.

It is known [6, 7] that on a fabric that has been maximally cleared of natural and technological contaminations, it is possible to get pure and bright colors that are resistant to washing, dry and wet crocking. But it should be noted that the effect of the degree of preparation on resistance of obtained colours to the action of light was not investigated on cotton knitted fabric with different degrees of.

In accordance with this, the task was to study the influence of the preparation method of cotton knitted fabric on the stability of colours of reactive dyes to the action of light.

Study of influence of the preparation method on the light fastness of colors was carried out on grey cotton rib knitted fabric 1×1 with surface weight 150 g/sm². Preparation of grey knitted fabric was carried out under the conditions given in Table 1.

The textile auxiliaries used are Ultravalon TC, Albafluid CD, Albaflow FFC-01, Clarite by «Huntsman NMG» and Oxipav A1214C.50 by LLC Research and Production Association «NII PAV».

The combined preparation principle of knitted fabric and composition of surfactants were developed in previous works [9, 10]. The surfactant composition contains in a certain ratio Ultravon TC as a wetting agent, Albafluid CD as an anticrease agent, Albaflow FFC-01 as a defoamer and Oxipav A1214.50 as a detergent.

Dyeing cotton knitted fabric was carried out using reactive bifunctional dyes Bezaktiv Cosmos S-C: Rot, Blue and Gold («Bezema») by exhaust dyeing method with the 1/50 solution rate. The dye solution contained 1 % dye and dyeing auxiliaries (30 g/l NaCl + 15 g/l

Na₂CO₃). The dyeing was done for 60 minutes in 60 °C, and afterwards overflow cold, hot washing, boiling soaping and cold rinsing procedures are applied.

The light fastness of samples was evaluated after exposure of Light Fastness Tester (Mercury-Tungsten Lamp) RF 1201 BS («REFOND») with a PCE-TCR 200 colorimeter.

Colour measurements were averaged for each sample. Total colour difference (dE) was measured on the dyed cotton knitted fabrics samples after light exposure. Colour difference was calculated according to CIE 1976 L*a*b* equation:

$$dE = [(dL)^2 + (da)^2 + (db)^2]^{1/2}, \quad (1)$$

where dL – difference in lightness-darkness, da – difference in redness-greenness, and db – difference in yellowness-blueness.

Table 1. Cotton fabric preparation conditions

Preparation method	Preparation conditions
Boiling	TF-129B (washing agent) – 2 g/l; Albafluid CD (antirease agent) – 0.8 g/l; Soda ash – 1.5 g/l. Treatment at 80 °C for 20 min. Washing in hot water, drying.
Bleaching	Ultravalon TC (wetting agent) – 1.1 g/l; Albafluid CD (antirease agent) – 0.8 g/l; Albaflow FFC-01 (defoamer) – 0.5 g/l; Clarite (hydrogen peroxide stabilizer) – 0.4 g/l; Hydrogen peroxide 60 % w/w – 1.5 g/l; Sodium hydroxide – 1.5 g/l. Treatment at 98 °C for 20 min. Washing in hot water, neutralization, washing in hot water, drying.
Base principle	Boiling: TF-129B (washing agent) – 2 g/l; Albafluid CD (antirease agent) – 0.8 g/l; Soda ash – 1.5 g/l. Treatment at 80°C for 20 min. Washing in hot water. Bleaching: Ultravalon TC (wetting agent) – 1.1 g/l; Albafluid CD (antirease agent) – 0.8 g/l; Albaflow FFC-01 (defoamer) – 0.5 g/l; Clarite (hydrogen peroxide stabilizer) – 0.4 g/l; Hydrogen peroxide 60 % w/w – 1.5 g/l; Sodium hydroxide – 1.5 g/l. Treatment at 98 °C for 20 min. Washing in hot water, neutralization, washing in hot water, drying.
Developed principle	Treatment in solution: Surfactant composition – 1.5 g/l; Hydrogen peroxide 60 % w/w – 1.5 g/l; Sodium hydroxide – 1.5 g/l. Treatment at 80 °C for 20 min. Washing in hot water, neutralization, washing in hot water, drying.

The results of determining the influence of the preparation method on the burnout kinetics of colours on cotton knitted fabric and the light fastness of the colours are shown in fig. 1 and in table 2.

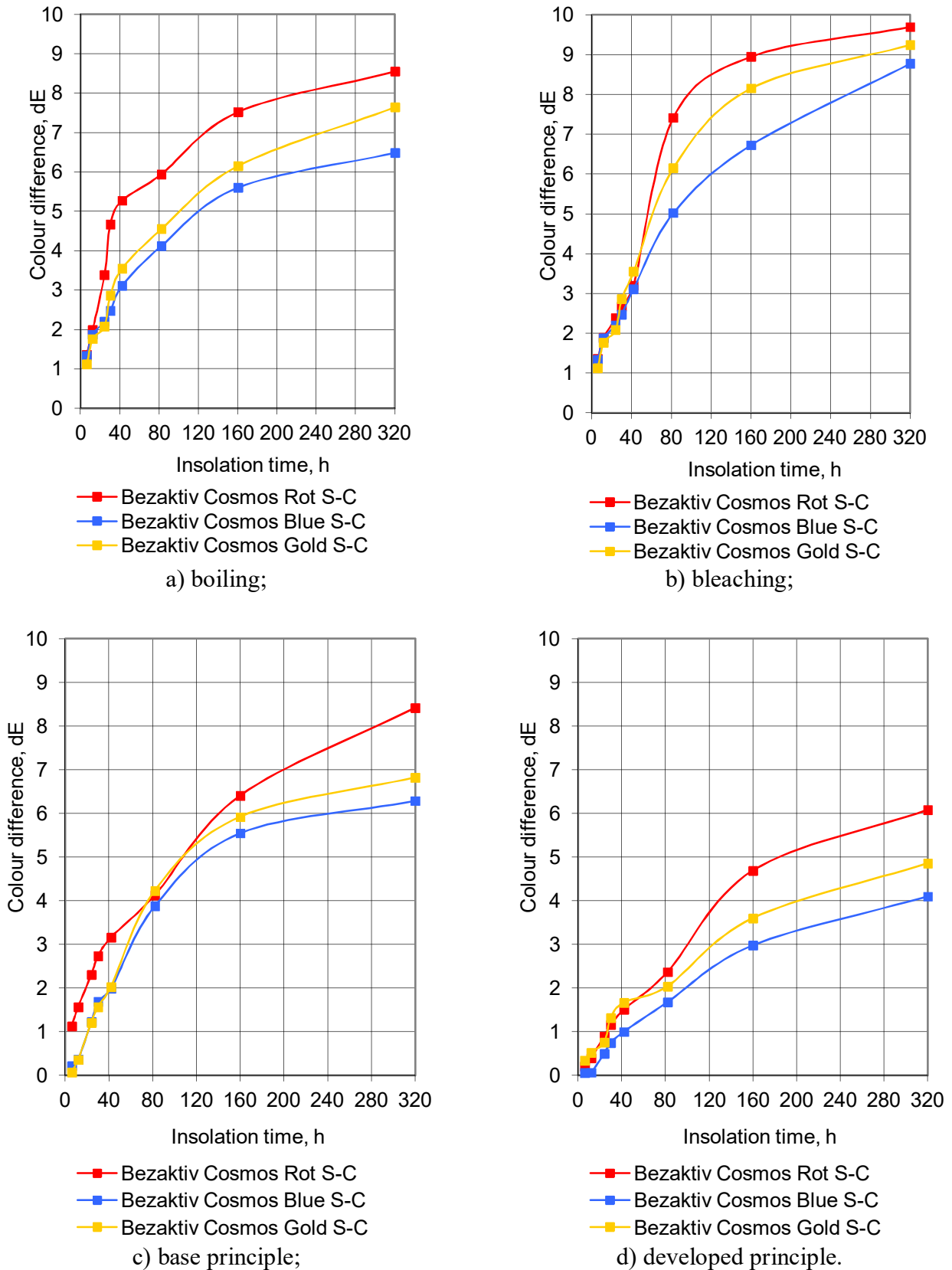


Fig. 1. The influence of the preparation method of cotton knitted fabric on the fading kinetics of colours of reactive dyes: a) boiling; b) bleaching; c) base principle; d) developed principle

Table 2. The influence of the preparation method of cotton knitted fabric on the light fastness of colours of reactive dyes

Dye	Light fastness			
	boiling	bleaching	base principle	developed principle
Bezaktiv Cosmos Rot S-C	2	2	3	4–5
Bezaktiv Cosmos Blue S-C	2–3	2	4	5–6
Bezaktiv Cosmos Gold S-C	2	3	4	5

The obtained data testify to low indices of light resistance of the colors of the samples prepared by the methods of boiling and bleaching and according to the base principle. The light fastness of the colors of knitted fabric, prepared according to the base mode, is somewhat higher than that of samples subjected to alkaline boiling and bleaching. The reason for this may be the incomplete removal of waxes and, as a result, low capillarity indexes, which leads to non-dyeing of the textile material and a decrease in the resistance indexes of the obtained colours to the action of light. The colours of knitted fabric, prepared according to the developed principle, are characterized by high index of light fastness.

It has been established that the developed preparation principle of cotton knitted fabric contributes to the resulting colours are characterized by high resistance to the action of light.

REFERENCES

1. Abdel-Halim E.S., Al-Deyab S.S.: Low temperature bleaching of cotton cellulose using peracetic acid. *Carbohydrate Polymers* 2011, 86(2), pp. 988–994. doi:10.1016/j.carbpol.2011.05.051.
2. Fei X., Yao J., Du J., et al.: Analysis of factors affecting the performance of activated peroxide systems on bleaching of cotton fabric. *Cellulose* 2015, 22(2), pp. 1379–1388. doi:10.1007/s10570-015-0550-1.
3. Prabakaran M., & Rao J.V.: Study on ozone bleaching of cotton fabric - process optimization, dyeing and finishing properties. *Coloration Technology* 2001, 117(2), pp. 98–103. doi:10.1111/j.1478-4408.2001.tb00342.x.
4. Hashem M., El-Bisi M., Sharaf S., & Refaie R.: Pre-cationization of cotton fabrics: An effective alternative tool for activation of hydrogen peroxide bleaching process. *Carbohydrate Polymers* 2010, 79(3), pp. 533–540. doi:10.1016/j.carbpol.2009.08.038.
5. Skalozubova N., Kunik A., Semeshko O., et al.: Designing a composition formulation of surface active substances for the pretreatment of knitted fabric. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Technology organic and inorganic substances* 2016, 4/6(82), pp. 29–36. doi:10.15587/1729-4061.2016.75027.
6. Semeshko O., Asauliyuk T., Saribyekova Yu.: Optimization of preparation technology of a cotton knitted fabric by the method of mathematical planning. *Proceedings of 2th International Conference «EastWest Chemistry Conference»*, 2018, pp. 301–302.

**НАЗНАЧЕНИЕ, УСТРОЙСТВО, ХАРАКТЕРИСТИКИ,
ПРОБЛЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ИЗГОТОВЛЕНИЯ МОБИЛЬНЫХ
ПЛОСКОСВОРАЧИВАЕМЫХ ТРУБОПРОВОДОВ НА ОСНОВЕ
КОМПОЗИТОВ ИЗ ТКАНЫХ АРМИРУЮЩИХ КАРКАСОВ
И ПОЛИУРЕТАНОВЫХ СВЯЗУЮЩИХ**

**PURPOSE, STRUCTURE, CHARACTERISTICS, PROBLEMS
OF DESIGN AND MANUFACTURE OF MOBILE FLAT-FOLD PIPELINES
ON THE BASIS OF COMPOSITES MADE OF WOVEN REINFORCING
FRAMES AND POLYURETHANE BINDERS**

***Степанов С.Г.*^{*}, *Бахарев Б.А.*^{**},
Базаров Ю.М.^{***}, *Бурмистров В.А.*^{***}, *Койфман О.И.*^{***}**

^{*}Ивановский государственный политехнический университет,
153037, Россия, г. Иваново, ул. 8 Марта, д. 20

^{**}ООО «Балтикфлекс»,

195196, Россия, Санкт-Петербург, Новочеркасский пр-т, д. 47, корп. 1

^{***}Ивановский государственный химико-технологический университет,
153000, Россия, г. Иваново, пр. Шереметевский, д. 7

***Stepanov S.G.*^{*}, *Bakharev B.A.*^{**},
Bazarov Yu.M.^{***}, *Burmistrov V.A.*^{***}, *Kojfman O.I.*^{***}**

^{*} Ivanovo State Polytechnic University,

153037, Russia, Ivanovo, ul. March 8, d. 20,

^{**} LLC "Balticflex",

195196, Russia, St. Petersburg, Novocherkassky Ave, 47, bld. One,

^{***} Ivanovo State University of Chemical and Technology

153000, Russia, Ivanovo, Sheremetevsky Ave., 7

E-mail: step-sg@mail.ru

Рассмотрены назначение, устройство, характеристики, проблемы проектирования и изготовления мобильных плоскосворачиваемых трубопроводных систем на основе композитов из тканых армирующих каркасов и полиуретановых связующих, предложены пути решения этих проблем.

Ключевые слова: мобильные плоскосворачиваемые трубопроводы, назначение, устройство, характеристики, тканые армирующие каркасы, синтетические нити, полиуретановые связующие, проблемы проектирования и изготовления.

The purpose, structure, characteristics, problems of design and manufacture of mobile flat-fold pipeline systems based on composites made of woven reinforcing frames and polyurethane binders are considered, ways of solving these problems are proposed.

Keywords: mobile flat-fold pipelines, purpose, device, characteristics, woven reinforcing frames, synthetic polyurethane binders, design and manufacturing problems.

Мобильные плоскосворачиваемые трубопроводные системы российского производителя ООО «Балтикфлекс» - это комплекс из гибких плоскосворачиваемых рукавов (ГПР) на основе тканых армирующих каркасов с нанесенными на них внутренними и наружными слоями термопластичного полиуретана, а также деталей соединений

и устройств свертывания, развертывания и хранения. Ключевым компонентом этих систем, обеспечивающим широкий спектр их применения, являются рукава из термопластичного полиуретана. Мобильные плоскостворачиваемые трубопроводные системы нашли применение: в качестве временных водо- и нефтепроводов, нефтепродуктопроводов на нефтепромыслах и месторождениях; для нужд министерств обороны и чрезвычайных ситуаций; в горнодобывающей отрасли; для бункеровки судов (использование для приема и передачи воды, нефти, нефтепродуктов, топлива, масла, химических грузов, льяльных и загрязненных вод между судами, в том числе на ходу, а также между судном и берегом); в сельском хозяйстве и др. [1].

ГПР производства ООО «Балтикфлекс» имеют следующие характеристики: изготавливаются диаметрами 50–400 мм; рассчитаны на рабочие давления 1–6,3 МПа; рабочие температуры эксплуатации от –60 до 80 °С; длина секции трубопровода – до 200 м; тип рукава - антистатический, износостойкий; материал каркаса рукава – синтетическая нить (полиэфирная или арамидная); электрическое сопротивление антистатического провода – не более 0,5 Ом/м; перекачиваемая среда – вода, сырая нефть, нефтепродукты, растворы кислот и щелочей [1].

Одной из основных технологических операций по изготовлению ГПР является производимая на специальном оборудовании операция экструзии расплавленного полиуретана (около 200 °С) через предварительно изготовленный на круглоткацком станке бесшовный армирующий тканый каркас, в процессе которого заполняется пространство между нитями и образуется внутренний и наружный защитный слой из затвердевшего полиуретана. Армирующий тканый каркас обеспечивает высокое рабочее давление трубопровода, а полиуретан обеспечивает герметичность, износостойкость, маслобензостойкость, устойчивость к химическому, физическому, бактериальному воздействию, эрозии, гидролизу и ультрафиолетовому излучению. Конструкция ГПР включает также антистатический провод.

Одним из важных преимуществ мобильных трубопроводных систем на основе ГПР по сравнению с традиционными трубопроводами из стальных труб является скорость развертывания. Так, скорость монтажа трубопроводов из стальных труб ручным методом одной бригадой составляет 3–5 км в сутки, в то время, как скорость монтажа мобильных трубопроводных систем на основе ГПР одной бригадой составляет 5–10 км в час.

Указанные выше преимущества мобильных трубопроводных систем на основе ГПР послужили причиной существенного увеличения их производства в мире в последние годы.

В настоящее время на заводе «Балтикфлекс» в Санкт-Петербурге на новом высокопроизводительном оборудовании начат выпуск мобильных трубопроводных систем на основе ГПР.

Остановимся кратко на конструкции ГПР. Основным элементом ГПР является тканый армирующий каркас, который несет практически всю нагрузку, обусловленную давлением жидкости внутри ГПР, представляющий собой однослойную тканую бесшовную оболочку полотняного или саржевого переплетения, производимую из синтетических нитей (полиэфирные, арамидные нити) на круглоткацких станках.

Аналогичную конструкцию имеет одно из основных средств пожаротушения – напорный пожарный рукав. Однако в отличие от рукавов на основе полиуретана в пожарных рукавах отсутствует антистатический провод, а для обеспечения герметичности используется резиновая оболочка, которая с предварительно нанесенным клеем вводится внутрь армирующего каркаса, а затем распрямляется и приклеивается к нему за счет давления горячего пара. Прочностной расчет обоих изделий на действие внутреннего давления не имеет принципиальных отличий. В дальнейшем под термином

«гибкие плоскостворачиваемые рукава» (ГПР) будем подразумевать как рукава на основе полиуретана, так и напорные пожарные рукава.

Производство ГПР требует больших затрат исходных материалов – синтетических нитей, полиуретана (резины). Более того, если будут заложены неправильные заправочные параметры для круглоткацких станка, и на выходе окажется продукт, не отвечающий требованиям, то существенный отрезок армирующего каркаса уйдет в отходы. Поэтому цена ошибки при проектировании ГПР велика. Для того, чтобы избежать перерасхода материалов, а, следовательно, и удорожания ГПР, исключить ошибки проектирования, приводящие к получению изделия не соответствующего требованиям, становится необходимой решение первой фундаментальной проблемы - разработка научно обоснованной методики расчета и рационального проектирования ГПР.

Из-за структуры армирующих каркасов ГПР, произведенных на круглоткацких станках (нити вдоль рукава (основные нити) и нити по его окружности (точные нити) перекрещиваются почти под прямым углом), оказалось невозможным использование теории расчета сетчатых оболочек и теории расчета каркасов шин, в которых нити расположены либо по геодезическим линиям поверхности оболочки [2] (геодезические линии для цилиндрической оболочки – винтовые линии), либо нити имеют так называемую «шинную геометрию» [3], когда они также располагаются по винтовым линиям, но при этом между слоями нитей помещаются привулканизированные к нитям слои резины.

Мы столкнулись с необходимостью разработки основ теории по прочностному расчету ГПР при гидравлическом воздействии.

К настоящему времени на основе нелинейной теории строения однослойных тканей главных переплетений [4] разработаны основные теоретические положения и выполнен комплекс экспериментальных исследований по расчету на прочность ГПР при гидравлическом воздействии:

- разработаны обоснованная система допущений применительно к нити и материалу, из которого она состоит, расчетные модели;

- разработана обобщенная математическая модель, описывающая взаимодействие нитей в армирующем каркасе ГПР и получена вытекающая из нее, как частный случай, упрощенная математическая модель;

- получены относительно простые и удобные при использовании зависимости для прочностного расчета ГПР, связывающие разрывное внутреннее давление в рукаве (параметр, характеризующий прочность рукава, регламентируется ГОСТом) с разрывной нагрузкой в уточной нити и другими параметрами тканого армирующего каркаса плотняного и саржевого переплетений;

- проведен комплекс экспериментальных исследований зон контакта между нитями в ГПР с применением современных измерительных средств и использованием статистических методов для установления величин коэффициентов вертикального смятия нитей, длин зон контакта между нитями в несущих армирующих каркасах рукавов разных диаметров;

- подтверждена достоверность теоретических положений и математических зависимостей для прочностного расчета ГПР при гидравлическом воздействии путем сравнения теоретических результатов, полученных на основании разработанных теоретических положений и зависимостей, с имеющимися экспериментальными данными;

- исследовано влияние различных параметров несущего армирующего каркаса из синтетических нитей на разрывное давление ГПР;

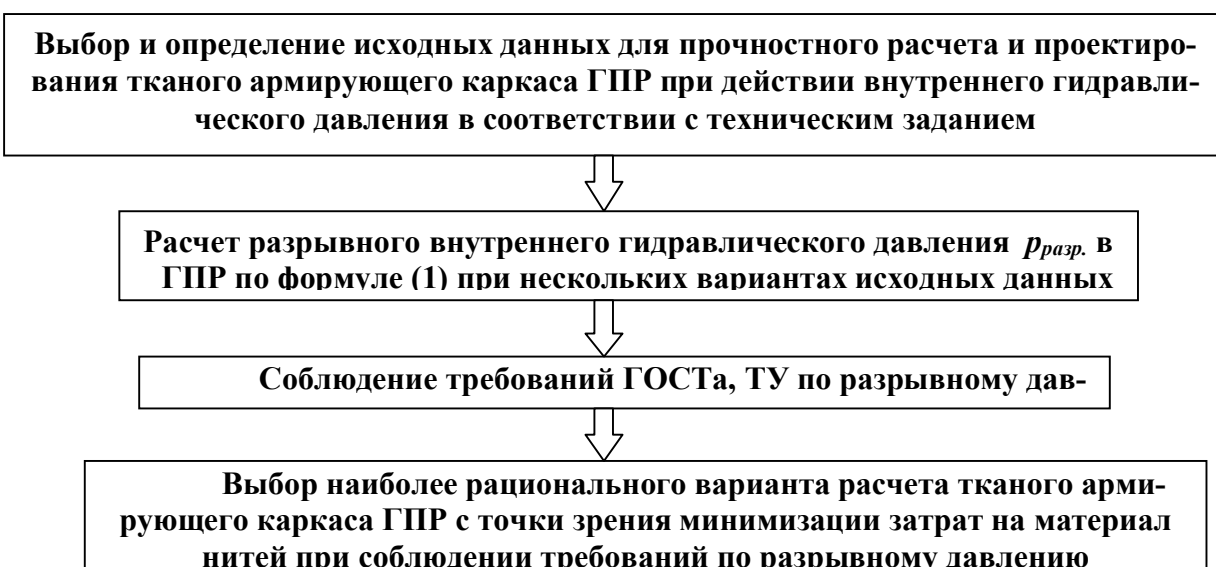
- разработана научно обоснованная и достоверная методика прочностного расчета и рационального проектирования армирующих каркасов ГПР при гидравлическом воздействии.

В основу методики расчета и проектирования ГПР положены зависимости, связывающие разрывное внутреннее давление в рукаве $p_{разр.}$ с разрывной нагрузкой в уточной нити $N_{разр.}$ и другими параметрами тканого армирующего каркаса ГПР полотняного и саржевого переплетений. В случае полотняного переплетения такая зависимость имеет вид:

$$p_{разр.} = \frac{2N_{разр.}L_o}{R \left\{ L_y(2L_o - \beta_o d_o) + L_o \left[2(L_y^2 + (d_o \eta_{OB} + d_y \eta_{yB})^2)^{\frac{1}{2}} + \frac{0,212 \cdot L_y^2 (d_o \eta_{OB} + d_y \eta_{yB})^2}{(L_y^2 + (d_o \eta_{OB} + d_y \eta_{yB})^2)^{\frac{3}{2}}} - \beta_y d_y \right] \right\}} \quad (1)$$

где R – радиус ГПР; L_o, L_y – геометрические плотности соответственно по основе и утку тканого армирующего каркаса ГПР; $d_o, d_y, \eta_{OB}, \eta_{yB}$ – соответственно диаметры нитей основы и утка тканого армирующего каркаса ГПР и коэффициенты вертикального смятия нитей; β_o, β_y – коэффициенты, характеризующие длины зон контакта между нитями в каркасе рукава в долях диаметров нитей основы и утка.

Разработанная методика включает следующие этапы.



Второй фундаментальной проблемой производства ГПР является проблема материалоемкости данных технических изделий, т.е. решение задачи – сколько целых уточных и основных синтетических нитей с учетом их уработки необходимо зарезервировать для производства на круглоткацком станке армирующего каркаса данного конкретного изделия. Практика показала, что связывание узлом полиэфирных нитей при производстве армирующих каркасов не сказывается существенно на их прочности. Связывание узлом арамидных нитей, используемых для изготовления изделий под особо высокие давления, из-за их структурных и физико-механических особенностей недопустимо, т.к. приведет к резкому падению прочности арамидных нитей в узлах (в 2 и более раз), что неминуемо скажется на прочности всего изделия. Актуальная проблема уработки арамидных нитей решена нами на основе рассмотрения «микроуровня» изделия, т.е. на основе исследования взаимодействия отдельных нитей тканых армирующих каркасов данных изделий и нахождения длин деформированных осей нитей в элементе тканого каркаса. Так как эта задача относится к достаточно сложным нелинейным зада-

чам, не имеющим аналитического решения, для ее решения использовались наряду с теоретическими положениями работы [4] численные методы на основе компьютерных технологий.

Третьей фундаментальной проблемой при изготовлении ГПР на полиуретановой основе является проблема продавливания жидкого расплавленного полиуретана (200 °С) через плотные армирующие тканые каркасы ГПР, в процессе которого заполняется пространство между нитями и образуется внутренний и наружный защитный слой. Эта проблема, по нашему мнению, может быть решена при сочетании сразу двух подходов. Первый подход заключается в добавлении в жидкий расплавленный полиуретан специальных добавок (создание новых полиуретановых связующих, содержащих эффективные процессинговые добавки), повышающих его жидкотекучесть и понижающих вязкость при условии не ухудшения физико-механических характеристик полиуретана. Второй подход заключается в дополнительной подготовке полиэфирных или арамидных нитей перед круглоткачеством, а именно, в дополнительной крутке нитей, которая, как известно, вызывает уменьшение диаметров нитей, в следствие чего увеличивается пространство между нитями в тканом армирующем каркасе при одних и тех же значениях геометрических плотностей, что будет способствовать облегчению экструзии жидкого полиуретана через каркас. Однако дополнительная крутка способствует уменьшению прочности арамидных нитей из-за повреждения отдельных волокон, из которых они состоят. Поэтому в этом подходе также необходимо найти приемлемое решение. Изложенным перечнем проблемы проектирования и изготовления ГПР не исчерпывается. Могут возникнуть новые задачи, связанные с технологией производства данных изделий, которые необходимо будет решать по мере их возникновения.

ВЫВОДЫ

Рассмотрены назначение, устройство, характеристики, проблемы проектирования и изготовления мобильных ГПР, предложены пути решения этих проблем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бахарев Б.А., Степанов С.Г. Мобильные плоскостворачиваемые трубопроводные системы: рациональное проектирование, освоение нового отечественного производственного направления // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX–2017): сб. матер. XX междунар. науч.-техн. форума. – Иваново, 2017. – С. 78–80.
2. Дьяконов Е.Г., Николаев И.К. О решении некоторых задач теории сетчатых оболочек // Журнал вычислит. математики и математической физики. – 1973. – Т. 13, № 4. – С. 938–951.
3. Бухин Б.Л. Применение теории сетчатых оболочек к расчету пневматических шин. Механика пневматических шин. Сборник трудов НИИ шинной промышленности. М. 1974. С. 59–74.
4. Степанов С.Г. Развитие теории формирования и строения ткани на основе нелинейной механики гибких нитей. Диссертация доктора технических наук. Иваново. ИГТА. 2007. 443 с.

**ПОЛУЧЕНИЕ ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ОГНЕЗАЩИТНЫМИ
И АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ**

**PREPARATION OF CELLULOSIC MATERIALS WITH FLAME RETARDANT
AND ANTIBACTERIAL PROPERTIES**

Таусарова Б. Р., Жумахметова С. С.

Алматинский технологический университет. Республика Казахстан,
050012, Алматы. ул. Толе би 100

Taussarova B.R., Zhumakhmetova S.S.

Almaty Technological University, Republic of Kazakhstan, Almaty.050012, Tole bi Str., 100

E-mail: birtausarova@mail.ru

В статье изложены исследования по применению нового состава на основе силиката натрия, полифосфата аммония, наночастиц оксида цинка для придания огнезащитных свойств целлюлозным текстильным материалам. Исследовано влияния концентрации исходных компонентов, температуры и времени термообработки на огнезащитные свойства. Показано, что у целлюлозных материалов модифицированных предлагаемой композицией повышаются огнезащитные и антибактериальные свойства.

Ключевые слова: целлюлозные материалы; наночастицы оксида цинка; огнезащитные свойства; антибактериальные свойства; силикат натрия; полифосфат аммония; золь-гель технология.

In the article presents research on the use of a new composition based on sodium silicate, ammonium polyphosphate, zinc oxide nanoparticles to impart flame retardant properties to cellulose textile materials. The influence of the concentration of the initial components, temperature and heat treatment time on the fire-retardant properties is studied. It is shown that the fire-retardant and antibacterial properties of cellulose materials modified by the proposed composition are increased.

Keywords: cellulose materials; zinc oxide nanoparticles; fire retardant properties; antibacterial properties; sodium silicate; ammonium polyphosphate; sol-gel method.

В современных условиях активно развиваются исследования по совершенствованию приемов модификации целлюлозных материалов для создания широкого ассортимента новых, высококачественных материалов, с полифункциональными свойствами как огнезащитные, гидрофобные и антибактериальные [1–3]. Текстильные материалы имеют широкую область применения: в быту, технике, общественных зданиях, на транспорте и как специальные защитные средства. Они используются в качестве штор, драпировок, занавесей, материалов при изготовлении мягкой мебели, спальных принадлежностей, специальной защитной одежды и изделий, декоративной отделки различных по функциональному назначению помещений. Однако они являются серьезным источником опасности во время пожаров, легко воспламеняется, способствует распространению пламени и при горении выделяют большое количество дыма и газов. Пожары с высоким уровнем выбросов дыма и токсичных газов являются источником серьезного вреда для людей и окружающей среды, и приводят к серьезным экологическим последствиям. В последнее время внимание исследователей привлекают нанокompозиты на основе наночастиц оксида цинка, которые обладают полезными оптическими, механическими, полупроводниковыми, ферроэлектрическими, пьезоэлектрическими, огнезащитными и антибактериальными свойствами [4–7].

Наноматериалы, содержащие наночастицы оксида цинка, проявляют биоцидную активность широкого спектра действия по отношению к различным бактериям, грибкам и вирусам и имеют явное преимущество перед обычными химическими противомикробными агентами. В различных странах широко проводятся исследования, направленные для придания огнезащитных и антибактериальных свойств текстильным материалам [8–12]. Исследования посвященные разработке получения текстильных материалов с огнезащитными, антибактериальными свойствами с применением золь-гель технологии, а также изучению свойств, имеет большое научное и практическое значение.

Целью настоящего исследования является получение целлюлозных материалов с огнезащитными и антибактериальными свойствами с применением силиката натрия, полифосфата аммония и наночастиц оксида цинка.

Использование водорастворимых силикатов (жидкое стекло) в качестве пленкообразующей основы отвечает экологическим требованиям. Силикатное покрытие не способствует развитию микроорганизмов. Водный раствор силиката натрия плотностью 1,2 г/см³ смешивали с 0,5 % (мас.) глицерина для повышения эластичности покрытия. Образцы хлопчатобумажной ткани размером 200×170 мм после определения точной массы на аналитических весах подвергались пропитке водным раствором полимерных композиций, далее на лабораторной двухвальной плюсовке с 90 % отжимом. Изменение огнезащитных свойств хлопчатобумажной ткани приведено для трех режимов термообработки: при 110 °С, 130 °С и 150 °С, при времени обработки 1 мин., результаты исследования представлены в табл. 1. Как видно из табл. 1 повышение концентрации полифосфата аммония приводит к изменению свойств ткани.

Обработанные огнезащитным составом образцы по сравнению с исходной тканью обладают показателями огнезащитных свойств. Необработанная ткань размером 220x170 мм при испытании на воспламеняемость при времени зажигания 15 с полностью сгорает за 60 секунд. У образцов, обработанных огнезащитным составом, так же размером 220x170 мм при времени зажигания 15 с время тления практически сводится к 0 при температуре обработки 75 °С. Исследования показали, что с повышением концентрации полифосфата аммония длина обугленного участка уменьшилась от 220 до 98 мм. С увеличением концентрации огнезащитного состава, и температуры термообработки воздухопроницаемость и разрывная нагрузка меняются незначительно, разрывная нагрузка контрольного образца составляет 310 Н, после обработки при температуре 100 °С колеблется в небольших пределах – от 310 до 302 Н, внешний вид ткани меняется незначительно.

Таблица 1. Результаты исследования образцов, пропитанных огнезащитным составом

Концентрация веществ, г/л		Длина обугленного участка, мм			Разрывная нагрузка, Н			Воздухопроницаемость, дм ³ /м ² ×сек		
Na ₂ O*SiO ₂	(NH ₄ PO ₃) _n	Температура термообработки, °С								
		110	130	150	110	130	150	110	130	150
Исходный образец		220	220	220	310	310	310	170	170	170
25	20	116	140	138	308	305	302	169	160	164
25	30	109	116	130	307	306	303	161	167	159
25	40	98	112	110	309	307	304	167	169	170

Дисперсию наночастиц оксида цинка получали путем реакции ацетата цинка и гидроксида натрия в среде этанола. Ацетат цинка полностью растворяли в воде, к раствору добавили 25 мл охлажденного этанола. Гидроксид натрия также растворили в этаноловом спирте (0,05 М) и охладили на ледяной бане, а затем к раствору по каплям добавляли водный раствор ацетата цинка при постоянном перемешивании. Строение и размер наночастиц в большой степени зависит от условий реакции и концентрации ацетата цинка. Исследования показали образуются наночастицы с широким распределением по размерам диаметром от 35–45 нм, имеющие форму, близкую к цветочной, (рис. 1) стабильны, не осаждаются и не меняют окраску в течение нескольких недель.

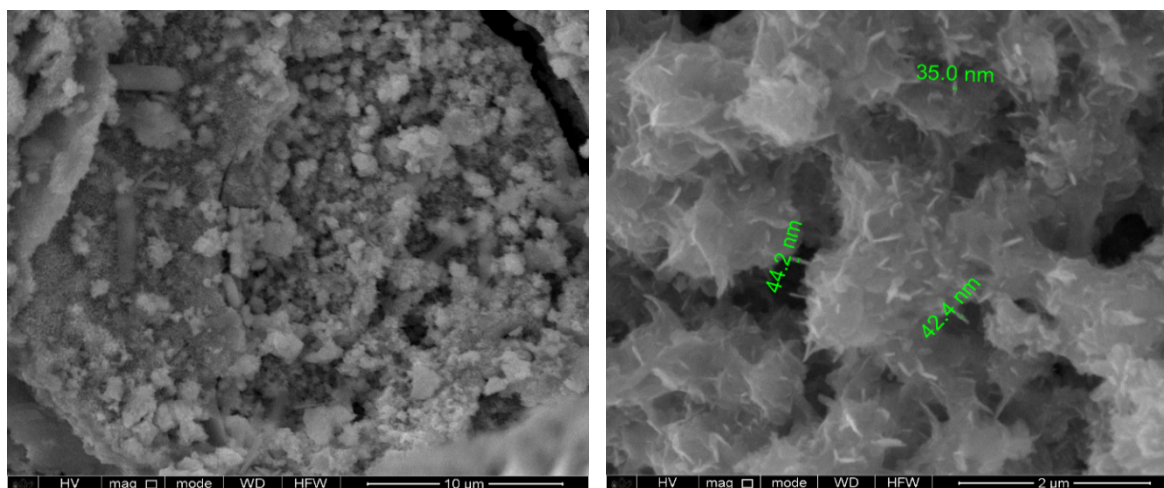
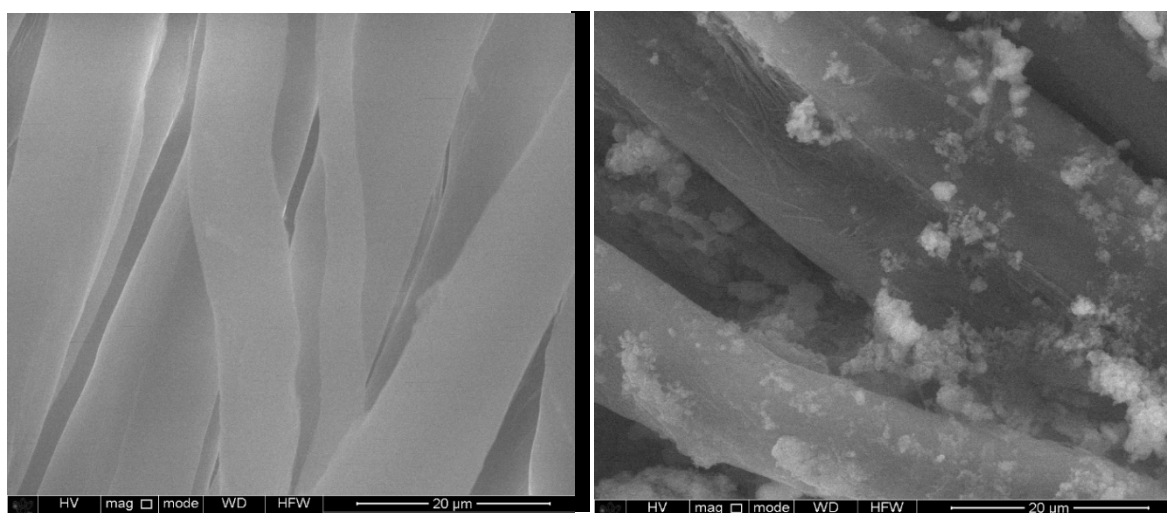


Рис. 1. Фотографии наночастиц оксида цинка, полученные с помощью ЭСМ различного разрешения

Исследования, проведенные методом электронно-сканирующей микроскопии (рис.2) подтвердили наличие наноразмерных частиц в структуре материала как в виде отдельных кластеров наночастиц оксида цинка. С возрастанием концентрации наночастиц оксида цинка на поверхности обработанной ткани количество адсорбированных наночастиц возрастает. Распределение частиц на поверхности являлось не равномерным.



а

б

Рис. 2. Электронно-микроскопические снимки хлопчатобумажной ткани (а) обработанных огнезащитной композицией и наночастицами оксида цинка (б)

Согласно электронно-сканирующей микроскопии и проведенному энергодисперсионному микроанализу чистая хлопковая ткань содержит С – 64,69 %, О – 35,31 %. После модификации на поверхности обработанной ткани образуются частицы: Na 12,76–13,18 %, Si 1,25–2,13 %, P 1,59–2,05 %, S 0,18–0,35 %, Zn 3,21–4,34 % которые распределены достаточно неравномерно. Показано, что с повышением концентрации полифосфата аммония в модифицирующем составе в обработанных образцах содержание фосфора и наночастиц оксида цинка возрастает до 2,05 % и 4,32 % соответственно.

Антимикробное действие ткани оценивали по степени угнетения роста бактерий через разное время инкубации по сравнению с контрольными образцами ткани. Установлено, что обработанная хлопчатобумажная ткань подобранным составом придает антимикробные свойства, улучшает физико-механические характеристики.

Разработан состав на основе водного раствора силиката натрия, полифосфата аммония и наночастиц оксида цинка для придания целлюлозным материалам огнезащитных и антибактериальных свойств. Определены оптимальные условия обработки тканей. Исследовано влияние концентрации рабочего раствора, температуры пропитки и термофиксации на огнезащитные и антибактериальные свойства ткани. Показано, что обработка целлюлозных материалов предлагаемым составом улучшают огнезащитные и антибактериальные свойства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Vasiljevic J., Zorko M. et al. Structural optimisation of a multifunctional water- and oil-repellent, antibacterial, and flame-retardant sol-gel coating on cellulose fibres. *Cellulose*, 2017. Vol. 24. P.1511–1528.
2. Zhang D., Williams B.L. Flame retardant and hydrophobic coatings on cotton fabrics via sol-gel and self-assembly techniques. *Journal of Colloid and Interface Science*, 2017. Vol. 505. P. 892–899.
3. Li Y., Wang B., Sui X. et al. Durable flame retardant and antibacterial finishing on cotton fabrics with cyclotriphosphazene/polydopamine/silver nanoparticles hybrid coatings. *Applied Surface Science*. 2018. Vol. 435. P. 1337–1343.
4. Arputharaj A., Nandanathangam V., Shukla S.R. A simple and efficient protocol to develop durable multifunctional property to cellulosic materials using in situ generated nano-ZnO. *Cellulose*, 2017. Vol. 24. P. 3399–3410.
5. Singh V. P. et al. Photocatalytic, hydrophobic and antimicrobial characteristics of ZnO nano needle embedded cement composites. *Construction and Building Materials*, 2018. Vol. 158. P. 285–294.
6. Ali A., Ambreen S., Maqbool Q. et al. Zinc impregnated cellulose nanocomposites: Synthesis, characterization and applications. *Journal of Physics and Chemistry of Solids*, 2016. Vol. 98. P. 174–182.
7. Shankar S., Oun A.A., Rhim J.W. Preparation of antimicrobial hybrid nanomaterials using regenerated cellulose and metallic nanoparticles. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2018. Vol.107. P.17–27.
8. Vasiljevic J., Zorko M. et al. Structural optimisation of a multifunctional water- and oil-repellent, antibacterial, and flame-retardant sol-gel coating on cellulose fibres. *Cellulose*, 2017. Vol. 24. P. 1511–1528.
9. Attia N. F., Morsy M.S. Facile synthesis of novel nanocomposite as antibacterial and flame retardant material for textile fabrics. *Materials Chemistry and Physics*, 2016. Vol. 180. P. 364–372.
10. Taussarova B.R., Abilkasova S.O. Flame-retardant modification of cellulose materials by n- and p-containing composites. *Fibre Chemistry*, 2017. Vol. 49, No. 4. P. 242–245.

11. Таусарова Б.Р. Такей Е. Золь-гель технология придания огнезащитных свойств целлюлозным текстильным материалам. Нано индустрия. 2018. N 1. С. 68–73.
12. Wang Y.W., Shen R., Wang Q. et al. ZnO Microstructures as Flame-Retardant Coatings on Cotton Fabrics. ACS Omega 2018. Vol. 3. P. 6330–6338.

УДК 667.7+519.6

ХЕМОИНФОРМАЦИОННЫЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ СТРОЕНИЯ И СВОЙСТВ КРАСИТЕЛЕЙ ДЛЯ ТЕКСТИЛЯ

CHEMOINFORMATICS APPROACH IN ANALYSIS OF STRUCTURE AND PROPERTIES OF TEXTILE DYES

Телегин Ф.Ю.*, Жан Ц.*, Пряжникова В.Г.

*Уханьский текстильный университет,
1430073, Китай, Ухань, ул. ФангДжи, 1

Telegin F.Y.*, Ran J.*, Pryazhnikova V.G.

*Wuhan Textile University,
1, FangZhi Road, Wuhan, 1430073, China

E-mail: f.telegin@mail.ru

Дан обзор исследований в области анализа связи между химическим строением и свойствами красителей для крашения текстильных материалов. Систематизирован большой объем данных о свойствах красящих веществ. Рассмотрены ранние и современные теоретические подходы к хемоинформационному анализу и прогнозированию спектральных свойств красителей, средства к волокнистым материалам, устойчивости окрасок к стирке и фотовыцветанию.

Ключевые слова: красители, устойчивость окрасок, QSPR, хемоинформатика.

A brief review of the research for analysis of the relationships between chemical structure and properties of dyes for dyeing textile materials is given. Large amount of information describing properties of dyes is collected and summarised. Early and modern theoretical approaches for the chemoinformatics analysis and prediction of spectral properties of dyes, their affinity to fibrous materials, washfastness and lightfastness of dyeings are discussed.

Keywords: dyes, fastness properties, QSPR analysis, chemoinformatics.

Overview of textile dyes and databases for their properties

Dyes play very important role in organic chemistry and engineering since W.H. Perkins's discovery of the first synthetic dye mauveine in 1856. The discovery of synthetic dyes overwhelmed the role of natural dyes in the society due to its low production cost, brighter colors, better resistance towards environmental factors, and easy-to-apply factor. This has led to a higher consumption of synthetic dyes over natural dyes for most types of industrial applications. In addition to the extensive use of dyes in the coloration of textile, dyes also enjoy several non-textile applications, such as in the coloration of food, hair, leather and paper as

well as functional dye applications, such exemplified by optical data storage and display, lasers, dye-sensitised solar cells (DSSCs), liquid crystal displays (LCDs), light-emitting diodes (LED), fluorescent probes in high-resolution optical microscopy, biomedical and medicinal fields, etc.[1–3].

Presently 27,000 individual products under 13,000 Generic Names are incorporated in Colour Index[4]. Much information regarding the properties of commercial textile dyes for all technical groups of dyes is provided on the website World Dye Variety [5]. Water-soluble dyes include about 50 % of total amount of dyes. Max Weaver Dye Library[6] at Eastman Kodak Company represents a collection of 98000 vials of custom-made and largely sparingly water-soluble dyes. As a part of this collection temporary, water-soluble, hair dyes are collected and analysed in the research[7,8]. Some results of recent research of bioelimination of a large groups of commercial acid, direct and reactive dyes [9–11] are suitable for discussion of dye affinity to cellulose. Diverse results for affinity, washfastness and lightfastness of acid and direct dyes are collected in our recent research [12–15].

A wide variety of properties of dyes are usually taken into consideration for evaluation the quality of dyeings on textiles:

- Chemical structure of dye chromophore.
- Spectral properties of dye solution and dyeings – wavelength maximum of dye absorbance in solution and in fibre.
- Colour characteristics of dyeings.
- Sorption of dyes by the fibres – dye affinity and diffusion.
- Fastness properties of dyeings – fastness to washing, migration, light, sublimation, oxygen bleaching etc.
- Environmental aspects of colorants – degradation of dyes in natural conditions and advanced oxidation processes, toxicity of dyes and carcinogenic properties, sustainability of dye production and textile coloration.
- Other properties for dyes of high performance – fluorescence, redox-potentials, photovoltaic properties, solubility, solvation energy, chromatographic retention indexes, etc.

Chemoinformatics approach for structure-property analysis of organic compounds

Study of structure-property relationships was an essential of textile chemistry research in previous years. It was based on detailed study of physico-chemical aspects of dye coloration and properties of dyes adsorbed by the fibres[16–24].

At present time this problem is discussed on the basis of application of different chemometric methods. This branch of knowledge is based on mathematical procedures of building the models for predicting the properties of compounds. The models for predicting physical, physico-chemical and technical properties are attributed to so-called QSPR models (QSPR – quantitative structure-property relationships). The models applied for predicting biological activity are usually attributed to so-called QSAR models (QSAR – quantitative structure-activity relationships) and analysed by chemoinformatics tools [25].

In our days QSPR research and chemoinformatics cover almost every fundamental and applied field in chemical studies and became the main stream in further development of physical chemistry, medicinal chemistry and key engineering materials. This kind of research seems to be a new revolution in chemistry after fundamental discoveries of Mendeleev's periodic table of elements, Butlerov's theory of structure of organic compounds, discovery of synthetic dyes, polymers and fibres, development of the basis for nanochemistry and nanophysics. Predicting power, QSPR/QSAR results stands close to the first two mentioned above.

Recent advances in QSPR methods are analysed in the reviews providing principal results in this field [26–28]. Particular problems of dyes, their properties and application are discussed in the review [29].

The models for analysis of chemical structure and property relationships usually built on the basis of linear multivariable regression models or neuro-models developed in chemoinformatics software, for example, SPARC, CODESSA, DRAGON, NASAWIN, CORAL. They use different kinds of descriptors, such as physico-chemical parameters, functional groups, topology and geometry of the molecules, fragments of different kind, etc. Those descriptors are collected and the databases are arranged by the use of chemoinformatics software, for example, ChemAxon [30].

Early studies in structure property relationships of dyes

Problems of textile chemistry, which in general is a part of physical organic chemistry from very early years were discussed from the point of view of Hammett's substituents effects [31]. One of the first research of this kind was published in 1946 [32] and discussed the problem of azo acid dyes photo destruction on wool fibres. Unfortunately, this research failed to find good correlations for acid dyes and later met some criticism of the specialists. However, authors of that study clearly realised the role of calculations in understanding the mechanism of certain phenomenon in physical chemistry and followed the idea of Hammett whose ideas 50 years later became a basis for development of QSPR analysis. They declared in their paper: "It is impossible for the chemist to synthesize all possible azo dyes and test them for fastness to light, because it has been estimated that there are over **6,000,000** possible molecular structures with the intermediates in commercial use."

Simple QSPR studies are often based on application of one parameter evaluated from physico-chemical model. In this form QSPR analysis is similar to so-called correlation analysis in organic chemistry, very often based on calculation the Hammett sigma constant [31]. Later, parameter of lipophilicity of organic compounds was introduced in Hansch approach [33] and successfully applied for description of partition between hydrophobic and hydrophilic media as well as solubility of the compound. In order to describe electronic properties of dyes instead of Hammett constant ionization potential frontier electronic energies (HOMO, LUMO) are used.

A good example of one-descriptor correlation is used in the research [34] for analysis of spectral properties of anthraquinone dyes. Another research of this kind [35–38] demonstrated prediction of fastness properties to washing and rubbing of acid and direct dyes on wool and cotton fibres, respectively. Similar approach was used in analysis of structure and properties of acid dyes [39–41], which have found that water/octanol partition coefficients exhibit correlation with dye surface activity and their sorption properties on natural and synthetic fibres. It was found that hydrophobicity of acid dyes controls the levelness of dyeings and rate of sorption in wool dyeing, which logically reflects classification of acid dyes. Bioelimination of acid dyes in water by bio-adsorbent correlates both with amphiphilicity and HOMO energy, which is demonstrated on the basis of the data provided in [9–11]. Besides this, similar correlations were found for wash- and light fastness of disperse dyes on polyamide and silk fibres [40, 42].

As far as the problem of fading of dyes was the most serious for developing new dyes, many early research papers were devoted to this problem. Numerous attempts have been made for discussion of azobenzene and azonaphthalene disperse dyes in cellulose acetate films and polypropylene fibres. It was found that photodegradation of dyes is controlled by electronic effects of substituents in a certain series of compounds. Many early papers exploring the idea of Hammett's approach correlated spectral properties, i.e. wave length of maximum absorption of dyes in solution and dissociation constants pK_a , with Hammett sigma constant [1, 43, 44].

At the beginning of 1980s systematic research of Giles, for example, in [18] formulated general principles of analysis of fastness properties of dyes and without direct connection to electronic properties of dyes due to developed concept of hydrophobicity of organic com-

pounds used in above mentioned Hansch approach for biological systems. In the 1990s Hammett's approach continued to be widely used for analysis of properties of dyes and their behavior in dyeing processes. Systematic research by Brederick [45–48] demonstrated correlation of electronic substituents effects with spectral properties of reactive dyes based on H-acid derivatives, destruction with hypochlorite, hydrogen peroxide and light fastness of dyes. This is a good example of fool-scale research with clear understanding of inter-correlation of physico-chemical properties of dyes with so-called “applied” properties, although light fastness could be considered to be a fundamental parameter of stability of chromophore [49] and therefore systematically studied in all the research devoted to synthesis of dyes.

Another example of studying reduction destruction of a big series of 2-naphthalene acid dyes also exhibits electronic effects of substituents on rate of destruction. Systematic analysis of acid dye destruction by hyposulfite and hydrogen peroxide by the use of the same approach was demonstrated in the research by Oakes et al., which became a valuable contribution to the Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology [50].

It is worth noting that late research by Hallas, Griffiths and other researchers in 1990s-2000s collected rather large amount of data regarding spectral properties of new dyes and their light fastness did not use simple correlation analysis [51] probably due to poor correlation of large series of data with sigma constants. Therefore, since 2000s more and more research mentioned above in this section developed QSPR research for analysis of quality of dyeings in coloration of textiles.

Modern studies in chemoinformatics analysis of textile dyes

In order to overcome the drawbacks of simple correlation analysis, some other groups of researchers began developing chemometric analysis of different classes of dyes: acid dyes for silk [52–54], acid dyes of wool and nylon [55], disperse dyes for synthetic fibres [56]. A very special study of light fastness of disperse dyes on polyester polyamide fibres have been performed in a series of early papers [57, 58]. Authors used an original method of logic programming for development of the models and predicting the properties of new disperse dyes. One of the early examples of software for QSPR analysis was software SPARC widely used up to now for predicting of ionization constants pK_a and hydrophobicity $\text{Log}P$ of organic compounds and, as an example, azo dyes and related compounds [59].

The problem of QSPR analysis of dye affinity to textile fibres and physico-chemical properties of dyeings became a key point of the development of new ideas on the eve of 2000. The fundamental contribution to the problem had been done by the research of S. Timofei and co-authors [60]. A review cited above make a reference on 14 papers of their own research published since 1994 based on application of comparative molecular field analysis method. The beginning of their research started directly with vat, disperse, acid and direct dyes. Later on authors continued modification of the method for acid dyes in recent research [61]. Their results and a database for anionic dyes was used in several research [62–66]. Interesting, all the authors mentioned above use two databases: the first one is a database of 51 acid azo dyes adsorbed on cellulose fibres, another one is a database of 49 anthraquinone vat dyes which considered to be adsorbed on cellulose in a form of sodium salts of leuco acids.

In general, database for acid or anionic dyes is not well documented in the research of Timofei and her followers, the original sources of some papers are not available and still the details of calculating dye affinity to cellulose are not clear. It is worth noting that according to a theory of dyeing [16, 22, 24], there are several ways of calculating dye affinity to fibre, therefore each case of using this parameter need to be commented by particularly information regarding dye concentration, salt concentration and temperature. This information need to be taken into account for combining several datasets into one database, while authors [62, 65] joined two subsets of data without checking the conditions of their compatibility. From this point of view, acid dyes cannot be used for studying dye adsorption mechanism and could be

used only for evaluation of tinctorial properties of acid dyes on cellulose fibres during domestic washing of mixed cellulose/polyamide/wool materials, as it was studied in the research [67].

Recently an advanced tool of QSPR analysis of organic substances was proposed on the basis of fragment approach [68,66]. It is worth of mentioning that one of the first publications dealing with application of this method were focused on analysis of spectral behavior of cyanine dyes and affinity of anionic dyes to cellulose fibres along with other problems of organic chemistry. According to this method the descriptors are calculated on the basis of chemical structure of the molecule by the use of defragmentation of the molecule on substructures of chains, branches and cycles of atoms. This method was applied for different physico-chemical problems, including dye affinity to cellulose fibres, mentioned above.

The idea of fragment approach was used in our research [13] for analysis of light fastness of azo benzothiazole disperse dyes, light fastness of indigoid dyes, ionization of OH-groups of mordant azo dyes, and interaction of organic pollutants with OH-radical in oxidative destruction. Fragment substructures are shown to be very suitable for analysis of relationships between chemical structure and technical properties of dyes for applied research. In further research [14, 15] fragment approach was used for systematic analysis fastness properties of acid and direct dyes on cellulose and cotton fabrics. Such an approach was successfully used for analysis dyes of non-textile application, for example, mediators for aqueous redox flow batteries [69] and BODIPY and porphyrin sensitizers for highly efficient dye-sensitized solar cells [70].

ЛИТЕРАТУРА

1. Encyclopedia of Color Science and Technology. / Ed.: R. Luo. – Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. – 2016. – 1300 p.
2. Freeman, H.S. Colorants for non-textile applications. / H.S. Freeman, A.T. Peters. – The Netherlands: Elsevier Science B.V. – 2000. – 618 p.
3. Gurr, E. Synthetic Dyes in Biology, Medicine and Chemistry. / E. Gurr. – London: Academic Press. – 1971. – 806 p.
4. SDC, AATCC Colour Index™ Online. – URL: <https://colour-index.com/about> (accessed 2018-05-29).
5. World Dye Variety. – 2018. – URL: <http://www.worlddyevariety.com/> (accessed 2018-06-11).
6. Kuenemann, M.A. Weaver's historic accessible collection of synthetic dyes: a cheminformatics analysis. / M.A. Kuenemann, M. Szymczyk, Y. Chen // Chemical Science. – 2017. – Vol. 8. – P. 4334–4339.
7. Williams, T.N. Toward the rational design of sustainable hair dyes Using cheminformatics approaches: Step 1. Database development and analysis. / T.N. Williams, M.A. Kuenemann, Van Den Driessche, George A. // ACS Sustainable Chemistry & Engineering. – 2018. – Vol. 6. – P. 2344–2352.
8. Williams, T.N. Toward the rational design of sustainable hair dyes using cheminformatics approaches: Step 2. Identification of hair dye substance database analogs in the Max Weaver dye library. / T.N. Williams, Van Den Driessche, George A., A.R. B. Valery // ACS Sustainable Chemistry & Engineering. – 2018. – Vol. 6. – P. 14248–14256.
9. Churchley, J.H. A chemometric approach to understanding the bioelimination of anionic, water-soluble dyes by a biomass - Part 2: Acid dyes. / J.H. Churchley, A.J. Greaves, M.G. Hutchings // Coloration Technol. – 2000. – Vol. 116. – P. 222–228.
10. Churchley, J.H. A chemometric approach to understanding the bioelimination of anionic, water-soluble dyes by a biomass – Part 3: Direct dyes. / J.H. Churchley, A.J. Greaves, M.G. Hutchings // Coloration Technol. – 2000. – Vol. 116. – P. 279–284.

11. Churchley, J.H. A chemometric approach to understanding the bioelimination of anionic, water-soluble dyes by a biomass - Part 4: Reactive dyes. / J.H. Churchley, A.J. Greaves, M.G. Hutchings // *Coloration Technol.* – 2000. – Vol. 116. – P. 323–329.
12. Telegin, F.Y. Chemometric study of technical properties of dyes. / F.Y. Telegin, Ran J., Y.S. Biba. // *The 89th Textile Institute World Conference. Innovation from Fibre to Fashion*, 2–6 November. 2014. – P. 566–570.
13. Telegin, F.Y. Structure and Properties of Dyes in Coloration of Textiles. Application of Fragment Approach. / F.Y. Telegin, J.Hua Ran, M. Morshed // *Key Engineering Materials.* – 2016. – Vol. 703. – P. 261–266.
14. Telegin, F.Y. Fragment approach in QSPR analysis of anionic dyes. / F.Y. Telegin, V.G. Priazhnikova, J.H. Ran. // *ACS Publications Symposium in partnership with ICCAS. Innovation in Molecular Science.* – Beijing, October 23–25. 2016. – P. 181–182.
15. Ran, J. Database and QSPR analysis of anionic dyes for textile coloration. / J. Ran, V.G. Pryazhnikova, F.Y. Telegin. – 2018: Third International School-Seminar "From Empirical to Predictive Chemistry" (E2PC2018).
16. Vickerstaff, T. *The Physical Chemistry of Dyeing.* / T. Vickerstaff. – 2nd edn. – London-Edinburgh: Oliver & Boyd. – 1954. – 514 p.
17. Peters, R.H. *Textile Chemistry. The Physical Chemistry of Dyeing.* / R.H. Peters. – Amsterdam-Oxford-New York: Elsevier Sci. Publ. Co. – 1975. – Vol. 3. – 898 p.
18. Giles, C.H. Relation between the molecular structure of dyes and their technical properties. / C.H. Giles, D.G. Duff, R.S. Sinclair. // *The Chemistry of Synthetic Dyes* / K. Venkataraman. – New York-London: Academic Press. – 1978. – P. 279–329.
19. Мельников, Б.Н. Теоретические основы технологии крашения волокнистых материалов. / Б.Н. Мельников, И.Б. Блиничева. – М.: Легкая индустрия. – 1978. – 304 p.
20. Кричевский, Г.Е. Диффузия и сорбция в процессах крашения и печатания. / Г.Е. Кричевский. – М.: Легкая индустрия. – 1981. – 208 p.
21. Заславский, И.И. Основы теории крашения ионогенными красителями. / И.И. Заславский. – М.: Легпромышлениздат. – 1989. – 144 p.
22. *The Theory of Coloration of Textiles.* / Ed.: A. Johnson. – Bradford, UK: Second Edition, Society of Dyers and Colourists. – 1989. – 552 p.
23. *Colorants and Auxiliaries: Organic Chemistry and Application Properties: Vol. 1: Colorants.* / Ed.: J. Shore: Society of Dyers & Colourists. – 2002. – 443 p.
24. Burkinshaw, S.M. *Physico-chemical Aspects of Textile Coloration.* / S.M. Burkinshaw. – Chichester, UK: SDC, John Wiley & Sons, Ltd. – 2016. – 622 p.
25. QSAR. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/QSAR> (accessed 2018.05.05).
26. Katritzky, A.R. QSPR as a means of predicting and understanding chemical and physical properties in terms of structure. / A.R. Katritzky, M. Karelson, V.S. Lobanov // *Pure and Applied Chemistry.* – 1997. – Vol. 69.
27. Cherkasov, A. QSAR modeling: where have you been? Where are you going to? / A. Cherkasov, E.N. Muratov, D. Fourches // *Journal of Medicinal Chemistry.* – 2014. – Vol. 57. – P. 4977–5010.
28. Tetko, I.V. BIGCHEM: Challenges and opportunities for big data analysis in chemistry. / I.V. Tetko, O. Engkvist, U. Koch // *Molecular Informatics.* – 2016. – Vol. 35. – P. 615–621.
29. Luan, F. Review of quantitative structure-activity/property relationship studies of dyes. / F. Luan, X. Xu, H. Liu // *Coloration Technology.* – 2013. – Vol. 129. – P. 173–186.
30. ChemAxon. – URL: www.chemaxon.com (accessed 2017-01-12).
31. Hammett, L.P. *Physical organic chemistry. Reaction rates, equilibria and mechanisms.* / L.P. Hammett. – 2nd edn. – London: McGraw-Hill. – 1970. – 420 p.
32. Kienle, R.H. A Correlation of structure with fastness to light of monoazo dyes. / R.H. Kienle, E.I. Stearns, Meulen P. A. van der // *J Phys Chem.* – 1946. – Vol. 50. 363–373.

33. Hansch, C. Pi-Sigma-Pi Analysis. A method for the correlation of biological activity and chemical structure. / C. Hansch, T. Fujita // *Journal of the American Chemical Society*. – 1964. – Vol. 86. – P. 1616–1626.
34. Файн, В.Я. Корреляционный анализ электронных спектров поглощения. / В.Я. Файн. – Москва: Компания Спутник+. – 2002. – 156 p.
35. Кобраков, К.И. Поиск корреляционной зависимости между потенциалом ионизации красителей и свойствами окрашенных материалов. / К.И. Кобраков, Г.С. Станкевич, Л.Р. Егорова // *Сборник научных трудов «Актуальные проблемы технологии отделки текстильных материалов»*. Москва, МГТУ им. А.Н.Косыгина. – 2001. – P. 94–98.
36. Егорова, Л.Р. Прогнозирование свойств окрашенных текстильных материалов по квантово-химическим расчетам молекул красителей и их электронным спектрам поглощения. / Л.Р. Егорова, Э.А. Шарипова // *Сборник научных трудов*. Выпуск 5. Москва, МГТУ. – 2002. – P. 12–16.
37. Доломатов, М.Ю. Новый подход к прогнозированию некоторых свойств окрашенных текстильных материалов. / М.Ю. Доломатов, К.И. Кобраков, В.В. Майданов // *Химическая технология*. – 2002. – P. 7–10.
38. Доломатов, М.Ю. Макрокинетика и механизм взаимодействия кислотных и прямых красителей с волокнистыми материалами. / М.Ю. Доломатов, М.Э. Ковалева, К.И. Кобраков // *Башкирский химический журнал*. – 2007. – Vol. 14. – P. 127–129.
39. Telegin, F. Amphiphilic and electronic properties of acid dyes and their behavior in dyeing and bioelimination. / F. Telegin, N. Schitova, A. Telegina. // *Proceedings of the 21th IFATCC Congress. New Horizons in Textile Finishing*, 6–9 May. 2008. – URL: <http://www.ifatcc.org/wp-content/uploads/2017/12/A8.-ABSTRACT-TELEGIN.pdf> (accessed 2018-08-25).
40. Телегин, Ф.Ю. Строение и свойства красителей в теории и практике колорирования. / Ф.Ю. Телегин // *Дизайн. Материалы. Технология. Design. Materials. Technology*. – 2009. – Vol. 4. – P. 163–167.
41. Телегин, Ф.Ю. Взаимосвязь между строением кислотных красителей и их поведением в процессах крашения шерстяного волокна. / Ф.Ю. Телегин, Н.П. Зарубина // *Изв. вузов. Химия и химическая технология*. – 2004. – Vol. 47. – P. 42–47.
42. Telegin, F.Y. Quantitative relationships for design of disperse dyes of high technical properties. / F.Y. Telegin, E.S. Khaylenko, P.F. Telegin. // *Proceedings of the 21th IFATCC Congress. New Horizons in Textile Finishing*, 6–9 May. 2008. – URL: <http://www.ifatcc.org/wp-content/uploads/2017/12/A9.-TELEGIN.pdf> (accessed 2018-08-25).
43. Gordon, P.F. *Organic Chemistry in Colour*. / P.F. Gordon, P. Gregory. – Taipei: Nan Hung Book Co. – 1996. – 322 p.
44. Venkataraman, K. *The Chemistry of Synthetic Dyes*. / K. Venkataraman. – New York: Academic Press. – 1952–1978. – Vols. III–VIII.
45. Bredereck, K. Structure reactivity correlations of azo reactive dyes based on H-acid. I. NMR chemical shift values, pKa values, dyestuff aggregation and dyeing behaviour. / K. Bredereck // *Dyes and Pigments*. – 1993. – Vol. 21. – P. 23–43.
46. Bredereck, K. Structure reactivity correlations of azo reactive dyes based on H-acid. II. Dye degradation by hypochlorite. / K. Bredereck // *Dyes and Pigments*. – 1993. – Vol. 21. – P. 45–66.
47. Bredereck, K. Structure reactivity correlations of azo reactive dyes based on H-acid. III. Dye degradation by peroxide. / K. Bredereck, C. Schumacher // *Dyes and Pigments*. – 1993. – Vol. 23. – P. 121–133.
48. Bredereck, K. Structure reactivity correlations of azo reactive dyes based on H-acid. IV. Investigations into the light fastness in the dry state, in the wet state, and in presence of

- perspiration. / K. Bredereck, C. Schumacher // *Dyes and Pigments*. – 1993. – Vol. 23. – P. 135–147.
49. Кричевский, Г.Е. Фотохимические превращения красителей и светостабилизация окрашенных материалов. / Г.Е. Кричевский. – М.: Химия. – 1986. – 248 p.
 50. Chudgar, R.J. Dyes, Azo. / R.J. Chudgar, J. Oakes. // *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*: John Wiley & Sons, Inc. – 2003.
 51. *The Chemistry and Application of Dyes*. / Eds.: D.R. Waring, G. Hallas. – New York, London: Plenum Press. – 2012. – 414 p.
 52. Giorgi M Rita Design of high fastness acid dyes for silk: a chemometric approach. / Giorgi M Rita, Cerniani Ado, Carpignano Rosarina // *Journal of the Society of Dyers and Colourists*. – 1993. – Vol. 109. – P. 405–410.
 53. Giorgi, M.R. de Structure optimization in a series of dyes for wool and cotton. A chemometric approach. / M.R. de Giorgi, R. Carpignano, P. Scano // *Dyes and Pigments*. – 1994. – Vol. 26. – P. 175–189.
 54. Giorgi, M.R. de Design of dyes of high technical properties for silk by a chemometric approach. / M.R. de Giorgi, R. Carpignano // *Dyes and Pigments*. – 1996. – Vol. 30. – P. 79–88.
 55. Giorgi, M.R. de Structure optimization in a series of acid dyes for wool and nylon. / M.R. de Giorgi, R. Carpignano, G. Crisponi // *Dyes and Pigments*. – 1997. – Vol. 34. – P. 1–12.
 56. Giorgi, M.R. de Structure optimization in a series of thiadiazole disperse dyes using a chemometric approach. / M.R. de Giorgi, R. Carpignano, A. Cerniani // *Dyes and Pigments*. – 1998. – Vol. 37. – P. 187–196.
 57. Кац, М.Д. Математическая модель зависимости светостойкости дисперсных моноазокрасителей от их строения. / М.Д. Кац, Г.Е. Кричевский // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*. – 1979. – P. 60–63.
 58. Кац, М.Д. Изучение зависимости между строением дисперсных моноазокрасителей и их светозащитными свойствами на полиамидном волокне. / М.Д. Кац, Н.В. Лысун, Э.И. Мостославская // *Журнал прикладной химии*. – 1988. – P. 1196–1199.
 59. Hilal, S.H. Estimation of ionization constants of azo dyes and related aromatic amines. / S.H. Hilal, L.A. Carreira, G.L. Vaughan // *Journal of Physical Organic Chemistry*. – 1994. – Vol. 7. – P. 122–141.
 60. Timofei, S. A review of QSAR for dye affinity for cellulose fibres. / S. Timofei, W. Schmidt, L. Kurunczi // *Dyes and Pigments*. – 2000. – Vol. 47. – P. 5–16.
 61. Funar-Timofei, S. Modelling heterocyclic azo dye affinities for cellulose fibres by computational approaches. / S. Funar-Timofei, W.M.F. Fabian, L. Kurunczi // *Dyes and Pigments*. – 2012. – Vol. 94. – P. 278–289.
 62. Wang, X. Quantitative structure–affinity relationship study of azo dyes for cellulose fibers by multiple linear regression and artificial neural network. / X. Wang, Y. Sun, L. Wu // *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*. – 2014. – Vol. 134. – P. 1–9.
 63. Polanski, J. Mapping dye pharmacophores by the Comparative Molecular Surface Analysis (CoMSA). / J. Polanski, R. Gieleciak, M. Wyszomirski // *Dyes and Pigments*. – 2004. – Vol. 62. – P. 61–76.
 64. Polanski, J. Comparative molecular surface analysis (CoMSA) for modeling dye-fiber affinities of the azo and anthraquinone dyes. / J. Polanski, R. Gieleciak, M. Wyszomirski // *Journal of chemical information and computer sciences*. – 2003. – Vol. 43. – P. 1754–1762.
 65. Yu, S. Hologram quantitative structure–activity relationship and topomer comparative molecular-field analysis to predict the affinities of azo dyes for cellulose fibers. / S. Yu, Q. Zhou, X. Zhang // *Dyes and Pigments*. – 2018. – Vol. 153. – P. 35–43.

66. Zhokhova, N.I. A study of the affinity of dyes for cellulose fiber within the framework of a fragment approach in QSPR. / N.I. Zhokhova, I.I. Baskin, V.A. Palyulin // Russian Journal of Applied Chemistry. – 2005. – Vol. 78. – P. 1013–1017.
67. Oakes, J. Adsorption of dyes to cotton and inhibition by polymers. / J. Oakes, S. Dixon // Coloration Technol. – 2003. – Vol. 119. – P. 140–149.
68. Baskin, I.I. Application of methodology of artificial neural networks for predicting the properties of sophisticated molecular systems: Prediction of the long-wave Absorption band position for symmetric cyanine dyes. / I.I. Baskin, A.O. Ait, N.M. Halberstam // Doklady Physical Chemistry. – 1997. – Vol. 357. – P. 353–355.
69. Telegin, F.Y. Fragment approach in QSPR analysis of organic molecules for aqueous redox flow batteries. / F.Y. Telegin, O.I. Koifman. // ACS Publications Symposium in partnership with ICCAS. Innovation in Molecular Science. – Beijing, October 23–25. 2016. – P. 111–112.
70. Telegin, F.Y. QSPR analysis of BODIPY dyes in chemistry and high-tech engineering. / F.Y. Telegin, O.I. Koifman. // Third International School-Seminar "From Empirical to Predictive Chemistry". / Eds.: T. I. Madzhidov, V. A. Afonina, I. S. Antipin. – Kazan, Russia: Kazan State University Press, 5–7 April. 2018. – P. 69.

УДК 677.027.56

К ВОПРОСУ О ФИКСАЦИИ КРАСИТЕЛЕЙ ПРИ INKJET ПЕЧАТИ ТЕКСТИЛЯ

TO THE QUESTION ABOUT FIXING OF DYES AT THE PRINTING INKJET ON TEXTILES

Тихомирова Н.А.

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных
технологий и дизайна, Россия, Санкт-Петербург
191186, Россия, г. Санкт Петербург, ул. Большая Морская, д. 18

Tikhomirova N.A.

Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
18, Bolshaya Morskaya Str., Saint-Petersburg, 191186

e-mail: tixomirova @bk.ru

Рассмотрена возможность получения устойчивой окраски на вискозном волокне при inkjet печати чернилами на основе кислотных металлокомплексных (1:1) красителей. Определены условия фиксации кислотного красителя и качественные характеристики окрашенной ткани из вискозного волокна.

Ключевые слова: кислотные металлокомплексные (1:1) красители, inkjet печать, предобработка, натрий карбоксиметилцеллюлоза, условия фиксации красителей.

The possibility of receiving fastness coloring is considered on a viscose rayon at printing inkjet ink on the metallic dyes (1:1). Conditions of fixing of acid dye and qualitative characteristics of the painted fabric from viscose fiber are defined.

Keywords: metallic dyes (1:1), inkjet printing, pretreatment, conditions of fixing of dyes, carboxymethylcellulose.

Колорирование текстильных материалов предполагает получение окрасок устойчивых к физико-химическим воздействиям. В случае узорчатой расцветки текстильных материалов степень фиксации красителей на волокне играет определяющую роль при выборе класса красителя. Устойчивость окраски текстильных материалов достигается за счет образования химической связи краситель – волокно, или в результате нерастворимости красителя, распределенного в структуре волокна или зафиксированного на поверхности волокна в пленке связующего, что зависит как от свойств колоранта и природы волокна, так и от технологии колорирования. Для реализации потенциальных возможностей красителей прибегают как к оптимизации физико-химических воздействий при традиционном аппаратном оформлении, так и использованию препаратов, интенсифицирующих процесс фиксации [1, 2, 3]. Широкое применение активных красителей для узорчатой расцветки, способных образовывать ковалентную связь, как с целлюлозными, так и с белковыми волокнами, не исключает использование препаратов для повышения их степени фиксации или удаления гидролизованного красителя на стадии промывки.

Современный способ *inkjet* печати в силу особенностей формирования рисунка на текстильных материалах требует новых подходов в построении технологического процесса. В отличие от традиционных печатных красок, содержащих все необходимые вещества, обеспечивающие печатно-технические свойства и фиксацию красителя, к составам чернил предъявляются жесткие требования, определяемые конструктивными особенностями печатающей головки текстильных плоттеров [4]. С развитием *inkjet* печати появляется новый термин «предобработка», под которой понимается процесс подготовки ткани под печать, по своему содержанию отличающийся от классической подготовки и предполагающий предварительную пропитку, обеспечивающую придание ткани «бумагоподобности» и нанесение на нее реагентов для фиксации красителя. В результате разделения компонентов классического печатного состава на состав, содержащий краситель и вещества, обеспечивающие тонкодисперсное состояние его в растворе, и состав для предобработки, появляются новые возможности влиять на фиксацию красителей на волокне. Несмотря на потенциальные возможности активных красителей образовывать ковалентную связь с волокном и ряд других колористических достоинств, предобработка дает дополнительные возможности для повышения степени их фиксации на волокне [5]. Аналогично традиционной печати, в зависимости от класса красителя необходимо учитывать свойства загустителя при разработке состава для предобработки [1,6], к важнейшим из которых в данной технологии можно отнести придание оптимальной жесткости ткани и свободное перемещение красителя через пленку загустителя в волокно.

Особенностью струйной *inkjet* печати является формирование колорита текстильного орнамента непосредственно на ткани, обеспечивая оперативную смену, как колористического решения, так и особенностей композиционных и графических элементов и позволяет производить эксклюзивный ассортимент изделий, что отражает значимое достоинство данной технологии, несмотря на низкую производительность. С учетом особенностей данной технологии, наиболее актуально ее применение для ассортимента шелковых тканей, как из натурального шелка, так и из вискозного волокна и их смеси.

Данное исследование посвящено разработке состава для предобработки тканей из натурального и вискозного шелка под *inkjet* печать чернилами на основе кислотных ме-

таллокомплексных (КМК 1:1) красителей. В качестве загустителя в данной композиции использовали натрий карбоксиметилцеллюлозу (Na-КМЦ), т.к. ранее было показано отсутствие взаимодействия ее с красителями КМК 1:1 [7]. Изучение влияния концентрации коллоидного водного раствора Na-КМЦ на жесткость ткани с целью достижения «бумагоподобности» показало, что оптимальное значение достигается при концентрации 0,5 % . Для определения оптимальной концентрации Na-КМЦ измеряли жесткость тканей и бумаги *Svetocopy* (плотность 80 г/м²) консольным методом на приборе ПТ-2, полученные результаты представлены на рисунке 1.

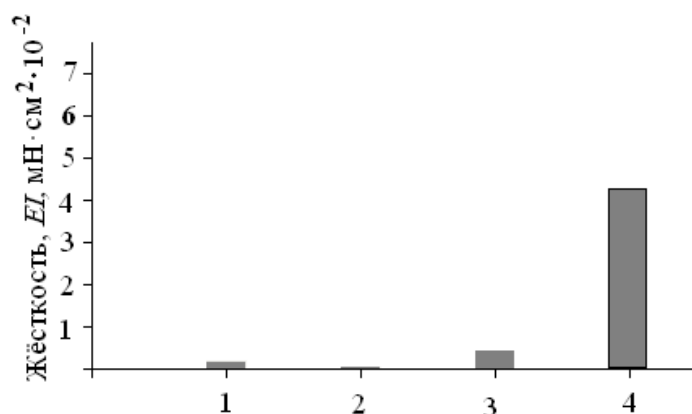


Рис. 1. Сравнительные данные жесткости бумаги (1), образцов исходной ткани из вискозного волокна (2) и образцов, обработанных водными растворами Na-КМЦ с концентрацией: 3 – 1 %, 4 – 2 %

Высокие колористические свойства кислотных красителей, хорошая растворимость в воде и устойчивость при хранении их водных растворов в отличие от активных красителей, определяют интерес к их использованию в составах чернил для *inkjet* печати, в том числе для тканей из целлюлозных волокон [8,9]. С учетом особенностей химического строения красителей КМК 1:1 исследовалась возможность фиксации Неолана розового БЭ (Acid Red 186) на ткани из вискозного волокна. Для фиксации красителя на ткани из вискозного волокна были определены состав для предобработки на основе водного раствора Na-КМЦ и условия обработки после печати. Пропитку ткани из вискозного волокна осуществляли составами содержащими: 1 – Na-КМЦ (5 г/л), Карбамид (50 г/л), R-NH₂ (5 г/л); 2 – Na-КМЦ (5 г/л), R-NH₂ (5 г/л); 3 – Na-КМЦ (5 г/л), Сульфат аммония (50 г/л). После пропитки проводилась сушка, термообработка (170–180° С, 3 мин) или запаривание (100 °С, 30 мин.), промывка по стандартному режиму и обработка в растворе АПАВ 5 г/л (40° С, 30 мин.), далее промывка и сушка. Интенсивность окраски оценивали по функции ГKM, определение коэффициентов отражения осуществляли при $\lambda = 520$ нм на спектрофотометре Color i 5 (ф.Gretag Macbeth). Анализ результатов, представленных на рисунке 2, показал, что при оптимальном составе чернил максимальная интенсивность достигается в случае предобработки составом 1 в условиях запаривания.

Максимальная устойчивость окраски к стирке была получена при пропитке ткани составом 1. Показатели устойчивости окраски к стирке и физико-механические свойства вискозной ткани, представленные в таблице, позволяют сделать вывод о возможности получения устойчивой окраски при нанесении красителя КМК 1:1 на примере Неолана розового БЭ (Acid Red 186).

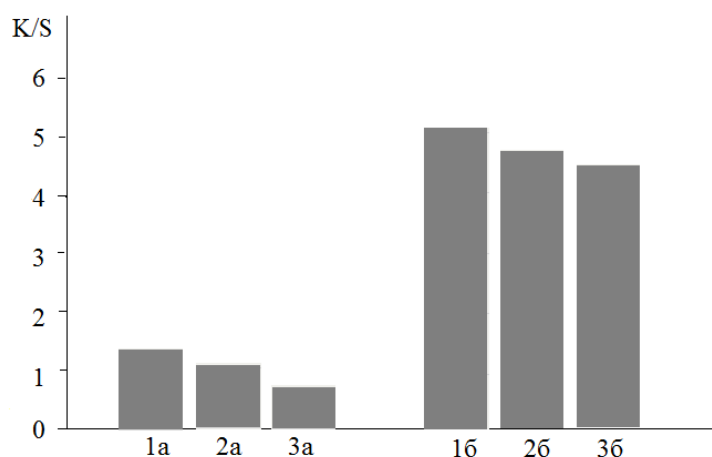


Рис. 2. Влияние условий фиксации (а – термообработка, б – запаривание) красителя Неолан розовый БЭ на интенсивность окраски при обработке вискозной ткани составами 1, 2, 3

Таблица. Характеристики свойств вискозной ткани, обработанной составом 1 с фиксированным на ней в условиях запаривания красителем Неолан розовый БЭ

Интенсивность окраски, K/S	Устойчивость окраски к стирке	Исходный образец			Окрашенный образец		
		Разрывная нагрузка, кгс		Удлинение, %	Разрывная нагрузка, кгс		Удлинение, %
		О	У		О	У	
5,1	4/5/5	27,6	16,6	41	19,8	11,0	38,1

Использование препаратов, интенсифицирующих процесс фиксации красителя на вискозном волокне, как в составе чернил, так и в составе для предобработки ткани, привело к некоторому снижению разрывной нагрузки при сохранении эластичности ткани, что может свидетельствовать о некотором изменении в надмолекулярной структуре вискозного волокна. Полученные результаты позволяют предположить возможность образования координационной связи между красителем КМК 1:1 и вискозным волокном или более сложный механизм взаимодействия с участием аминоксодержащего препарата, потенциально способного вступать во взаимодействие, как с красителем, так и с волокном.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кричевский Г.Е. Химическая технология текстильных материалов: учебник для вузов, Т.2/ Г.Е. Кричевский. – М.: Рос.заоч.инст.текст. и легкой пром-ти, 2001. – 540 с.
2. Кричевский Г.Е. Способы фиксации активных красителей при печатании тканей из целлюлозных волокон/ Г.Е. Кричевский, Н.Д. Олтаржевская, Т.П. Яковлева. – М.: ЦНИИТЭМ Легпром, 1975. – 56 с.
3. Кротова М.Н. Исследование процесса фиксации активных красителей на целлюлозных текстильных материалах в присутствии алкиламинов/ М.Н. Кротова, О.И. Одинцова, Б.Н. Мельников.// Текстильная химия -2004, 2 международная научно-техническая конференция, г.Иваново, 2004. – С. 87–88.

4. Джефф Бертон. Струйные печатающие головки: основы технологии// Publish. 2013. №6. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.publish.ru/articles/201306_20013073
5. Mehmet Kanik. Ink-jet printing of cationised cotton using reactive inks/ Mehmet Kanik, Peter J. Hauser// Coloration Technology, V.119, 2003. – P. 230–234.
6. Гранатович Н.Н. Разработка технологии эффективной подготовки текстильных материалов под цифровую печать активными красителями с применением катионных препаратов/ Н.Н. Гранатович, М.К. Тараканов, Г.Е. Кричевский// Текстильная промышленность, Научный альманах, спецвыпуск №7, 2006. – С.30–35.
7. Захарова А.В. Изучение механизма взаимодействия в системе кислотный краситель – загуститель/ А.В. Захарова, Е.Д. Батаршина, Н.А. Тихомирова// Вестник СПГУТД, Серия 1, №2, 2017. – С. 81–85.
8. Reda M. El-Shishtawy. Acid dyeing isotherms of cotton fabrics pretreated with mixtures of reactive cationic agents/ Reda M. El-Shishtawy, Y.A. Youssef, Nahed S.E. Ahmed, A.A. Mousa// Coloration Technology, V.120, July 2004. – P. 190–200.
9. Yiqi Yang. Cotton Fabric Inkjet Printing with Acid Dyes/ Yiqi Yang, Shiqi Li // Textile Research Journal, 2003. – P. 809–814.

УДК 7.05

ТВОРЧЕСКОЕ ДЕКОРИРОВАНИЕ ОДЕЖДЫ И ТКАНИ ВОСКОСОДЕРЖАЩИМИ МАТЕРИАЛАМИ

CREATIVE DECORATION OF CLOTHING AND FABRICS WOMADELAIDE MATERIALS

*Третьякова С.В. *, Алибекова М.И. **, Колташова Л.Ю. ****

*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина
(Технологии. Дизайн. Искусство),
117997, Россия, г. Москва, ул.Садовническая, д. 33,

**Российский государственный университет им. А.Н.Косыгина
(Технологии. Дизайн. Искусство),
117997, Россия, г. Москва, ул.Садовническая, д. 33,

*** Российский государственный университет им. А.Н.Косыгина
(Технологии. Дизайн. Искусство),
117997, Россия, г. Москва, ул.Садовническая, д. 33

*Tretyakova S.V. *, Alibekova M.I. **, Koltashova L.Y. ****

*Russian state University. A. N. Kosygin (Technology. Design. Art)
117997, Russia, Moscow, Sadovnicheskaya str., 33,

**Russian state University. A. N. Kosygin (Technology. Design. Art)
117997, Russia, Moscow, Sadovnicheskaya str., 33,

***Russian state University. A. N. Kosygin (Technology. Design. Art)
117997, Russia, Moscow, Sadovnicheskaya str., 33

E-mail: info@rguk.ru

Декорирование одежды художественными воскосодержащими материалами процесс творческий и увлекательный, развивающий образное и пространственное мышление. Рисунки на ткани с использованием восковых мелков можно наносить различными способами, в том числе и с помощью трафарета. Полуглянцевая текстура воска ярко и эффектно смотрится на мягких трикотажных тканях белых и пастельных тонов.

Ключевые слова: Восковые мелки, восковая пастель, декорирование, трафаретный способ, восковая импровизация, термообработка, ключевые слова и словосочетания.

Dressing clothes with art materials containing wax is a creative and fascinating process that develops figurative and spatial thinking. Drawings on the fabric using wax crayons can be applied in various ways, including using a stencil. The semi-gloss texture of the wax looks bright and spectacular on the soft knitted fabrics of white and pastel colors.

Keywords: wax crayons, wax pastel, decoration, stencil method, military improvisation, heat treatment.

Восковая пастель, восковые мелки или карандаши отличный материал для творческого декорирования единичных моделей одежды и ткани. Воскосодержащие художественные материалы, изготовленные из качественного натурального воска, безопасны и безвредны при соприкосновении с кожей, при декорировании одежды не вызывают аллергических реакций и могут применяться для детской возрастной группы[1].

Воск обладает достаточной эластичностью и укрывной способностью, позволяющей создавать оригинальные рисунки на ткани. Декорировать одежду и текстильные материалы можно несколькими способами: трафаретный, свободная импровизация, комбинированный.

Трафаретный способ.

Вырезанный из плотной бумаги трафарет (рис. 1) заполняется гранулами цветного воска (рис. 2). При термообработке горячим утюгом воск расплавляется и проникает в переплетения нитей ткани (рис. 3). Полученное изображение на ткани (рис.4) стойко к истиранию и выдерживает несколько машинных стирок в деликатном режиме.

Недостаток трафаретного метода – возможное появление воскового облоя (излишка воска) по контуру изображения.

Восковая импровизация.

Способ свободного распределения восковых гранул позволяет создавать абстрактные рисунки без четко выраженного контура.

Комбинированный способ.

Этот способ подразумевает наличие трафарета для предварительной выкладки восковых гранул. Перед термообработкой трафарет снимается с распределенных по плоскости мелких восковых крошек и воск плавится в свободном от жесткого контура состоянии. Разноцветные гранулы при воздействии высокой температуры плавятся и позволяют получить плавные переходы одного цвета в другой (рис. 5).



Рис. 1. Графарет из бумаги



Рис. 2. Восковые гранулы



Рис. 3. Термообработка воска



Рис. 4. Восковое изображение на ткани



Рис. 5. Смешивание цветов воска

При работе в технике воскового декорирования ткани следует учесть, что после термообработки изменить (стереть, снять излишек воска) практически невозможно, поэтому эскиз должен быть тщательно продуман и подобран по цвету.

Оригинально декорировать одежду художественными воскодержащими материалами творческий и увлекательный процесс, развивающий образное и пространственное мышление. Рисунки на ткани, полученные восковым методом нанесения, получаются яркими и выразительными. Полуглянцевая текстура воска эффектно смотрится на мягких трикотажных тканях белых и пастельных тонов.

Дополнительное декорирование воскового рисунка 3D элементами позволяет получить еще более экспрессивное и интересное решение (рис. 6, 7).



Рис. 6, 7. Коллекция «Мишки Тедди». Восковые гранулы, 3-д элементы декора

Возможность создать креативное, творческое, авторское изделие за сравнительно короткий срок и почувствовать радость от изготовления своими руками – процесс актуальный для современного дизайна.

Рекомендуемые материалы для нанесения восковых материалов:

- Махровые ткани. Как правило, это натуральные ткани, которые получили широкое распространение в быту. Махровое полотно покрыто с одной или двух сторон небольшим ворсом. Ворсистость ткани хорошо сглаживает шероховатости, которые возникают при нанесении воскового изображения при помощи трафарета. Ворс с одной стороны не позволяет создать ровный четкий край, а с другой стороны появившиеся облои от его излишка смотрятся естественно, не вызывая ощущения неаккуратности от работы.

- Трикотажные ткани из хлопчатобумажного сырья. Рыхлое трикотажное переплетение позволяет легко проникать воскодержавшему материалу сквозь плетение нитей, при этом равномерно покрывается весь декорируемый участок.

- Однотонные хлопчатобумажные ткани, изготовленные из волокон растительного происхождения с небольшим процентным содержанием химических волокон.

- Льняные ткани и пр. натуральные ткани.

Следует заметить, что на синтетические и смесовые ткани нанесение воска не всегда происходит, и лучше проверить на тестовом образце.

Ткани для восковой аппликации лучше использовать белые или пастельных цветов. Особенности цветового смешения воска, к сожалению, не позволяют получить светлых рисунков на темных и черных материалах.

Описанные техники создания рисунков (принтов) широко востребованы и применяются в коллективном творчестве на практических занятиях с детьми, подростками и взрослыми[2].

«Восковые импровизации» - так называется «Мастер-класс» проводимый творческой группой преподавателей кафедры «Спецкомпозиции» в рамках "Университетских суббот", "Инженерных суббот", РГУ им. А.Н.Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство), г.Москва. «Мастер-класс» направлен на развитие и мотивацию слушателей на самостоятельное создание одежды с собственным рисунком с применением простой и доступной техники нанесения рисунка с помощью восковых карандашей. Структура «Мастер-класса» состоит из теоретической части, которая включает в себя презентацию и лекционный материал; практическая часть – это создание собственного орнамента (принта). Презентация и лекционный материал знакомит слушателей с видами декорирования ткани различными способами, дает представление о разновидностях принтов, таких как полоска, клетка, горох, животные принты, цветочные, этнические, абстракт-

ция, поп-арт. Узнают о способах нанесения принтов на ткани ручным и традиционным методами, о новых технологиях нанесения печатных рисунков на ткань, сфере применения принтов на одежде, аксессуарах, предметах интерьера и быта[3].

Практическая часть мероприятия дает возможность слушателям раскрыть свои творческие способности, формирует навыки владения и приемы работы с художественными материалами - восковыми мелками для создания рисунка на ткани с помощью готового трафарета (шаблона).

ЛИТЕРАТУРА

1. <http://www.o-krohe.ru/tvorchestvo/voskovye-melki/>
2. Алибекова М.И., Третьякова С.В., Колташова Л.Ю., «Перспективные разработки и эко-технологические решения аксессуаров из войлочных пластин», Сборник статей XV Международной научно-практической конференции «Фундаментальная наука и технологии-перспективные разработки»: 21–22 мая 2018г., North Charleston, USA. Т. 1. С. 65–69.
3. Третьякова С.В., Колташова Л.Ю., «Fashion эскиз в традиционных материалах китайской живописи», Сборник статей XV Международной научно-практической конференции «Фундаментальная наука и технологии-перспективные разработки»: 27–28 августа 2018 г., North Charleston, USA. С. 105–113.

УДК: 338.28:334.021

КАЛОРИМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МЕЖМОЛЕКУЛЯРНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ В РАСТВОРАХ ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТОВ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХСЯ В ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

CALORIMETRIC STUDY OF MOLECULAR INTERACTIONS IN SOLUTIONS OF POLYELECTROLYTES USED IN TEXTILE INDUSTRY

Усачева Т.Р., Петрова Л.С., Одинцова О.И.

Ивановский государственный химико-технологический университет,
153000, Россия, г. Иваново, пр. Шереметевский, д. 7

Usacheva T.R., Petrova L.S., Odintsova O.I.

Ivanovo State University of Chemistry and Technology, 7,
Sheremetievskiy Avenue, Ivanovo, 153000, Russia
E-mail: oxt@isuct.ru

В данной работе отражены результаты термодимического исследования процессов в растворах полиэлектролитов, используемых при обработке текстильных материалов специального назначения. Впервые методом калориметрического титрования были изучены межмолекулярные взаимодействия в водных растворах природных полиэлектролитов - ксантановой камеди (КК) и хитозана (ХИТ), имеющих противоположный заряд, и способных образовывать стехиометрические комплексы.

Ключевые слова: калориметрическое титрование, натуральные полиэлектролиты, ксантановая камедь, хитозан, межмолекулярные взаимодействия, водные растворы полиэлектролитов, текстильные материалы специального назначения.

The theses describe the results of thermochemical studies of processes in solutions of polyelectrolytes used in the processing of special-purpose textile materials. For the first time, molecular interactions in aqueous solutions of natural polyelectrolytes, xanthan gum and chitosan, having an opposite charge, and capable of forming stoichiometric complexes, were studied by calorimetric titration.

Keywords: calorimetric titration, natural polyelectrolytes, xanthan gum, chitosan, molecular interactions, aqueous solutions of polyelectrolytes, special-purpose textile materials.

Цель исследования заключалась в получении стехиометрических комплексов ксантановой камеди и хитозана (КК-ХИТ) с помощью целенаправленного подбора оптимальных концентрационных условий, контролируемых калориметрически.

В соответствии с поставленной целью в ходе исследования были решены следующие задачи:

- установлены возможности применения высокочувствительной прецизионной микрокалориметрической системы титрования ТАМ III (ТА Instruments, США) для исследования слабых межмолекулярных взаимодействий в водных растворах КК и ХИТ,
- разработаны экспериментальные методики калориметрических титрований;
- подобраны концентрационные условия образования стехиометрического комплекса ксантановой камеди и хитозана (КК-ХИТ);
- выявлены концентрационные условия, которые приводят к образованию стехиометрического комплекса ксантановой камеди и хитозана (КК-ХИТ);

Метод изотермической калориметрии является одним из самых востребованных методов, как для проведения научных исследований, так и для тестирования качества или реакционной способности различных материалов, используемых в промышленности. Калориметрический тепловой сигнал является универсальной характеристикой взаимодействий в растворах. Метод калориметрического титрования является в настоящее время единственным, позволяющим одновременно определять все термодинамические параметры различных типов взаимодействий в растворах: мицеллообразования, комплексообразования, межмолекулярной ассоциации.

В литературе имеются ссылки на использование микрокалориметрических систем типа «нанокалориметр», чувствительность которых примерно на два порядка выше, чем микрокалориметрических систем [1,2]. Использование уже имеющихся методик титрования, разработанных для калориметрических систем класса «нано», не представляется возможным, поскольку использование концентрационных условий проведения калориметрических экспериментов, описанных ранее, не позволило бы надежно регистрировать термограммы ТАМ III. В связи с этим были разработаны собственные методики проведения экспериментов.

При проведении термохимических измерений использовали две экспериментальные методики:

- титрования растворов ксантановой камеди (титрант) в раствор хитозана (основной эксперимент). При этом раствор хитозана в количестве 15 мл. загружался в калориметрическую ячейку. В шприц загружали раствор ксантановой камеди. В отдельных экспериментах проводили добавки раствора ксантановой камеди из шприца в ячейку, содержащую 15 мл. воды (корректировочный эксперимент).
- титрования растворов хитозана (титрант) в раствор ксантановой камеди (основной эксперимент). При этом раствор ксантановой камеди в количестве 15 мл. загружался в калориметрическую ячейку. В шприц загружали раствор хитозана. В отдельных экспериментах проводили добавки раствора хитозана из шприца в ячейку, содержащую 15 мл. воды (корректировочный эксперимент).

Условия проведения основного и корректировочного экспериментов были идентичными: объем раствора с ячейке, количество подаваемого из шприца раствора, назы-

ваемого титрантом, скорость подачи титранта, интервалы между добавками титранта. В каждой серии титрования были выполнены от 5 до 15 добавок титранта.

Тепловые эффекты смешения растворов ХИТ и КК ($Q_{\text{смешения}}$, основной эксперимент) были откорректированы на тепловой эффект разведения раствора титранта в воде ($Q_{\text{разведения}}$, корректировочный эксперимент). В результате были рассчитаны тепловые эффекты взаимодействий КК и ХИТ ($Q_{\text{взаимодействия}}$):

$$Q_{\text{взаимодействия}} = Q_{\text{смешения}} - Q_{\text{разведения}} \quad (1)$$

Некоторые примеры концентрационных условий проведения калориметрических экспериментов и их термограммы представлены ниже.

Эксперимент № 1. Титрование раствора хитозана раствором ксантановой камеди (основной эксперимент).

Описание эксперимента: В ячейке: водный раствор хитозана с начальной концентрацией $C_{\text{ХИТ}} = 0,1 \%$. В шприце: водный раствор ксантановой камеди с начальной концентрацией $C_{\text{КК}} = 0,05 \%$.

Начальный объем раствора хитозана в ячейке – 15 мл. Проведено 5 добавок раствора КК по 100 мкл. Время каждой добавки - 150 сек., промежуток между добавками составил 30 мин. Скорость перемешивания - 60 оборотов мешалки в минуту.

Эксперимент был проведен с целью выяснения возможности использования микрокалориметрической системы ТАМ III для исследования взаимодействий в растворах ХИТ и КК. При титровании хитозана раствором КК наблюдается эндотермический эффект, приблизительно равный 3 мДж. Однако времени термостатирования растворов (около 4 часов) было недостаточно для определения точных значений тепловых эффектов. Проведенный эксперимент показал, что чувствительность ТАМ III позволит регистрировать сигналы тепловыделения при взаимодействии растворов КК и ХИТ. При последующих экспериментах время термостатирования раствора в ячейке было увеличено до 8–10 часов.

Эксперимент №2. Титрование раствора хитозана раствором ксантановой камеди (основной эксперимент).

Описание эксперимента: В ячейке: водный раствор хитозана с начальной концентрацией $C_{\text{ХИТ}} = 0,1 \%$. В шприце: водный раствор ксантановой камеди с начальной концентрацией $C_{\text{КК}} = 0,05 \%$. Начальный объем раствора хитозана в ячейке – 15 мл. Проведено 10 добавок раствора КК по 100 мкл. Время каждой добавки – 150 сек., промежуток между добавками составил 30 мин. Скорость перемешивания – 60 оборотов мешалки в минуту.

Титрование хитозана раствором КК было проведено при таких же условиях, что и в предыдущем тестовом эксперименте. Получено хорошее воспроизведение калориметрического сигнала. Наблюдается эндотермический эффект добавок КК к ХИТ, величина тепловыделения при каждой добавке составляет около 1 мДж. Это свидетельствует об отсутствии стехиометрического комплекса КК-ХИТ в растворе при данных концентрационных условиях.

Эксперимент №3.: Добавки раствора ксантановой камеди к воде (корректировочный эксперимент).

Описание эксперимента. В ячейке: вода. В шприце: водный раствор ксантановой камеди с начальной концентрацией $C_{\text{КК}} = 0,05 \%$. Начальный объем воды в ячейке – 15 мл. Проведено 10 добавок раствора КК по 100 мкл. Время каждой добавки – 150 сек., промежуток между добавками составил 30 мин. Скорость перемешивания – 60 оборотов мешалки в минуту.

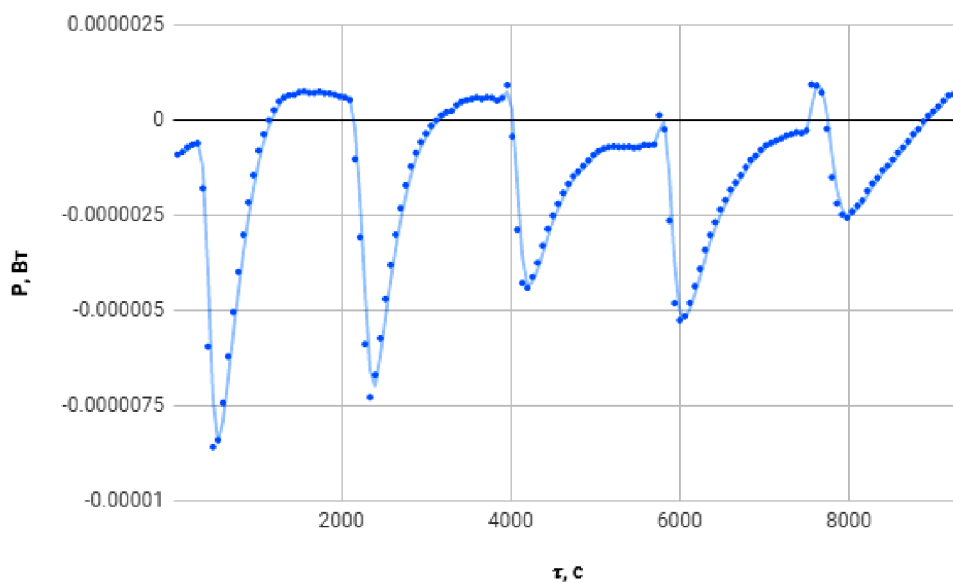


Рис. 1. Термограмма эксперимента № 1

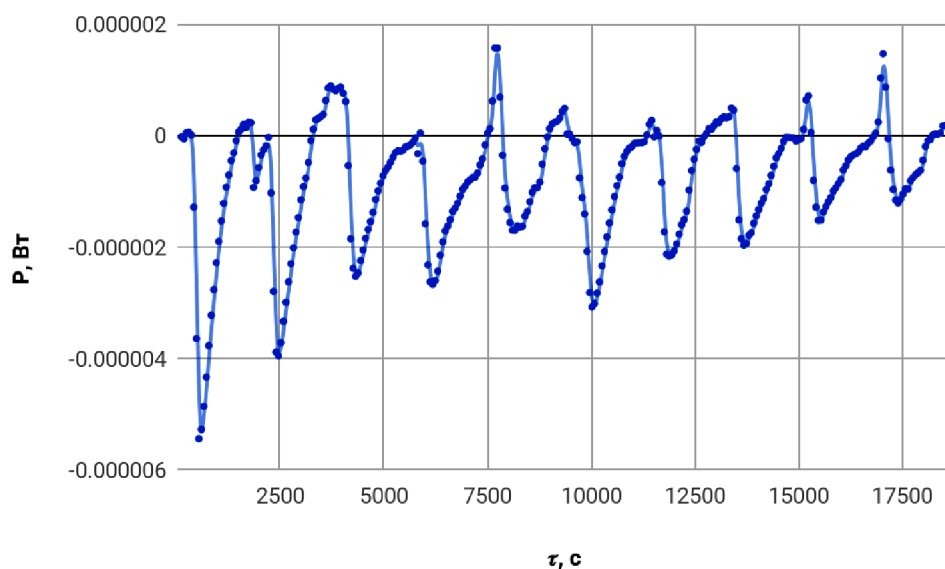


Рис. 2. Термограмма эксперимента № 2

Термограмма корректировочного эксперимента показала экзотермический эффект разведения раствора КК в воде. Тепловой эффект добавок незначительно уменьшается в начале серии добавок, а затем после третьей добавки становится постоянным. Тепловой эффект добавок незначительно уменьшается при каждой последующей добавке титранта и не превышает 2 мДж. Такой вид термограмм характерен для корректировочных экспериментов, проведенных ранее на ТАМ III при исследовании межмолекулярных взаимодействий в растворах.

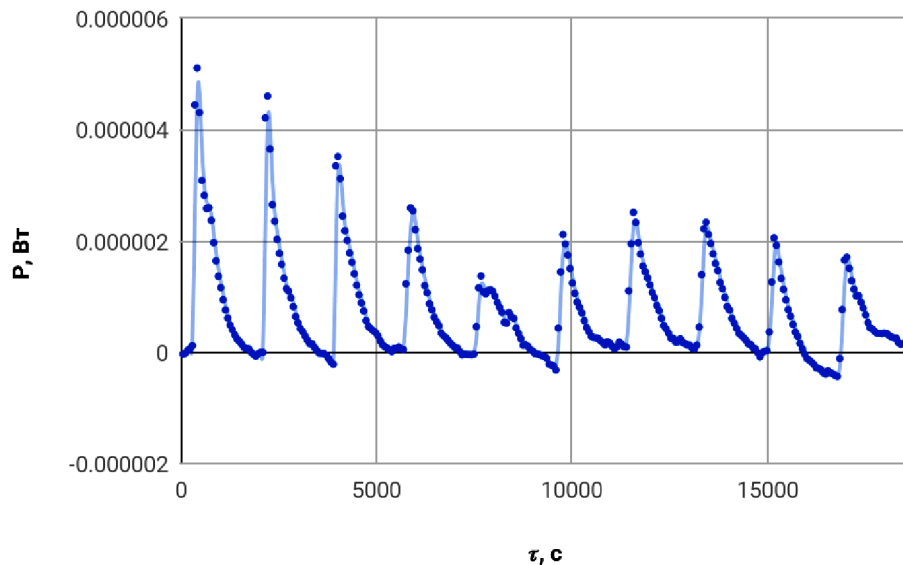


Рис. 3. Термограмма эксперимента №3

На рис. 4 приведено сравнение термограмм основного (№2) и корректировочного (№ 3) экспериментов. Тепловые эффекты $Q_{\text{смешения}}$ и $Q_{\text{разведения}}$ имеют противоположные знаки. По абсолютной величине теплота смешения растворов КК и ХИТ незначительно превышает тепловой эффект корректировочного эксперимента. Рассчитанные по уравнению (1) значения теплот взаимодействий КК и ХИТ соответствуют эндоэффекту, который плавно изменяется от -4,6 мДж до -1,6 мДж, что свидетельствует о наличии межмолекулярных взаимодействий между КК и ХИТ. После завершения эксперимента и разгрузки калориметрической ячейки раствор был прозрачным, и визуально не отличался от исходных растворов реагентов.

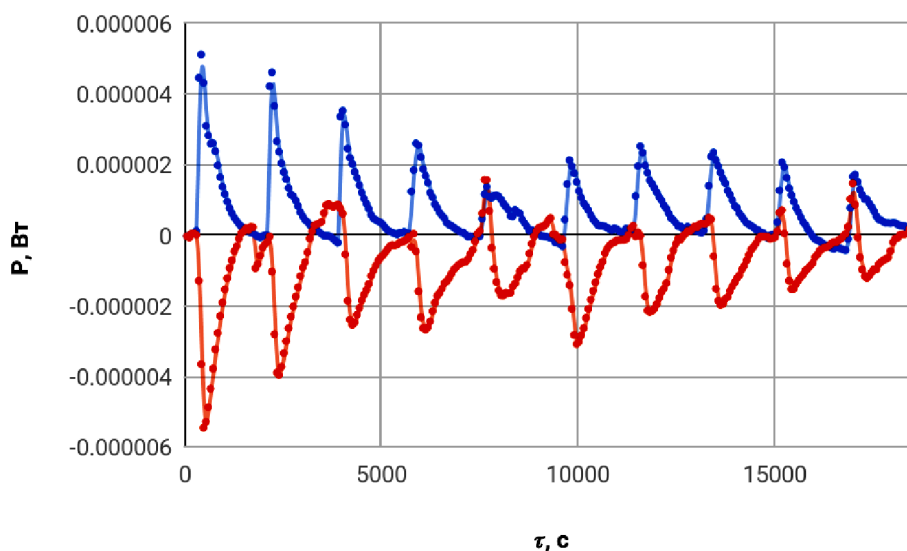


Рис. 4. Совместная визуализация термограмм основного (№ 2) и корректировочного (№ 3) экспериментов

Таблица 1. Результаты экспериментов № 2 и № 3: тепловые эффекты основного ($Q_{\text{смещения}}$) и корректировочного ($Q_{\text{разведения}}$) экспериментов и теплоты взаимодействий КК и ТИХ ($Q_{\text{взаимодействия}}$), рассчитанные по уравнению (1)

$Q_{\text{смещения}}$, мДж	$Q_{\text{разведения}}$, мДж	$Q_{\text{взаимодействия}}$, мДж
-2,388	2,261	-4,649
-2,338	1,910	-4,248
-1,856	1,689	-3,545
-1,514	1,323	-2,837
-0,857	0,987	-1,844
-1,944	1,068	-3,012
-1,417	1,246	-2,663
-1,350	1,281	-2,632
-0,731	0,966	-1,697
-0,488	1,071	-1,560

Таким образом, визуально не было установлено наличие гетерогенной фазы, которая свидетельствовала бы о наличии стехиометрического комплекса в растворе. Калориметрические сигналы в виде четких пиков подтверждают протекание равновесных процессов без образования гетерогенной системы, в которой присутствует стехиометрический комплекс КК-ХИТ.

Серия II. (эксперименты № 4 – № 6)

Эксперимент № 4. Титрование раствора ксантановой камеди раствором хитозана (основной эксперимент).

Описание эксперимента. В ячейке: водный раствор ксантановой камеди с начальной концентрацией $C_{\text{КК}} = 0,05\%$. В шприце: водный раствор хитозана с начальной концентрацией $C_{\text{ХИТ}} = 0,1\%$. Начальный объем раствора КК в ячейке – 13 мл. Проведено 10 добавок раствора ХИТ по 100 мкл. Время каждой добавки – 150 сек., промежуток между добавками составил 30 мин. Скорость перемешивания – 60 оборотов мешалки в минуту.

Было проведено достаточное для регистрации малых тепловых эффектов смешения предварительное термостатирование (более 10 часов), получена стабильная базовая линия калориметрического сигнала. После первой добавки ХИТ в раствор КК калориметрический сигнал свидетельствовал о присутствии неравновесных процессов в ячейке, сопровождающихся преимущественно эндотермическими эффектами. Наиболее значительные эндоэффекты были зарегистрированы после 4 и 5 добавки хитозана (400–500 мкл.) к раствору КК. После разгрузки ячейки визуально установлено образование стехиометрического комплекса в виде желеобразной массы.

Эксперимент № 5. Добавки хитозана к воде (корректировочный эксперимент).

Описание эксперимента. В ячейке: вода. В шприце: водный раствор хитозана с начальной концентрацией $C_{\text{ХИТ}} = 0,1\%$. Начальный объем воды в ячейке – 16 мл. Проведено 5 добавок раствора ХИТ по 100 мкл. Время каждой добавки – 150 сек., промежуток между добавками составил 30 мин. Скорость перемешивания – 60 оборотов мешалки в минуту.

Термограмма корректировочного эксперимента № 5 демонстрирует стабильный эндотермический эффект добавок ХИТ в воду. Также как и при разведении раствора КК в воде, тепловой эффект добавок уменьшается в начале серии добавок, а затем после 3–4 добавки становится постоянным. Однако различия в регистрируемых теплотах

в начале и в конце титрований составляют около 6 мДж., что больше, чем при разведении растворов КК в воде.

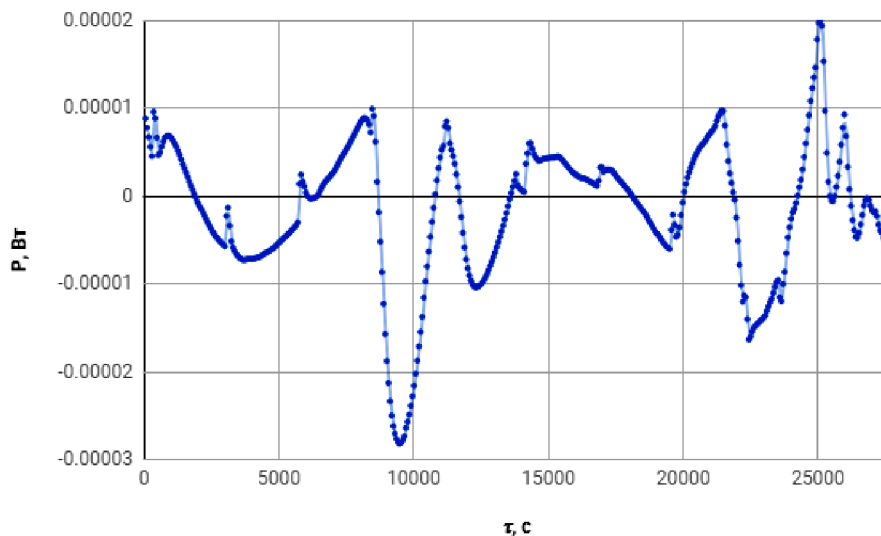


Рис. 5. Термограмма эксперимента № 4

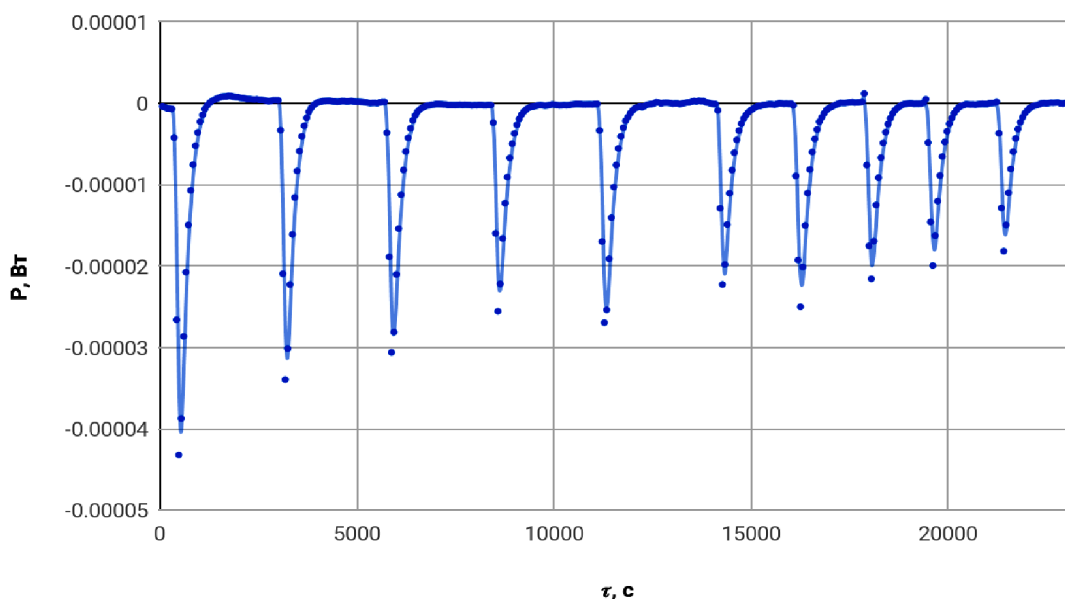


Рис. 6. Термограмма эксперимента № 5

На рис. 7. приведено сравнение термограмм основного (№ 4) и корректировочного (№ 5) титрований, проведенных во второй серии экспериментов. Также как и в первой серии, тепловые эффекты $Q_{\text{смещения}}$ и $Q_{\text{разведения}}$ имеют противоположные знаки. Анализ термограмм наглядно показывает, что при добавках до 300 мкл. раствора ХИТ эффект образования стехиометрического комплекса КК-ХИТ компенсируется эффектом разведения раствора ХИТ в воде, в результате пики тепловыделения почти не читаются и надежные численные значения $Q_{\text{смещения}}$ определить невозможно. После добавки 400 мкл. раствора ХИТ наблюдается значительный эндотермический пик, соответствующий -41 мДж. Таким образом, теплота, поглощающаяся при образовании стехио-

метрического комплекса при четвертой добавке ХИТ, составляет $-33,3$ мДж (эндотермический эффект). Не представляется возможным провести расчет тепловых эффектов последующих добавок ХИТ, поскольку калориметрический сигнал искажен присутствием гетерогенной системы в ячейке.

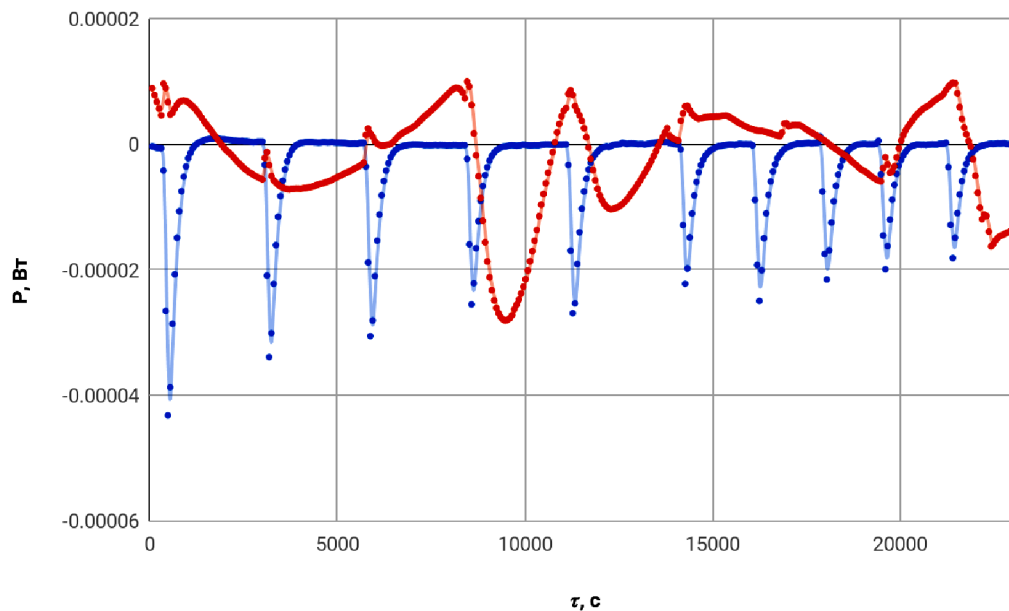


Рис. 7. Совместная визуализация термограмм основного (№4) и корректировочного (№5) экспериментов

Работа выполнена в Институте термодинамики и кинетики химических процессов ИГХТУ с использованием оборудования Центра Коллективного Пользования ИГХТУ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Fotticchia I. et al. Chitosan-based nanoparticles studied by isothermal titration calorimetry //Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. – 2016. – Т. 125. – № 2. – С. 585–593.
2. Wadsö, I. Isothermal microcalorimetry in applied biology / I. Wadsö. // Thermochim. Acta. 2002. – Vol. 394. – P. 305–311.

**ВЛИЯНИЕ СПОСОБА ОБЕСКЛЕИВАНИЯ НАТУРАЛЬНОГО ШЕЛКА
ФЕРМЕНТАМИ НА ЕГО СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА**

**INFLUENCE OF THE METHOD OF DISPLACEMENT OF NATURAL SILK
WITH ENZYMES ON ITS SORPTION PROPERTIES**

Хамидова В.Д.

Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности,
100100, Узбекистан, г. Ташкент, р. Яккасарайский, ул. Шохжахон, д. 5

Khamidova V.D.

Tashkent institute of textile and light industry,
5, Shohjaxon st., Yakkasaroy distr., Tashkent city, 100100

E-mail: niroda@bk.ru

Целью данной работы является изучение влияния способа обесклеивания на крашиваемость натурального активными красителями. Показано, что сорбция и фиксация активных красителей, независимо от их строения, у образцов шелка, полученных ферментативным обесклеиванием выше, чем у образцов, отваренных традиционными мыльно-содовым и стеароксным способами. Значения скорости диффузии и энергии активации, полученные на основе кинетических кривых, показывают, что лучшей сорбционной способностью обладают образцы, полученные ферментативным способом обесклеивания.

Ключевые слова: натуральный шелк; обесклеивание; фермент: активные красители; крашение.

The purpose of this work is to study the influence of the method of debonding on the dyeability of natural active dyes. It is shown that the sorption and fixation of reactive dyes, regardless of their structure, in silk samples obtained by enzymatic degumming is higher than in samples boiled using traditional soap-soda and stearox methods. The values of the diffusion rate and the activation energy obtained on the basis of kinetic curves show that the samples obtained by the enzymatic method of gluing have the best sorption ability.

Keywords: natural silk; degumming; enzyme: reactive dyes; dyeing.

Обесклеиванию натурального шелка в отделке шелковых тканей уделяется особое внимание, так как от правильного проведения его зависит сохранность шелка, равномерность и интенсивность окраски. Проблема регулирования полноты удаления серицина и сохранность при этом фиброина имеет большое технологическое значение и определяет качество текстильных изделий из натурального шелка. Если количество оставшегося после обесклеивания серицина слишком большое, то изделия из натурального шелка получаются жесткими. При чрезмерном обесклеивании происходит деструкция фиброина, ухудшаются физико-механические свойства шелка. Кроме того, используемые способы обесклеивания должны быть экологически чистыми, то есть применяемые вещества должны быть разложены при последующей биохимической очистке сточных вод. Традиционно шелк отваривают в мыльно-содовых растворах, в которых происходит достаточно равномерное удаление серицина. Кроме того определенное количество мыла, прочно удерживаясь шелком, придает ему эластичность. Но вместе с этим этот способ имеет существенные недостатки: мыло образует с солями жесткости

воды нерастворимые осадки, которые, осаждаясь на поверхности шелка, являются причиной неровноты крашения. Этот недостаток можно исключить, если заменить мыло синтетическими моющими веществами, такими как Стеарокс-6. Но применение ПАВ затрудняет процессы биохимической очистки сточных вод.

В связи с этим нами ранее была исследована возможность замены этих методов ферментативным, так как ферменты мягко действуют на фиброин. Из ряда исследованных ферментов более эффективным оказался протосубтилин Г 20х, для которого был выбран оптимальный режим отварки.

Целью данного исследования является изучение влияния способа отварки на крашиваемость шелка активными красителями.

Были выбраны следующие способы отварки: мыльно-содовый, стеароксный и ферментативный. Контролируемым показателем является значение увара (количество удаляемого серицина). Для мыльно-содового способа увар составил 22,25 %, стеароксного – 22,66 %, а для ферментного – 23,9 %. Как видно, наибольшее количество удаляемого серицина происходит при ферментативном обесклеивании. Этот метод обесклеивания имеет еще ряд преимуществ: он проводится в более мягких условиях – рН = 7,0 и температура 55 °С, тогда как мыльно-содовый и стеароксный – при рН = 10–11 и температуре 96–98 °С. Естественно, при таком способе обесклеивания деструкция фиброина минимальна.

Далее было исследовано влияние условий обесклеивания на сорбционные свойства натурального шелка.

Пробное крашение активными красителями проводилось в нейтральной среде по следующему режиму: концентрация красителя – 1 г/л, модуль ванны – 200, температура – 60 °С в течении 5 мин. Из 12-ти активных красителей было выбрано 3 – Активный ярко-красный 5СХ, Активный ярко-голубой КХ, Ланазоль фиолетовый С. Выбор этих красителей обусловлен тем, что ярко-красный 5СХ и ярко-голубой КХ имеют одинаковую активную группировку, отличаются хромофорной системой: азо- и антрахиноновый соответственно. Ланазоль фиолетовый С отличается активной группировкой.

Крашение выбранными красителями проводилось по кислотному способу при температурах 60, 70, 80 °С в течении 5, 15, 30, 60, 120, 240, 360 мин. Количество сорбированного и фиксированного красителя определялось по методу Соколова.

Полученные результаты показывают, что независимо от строения красителя, температуры и времени крашения сорбция и фиксация красителя выше у образцов шелка, полученных ферментативным обесклеиванием.

По времени половинного крашения, полученного из кинетических кривых сорбции и фиксации красителя по уравнению Мельникова Б.Н. [1, с.147] были рассчитаны коэффициенты диффузии красителя на волокне при различных температурах, по которым далее была рассчитана энергия активации диффузии [1, с.152], которая считается наилучшей при минимальном значении. Значения коэффициентов диффузии и энергии активации ярко демонстрируют лучшую сорбционную способность шелка, отваренного мягким ферментативным способом.

Помимо этого, были рассмотрены такие важные характеристики крашения, как интенсивность окраски и ровнота крашения, приведенные в таблице.

Таблица. Влияние способа отварки на интенсивность и ровноту окраски.

Способ отварки	Интенсивность окраски	Неровнота окраски
Ферментный	14,2	1,4
Стеароксный	11,8	3,2
Мыльно-содовый	11,5	2,2

Показано, что при ферментативной подготовке натурального шелка к крашению получают наиболее насыщенные и ровные окраски.

Таким образом, проведенные исследования показывают, что способ подготовки шелковых тканей играет важную роль в последующей стадии крашения и для получения качественных изделий из шелка наилучшим способом является ферментативный способ обесклеивания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беленький Л.И. Технологические расчеты в химической технологии волокнистых материалов. – М.: Легкая индустрия, 1973, 334 с.

УДК 677.017.881

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ОДЕЖДЫ В УСЛОВИЯХ ХОЛОДНОГО КЛИМАТА

A STUDY OF THE APPLICATION OF MODERN MATERIALS FOR THE DEVELOPMENT OF CLOTHING IN COLD CLIMATES

Хисамутдинова Э.Л.

Муниципальное общеобразовательное бюджетное учреждение
«Средняя общеобразовательная школа
«Муринский центр образования № 1»
188662, Ленинградская область, Всеволожский район, п. Мурино,
бульвар Менделеева, дом 9, корпус 3

Khisamutdinova E. L.

Municipal educational budgetary institution
"Secondary school" Murinsky center of education № 1»
188662, Leningrad oblast, Vsevolozhsky district, V. Murino,
Avenue Mendeleev, Dom 9, korpus 3

E-mail:elmirada79@yandex.ru

Актуальность исследования современных материалов обусловлена проблемами разработки комфортной одежды, имеющих улучшенные теплоизоляционные свойства. Рассмотрены различные материалы применяемые в качестве утеплителя одежды в условиях холодного климата. Исследованы характеристики современных утеплителей на рынке РФ. Определен коэффициент теплопроводности материалов одежды при использовании в холодных климатических районах.

Ключевые слова: современные материалы; утеплитель; теплопроводность.

The relevance of the study of modern materials due to the problems of the development of comfortable clothing with improved thermal insulation properties. Various materials used as a heater of clothing in cold climates are considered. The characteristics of modern insulation in the Russian market. The coefficient of thermal conductivity of clothing materials when used in cold climatic regions is determined.

Keywords: modern materials; insulation; thermal conductivity.

На современном этапе развития страны на перспективу до 2025, определяющих ее государственную безопасность, сформированы основные направления в Программе социально-экономического развития Арктической зоны Российской Федерации, утвержденным Приказом Министерства экономического развития РФ от 10 июля 2018 г. № 359 «Об утверждении Методики оценки эффективности реализации государственной программы Российской Федерации «Социально – экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации». Этот документ предопределяет повышенную ответственность всех звеньев структуры федерального и регионального управления, задействованных в вопросах развития Арктической зоны России.

В рамках выполнения программы по освоению Арктики по разделению функций добыче природных ископаемых, социального развития и экологической безопасности, государство в целом обеспечивает развитие промышленности региона, а региональные власти – повышают качества жизни людей в условиях холодного климата, которые неразрывно связаны с созданием новой комфортной одежды, в том числе на основе применения композитных материалов, имеющих улучшенные теплоизоляционные свойства.

По причине климатических условий на территории ряда отечественных регионов одним из необходимых материалов для швейных изделий, предназначенных для эксплуатации в холодных условиях, является утеплитель.

Таблица 1. Результаты исследований по применению современных материалов для разработки одежды в условиях холодного климата

Синтетические (искусственные) утепляющие материалы	Натуральные утеплители	Термоизоляционное полотно смешанного типа
<ul style="list-style-type: none"> • Синтепон • Тинсулейт • Холлофайбер • Изософт • Шелтер • Силикон • Термофинн • Сиберия 	<ul style="list-style-type: none"> • Натуральный пух или пух + перо • Шерсть или овчина 	<ul style="list-style-type: none"> • Ватин • Шерстепон • Альполюкс

К утеплителям относятся текстильные полотна (в том числе нетканые), создающие тепловой комфорт при эксплуатации одежды и обеспечивающие защиту человека от холода (низких температур). Утеплители располагаются во внутренних слоях пакета материалов для изготовления одежды. Существенное влияние на теплоизоляционные свойства пакета материала и комплекта одежды в целом оказывает толщина утепляющего слоя, а также способность сохранять эту толщину в процессе эксплуатации изделия.

В меньшей степени на показатели теплозащитных свойств пакета материалов оказывает влияние природа волокнистого состава утеплителя. При этом утепляющие материалы могут быть выработаны как из натуральных (хлопковых, шерстяных и др.), так и из химических волокон, в основном синтетических (полиэфирных, полиолефиновых), или из смесей этих волокон.

В качестве совершенствования теплоизоляционных свойств зимней одежды изучены современные утеплители с учетом температурного режима.

Учитывая климатические условия (на большей части отечественной территории длительное время держится минусовая температура), фирмы-производители и потребители (особенно в добывающих отраслях) уделяют повышенное внимание рабочей одежде, предназначенной для использования в холодное время года, особенно при выполнении работ на открытой территории. Поэтому спецодежда, предназначенная для защиты работающих в условиях минусовых температур, должна обладать прежде всего соответствующими теплозащитными свойствами. Кроме того, рабочая и специальная утепленная одежда не должна быть тяжелой, чтобы обеспечивать эффективность работы в холодных условиях в течение продолжительного времени.

Таблица 2. Общая характеристика современных утеплителей на рынке РФ

Наименование материала	Положительная характеристика	Недостатки	Температурный режим
<i>Натуральный пух или пух + перо</i>	Легкость, долговечность, высокая теплоизоляция	Сильный аллерген, накапливает грязь и пыль, формирует среду для размножения клещей	Свыше 85 % пуха — для морозов в $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$; 60–80 % — для средней температуры $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$
<i>Шерсть и овчина</i>	Долговечность, устойчивость к износу, не вызывает аллергии, подходит для новорожденных, не накапливает микробы	Пропускает влагу и не подходит для активной эксплуатации, сложный уход и тяжелый вес	$-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ — $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$
<i>Ватин</i>	Надёжность, экологичность, практичность и невысокая стоимость	Довольно большой вес, способность хорошо впитывать воду, низкая теплоизоляция	До $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$
<i>Шерстепон</i>	Легкость и упругость, высокая теплоизоляция, прочность и надежность, поглощает влагу	Может вызвать аллергию, риск появления моли и деформация материала	$-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ — $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$
<i>Альполокс</i>	Экологичность, не вызывает аллергии, сохраняет форму и тепло, пышность и мягкость	Высокая цена, низкая паропроницаемость	$-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ — $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$
<i>Синтепон</i>	Легкость и воздушность, доступность и низкая цена, сохраняет тепло и быстро сохнет	Не пропускает воздух, деформируется, не экологичен из-за использования клея, не пригоден для холодной зимы	$+15\text{ }^{\circ}\text{C}$ — $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$
<i>Холлофайбер</i>	Доступность, высокое качество и надежность, однородная пористая структура, держит форму и не рассыпается	Не подходит для суровой зимы и экстремальных условий	До $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$

<i>Тинсулейт</i>	Теплый материал, дышит и не впитывает влагу, эластичность и гибкость, легкий уход и устойчивость к износу, не вызывает аллергии	Накапливает статическое электричество и не переносит высокие температуры, высокая цена	-30 °С — -60 °С
<i>Изософт</i>	Теплый и практичный материал, устойчивость к износу, сохраняет форму, пластичность и мягкость	Высокая стоимость, не используется для изготовления постельных принадлежностей	-15 °С — -30 °С
<i>Термофинн</i>	Легкий вес, гигиеничность, не вызывает аллергии, высокие теплоизоляционные качества, эластичность	Высокая цена, низкая паропроницаемость	-15 °С — -30 °С
<i>Шелтер</i>	Не вызывает аллергии, сохраняет тепло и форму, мягкий и эластичный, не мнется и не комкается	Высокая цена, низкая паропроницаемость	-25 °С — -45 °С
<i>Сиберия</i>	Теплый и практичный материал, мягкий и эластичный, сохраняет форму	Не переносит высоких температур.	До -45 °С
<i>Файбертек</i>	Объемный, теплоизоляционные свойства, воздухопроницаемый, легкий, мягкий, упругий, влагостойкий, износостойкий	Не подходит для суровой зимы и экстремальных условий	До -40 °С
<i>Вальтерма</i>	Технологичный, теплостойкий, устойчивость к стиркам, неаллергичный	Не переносит высокие температуры	До -41 °С

При разработке одежды для холодных климатических условий необходимо учитывать следующие их свойства:

Физические свойства, которые характеризуют способность материалов, пакетов и конструкций к поглощению влаги и воздухопроницаемости, их тепловые, электрические и оптические свойства. Они определяют способность одежды защитить человека от воздействия окружающей среды, своевременно удалять из пододежного пространства пары, газы, влагу и поддерживать необходимый для жизнедеятельности организма микроклимат.

Механические свойства, которые определяют отношение материалов, соединений, узлов и пакетов к действию внешних сил. Эти свойства характеризуют способность одежды приобретать и сохранять форму и размеры, ее износостойкость и долговечность. К ним относятся: прочность при разрыве, устойчивость к деформации, усадка

после стирки, несминаемость, стойкость к пиллингу, истиранию, раздвижке и осыпанию нитей.

Химические свойства, характеризующие отношение материалов и соединений одежды к действию различного рода химических веществ, употребляемых при стирке и химической чистке.

Геометрические свойства, которые характеризуют структуру и конфигурацию формы одежды и ее частей, конструкцию соединений, пакетов и одежды в целом.

Помимо исследованных свойств материалов необходим перечень показателей характеризующих их свойства. Одним из важнейших параметров одежды для холодных климатических условий является коэффициент теплопроводности материалов одежды. О теплопроводности текстильных материалов, воздуха можно судить по данным, приведенным ниже в таблице 3.

Таблица 3. Коэффициент теплопроводности материалов одежды при использовании в холодных климатических районах

№ п/п	Материал	Коэффициент теплопроводности – λ , Вт/(м · К)
1.	Шерстяной войлок	0,052
2.	Хлопок	0,050
3.	Ватин шерстяной	0,043
4.	Вата	0,042
5.	Искусственный мех	0,041
6.	Лен	0,040
7.	Синтепон	0,039
8.	Холлофайбер	0,031
9.	Вспененный полистирол	0,030
10.	Тинсулейт	0,029
11.	Перо-пуховая смесь	0,0286
12.	Криогель	0,0145
13.	Воздух	0,02559

Интенсивность теплопроводности материалов одежды может оцениваться коэффициентом теплопроводности λ , Вт/(м · К), который показывает, какое количество теплоты проходит в единицу времени через 1 м² материала толщиной 1 м при разности температур в 1 К:

$$\lambda = \Phi \cdot \delta / [(T_1 - T_2)S]$$

где Φ — тепловой поток, Вт; δ — толщина материала, м; T_1 и T_2 — температуры поверхностей материала, К; S — площадь поверхности материала, м².

Таким образом, на основании проведенного исследования было установлено что, в качестве более совершенного по сравнению с современными материалами, имеющего высокие теплоизоляционные свойства одежды для холодного климатического района является одежда на основе войлочных нетканых материалов. Шерстяной войлок является превосходным текстильным волокном и отказываться от данного материала в каче-

стве утеплителя невозможно. Используемая в чистом виде и в качестве главного компонента в смеси, она обладает единственным в своем роде преимуществами как материал для изготовления одежды, текстильных и войлочных изделий. Ее естественные свойства теплоизоляции и влагопоглощение являются главными характеристиками для совершенствования одежды в холодных условиях Арктики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стратегия развития Арктического региона РФ до 2020 г. (утверждена Президентом России 8 февраля 2013 г.) URL.: <http://www.government.ru/info/18360/> (дата обращения 21.06.2018).
2. Бузник, В.М. К вопросу построения дорожной карты отечественного арктического материаловедения. Ч. 2 / В.М. Бузник, Н.П. Бурковская, И.В. Зибарева, Р.Н. Черепанин // *Материаловедение*. – 2017. - № 5. – С. 22–28.
3. Афанасьева, Р.Ф. Полимерные материалы в производстве костюма для военнослужащих Арктики (Сообщение 4) / Р.Ф. Афанасьева, Н.В. Тихонова, А.Б. Михайлов, Т.М. Осина, И.Д. Михайлова, В.Т. Прохоров, Д.В. Рева // *Вестник Казанского технологического университета*. – 2016. – Т. 19, № 11. – С. 114–118.
4. Трещалин Ю.М. Композиционные материалы на основе нетканых полотен – М.: Московский государственный универ. им. М.В. Ломоносова, 2015 .

УДК 677.027.523.5

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ПАВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЭФФЕКТИВНОЙ МОЮЩЕЙ КОМПОЗИЦИИ

USE OF DOMESTIC SURFACTANTS FOR PRODUCING AN EFFECTIVE DETERGENT COMPOSITION

Хомченковская Н.В., Белокурова О.А., Одинцова О.И.

Ивановский государственный химико-технологический университет,
153000, Россия, г. Иваново, пр. Шереметевский, д. 7

Homchenovskaya N.V., Belokurova O.A., Odintsova O.I.

Ivanovo State University of Chemistry and Technology,
7, Sheremetievskiy Avenue, Ivanovo, Russia

E-mail: belokurovaolga@mail.ru

Оценена эффективность новых марок ПАВ производства ООО «Завод синтанолов», г. Дзержинск Нижегородской области, и ОАО «Аминохим», г. Москва, в процессах промывки текстильных материалов, колорированных активными и дисперсными красителями. Исследованы различные комбинации препаратов и подобраны эффективные композиции с целью интенсификации процесса отмычки красителя с текстильного материала.

Ключевые слова: активные красители; дисперсные красители; ПАВ; моющие средства; промывка.

The effectively of new brands of surfactants by LLC «Plant Syntanol» in Dzerzhinsk, Nizhny Novgorod region and JSC «Aminohim» in Moscow in washing of fabrics, colored with active and dispersed dyes. Various combinations of preparations were studied and effective compositions were selected to intensify the process of washing the dye from of textile material.

Keywords: reactive dyes; dispersed dyes; surface active agents; washing of materials.

Согласно данным обзора П. Бамфельда на мировом рынке красителей в настоящее время доминируют дисперсные красители для полиэфирных волокон и активные – для целлюлозных волокон [1]. Большое значение в процессах колорирования этими классами красителей имеет операция промывки текстильных материалов. В ходе промывки очень важно полностью удалить с ткани незафиксированный, а в случае активных и гидролизованый краситель для обеспечения яркости, насыщенности и устойчивости окраски. Вместе с тем, зачастую недостаточно тщательная промывка сдерживает возможности повышения качества колорирования. В связи с этим совершенствование технологии промывки тканей, окрашенных активными и дисперсными красителями, является актуальной задачей. Особый интерес приобретает разработка моющих композиций с заданными свойствами. К таким свойствам следует отнести высокую смачивающую, низкую пенообразующую, эффективную моющую способности, проявляющиеся к тому же при сравнительно низких температурах промывки.

Целью настоящего исследования явилась разработка эффективных моющих композиций для промывки текстильных материалов, колорированных активными и дисперсными красителями, на основе отечественных ПАВ.

В качестве основных объектов исследования использовались новые продукты производства ООО «Завод синтанолов», г. Дзержинск Нижегородской области и ООО «Аминохим», г. Москва; в частности, Синтанолы марок АЛМ-5, АЛМ-7, АЛМ-10, Стенор-80, Сульфозтоксилаты жирных спиртов марок Б1 и Б3, Сунатал и Синтанор 5-09-11.

На первом этапе исследования была оценена эффективность действия индивидуальных ПАВ в процессах промывки хлопчатобумажной и полиэфирной тканей, окрашенных соответственно активными и дисперсными красителями.

В растворы с содержанием ПАВ 1 г/л помещали непромытые окрашенные образцы, которые выдерживали при постоянном перемешивании в течение различных промежутков времени (15, 30, 60, 90 и 900 с), в широком диапазоне температур (от 40°C до 90°C), а затем колориметрическим методом определяли количество десорбированного с образца красителя.

Из всех испытанных ПАВ лучшие результаты показал Синтанол АЛМ-7 [2]. Данный препарат характеризуется высокой моющей способностью во всем диапазоне использованных температур. Следует отметить, что эффективность некоторых ПАВ в значительной степени зависит от температуры. В частности, Сульфозтоксилат жирных спиртов марки Б3, имеющий низкую эффективность при 40 °С, демонстрирует достаточно высокую моющую способность при 60 °С и 90 °С [3].

С целью получения оптимальной моющей композиции для интенсификации процесса промывки текстильных материалов были исследованы различные комбинации продуктов.

В качестве основы для создания такой композиции первоначально были выбраны Синтанол АЛМ-7, являющийся неионогенным ПАВ, и Сульфозтоксилат жирных спиртов марки Б3, относящийся к анионным ПАВ. Известно, что анионные ПАВ обладают лучшим смачивающим, а неионогенным – лучшим моющим действием. Поэтому объединение в единую моющую систему двух разных по природе ПАВ является вполне обоснованным.

Однако совмещение Синтанола АЛМ-7 с другими продуктами (наряду с анионо-активными были использованы и неионогенные ПАВ) привело к антагонизму и ухудшению моющей способности смеси по сравнению с результатом, получаемым при использовании одного Синтанола АЛМ-7. Объединение в одну систему Сульфэтоксилата жирных спиртов марки БЗ и Синтанола АЛМ-10, напротив, обеспечило выраженный синергизм [3].

На следующем этапе были оптимизированы составы моющих композиций путем введения специальных добавок (мочевина, трилона А, трилона Б, КМЦ-9В) к системе Синтанол АЛМ-10 + Сульфэтоксилат жирных спиртов марки БЗ, а также к Синтанолу АЛМ-7.

Введение в состав композиции некоторых добавок позволяет достичь более высоких показателей моющей способности. Так, комплексообразователи, умягчая воду, препятствуют инкрустации ткани, т.е. отложению на текстильном материале карбоната кальция. Гидротропные вещества повышают растворимость и ПАВ, и красителя, тем самым усиливая моющее действие композиции [4]. В таблице 1 приведены результаты, демонстрирующие эффективность введения специальных добавок на десорбцию активного бирюзового 23Т в промывной раствор.

Анализ представленных данных позволяет сделать вывод о том, что высоким моющим действием обладает композиция, включающая Синтанол АЛМ-7 с добавками трилона Б и мочевины, а также система, составленная из Синтанола АЛМ-10 и Сульфэтоксилата жирных спиртов марки БЗ, взятых в соотношении 1:1 с добавкой мочевины.

Таблица 1. Влияние состава моющей композиции на ее эффективность в процессе промывки ткани, окрашенной активным бирюзовым 23Т

№ п/п	Наименование ПАВ	Температура обработки, С	Конц-я десорбированного красителя (активного бирюзового 23Т) в промывной раствор, г/л				
			15 с	30 с	60 с	90 с	900 с
1	БЗ : АЛМ-10 (1:1)	60	0,006	0,008	0,009	0,011	0,017
2	БЗ : АЛМ-10 (1:1) + мочевины	60	0,010	0,011	0,012	0,013	0,019
3	БЗ : АЛМ-10 (1:1)+ трилон А	60	0,007	0,007	0,010	0,012	0,016
4	АЛМ-7	60	0,008	0,012	0,014	0,016	0,018
5	АЛМ-7 + мочевины	60	0,009	0,014	0,015	0,018	0,020
6	АЛМ-7 + трилон Б	60	0,012	0,013	0,015	0,019	0,022
7	АЛМ-7 + КМЦ-9В	60	0,007	0,009	0,011	0,012	0,013
8	АЛМ-7+мочевина+ трилон Б	60	0,012	0,014	0,018	0,021	0,024

Об эффективности разработанных композиций можно судить по данным, приведенным в таблице 2.

Таблица 2. Оценка устойчивости окрасок напечатанных образцов к различным физико-химическим воздействиям

Состав моющей композиции	Наименование красителя	Устойчивость окрасок к стиркам, балл	Устойчивость окрасок к поту, балл
На основе АЛМ-7	Активный бирюзовый 23Т	4/3/4	4–5/3/4
На основе БЗ и АЛМ-10		4/3/5	4/3/4
БВ		4/2–3/3–4	3–4/2–3/3–4
ЕЗ-WOC		4/3/4	3/3–4/4
На основе АЛМ-7	Reactive Scarlet PR	4/3/4	4/3/3
На основе БЗ и АЛМ-10		4/3/4	4/3/3
Синтанол БВ		4/3/4	4/2–3/2–3
ЕЗ-WOC		4/3/4–5	4/3–4/3–4

Как видно из представленных данных, промывка в присутствии разработанных моющих составов способствует более активной десорбции красителей не только по сравнению с отечественным СМС (Синтанолом БВ), но и с импортным аналогом (ЕРIОPОН ЕЗ-WOC).

Результаты изучения процесса десорбции дисперсного синего 2 п/э в ходе промывки синтетической ткани при температуре 60 °С разработанными композициями приведены на рис. 1 и в таблице 3.

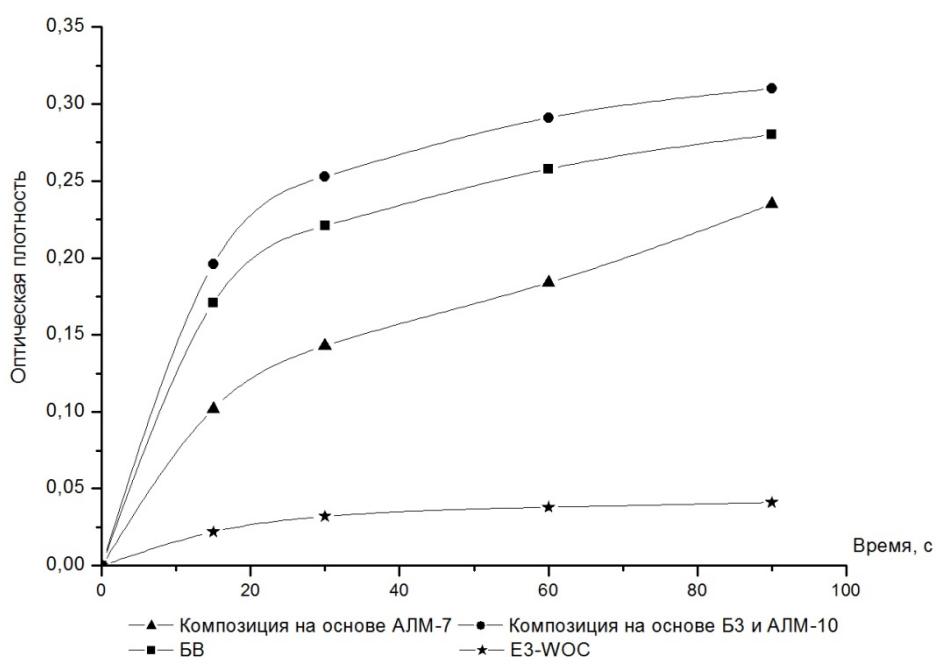


Рис. 1. Кинетика отмывки дисперсного синего 2 п/э при температуре 60 °С

Как видно из представленных данных, лучшие результаты обеспечивает применение композиции на основе Сульфозтоксилата жирных спиртов БЗ и Синтанола АЛМ-10. Важно отметить, что уровень отмывки дисперсного красителя с текстильного материала с помощью данной композиции превосходит результат, достигаемый при использовании традиционных моющих препаратов импортного и отечественного производства. Эта же композиция демонстрирует более высокие прочностные показатели окрасок

на полиэфирной ткани. Соответствующие данные приведены в таблице 4. Увеличение прочностей окрасок к стирке и поту составляет в среднем 0,5 балла.

Таблица 3. Влияние моющей композиции на десорбцию дисперсного синего п/э в промывной раствор

Состав моющей композиции	Температура промывки, °С	Оптическая плотность, через, с			
		15	30	60	90
На основе АЛМ-7	60	0,102	0,129	0,179	0,235
На основе БЗ и АЛМ-10		0,196	0,233	0,310	0,291
БВ		0,181	0,212	0,280	0,268
ЕЗ-WOC		0,022	0,032	0,038	0,041

Таким образом, результаты исследования показали, что эффективность разработанных композиций в значительной степени зависит от класса красителей, используемых для колорирования текстильных материалов. В частности, при колорировании активными красителями лучшие результаты показывает моющий состав на основе Синтанолола АЛМ-7, при использовании дисперсных красителей – композиция на основе Сульфэтоксилата жирных спиртов марки БЗ и Синтанолола АЛМ-10.

Таблица 4. Оценка устойчивости окрасок к различным физико-химическим воздействиям

Состав моющей композиции	Наименование красителя	Устойчивость окрасок к стиркам, балл	Устойчивость окрасок к поту, балл
На основе АЛМ-7	Дисперсный синий 2 п/э	4-5/3/4	4-5/3/4-3
На основе БЗ и АЛМ-10		4-5/3-4/3-4	4-5/4/4
БВ		4-5/3/3-4	4-5/3/4-3
ЕЗ-WOC		4-5/3/4	4-5/3/4-3

Выводы

1. Изучено влияние отечественных ПАВ производства ООО «Завод синтанолов», г. Дзержинск, Нижегородской области и ОАО «Аминохим», г. Москва на кинетику десорбции активных и дисперсных красителей в температурном диапазоне от 40 °С до 90 °С.

2. Исследованы различные комбинации препаратов с целью интенсификации процесса отмывки красителя с текстильного материала. Подобрана эффективная композиция на основе неионогенного (Синтанолола АЛМ-10) и анионного (Сульфэтоксилата жирных спиртов марки БЗ) ПАВ, а также композиция на основе неионогенного ПАВ (Синтанолола АЛМ-7) с добавками мочевины и трилона Б, обеспечивающие необходимый уровень отмывки активного и дисперсного красителей и высокие показатели устойчивости окрасок к различным физико-химическим воздействиям.

3. Показано, что достигаемый уровень прочности окрасок не уступает, а в некоторых случаях и превосходит результат, обеспечиваемый при использовании отечественных и импортных аналогов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карпов, В.В. Современное состояние производства и потребления красителей / В.В. Карпов, А.Е. Белов // Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева). – 2002. – Т. XLVI, № 1. – С. 67–71.
2. Кружилина, И.М. Интенсификация процесса промывки целлюлозных материалов, колорированных активными красителями / И.М. Кружилина, О.А. Белокурова, О.И. Одинцова // Материалы III Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов «Инновационное развитие легкой промышленности». -Казань, 2018.-С.27–31.
3. Кружилина, И.М. Разработка эффективной моющей композиции на базе отечественных ПАВ для промывки колорированных текстильных материалов / И.М. Кружилина, О.А. Белокурова, О.И. Одинцова // Изв. вузов. Технология текстил. пром-сти. – 2018. – № 3. – С. 118–121.
4. Бухштаб, З.И. Технология синтетических моющих средств: Уч. пособ. для вузов / З.И. Бухштаб, А.П. Мельник, В.М. Ковалев. – М.: Легпромбытиздат, 1988. – 320 с.

УДК 677.014 – 615.468

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ МНОГОСЛОЙНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN PRODUCTION MULTILAYER COMPOSITE MATERIALS FOR VARIOUS PURPOSES

Хосровян Г.А.

Ивановский государственный политехнический университет,
153000, Россия, г. Иваново, пр. Шереметевский, д.21

Khosrovyan G.A.

Ivanovo State Polytechnical University,
21, Sheremetievskiy Avenue, Ivanovo, 153000

E-mail: khosrovyan_haik@mail.ru, kafedrptm@mail.ru

Рассматриваются технологии производства многослойных композиционных материалов различного назначения. Приводится разработанная технологическая линия подготовки и получения пряжи нового вида, композиционных текстильных материалов однослойных, многослойных, армированных и композиционных строительных материалов. Отмечены преимущества разработанных технологий, способов и оборудования. Представлены фотографии новых видов композиционных материалов различного назначения.

Ключевые слова: композиционные текстильные и нетекстильные материалы; технологическая линия; технологическое оборудование; многослойный волокнистый материал; воздушные потоки; волокнистые слои; сукно; фактурные обои.

The technologies of production of multilayer composite materials for various purposes are considered. The developed technological line for the preparation and production of a new type of yarn, composite textile materials of single-layer, multi-layer, reinforced and composite building materials is presented. The advantages of the developed technologies, methods and equipment are noted. Photos of new types of composite materials for various purposes are presented.

Keywords: composite textile and non-textile materials; technological line; technological equipment; multilayer fibrous material; air flow; fibrous layers; cloth; textured wallpaper.

На сегодняшний день одним из самых перспективных и рентабельных в текстильной промышленности является производство многослойных композиционных материалов.

Следует отметить значимость развития тенденций разработки технологий и способов получения многослойных композиционных материалов из различного сырья, что позволяет значительно расширить их ассортимент и область применения. На наш взгляд наибольшую актуальность имеют разработанные нами способы, позволяющие получить различные комбинации слоев, которые отличаются по физико-механическим показателям, с различными наполнителями и армированием, благодаря чему многослойные композиционные материалы приобретают специфические свойства и могут быть использованы в различных отраслях народного хозяйства.

Кроме того, представляют интерес разработанные нами технологии и оборудование для изготовления многослойных композиционных строительных материалов для штукатурных, бетонных, кровельных и дорожных работ, а также фактурных обоев.

Разработанные нами технологии и оборудование для производства композиционных текстильных и нетекстильных материалов отличаются упрощением и сокращением технологического процесса, уменьшением времени на изготовление продукции, повышением качества получаемой продукции, улучшением условий труда и сокращением численности обслуживающего персонала и непрерывностью технологического процесса.

Наиболее существенным отличием предложенной нами технологической линии является использование в ней разработанных нами способов и оборудования для получения многослойных волокнистых материалов, обеспечивающих одновременное образование нескольких волокнистых слоев. Также нами разработаны способ и оборудование, обеспечивающее одновременное образование нескольких волокнистых слоев с последующим их сложением с тканью для армирования.

Разработанные нами способы получения многослойных волокнистых материалов заключаются в направленном перемещении под воздействием воздушно-волокнистой массы с использованием внешних воздушных потоков и создании внутренних воздушных потоков, направленных в зону формирования волокнистых слоев с разделением их на составляющие, причем внешние воздушные потоки направляют горизонтально, изменяя траекторию перемещения волокнистого потока.

Для получения многослойного армированного материала выполняются дополнительные условия, при которых траектория перемещения верхней составляющей волокнистого потока увеличена по отношению к траектории перемещения нижней составляющей волокнистого потока, траектория перемещения получаемых волокнистых слоев выполнена разновеликой. Сформированные волокнистые слои соединяют с тканью, располагая ее между волокнистыми слоями. Образованный таким образом многослойный армированный материал направляется в зону скрепления, т.е. на иглопробивную машину [1, 2].

Оборудование для получения армированных текстильных материалов оснащено устройством для контроля толщины волокнистых слоев до их соединения с тканью.

Для поддержания заданной толщины волокнистых слоев устройство для их контроля имеет возможность воздействия на процесс рассортировки волокнистого материала в камере распределения. Согласованная работа узлов оборудования для получения армированных текстильных материалов обеспечивает однородность волокнистых слоев по физико-механическим показателям волокон и по толщине волокнистых слоев.

Предлагаем разработанную нами технологическую линию подготовки и получения композиционных материалов различного назначения (рис.1). На данной технологической линии можно получить пряжу нового вида, композиционные текстильные материалы однослойные, многослойные, армированные и композиционные строительные материалы.



Рис. 1. Схема технологической линии подготовки и получения композиционных материалов различного назначения

В данной технологической линии установлены разработанное нами новое оборудование для тонкого и грубого разрыхления и очистки, оборудование для смешивания, модернизированы отдельные рабочие узлы кардочесальных и валичных чесальных машин, ленточных машин и пневмомеханических прядильных машин.

На разработанной линии можно получить смесовую пряжу (хлопкольняную), четырехслойный наполнитель для одеял, композиционный волокнистый материал, содержащий шерстяные волокна от 30 до 100 % с поверхностной плотностью от 500 до 1000 г/м², предназначенный для пошива спецодежды (рабочей одежды, рукавиц, вачег) и спецобуви (чуни) (рис. 2). А также на данной линии можно получить композиционные строительные материалы, в том числе фактурные обои (рис 3).

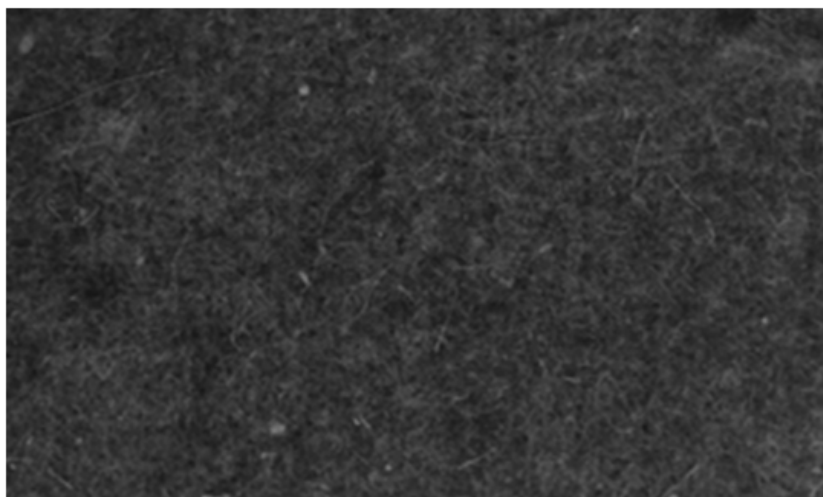


Рис. 2. Композиционный текстильный материал («сукно»)

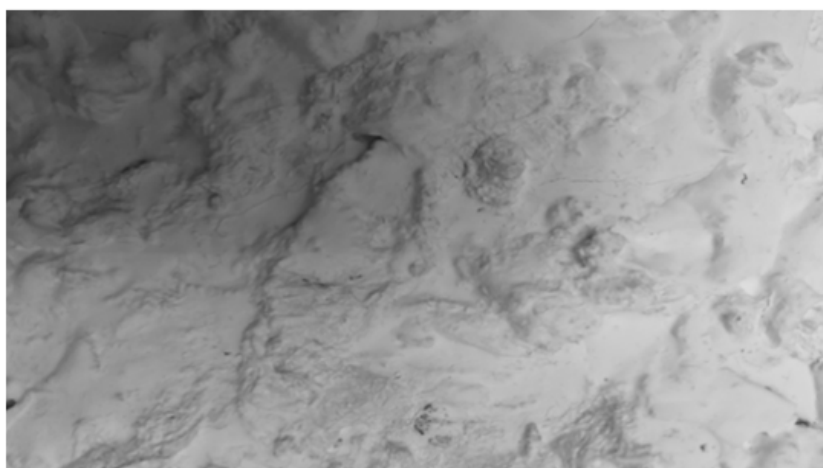


Рис. 3. Композиционный строительный материал (фактурные обои)

Необходимо отметить, что данная схема технологической линии и используемое в ней оборудование мобильна. В зависимости от сырья и технологического оборудования можно получить новые виды текстильных и нетекстильных материалов различного назначения.

Используя в качестве сырья современные химические волокна, такие как, кевлар, терлон, арселон можно получить композиционный материал для изготовления изделий специального назначения.

Кроме того, нами разработаны математические модели процессов подготовки волокнистых материалов, их рассортировки и формирования волокнистых слоев. На ос-

нове этих моделей нами была разработана программа для численного моделирования перечисленных процессов [3, 4].

Разработанные нами математические модели и программа для численного моделирования могут быть использованы как при оптимизации технологических параметров оборудования, так и при проектировании новых совершенных узлов, устройств и машин [5–8].

Видеоролик демонстрирует технологический процесс, протекающий на разработанном нами оборудовании для изготовления многослойных текстильных материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент № 2471897 Российская Федерация. Способ получения многослойных волокнистых материалов и устройство для его осуществления / Хосровян Г.А. Хосровян А.Г. Красик Т.Я. Хосровян И.Г. Жегалина Т.В.– Оpubл. 10.01.2013.
2. Патент № 2595992 Российская Федерация. Способ получения многослойных волокнистых материалов и устройство для его осуществления / Хосровян Г.А., Хосровян А.Г., Красик Т.Я., М.А. Тувин, Хосровян И.Г.– Оpubл. 27.08.2016.
3. Красик, Т.Я. Методика определения линейной плотности настила на выходе из бункерного питателя, оснащенного системой обеспыливания / Т.Я. Красик, А.Г. Хосровян, Г.А. Хосровян // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, №5. С. 79...82.
4. Хосровян, И.Г. Общая теория динамики волокнистых комплексов в процессе их взаимодействия с рабочими органами разрыхлителя / И.Г. Хосровян, Т.Я. Красик, Г.А. Хосровян // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012. – № 6. – С. 194–97.
5. Хосровян, И.Г. Разработка теории выравнивающей способности устройства для получения многослойных волокнистых /И.Г. Хосровян, А.Г. Хосровян, Т.Я. Красик, Г.А. Хосровян // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, № 6, С. 79...82.
6. Тувин, М.А. Математическое моделирование аэродинамической рассортировки волокон в устройстве для получения многослойных нетканых материалов/М.А. Тувин, И.Г. Хосровян, А.Г. Хосровян, Т.Я. Красик, Г.А. Хосровян // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, № 6, С. 71...76.
7. Хосровян, И.Г. Результаты математического моделирования процесса столкновения волокнистого комплекса с колком разрыхлителя-очистителя / И.Г. Хосровян, М.А. Тувин, Г.А. Хосровян, А.А. Тувин, В.И. Роньжин// Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016, № 6. С. 136–140.
8. Хосровян, А.Г. Математическая модель движения волокна при его съеме ускоряющимся воздушным потоком с гарнитуры вращающегося пильчатого барабана /А.Г. Хосровян, М.А. Тувин, Т.Я. Красик, Г.А. Хосровян, А.А. Тувин//Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2017, №2. С. 185–188.

**АКАРИЦИДНО-РЕПЕЛЛЕНТНАЯ ОТДЕЛКА ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ
В УСЛОВИЯХ ОПЫТНОГО ПРОИЗВОДСТВЕННОГО УЧАСТКА
«ШУЙСКО-ТЕЗИНСКОЙ ФАБРИКИ «ТЕЗИНКА»**

**ACARICIDE-REPELLENT FINISH TEXTILE MATERIALS IN THE CONDITIONS
OF PILOT PRODUCTION AREA "SHUYA FACTORY ON TEZA», LIMITED**

*Е.Н. Чернова**, *Д.С. Королев***, *Е.Л. Владимирцева****

*Общество с ограниченной ответственностью «УМНЫЕ МАТЕРИАЛЫ», 155900, Россия, г. Шуя, ул. Советская д. 12А

**Общество с ограниченной ответственностью

«Объединение «Специальный Текстиль»,
153000, Россия, г. Иваново, ул. Варенцовой, д. 12/3

***Ивановский государственный химико-технологический университет,
153000, Россия, г. Иваново, пр. Шереметевский, 7

*E.N. Chernova**, *D.S. Korolev***, *E.L. Vladimirtseva****

*SMART MATERIALS, Ltd,

12A, Sovetskaya st., Shuya, 155900, Russia

**SPECIAL TEXTILES GROUP Co., Ltd,

12/3, Varentsova st., Ivanovo, 153000, Russia

***Ivanovo State University of Chemistry and Technology,
7, Sheremetievskiy Pr., Ivanovo, 153000, Russia

E-mail: chernova@smart-textile.ru

Даже самое успешное на текущий момент времени предприятие не сможет долго выполнять поставленные задачи не развиваясь, не изменяясь с течением времени и с появлением новых изобретений. Именно поэтому на любом современном предприятии всегда проводится инновационная деятельность, то есть разработка и внедрение инновационных проектов.

В статье рассматриваются перспективы и проблемы внедрения экологически безопасных технологий микрокапсулирования для отделки текстильных материалов, которые обеспечивают эффективную защиту людей от кровососущих насекомых (с акарицидно-репеллентной отделкой).

Ключевые слова: инновационность, экологическая безопасность, микрокапсулирование, акарицидно-репеллентная отделка, текстильные материалы

Even the most successful at the moment the company will not be able to perform the tasks for a long time without developing, without changing over time and with the advent of new inventions. That is why any modern enterprise always carries out innovative activities, that is, the development and implementation of innovative projects.

The article deals with the prospects and problems of the introduction of environmentally friendly technologies of microcapsulation for finishing textile materials that provide effective protection of people from blood-sucking insects (with acaricide-repellent finish).

Keywords: innovation, environmental safety, microencapsulation, acaricide-repellent finishing, textile material

Текстильная промышленность является одной из ведущих отраслей, производящая товары народного потребления. Основная тенденция ее развития состоит в обновлении и расширении ассортимента текстильных материалов. В связи с этим перед предприятием «Шуйско-Тезинская фабрика «Тезинка» ставятся задачи выпуска материалов с новыми функциональными свойствами, например таких, которые обеспечивают эффективную защиту людей от кровососущих насекомых (с акарицидно-репеллентной отделкой).

Для решения этих задач необходимо внедрять в производство новое оборудование, эффективные технологические режимы и рецептуры, позволяющие сократить расход энергии, воды, сырья и материалов.

Немаловажным для создания экологически безопасного производства и повышения конкурентоспособности продукции является снижение вредности производственных процессов, уменьшение сбросов и выбросов в окружающую среду. Это может быть достигнуто при использовании новейших достижений текстильной химии – микрокапсулировании акарицидно-репеллентных веществ (АРВ) с иммобилизацией их на текстильном материале.[1]

При активном творческом взаимодействии с коллективом кафедры Химической технологии волокнистых материалов ФГБОУ ВПО «Ивановского государственного химико-технологического университета» (ХТВМ ИГХТУ), «Шуйско-Тезинская фабрика «Тезинка» претворяет инновационные идеи в жизнь.

Благодаря интеграции производственного опыта сотрудников фабрики «Тезинка» и научно-технических знаний исследовательского коллектива кафедры ХТВМ ИГХТУ разработана уникальная технология использования прогрессивного, не применяемого до настоящего времени в России, способа придания акарицидно-репеллентных свойств текстильным материалам путем инкапсуляции АРВ непосредственно в элементах одежды – «ловушках». При этом внутренняя подкладка ловушек исключает контакт с кожей в местах наибольшего соприкосновения изделия с телом человека [2]. В качестве действующего акарицидного состава выбран инсектоакарицид альфа-циперметрин (АЦП), обладающий нервнопаралитическим действием, как против клещей, так и против других кровососущих и способный проникать даже через хитиновые покровы насекомых [3]. Разработанный способ позволяет стабильно и безопасно для человека удерживать полученные микрокапсулы в материале одежды и начинать высвобождать действующее химическое вещество только в момент эксплуатации защитного костюма в результате механической деформации и трения ткани [4].

Следует отметить, что успешная реализация технологии в лабораторных условиях не означает беспрепятственного переноса ее в условия производства.

В первую очередь это касается правильного выбора оборудования, масштабирования технологических параметров и рецептуры. При этом необходима корректная оценка экономической составляющей проекта, позволяющая сократить расход энергии, воды, сырья и материалов.

Специфика выпуска нового продукта требует доработки и модификации технологических процессов под имеющееся на предприятии оборудование с учетом мощности конкретного производства, особенностей используемого сырья, требований к конечной продукции.

При переносе технологии из лабораторных условий на производство были опробованы 4 схемы возможной реализации нанесения капсулированной формы АРВ на текстильный материал (рисунок).

Первые две схемы достаточно многостадийны, трудо- и энергозатратны. Попытка реализовать третью схему не увенчалась успехом, так как количество АЦП, сорбированное текстильным материалом, составляло в среднем 0,35 г/кг, что чрезвычайно мало. Кроме того, третья схема включает стадию распыления АРВ, соответственно, не яв-

ляется экологичной. Наиболее экономичной оказалась схема под номером 4. Именно эта схема и была положена в основу реализации инновационной технологии акарицидно - репеллентной отделки текстильных материалов в условиях опытного производства фабрики «Тезинка».

Доказательством эффективности выбранного способа стала оценка методом газовой хроматографии содержания АЦП на полученном в условиях производства текстильном материале, которая составила от 1,9 до 2,5 г/кг в зависимости от материала и параметров обработки, что достаточно для эффективного уничтожения кровососущих насекомых.

Существенно сократить этап переноса технологии из лабораторных условий на производство помогает созданный на предприятии «Шуйско-Тезинская фабрика «Тезинка» опытный производственный участок, на котором квалифицированные специалисты реализуют новые технологии и создают конкурентоспособную продукцию [5].

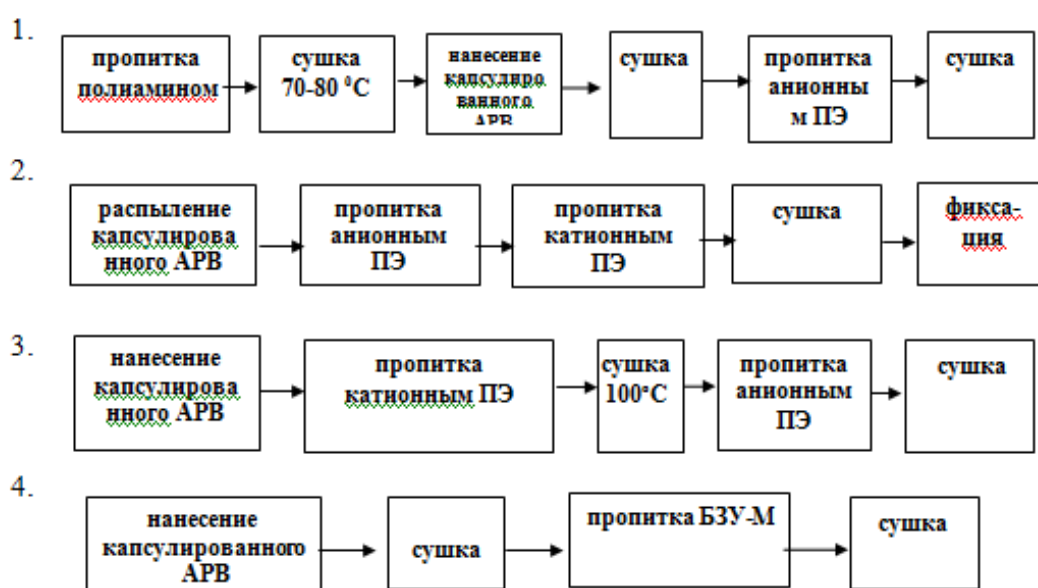


Рис. Возможные технологические схемы реализации технологии акарицидно-репеллентной отделки текстильных материалов

На реконструируемых площадях «Тезинки» организовано производство «умного» текстиля (Smart-Textiles). Опытный производственный участок является первым звеном в технологической цепочке пилотного проекта «ФАБРИКИ БУДУЩЕГО» первого поколения, создаваемой на «Шуйско-Тезинской фабрике «Тезинка».

ЛИТЕРАТУРА

1. Одинцова, О.И. Использование метода микроэмульсионного капсулирования для придания текстильным материалам акарицидных свойств / О.И. Одинцова, А.А. Прохорова, Л.С. Петрова, Е.Л. Владимирцева // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2017. № 1 (367). – С. 332–336.
2. Патент РФ № 2625432 Одежда для защиты человека от кровососущих клещей и летающих кровососущих насекомых / Д.С. Королев, С.В. Королев, О.В. Козлова, Е.В. Крутских, Н.Н. Муратова, О.И.Одинцова, Л.С. Петрова, А.А. Прохорова //опубл. 13.07.2017 (приор. от. 19.07.2016)
3. Мельников, Н.Н. Пестициды: Химия, технология и применение. М.: Химия, 1987, 712 с.

4. Патент РФ № 2669457 Способ получения текстильного материала с защитной акарицидно-репеллентной отделкой /Е.Л. Владимирцева, О.В. Козлова, Д.С. Королев, С.В. Королев, А.А. Липина, Н.Н. Муратова, О.И. Одинцова, Л.С. Петрова, С.В. Смирнова, Е.Н.Чернова //опубл. 11.10.2018 (приор. от. 20.12.2017)
5. Чернова, Е. Н. Внедрение инновационных технологий на предприятии «Шуйско-Тезинская фабрика «Тезинка» / Е.Н. Чернова, Д.С. Королев, Е.Л. Владимирцева // Сборник материалов XXI Международного практического форума «SMARTEX-2018», Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы. 2018. ч. 2. – С. 3–5.

УДК 677.027.042:577.1;620.3:687.01:747;7.048; 677.074.17

**ПРАКТИКА ЦИФРОВОЙ ПЕЧАТИ ПО МОТИВАМ
ИВАНОВСКОГО АГИТТЕКСТИЛЯ 1920–1930 ГОДОВ
НА СОВРЕМЕННЫХ МАТЕРИАЛАХ**

**PRACTICE OF DIGITAL PRINTING ON THE PICTURES OF
IVANOVOAGITATION TEXTILES1920–1930 ON MODERN MATERIALS**

Чешкова А.В., Маракова К.С., Маракова А.С., Акуличева К.А., Ильина Е.С.
Ивановский государственный химико-технологический университет, г.Иваново

Cheshkova A.V., Marakova K.S., Marakova A.S., Akulichева K.A., Ilyina E.S.

*Ivanovo State University of Chemistry and Technology,
7, Sheremetievskiy Avenue, Ivanovo, 153000*

e-mail: a_cheshkova@mail.ru

Проведена цифровая модификация и допечатная подготовка изображений по мотивам раритетных агитационных Ивановских тканей периода 1920–1933 годов с использованием программ AdobeIllustrator CC 17.1.0, AdobePhotoshopCS3, CoralDrawx7. Получены цифровые версии воспроизведенных и модифицированных бесшовных орнаментов, а также полиэфирные ткани с оригинальным рисунком сублимационной печати. Результаты практической работы нашли отражение в выставках проекта «Текстильная химия как искусство» фестиваля «Первая фабрика авангарда-2018» (г. Иваново), международного конкурса молодых дизайнеров «Ассамблея Моды-2017» и проекта «Иваново- текстильная столица 2018».

Ключевые слова: графический дизайн, цифровая допечатная подготовка изображений, текстильный плоттер, ивановский агиттекстиль, сублимационная печать, полиэфирная ткань.

Digital modification and prepress preparation of images based on rare propaganda Ivanovo fabrics of the period of 1920–1933 with the use of Adobe Illustrator CC 17.1.0, Adobe Photoshop CS3, Coral Draw x7. Digital versions of reproduced and modified seamless ornaments, as well as polyester fabrics with an original sublimation print pattern were obtained. An assessment was made of the nature of the influence of prepress preparation and the properties of modern polyester textile materials on the result of coloring. The results of practical work are reflected in the exhibitions held in the framework of the conferences "Textile Chemistry 2018, 2019", in the project "Textile Chemistry as Art" of the festival of contempo-

rary art “First Avant-garde Factory 2018” (Ivanovo), “Fashion Assembly-2017” and the project “Ivanovo -Textile Capital 2018”.

Keywords: graphic design, digital prepress image preparation, textile plotter, Ivanovo agittextile, sublimation printing, polyester fabric.

Материальная культура и, как частный случай-текстиль, носит на себе отпечаток тесного взаимодействия деятельности химиков-технологов и творчества, технических достижений времени, потребительских свойств и запросов, утилитарной функции, художественного и идеологического смысла [1,2]. После событий 2017 года, с новым запуском отделочных производств в 1918–1920 году ивановские фабрики создают новые революционные ткани, именуемые «агиттекстиль» [1–3].

Таблица 1. Характеристики цвета печатного рисунка сублимационными чернилами на различных полиэфирных материалах

Ткань	Координаты цвета в системе RGB					
	Синие чернила			Фон (без чернил)		
	R	G	B	R	G	B
Оксфорд	115	164	168	254	245	240
Шифон	152	191	198	246	244	247
Вельюр	128	175	181	254	253	251
Флис	122	169	175	237	233	230
Сатин	137	190	194	252	251	249
Атлас	125	173	185	253	248	254
Микрофибра	151	204	208	255	252	253
Габардин	122	181	189	255	252	250
Таффета	134	193	201	247	246	244
Блэкаут	130	174	177	232	230	235
Шармус	128	186	187	254	250	251
Координаты цвета в системе В системе HSB						
	Синие чернила			Фон (без чернил)		
	H	S	B	H	S	B
Оксфорд	185	32	65	42	5	98
Шифон	186	29	67	40	2	94
Вельюр	186	27	77	300	1	100
Флис	183	31	69	42	6	89
Сатин	188	32	75	12	2	91
Атлас	190	32	71	312	2	100
Дешайн	187	30	73	12	2	96
Микрофибра	182	29	82	354	4	95
Габардин	187	27	75	345	2	91
Таффета	189	32	77	60	1	96
Блэкаут	188	29	68	192	2	83
Шармус	182	31	76	36	2	100

Сегодня, в XXI веке, в век прорывных технологий техническая эстетика агиттекстиля требует творческого переосмысления и современной трансформации всем законам дизайна с учетом инновационных технических решений. Цифровизация текстильного производства и внедрение на многих Ивановских производствах текстильных плоттеров позволяет не только воссоздать уникальные ивановские ткани авангардного направления, но и проводить системную работу по разработке новых актуальных тканей по их мотивам.

В рамках дисциплины «История и перспективы дизайна текстиля» нами проведена систематизация исторического материала, разработана технология допечатной подготовки бесшовных орнаментов по мотивам орнаментов «Ивановского агиттекстиля» [1,2], применены технологии графического дизайна и созданы оригинальные текстильные орнаменты в цифровом решении.

На основе анализа научно-технической информации по современным концепциям цветопередачи RGB, CMYK, CIEL*a*b*, HSL, HSB, оценена возможность их использования применительно к процессам допечатной подготовки изображений в технологиях текстильного колорирования сублимационной печатью на текстильных плоттерах.

На первом этапе работы была разработана методология восстановления раритетных орнаментов, мотивов, раппорта тканей в соответствии с эталоном с использованием программных продуктов Adobe Illustrator CC 17.1.0, Adobe Photoshop CS3. Работа проводилась в несколько этапов: трассировка, подбор фона, оптимального цвета элементов и количества графических модификаций. Выявлены технологические аспекты воспроизведения раритетных орнаментов ивановского текстиля на современных полиэфирных материалах с использованием текстильных плоттеров и сублимационной печати, а также корреляции позволяющие прогнозировать колористику и качество печатного рисунка, получаемого на текстильном плоттере сублимационной печатью дисперсными чернилами в зависимости от фактуры текстильного материала (рис. 1).

Разработаны технологии прогнозирования колористики и восприятия печатного рисунка методами компьютерного моделирования. Установлены зависимости влияния на цветопередачу и восприятие цвета таких факторов как: фактура ткани (переплетение, шероховатость-гладкость, объемность пряжи или нитей, мягкость), поверхностная плотность и число нитей на площадь, степень подготовки (желтизна-белизна, %), впитываемость (сек). В таблице 1–3 приведены сравнительные данные цвета печатного рисунка с использованием различных цветовых моделей. Печатный орнамент получен на промышленном текстильном плоттере фирмы НПФ «Тексмарк». Проведена оценка характера влияния допечатной подготовки и свойств современных полиэфирных текстильных материалов на результат колорирования (табл. 1–3).

Коллекция выставлялась на международной научно-практической конференции «Текстильная химия: традиции и новации-2018» и фестивале современного искусства «Первая фабрика авангарда». В центральной городской библиотеке им. Я.П. Гарелина были представлены новые и восстановленные исторические ткани, демонстрирующие работы студентов кафедры химической технологии волокнистых материалов, созданных под впечатлением и на основе раритетного ивановского агиттекстиля из собрания Ивановского государственного историко-краеведческого музея им. Д.Г. Бурылина (таблица 1).

Оригинальные ткани стали дипломантами международного конкурса молодых дизайнеров «Ассамблея Моды» (1 место в номинации «экспериментальные ткани») и проекта «Иваново текстильная столица 2018».

Ткани, с воспроизведенным студентами кафедры ХТВМ ИГХТУ орнаментом, переданы в дар музею Ивановских ситцев. В рамках настоящей конференции на выставке «Текстильная химия в цифре» представлены полиэфирные ткани с оригинальными ор-

наментами, созданными студентами 2–4 курса в рамках дисциплины «История и перспективы текстиля» по мотивам исторических ивановских тканей.

Характеристики цвета печатного рисунка в системе L*a*b и CMYK

Образец, артикул	Координаты цвета в системе L*a*b								
	Синий			Розовый			Фон		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b
Оксфорд	64	-16	-8	60	37	-2	97	0	5
Шифон	65	-15	-8	63	37	-3	93	2	0
Велюр	74	-16	-8	57	30	-4	99	1	-1
Флис	68	-17	-7	55	32	-4	89	0	5
Сатин	71	-17	-10	61	35	-3	91	1	1
Атлас	67	-15	-11	49	33	-3	99	2	-1
Дешайн	70	-16	-9	55	33	-3	96	1	1
Микрофибра	79	-19	-7	58	35	-3	93	4	1
Габардин	72	-14	-8	48	36	-1	91	2	0
Таффета	72	-16	-11	55	38	-1	96	0	1
Блэкаут	65	-14	-9	53	31	-5	84	-1	-1
Шармус	73	-19	-7	63	33	-5	99	0	2

Таблица 2. Координаты цвета сублимационной печати в системе CMYK

Образец, артикул						
	Синие чернила			Белый		
	C	M	Y	C	M	Y
Оксфорд	58	23	33	1	2	6
Шифон	55	23	31	5	6	4
Велюр	44	10	21	0	1	0
Флис	54	18	29	10	9	14
Сатин	50	14	23	8	8	7
Атлас	54	20	25	0	2	0
Дешайн	49	16	24	2	3	3
Микрофибра	41	3	18	3	8	4
Габардин	45	14	22	7	7	6
Таффета	48	12	20	3	2	3
Блэкаут	54	23	29	18	12	13
Шармус	48	9	24	0	1	1

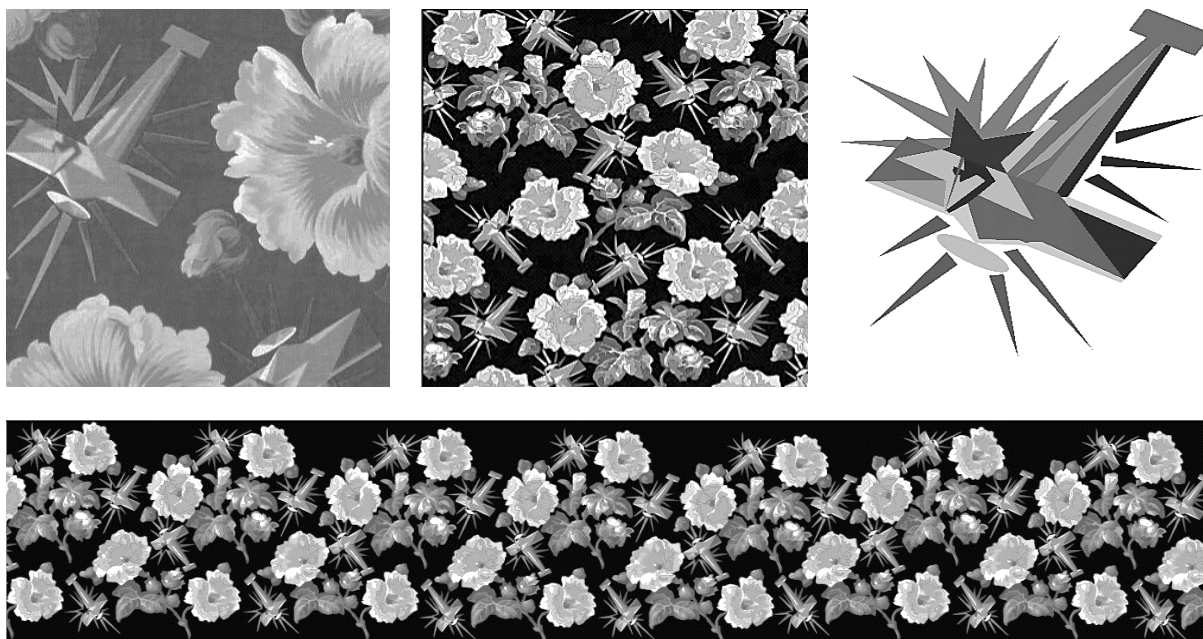


Рис. 1. Этапы реконструкции раритетной ткани «Ситец. Цветы хлопка и самолёты» 1930 г.
Разработка полномасштабного орнамента в формате PDF под широкоформатную печать
на цифровых плоттерах

ЛИТЕРАТУРА

1. Химические технологии в дизайне текстиля [монография]/ [А.В. Чешкова, Е.Л.Владимирцева, С.Ю. Шибашова, О.В. Козлова]; под ред. проф. А.В.Чешковой; ФГБОУ ВПО ИГХТУ.// – Иваново, 2013. – 312 с.
2. Чешкова А.В. Ивановский текстиль – объединение традиций и современности / А.В. Чешкова. Обзорная статья. Дизайн. Материалы. Технология. СПб, № 4(11). – 2009. – С. 117–124.
3. Карева Г. Ивановский агитационный текстиль. Орнамент и надписи / Г. Карева // Теория моды. Одежда. Тело. Культура № 21. – 2011. – С. 24–28.
4. Хеллер С, Андерсон Г.Графический дизайн. – СПб: Питер. 2017. – 120 с.

УДК678

ПРИМЕНЕНИЕ СОТОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ В АВИАЦИОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

THE USE OF HONEYCOMB STRUCTURES IN AIRCRAFT INDUSTRY

Шаханова Д.Р.*

*Казанский национальный исследовательский технологический университет,
420015, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Карла Маркса, д. 68
** Институт технологии легкой промышленности, моды и дизайна,
420015, Республика Татарстан, Казань, ул. Университетская, д. 6/39

Shakhanova D.R.*

*Kazan National Research Technological University,

68, K. Marx Street, Kazan, Republic of Tatarstan, 420015
**Institute of Light Industry, Fashion and Design,
6/39, ul. University, 420015, Kazan, Republic of Tatarstan

E-mail: Dilya199@rambler.ru

В данной статье описано применение в авиационной технике сотовых конструкций. Рассмотрены разновидности клеящих масс. В производстве современных сотовых конструкций применяются преимущественно модифицированные эпоксидные клеи, обладающие высокой стойкостью к термической и термоокислительной деструкции

Ключевые слова – авиационная техника, сотовые конструкции, эпоксидная смола, композитный материал.

This article describes the use of cellular structures in aviation technology. The variety of adhesive masses is considered. In the production of modern cellular structures are used mainly modified epoxy adhesives with high resistance to thermal and thermo-oxidative degradation

Keywords: aviation equipment, cellular structures, epoxy resin, composite material.

Сотовая панель – одна из самых значимых структурных инженерных инноваций. Использование сотовых панелей в интерьерах воздушных и морских судов предоставляет ряд преимуществ по сравнению с другими материалами:

- малая масса конструкции;
- высокая жесткость;
- удельная статическая прочность больше на 20–40 %;
- устойчивость при продольном сжатии выше в 2–4 раза;
- количество деталей, входящих в узел или агрегат, меньше в 3–4 раза;
- более гладкие поверхности узлов и агрегатов;
- теплоизоляционные свойства выше в 3–5 раз;
- акустические характеристики лучше в 3–5 раз.

Сотовые конструкции широко применяются в авиационной технике, машиностроении и машиностроительной индустрии. Для изготовления сотовых панелей используются металлы, стеклопластики, специальная полимерная бумага с использованием композиционных материалов. На рисунке 1 представлена сотовая панель.

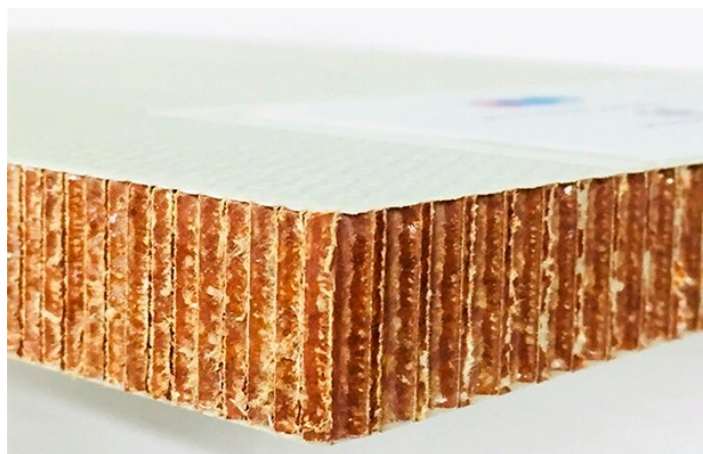


Рис. 1. Сотовая панель

Сотовых панелей из алюминиевого сплава, склеенного с сотами из термостойкой пластмассы, используется для поверхности скоростного бомбардировщика «Хаслер В-58» (США).

Клееную сотовую конструкцию имеет металлическое крыло истребителя «Граутдан П».

Центральная часть крыла самолета «Брегг 1001 Тан» представляет собой трехслойную конструкцию с сотовым наполнителем, изготовленную из листов алюминиево-магниевых сплавов.

В самолете «Фантом F-4», в конструкции которого широко используются сотовые конструкции, применяется неперфорированный наполнитель. Для склеивания обшивки и сотового наполнителя используется нейлоновая ткань с одной стороны эпоксидным клеем и фенолокаучуковым с другой. Для герметизации с внутренней и внешней сторон применяются эпоксидные пасты.

В конструкции самолета РБ-57 Ф обшивка крыльев изготавливается из алюминиевых клееных трехслойных панелей с сотовым наполнителем. Законцовки крыльев изготовлены из сотовых панелей, склеенных с обшивкой из стеклоткани, пропитанной смолой. Для соединений металла с металлом применен фенолокаучуковый клей Метлбонд 4021, для склеивания обшивки с сотами - фенолоэпоксидный клей Шелл-422-1, легко образующий наплывы у стенок сот и обеспечивающий повышенную прочность при отслаивании обшивки от наполнителя. Максимальный размер сотовых панелей равен 1,5х5,5 м. Общий расход клея более 400 кг.

В последнее время сотовые конструкции нашли применение в производстве самолетов ряда американских фирм. Разработана титановая трехслойная сотовая конструкция, применение которой в производстве сверхзвукового транспортного самолета фирмы «Boeing» уменьшает его массу на 3630 кг. В производстве военно-транспортного самолета С-1 А фирмы «Lockheed» применяются металлические сотовые конструкции из алюминиевых сплавов и титана. В самолете той же фирмы С-5А 2300 м² поверхности выполнено из трехслойной обшивки из алюминиевых и титановых сплавов с сотовым наполнителем. На рисунке 2 представлен образец сотовой панели из титанового и алюминиевого сплава.

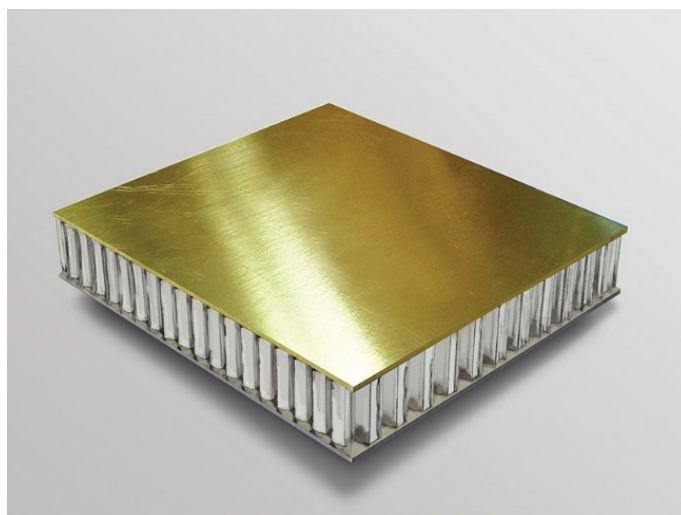


Рис. 2. Образец сотовой панели из титанового и алюминиевого сплава

С большим успехом в производстве зарубежных самолетов используются сотовые конструкции с применением термостойкой самозатухающей бумаги на основе ароматического полиамида номекс. В панелях самолета «Боинг 747» за счет применения сотовых наполнителей из бумаги номекс достигается снижение массы на 454 кг по сравне-

нию с массой самолета с наполнителем из алюминиевого сплава. В конструкции самолета «Тристар L-1011» используются клееные сотовые панели из графитопластиков.

В производстве современных сотовых конструкций применяются преимущественно модифицированные эпоксидные клеи, обладающие высокой стойкостью к термической и термоокислительной деструкции, содержащие минимальное количество летучих и выпускающиеся, как правило, в виде клеящих пленок (армированных и неармированных). Кроме того, применяются полиимидные, полибензимидазольные и полифенилхиноксалиновые клеи.

Сотовые конструкции из алюминия применяются также при изготовлении топливных баков самолета «Конвэр 990» с использованием клеящей ленты AF-32 и AF-204 для соединения обшивки с сотовым наполнителем.

Хвостовые отсеки цельнометаллических лопастей вертолетов обычно представляют собой клееную сотовую конструкцию. Комплект лопастей одного вертолета включает 80–100 отсеков. Наиболее распространенная конструкция хвостового отсека состоит из перегнутой обшивки, сотового наполнителя, двух нервюр с приклеенными и приклепанными к ним уголками и законцовками стрингера.

Ремонт сотовых конструкций состоит в заполнении поврежденного участка либо предварительно изготовленной сотовой вставкой из алюминия, либо (в случае небольших повреждений) легким наполнителем из эпоксидной смолы. Отремонтированный участок защищают стеклотканью, пропитанной смолой. Испытания показали, что ремонт ни в коей мере не снижает прочности конструкции.

Для устранения повреждений сотовых клееных конструкций предложено устанавливать крепежные элементы, производя заливку клеевой композиции через специальные отверстия на неполную глубину ячеек наполнителя.

В качестве клеев использованы эпоксиднополиамидный клей для работы при температурах до 82 °С, эпоксидноакрилонитрильный (на основе эпоксидной смолы и нитрильного каучука) с теплостойкостью до 93 °С и эпоксидноволачный клей, выдерживающий температуру 190 °С.

Наиболее эффективными являются сотовые конструкции с обшивкой из высокомодульного эпоксидноборопластика. Клееные сотовые конструкции с применением этого композиционного материала использованы в серийном производстве истребителя F-14 для изготовления силовой обшивки стабилизатора. Для склеивания боропластика используется клей Метлбонд 329.

Композиционные материалы фирмы «DuPont» на основе эпоксидных смол могут заменить стеклопластики в конструкции самолетов «Локхид L-1011» и «Боинг 737», обеспечивая при этом снижение массы на 20–30 %. Использование клеевых соединений углепластика и металла при изготовлении балок пола и других подобных конструкций самолета «Конкорд» обеспечит снижение массы самолета на 900 кг.

ЛИТЕРАТУРА

1. Применение клеев в авиационной промышленности[Электронный ресурс]. – Режим доступа:<http://prioritetinvest.ru>. – (Дата обращения: 25.02.2019)
2. Ананин И. AIREX R82 – как основа сэндвич-структур для высокотехнологичных задач. Композитный мир, 2016 1(64), 24–26.
3. Карпов Я. С., Лепихин П.П., Остапчук В. В., Сазоненко Н. Д., - Учебное пособие по лабораторному практикуму, 2004. с. 127
4. Первушин Ю. С. Методические указания по выполнению РГР по дисциплине «Основы механики, проектирования и технологии изготовления изделий из композиционных материалов», 2007. с. 17
5. Семишов Н. И. Технические жидкости и полимеры, 2012. с. 30.

**ПАРОПРОНИЦАЕМЫЕ СВОЙСТВА
ДУБЛИРОВАННЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

VAPOR PERMEABLE PROPERTIES OF DUBBED TEXTILE MATERIAL

Ширманова В.В., Полушин Е. Г., Козлова О. В.

Ивановский государственный химико-технологический университет,
153000, Россия, г. Иваново, пр. Шереметевский, д. 7

Shirmanova V.V., Polushin E.G., Kozlova O.V.

Ivanovo State University of Chemistry and Technology,
7, Sheremetievskiy Avenue, Ivanovo, 153000

E-mail: ovk-56@mail.ru

Оценено влияние композиционного состава мембранного полимерного слоя на паропроницаемые свойства дублированных материалов. Показано, что введение минеральных наполнителей в полимерную матрицу изменяет ее паропроницаемые свойства. Наиболее эффективными добавками являются каолин и оксид графена.

Ключевые слова: дублированные текстильные материалы; мембранные технологии; минеральные наполнители; каолин; оксид графена; паропроницаемость.

The influence of the composition of the membrane polymer layer on the vapor-permeable properties of duplicated materials is estimated. It is shown that the introduction of mineral fillers into the polymer matrix changes its vapor-permeable properties. The most effective additives are kaolin and graphene oxide.

Keywords: duplicated textile materials; membrane technologies; mineral fillers; kaolin; graphene oxide; vapor permeability indicator.

В настоящее время, развитие текстильной промышленности во многом опирается на улучшение качества выпускаемой продукции с целью повышения ее конкурентной способности, снижения материальных и энергетических затрат на производство и, как следствие, снижения себестоимости выпускаемой продукции. Решение этих задач невозможно без совершенствования традиционных технологических процессов, разработки и внедрения новых технологий отделки тканей.

Все более востребованы технологии, которые отличаются экологичностью, легкостью в воспроизведении тех или иных режимов обработки текстильных материалов и изделий.

Одним из инновационных и перспективных направлений является создание многофункционального текстиля, ориентированного на эксплуатацию в жестких и экстремальных условиях. Особенностью такого материала, является наличие ряда свойств: теплоизоляция, выведение влаги в виде пара, небольшая масса, защита от ветра и дождя.

Следует отметить, что простейшие способы получения многофункционального текстиля (смешение волокон, модификация нитей, модификация строения и поверхности текстильных полотен) не могут дать желаемых результатов. Создание такого текстильного материала, который удовлетворит всем этим, казалось бы, противоречащим друг другу требованиям, лежит в переходе к сложным многослойным композиционным

текстильным структурам. Такие структуры содержат в необходимом, заданном порядке различные функциональные слои.

Учитывая многообразие современных волокнистых материалов, можно отметить, что соединение их в одну структуру дает возможность изменять, варьировать технические свойства композитов в широких пределах. Научный и производственный интерес в этой области объясняется потенциальными возможностями создания текстильных композитов с дополнительными качествами, в которых сочетаются самые разнообразные свойства и функции, а также комплекс требований (защитного, гигиенического, эксплуатационного и эстетического характера), которым будет отвечать текстильный материал.

В зависимости от способов получения дублированных тканей, результаты обеспечивают либо полное соединение поверхности между тканями, либо приобретают «дышащий» эффект мембранных тканей. Мембрана представляет собой многослойную ткань, включающую такую пленку, которая не пропускает воду снаружи, но позволяет испаряться влаге, образующейся внутри. Поэтому главной задачей при создании мембраны, является получение композита, который будет иметь достаточную паропроницаемость для отвода паров воды от тела человека и создания комфортного пребывания в такой одежде длительное время.

Определённой паропроницаемостью обладают все используемые сегодня ткани и утеплители. Однако в численном выражении ее показатели представлены только для описания свойств мембран, применяющихся в производстве одежды, и для очень малого количества не водонепроницаемых текстильных материалов.

Чаще всего паропроницаемость измеряют в $\text{г/м}^2/24$ часа, т.е. количество водяного пара, которое пройдет через квадратный метр материала за сутки и обозначается аббревиатурой MVTR («moisture vapor transmission rate» или «скорость прохождения водяного пара») [1].

Известно [2], что свойства наполненного полимерного материала зависят не только от свойств полимерной матрицы, но и от используемого наполнителя, характера распределения последнего и его размеров, а также природы взаимодействия на границе раздела полимер-наполнитель. При использовании твердых наполнителей (графита и других) в результате введения их в полимерный субстрат, уменьшается подвижность макромолекул в гранулированном слое, что существенно отражается на свойствах материала.

С целью улучшения физико-механических и других свойств крупнотоннажных полимеров и сополимеров, широко используются методы, основанные на включении в их состав различных добавок из числа наноразмерных частиц графита, металлов, их оксидов, сульфидов, глины и др. [3–7].

В связи со сказанным, представляет интерес оценить влияние вводимых в полимерный субстрат минеральных наполнителей, которые являются известными сорбентами, на показатель паропроницаемости.

Цель работы заключается в изучении влияния состава полимерного слоя, наносимого на текстильный материал, на его «дышащие» свойства, а именно, изучение влияния вводимых в полимерный субстрат минеральных наполнителей на показатель паропроницаемости.

Полученные в работе показатели паропроницаемости дублированных материалов с введением в полимерную матрицу минеральных добавок представлены в таблице 1.

Из полученных данных, следует отметить, что наибольшей паропроницаемостью обладают материалы, содержащие в качестве наполнителя каолин. Значение этого показателя в сравнении с другими сопоставляемыми наполнителями в таблице, повышается в 2–4 раза.

Таблица 1. Паропроницаемость полимеров с добавками минеральных наполнителей

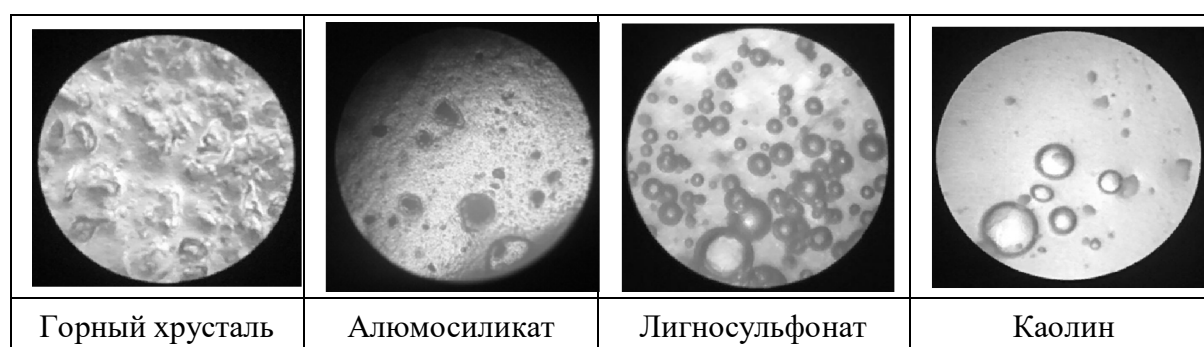
№ образца	Наименование наполнителя	Показатель паропроницаемости, MVTR (г/м ²)
1	Хлористый кальций	587
2	САС	260
3	ЛСФ	571
4	Горный хрусталь	607
5	Каолин	1165

Для выяснения причин такого различия в поведении минеральных добавок в полимерном субстрате, использовали микроскопический анализ для визуального сравнения объектов исследования, с помощью микроскопа МБИ-3. В таблице 2 представлены фото с пленок полимеров, в которые были введены различные наполнители минеральной природы.

Очевидно, что за счет более крупных включений воздушных образований, сформированных в полимере в присутствии каолина, величина паропроницаемости системы наивысшая.

В таблице 3 приведены данные по показателям паропроницаемости для материалов, где в полимер введен оксид графена. Причем на его примере показано влияние концентраций наполнителя на показатель паропроницаемости волокнисто-полимерного композита.

Как можно заметить, используя различное количество вводимого сорбента в полимерную матрицу, можно изменять в сторону увеличения показатель паропроницаемости, что позволяет прогнозировать заранее требуемые свойства материалов. Увеличение минерального компонента с 10 до 30 % приводит к повышению показателя MVTR со 191 г/м² до 1125 г/м².

Таблица 2. Фото полимеров с наполнителями минеральной природы**Таблица 3.** Показатель паропроницаемости волокнисто-полимерного композита

№ образца	Количество оксида графена (2 г/л) в полимере, % от массы полимера	MVTR (г/м ²)
1	-	191
2	10	341
3	30	1125

Сделаны микрофотографии с пленок полимеров, используемых для дублирования тканей. На рисунке 4 изображены снимки, где отчетливо видна пористая структура, как чистого полимера, так и с введением минерального наполнителя.



Рис. 4. Фото полимера и с добавлением минерального наполнителя в разном процентном соотношении

В заключении, можно сказать, что использование оксида графена в качестве добавок к полимерной матрице позволяет значительно повысить паропроницаемость полимера. Однако пока еще нельзя сказать, что эта структура отвечает требованиям «дышащих» мембранных тканей. Поэтому исходя из полученных данных, следует вывод о целесообразности продолжения работы в области расширения как поиска наполнителей, так и оптимизация концентрационных параметров их введения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мембранная одежда: <https://sport-marafon.ru/article/odezhda/paropronitsaemost-i-vozdukhopronitsa-emost-v-chyem-raznitsa/>
1. Энциклопедия полимеров / под ред. В.А. Каргина. - М.: Изд-во «Советская энциклопедия», 1972. Т. 1. 1223 с.
2. Ковалева, Н. Ю. Синтез нанокомпозитов на основе полиэтилена и слоистых силикатов методом интеркаляционной полимеризации / Н.Ю.Ковалева, П.Н.Бревнов //Высокомолекулярные соединения. – 2004. – Серия Б. – Т. 46. – № 5. – С. 1045–1051.
3. Шайдурова, Г.И., Малышева А.В. Аналитические исследования по реализации наноструктур в полимерных композициях / Г. И.Шайдурова, А. В. Малышева // Master's journals. – 2016. – № 2. – С. 87–92.
4. Nanocomposites with the improved tribotechnical characteristics on the basis of polyolefins. /G.Sh. Gasimova, N.T. Gahramanov, S.S. Pesetskiy, M.M. Ibrahimova, S.Kh. Gasimzade. // The Usa Journal of Applied Sciences. – 2017. – № 4. – P. 6–9.
5. Якемсева, М. В., Усолицева Н. В. /Материалы 2 Международной научно-технической конференции «Полимерные композиты и трибология» (ПОЛИКОМ-ТРИБ-2013). ГОМЕЛЬ. – 2013. – С. 284–285.
6. Ней, З.Л. Изучение свойств высоконаполненных полиолефиновых композиций. /З. Л. Ней, Д. А. Илатовский, В. С. Борисова, В. С. Осипчик, Т. П. Кравченко //Успехи в химии и химической технологии. – 2015. – Т. XXIX. – № 10 – С. 41–43.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА БИКОМПОНЕНТНОЙ ПРЯЖИ ИЗ ЭКСТРАГИРОВАННОЙ ВОЛОКНИСТОЙ МАССЫ

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR PRODUCTION OF BICOMPONENT YARN FROM EXTRACTED FIBER MASS

Яминова З.А.

Технологический университет Таджикистана,
734061, Таджикистан, г. Душанбе, ул. Н. Карабаева 63/3

Yaminova Z.A.

Technological University of Tajikistan,
734061, Tajikistan, Dushanbe, st. N. Karabaeva 63/3

Разработанный способ изготовления смешанной пряжи на основе отходов шелка и хлопкового волокна позволили в определенной мере решить экологические проблемы, связанные с утилизацией неиспользуемых отходов шелка. При исследовании установлены оптимальное соотношение волокон хлопка низких сортов и волокон шелка, полученных после извлечения серицина, в составе бикомпонентной хлопко-шелковой пряжи, обеспечивающее требуемые прядомые свойства по кольцепрядильной системе и разработан новый способ получения бикомпонентной пряжи из хлопка и волокнистой массы, полученной после извлечения серицина, проведено технико-экономическое обоснование целесообразности получения смесовой пряжи.

Ключевые слова: пряжа, комбинированная, экстракт, серицин, шёлк, хлопок, технология.

The developed method of manufacturing mixed yarn based on silk and cotton fiber waste allowed to a certain extent to solve environmental problems associated with the disposal of unused silk waste. The study established the optimal ratio of low-grade cotton fibers and silk fibers obtained after sericin extraction, as part of a bicomponent cotton-silk yarn, providing the required spinning properties through a ring spinning system, and a new method was developed to produce bicomponent cotton yarn and sericin, a feasibility study on the feasibility of obtaining a blended yarn.

Keywords: yarn, combined, extract, sericin, silk, cotton, technology.

Пряжа - бесконечно длинное тело (нить), состоящее из соединений между собой силами сцепления и крутки текстильных волокон. Совокупность технологических процессов, применяемых для переработки этих волокон в пряжу определенной толщины и прочности - прядение. Совокупность машин и процессов, посредством которых волокна перерабатывают в определенный вид пряжи, называют системой прядения [1–2].

Прочность пряжи зависит от сил сцепления и сил трения между волокнами, составляющими пряжу. Необходимая величина сил трения между волокнами пряжи в хлопкопрядении достигается в результате кручения [4–7].

В связи с переходом предприятий шелковой отрасли на рыночные отношения, увеличение объема производства и переработки изделий из натурального шелка, будет более эффективным за счет рационального использования коконного сырья и разработки безотходных технологий переработки коконов.

Количество отходов шелководства зависит от условий выкормки шелкопряда, а также от организации заготовок и первичной обработки коконов, а кокономотании

от качества работы технологического оборудования и профессиональных качеств обслуживающего их персонала.

Наилучшим вариантом смеси является соотношение: 25:75 (шелковые отходы : хлопковых волокон). При этом прочностные характеристики новой пряжи увеличиваются на 75 % относительно хлопчатобумажной пряжи соответствующей толщины. В то же время себестоимость новой пряжи увеличится на 20 %. Обрывность по всем переходам ткацкого производства снижается 65–75 %, следовательно производительность оборудования повышается на 30–40 %, а качество тканей за счет снижения обрывности нитей на 15–20 %.

Проведенные исследования возможности переработки шелковых отходов кокономотального производства показали, что при разработке эффективных способов очистки шелковых отходов, имеется возможность использования их в качестве сырья для получения пряжи. Для повышения эффективности производства пряжи из шелковых отходов и хлопкового волокна, нами была апробирована переработка полученного волокно с волокном, полученным из общих отходов шелкомотания.

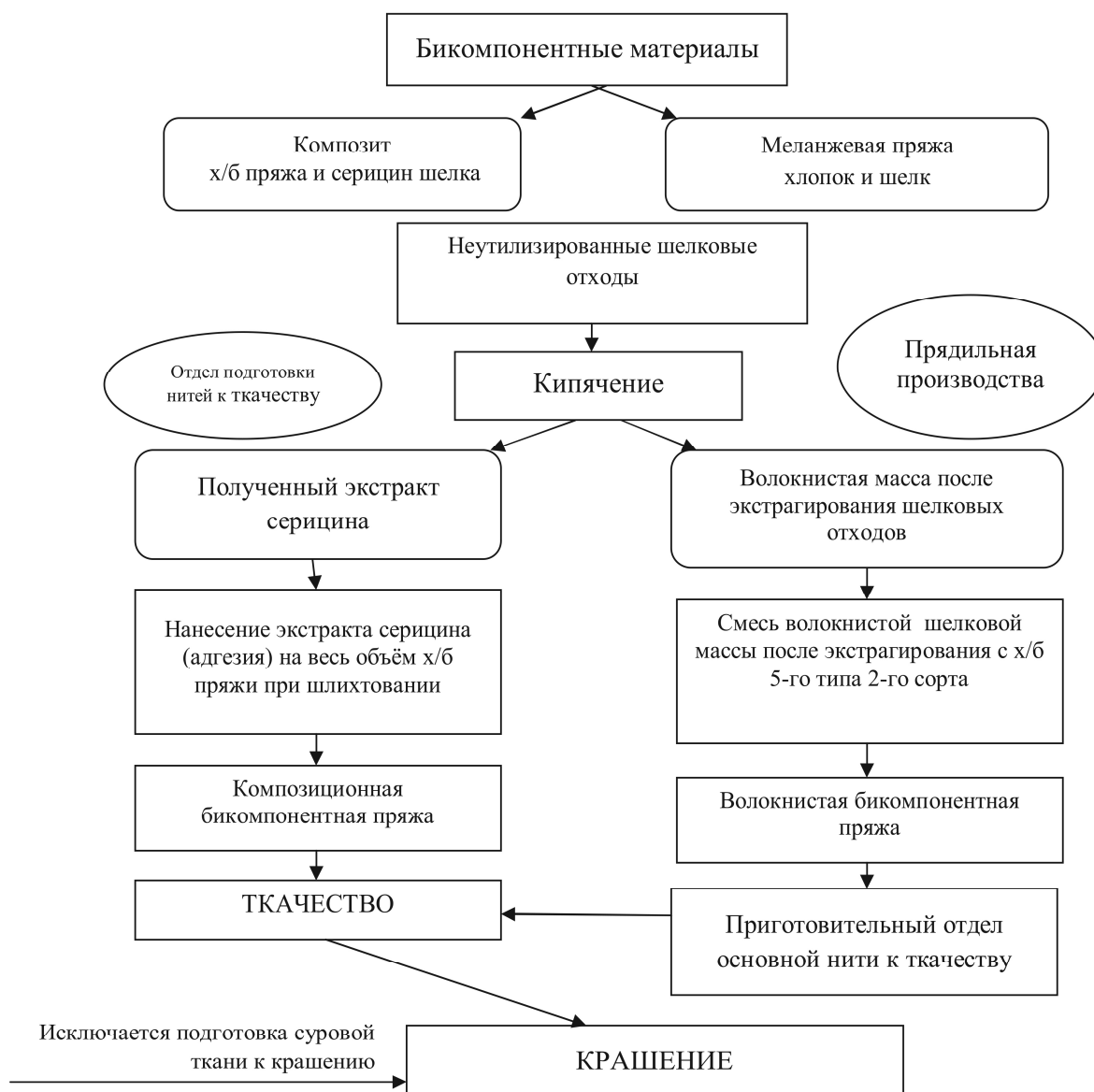


Рис. 1. Разработанная безотходная технология получения бикомпонентных пряж

Таблица 1. Краткая характеристика ассортимента и сырья

Показатели	Ед. изм.	Соотношение 25/75 (хб/ш.о.)
Линейная плотность пряжи	Текс	18,5×1
Номер пряжи	№	54/1
Назначение пряжи		Ткацкая
Суровая или крашенная		Суровая
Система прядения		Пневмомеханическая
Используемое сырьё		Средневолокнистый
Паковка		Бобина
Селекционный сорт хлопчатника		108Ф
Длина волокон из смешанной массы: х/б пряжа		28–30
шелковые отходы	мм	28–30
Тип хлопковолокна		V
Базовый сорт в составе смеси		V–II

Свойства хлопка низких сортов. Хлопковое волокно, поступающее в прядильное производство, по степени зрелости и разрывной нагрузке делится на семь сортов: отборный, I, II, III, IV, V и VI. Чем меньше зрелость, разрывная нагрузка и линейная плотность волокна, тем ниже его сорт. При этом изменяются не только средние показатели отдельных свойств волокна, но и неравномерность показателей по этим свойствам: более зрелые волокна имеют меньшую не ровноту по разрывной нагрузке, линейной плотности и длине. С изменением зрелости волокна изменяются и такие его свойства, как извитость, упругость, гигроскопичность, способность к подкрашиванию и др., а также химический состав. Изменение зрелости волокна сопровождается изменением вязкости целлюлозы: с уменьшением зрелости степень полимеризации целлюлозы снижается, в волокне увеличивается содержание жиров, восков и минеральных веществ, что приводит к более быстрому разрушению структуры незрелого волокна в процессе технологических воздействий и эксплуатации [8–12].

Хлопковое волокно более низких сортов, как правило, содержит больше пороков и примесей, чем хлопковое волокно высоких сортов. Согласно ГОСТ 3279.76 разрывная нагрузка хлопкового волокна в зависимости от его промышленного сорта изменяется в следующих пределах (сН):

I сорт 4,4.4,8	IV сорт 3.3.3
II » 3,9.4,3	V » 2,5.2,9
III » 3,4.3,8	VI » менее 2,5

В качестве примера в табл. 2 приведены физико-механических свойств хлопкового волокна 5-го типов в зависимости от его промышленного сорта.

Изучение свойств хлопкового волокна, отобранного из различных партий, показало, что разрывная нагрузка хлопкового волокна V промышленного сорта изменяется в пределах 2,5–2,9 сН, причем около 80 % исследуемых партий имеет волокно с разрывной нагрузкой 2,6–2,8 сН (средневзвешенное значение 2,7 сН); влажность волокна – от 4 до 9 %; массовая доля пороков и сорных примесей в волокне - от 3 до 19 % (средневзвешенное значение 8,5 %, расчетное согласно ГОСТ 3279-76 – 8,6 %); наиболее часто (47 %) встречается волокно с массовой долей пороков и сорных примесей 6–9 %. Штапельная длина хлопкового волокна V сорта 5-го типа составляет 27,3–32,6 мм, линейная плотность волокна 6-го типа 146–118 мтекс, 5-го типа 132–109 мтекс. [13–15].

Таблица 2. Качественные показатели хлопкового волокна пятого типа 2 сорта

Селекционный сорт	Промышленный сорт	Штапельная длина, мм	Линейная плотность, текс	Разрывная нагрузка, сН	Относительная разрывная нагрузка сН/текс	Массовая доля пороков и сорных примесей, %	Влажность, %
108-Ф 5-й тип	II	31–32	18	4,0	25,7	3	5

Свойства шелка. Шёлк отличается большой гигроскопичностью, лёгкой окрашиваемостью, приятным умеренным блеском. Внешний вид нитей: белые, слегка кремовые, гладкие, длинные (около 1000м), тонкие, мягкие. Толщина элементарной нити – 10–12 мкм, комплексной – 32мкм. Шелк и шелковые отходы обладает хорошими механическими свойствами: разрывное напряжение – порядка 40 кгс/мм² (1 кгс/мм² = 107 н/м²); разрывное удлинение 14–18 %. Во влажном состоянии разрывное напряжение падает на 10 %, разрывное удлинение растет на 10 %.

Шелк и шелковые отходы малоустойчивы к действию щелочей (в 5 %-ном растворе NaOH быстро разрушается); более устойчивы к действию минеральных кислот. В обычных органических растворителях не растворяются.

К действию света устойчивость шелка невелика. Действие прямых солнечных лучей разрушает шелк быстрее, чем прочие натуральные волокна. При облучении в течение 200ч прочность волокна снижается на 50 % [16–18].

ВЫВОДЫ

Из шёлковых не утилизированных отходов, фракция серицина, отделенная на первой стадии процесса переработки, является основой для высококачественной шликты. Вторая фракция, содержащая волокна фиброина служит эффективным компонентом натуральной бикомпонентной пряжи.

Результаты данной работы открывают широкие перспективы для дальнейшего совершенствования технологии переработки отходов натурального шелка, а также для снижения трудоемкости и материальных затрат процесса получения бикомпонентных пряж.

ЛИТЕРАТУРА

1. Яминова З.А. Исследование физико-механических свойств хлопкошелковой пряжи/З.А. Яминова, А.Б. Ишматов // Научный журнал. ТЕХНОЛОГИИ И КАЧЕСТВО. №2 (38) (до 2016 года "Вестник КГТУ"). С.–16–18. ISSN-2587-6147. Кострома. 2017.
2. Гурусова, А.А. Строение, состав и свойства целлюлозных волокон./А.А. Гурусова, А.Г. Ивлев, Е.В. Шаповалюк. // Кострома, КГТУ, 2005. – 34 с.
3. Кирюхин, С.М. Текстильное материаловедение. / С.М. Кирюхин, Ю.С. Шустов. // Уч. пос. для студентов вузов – М.: КолосС, 2011. – 360 с.
4. Зыков, И.С. Технология получения крученой пряжи сокращенным способом прядения/ дис. ... кан. тех. Наук/ 05.19.02/ Зыков, И.С.. М. – 2010 г.
5. Яминова З.А. Применение шелковых отходов в ткачестве / З.А. Яминова, А.Б. Ишматов//Монография. – Душанбе: «ПРОМЭКСПО», 2018. – 167 с. ББК 37,234+3069+46,92+37,230,4; Я-54; УДК 677.023.153; ISBN 978-99975-998-7-2.

6. Панкова, Е.А. Механическая технология текстильных материалов /Фед.Агентстворл образ. Казан. Гос. Технол. Ун-т. 2000 г. 110 с.
7. Коган, А.Г. Получение пряжи из восстановленного сырья. / А.Г. Коган, В.Г. Буткевич// Ж. Текстильная промышленность. 2000, № 3.
8. Широков, В.П. Справочник по хлопкопрядению. 5-е изд. перераб. и доп. М.: Легкая и пищевая промышленность. 1985. 472 с.
9. Труевцев, Н.И. Прядение (сравнительный курс) учебник для техникумов М.: ГНТИЛП 1952. 277 с.
10. Финхельштейн, И.И. Новая техника и технология хлопчатобумажного производства. (Прядение, ткачество, отделка). – М.: Легкая индустрия. 1966. 304 с.
11. Смелова, Н.А. Общая технология хлопчатобумажного производства./ Н.А. Смелова, М.З. Казарян // М.: 1995.
12. Особенности конструкции шляпочных чесальных машин разных моделей. Сылка: *atlanticrus.ru* ООО «Атлантик» 2014.
13. Яминова З.А. Совершенствование шелковой отрасли в Республике Таджикистан /З.А. Яминова, А.Б. Ишматов, Г.А. Рахматова // «Вестник ТУТ». 2018. № 1(32). с. 41-48. ISBN978-99947-0-022-6. ББК 22.3+22.1+24 П-14.
14. Z.A. Yaminova Department Efficiency of application of combined yarn during production / Z.A.Yaminova European Applied Sciences is an international? German. №3. – 2018 (May) 500 copies / ISSN 2195-2183
15. Рыклин, Д.Б. Технология и оборудование для производства ленты. Учебное пособие. Витебский гос. Технол. Ун-т. 2010 г.
16. Справочник. Переработка химических волокон и натурального шелка. / Под ред. М.Д. Талызина. ч.3 // – М.: Легкая индустрия. 1970. 448 с.
17. Усенко, В.А. Использование волокнистых отходов натурального шелка в шерстопрядении. /В.А. Усенко, М.Х. Ходжаев, А.З. Абдуллаев. // Обзор информ. УзНИИ-ИНТИ. Ташкент, 1990. 36 с.
18. Яминова З.А. Использование шелковых отходов для шлихтования и получения комбинированной пряжи: автореф. дис. ...канд. тех. наук: 05.19.02 / З.А. Яминова. Иваново РФ, 2017.

СПЕКТРОСКОПИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КРАШЕНИЯ ХЛОПЧАТОБУМАЖНЫХ ТКАНЕЙ АКТИВНЫМИ КРАСИТЕЛЯМИ

SPECTROSCOPIC STUDYING THE DYE OF COTTON TISSUES BY ACTIVE DYES

Яминова З.А., Икромии М.Б., Ишматов А.Б.
Технологический университет Таджикистана,
734061, Таджикистан, г. Душанбе, ул. Н. Карабаева 63/3

Yaminova Z.A., Ikromi M.B., Ishmatov A.B.
Technological University of Tajikistan,
734061, Tajikistan, Dushanbe, st. N. Karabaeva 63/3

На кафедре технологии текстильных материалов Технологического университета Таджикистана в течение ряда лет изучается применения серицина в качестве основного компонента шлихты в производстве хлопчатобумажных тканей. Нашими многолетними исследованиями было показано, что хлопчатобумажные ткани, ошлих-

тованные серицином, не требуют расшлихтовки и шлихта на поверхности ткани не оказывает отрицательного влияния на качество окрасок.

Ключевые слова: шёлк, отход, активные красители, крашение, окрасок, спектр поглощения.

The Department of Textile Technology of the Technological University of Tajikistan has been studying the use of sericin as the main component of dressing in the production of cotton fabrics for a number of years. Our long-term studies have shown that cotton fabrics, sanded with sericin, do not require desizing and dressing on the surface of the fabric does not adversely affect the quality of dyes.

Keywords: silk, waste, reactive dyes, dyeing, dyeing, spectrum of absorption.

В данной статье представлены результаты УФ- и ИК-спектроскопического исследования процесса крашения хлопчатобумажных тканей, ошлихтованных серицином, активными красителями.

Активные красители широко применяются для крашения целлюлозных, шерстяных, шелковых и других волокон и дают прочную качественную окраску, устойчивую к воздействию физико-химических обработок.

В молекулах активных красителей содержатся группировки атомов, образующие в процессе крашения ковалентную связь с реакционными группами волокон. Ковалентная связь самая прочная по сравнению с другими видами химической связи, образующейся между волокном и красителем. Энергия разрыва её составляет 215–300 кДж/моль, что гораздо выше энергии связи водородной связи (20–30 кДж/моль) и энергии межмолекулярного взаимодействия [1]. Именно эта связь обеспечивает устойчивость окраски к физико-химическим обработкам. В результате крашения активный краситель становится частью макромолекулы волокна, поэтому получаемые окраски обладают высокой устойчивостью к мокрым обработкам, трению, химической чистке и прочим внешним воздействиям.

Для окрашивания образцов ткани, ошлихтованной раствором серицина (миткаль, артикул 36), и ткани, ошлихтованной крахмальной шлихтой и затем расшлихтованной по традиционной технологии (миткаль, артикул 36), были выбраны активные красители ярко-красный 5СХ, бирюзовый 23Т, оранжевый 2R.

Крашение образцов проводили по непрерывному плюсовочно-запарному способу.

Проведенные эксперименты показали, что выбранные активные красители окрашивают ткань, ошлихтованную раствором серицина. Для определения влияния серицина на качества и устойчивости окраски, были определены параметры качества крашения – насыщенность окраски, степень фиксации красителя, устойчивость к мокрым и механическим обработкам – устойчивость к стирке, к поту и трению по общепринятым методикам, изложенным в главе 2. Полученные результаты представлены в таблице 1.

Как показывают полученные результаты, все критерии качества окраски для ткани, ошлихтованной раствором серицина, выше аналогичных, полученных для ткани, ошлихтованной крахмальной шлихтой, и затем расшлихтованной (в дальнейшем - контроль) или не отличаются от таковых.

Насыщенность окраски красителем ярко-красным 5СХ для исследуемых образцов и контроля составляет соответственно 65,8 и 56,9 %; для красителя оранжевый 2R – 57,4 % (шлихтованный образец) и 45,7 % (контроль красителем бирюзовый 23Т – 40,2 % (шлихтованный образец) и 34,2 (контроль).

Сравнение степени фиксации красителя показывает, что эти параметры для ткани, ошлихтованной серицином, выше, чем для контроля. Степень фиксации красителя ярко-красного 5СХ составляет 94 % (ошлихтованная ткань) и 81,28 % (контроль), oran-

жевого 2R эти показатели составляют 87,76 и 69,87 % соответственно; бирюзового 23Т - 90,33 % - (ошлихтованная ткань) и 76,85 (контроль).

Таблица 1. Влияние обработки серицином на технические результаты крашения образцов хлопчатобумажной ткани миткаль арт. 36

Наименование ткани и способа обработки	Наименование активного красителя	Насыщенность окраски, С, %	Степень фиксации красителя, %	Устойчивость окрасок к мокрым обработкам	
				стирке № 1	поту
Миткаль арт. 36, ошлихтованный по предлагаемой технологии	ярко-красный 5СХ	65,8	94,0	4/4/4	4/4/4
	бирюзовый 23Т	40,2	90,33	4/4/4	4/4/4
	оранжевый 2R	57,4	87,76	5/4/5	5/4/5
Миткаль арт. 36 расшлихтованный	ярко-красный 5СХ	56,9	81,28	4/4/4	4/4/4
	бирюзовый 23Т	34,2	76,85	4/4/4	4/4/4
	оранжевый 2R	45,7	69,87	4/4/4	4/4/4

Степень фиксации красителя волокном, установленная гравиметрическим методом, подтверждается анализом спектров поглощения растворов красителей, реэтрагированных с окрашенного волокна. На рис. 1 представлены УФ-спектры поглощения красителя ярко-красный 5СХ, переведенного в раствор с окрашенных образцов шлихтованной серицином ткани, и ткани, ошлихтованной крахмальной шликтой, с последующей расшлихтовкой. Спектры сняты для образцов с промывкой и без промывки. Как видно из представленных данных, полоса поглощения при 540 нм, характерная для красителя, имеет большую интенсивность для образца ткани, ошлихтованного серицином, по сравнению со спектром образца ткани, шлихтованной крахмальной шликтой и расшлихтованной, как для образца без промывки, так и для образца с промывкой, что свидетельствует о большей прочности окраски в первом случае.

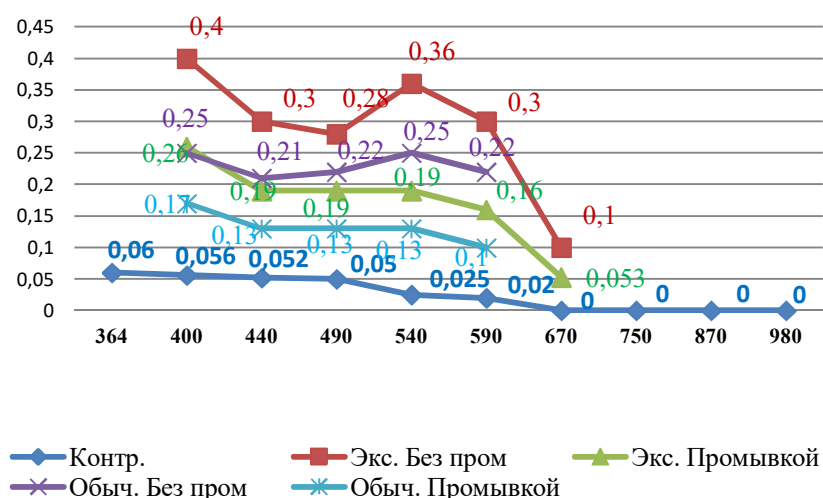


Рис. 1. Спектры поглощения растворов красителя ярко-красный 5СХ после крашения шлихтованной серицином ткани и крашения ткани, шлихтованной крахмальной шликтой, без промывки и с промывкой

Устойчивость к мокрым обработкам исследуемых и контрольных образцов не меняется за исключением, образцов, окрашенных оранжевым 2R – для этого красителя показатели устойчивости к мокрым обработкам исследуемых образцов и контроля составляют соответственно 5/4/5 и 4/4/4. Эти данные получены по известным из литературы способам определения устойчивости окрасок к мокрым обработкам и к трению. Окраска образцов до и после обработки показана на рисунке 2:

Полученные данные органолептического анализа подтверждаются ИК-спектрами образцов ткани до и после обработки. ИК-спектры образцов ткани, окрашенных красителем оранжевым 2R, до и после мокрых обработок показаны на рисунках 3–5.

В ИК-спектре образца неокрашенной ткани, ошлифованной серицином, содержится очень интенсивная широкая полоса при $3200\text{--}3400\text{ см}^{-1}$, которая указывает на окси-группу ОН, сильно связанную водородной связью [2]. В области $2750\text{--}2850$ располагаются полосы валентных колебаний метильной группы СН_3 -, однако эти полосы слабы [3], поэтому интенсивную полосу при 2820 см^{-1} мы отнесли к симметричным валентным колебаниям ионизованной аминогруппы аминокислот серицина, так как согласно [4,5], для аминокислот характерна полоса колебания в области $3000\text{--}2000\text{ см}^{-1}$, которая относится к симметричным валентным колебаниям аминогрупп. В спектрах имеется также полоса колебания при 1500 см^{-1} . Эта полоса, в соответствии с данными Л.Беллами [4] относится к ионизированной карбоксильной группе. Слабая полоса при 1300 см^{-1} в соответствии с литературными данными [4,5] может быть также отнесена к колебаниям, характерными для аминокислот, однако её происхождение неизвестно [5]. Полоса средней интенсивности при 1200 см^{-1} , интенсивная полоса при 920 см^{-1} , слабые полосы при 1000 и 1100 см^{-1} соответствуют колебаниям связи С-О [д, е, з].

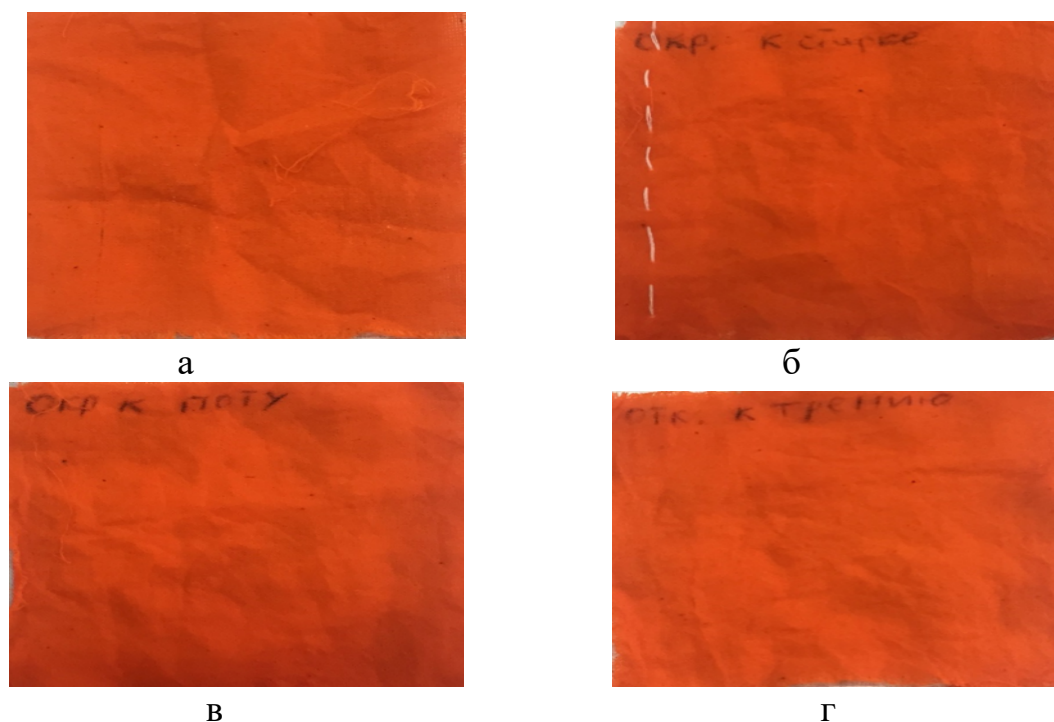


Рис. 2. Окраска образцов до и после физико-химических обработок красителем оранжевым 2R: а – до обработки; б – устойчивость к стирке, в – устойчивость к поту; г – устойчивость к трению

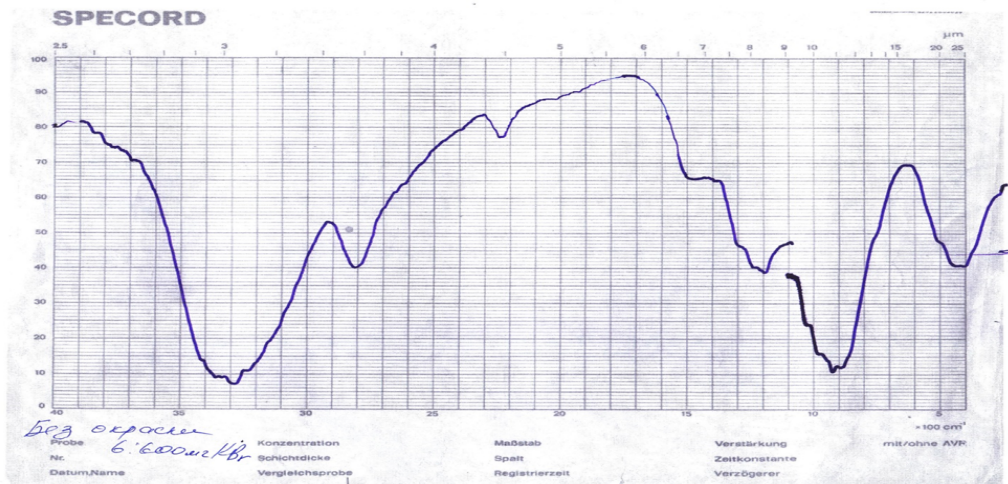


Рис. 3. ИК-спектр образца ткани, ошлихтованной серицином без окраски

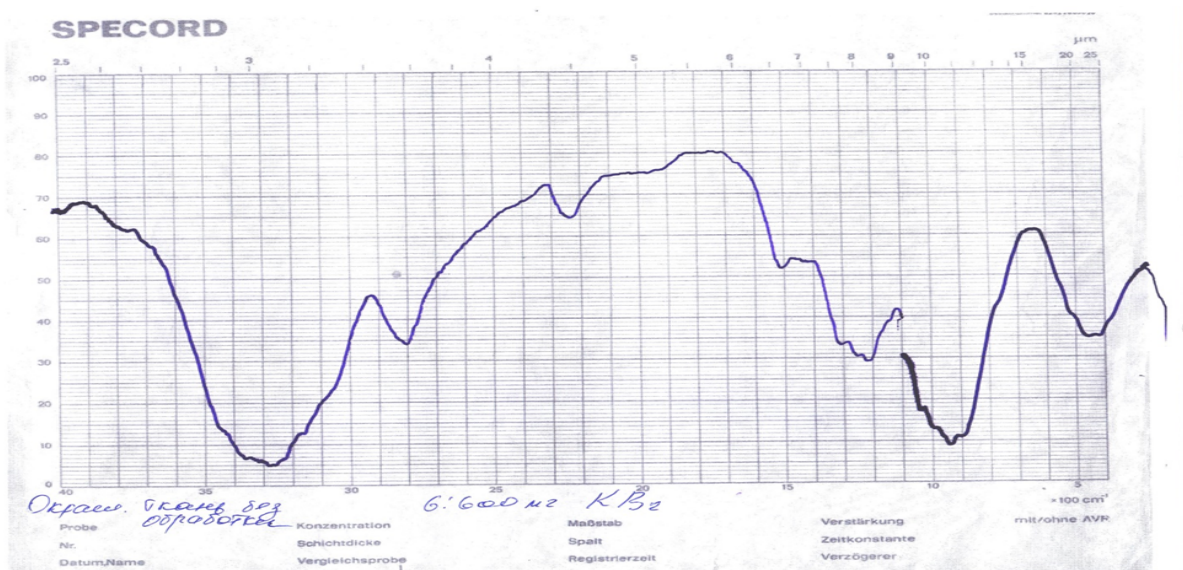


Рис. 4. ИК-спектр образца ткани, окрашенной красителем Оранжевым 2R до обработки

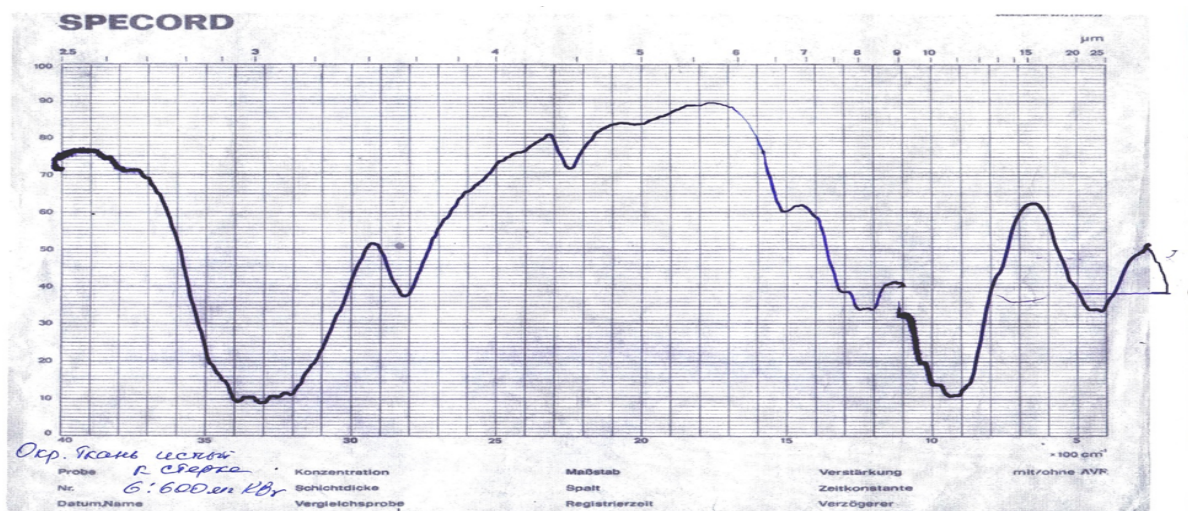


Рис. 5. ИК-спектр образца ткани, окрашенной красителем Оранжевым 2R после обработки для определения устойчивости к стрике

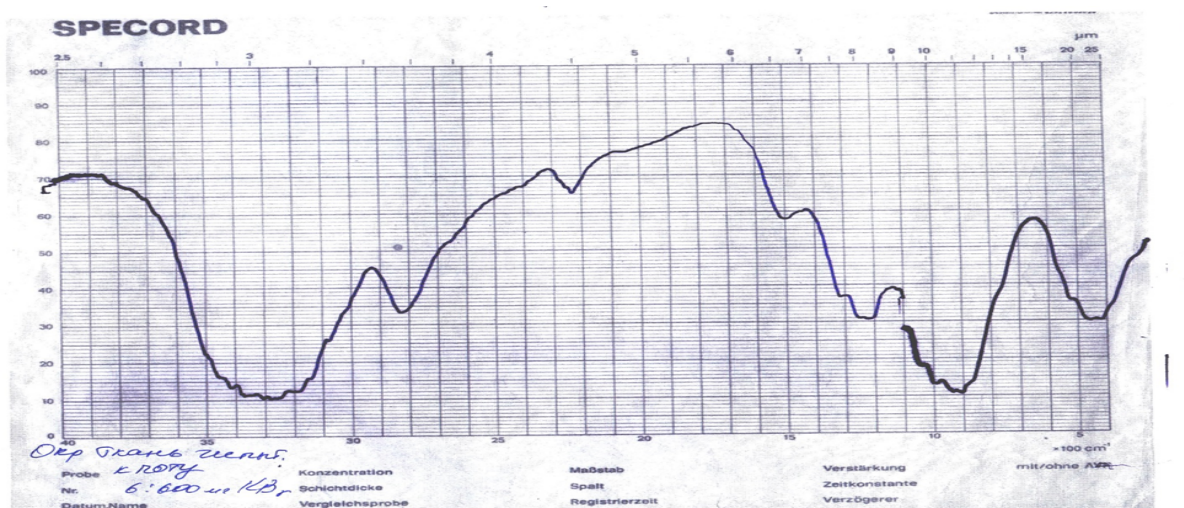


Рис. 6. ИК-спектр образца ткани, окрашенной красителем оранжевым 2R после обработки для определения устойчивости к поту

ИК-спектр образца окрашенной ткани содержит те же полосы поглощения, что неокрашенный образец, но дополнительно в спектре появляются очень слабые полосы при 1410 см^{-1} , а интенсивность полосы при 1500 см^{-1} , 1250 см^{-1} , 920 см^{-1} увеличивается. Очевидно, что эти изменения в спектрах связаны с красителем. В работе [5] указывается, что полосы колебаний связи —C=N— располагаются в области $1500\text{—}1600\text{ см}^{-1}$. Именно такая связь имеется в красителе оранжевом 2R, что позволило нам отнести полюсу при 1550 см^{-1} к красителю.

ИК-спектры образцов окрашенной ткани после мокрых обработок ничем не отличаются от ИК-спектра окрашенного образца, что подтверждает устойчивость окраски.

Таким образом, проведенные нами исследования показывают устойчивость окрасок хлопчатобумажных тканей, ошлихтованных серицином. Применение серицина в качестве шлихтующего материала позволяет повысить качество производимой ткани не только за счет повышения прочности волокна в результате исключения воздействия кислот, щелочей, окислителей, но также за счет повышения прочности окраски к физико-химическим обработкам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Балашова Т.Д. , Журавлева Н.В. , Коновалова М.В. , Куликов а М.А. основы химической технолоии волокнистых материалов: - М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2005. - 363 с.
2. Дж.Бранд, Г.Эллингтон Применение спектроскопии в органической химии, Мир, М., 1967, 279 с.
3. Васильев,Е.В.Гриненко,А.О.Щукин,Т.Г.Федулина. Инфракрасная спектроскопия органических и природных соединений: Учебное пособие. СПб.: СПбГЛТА, 2007, 54 с.
4. Беллами Л. Инфракрасные спектры сложных молекул.Изд-во иностранной литературы, 1963, 590 с.
5. А. Кросс Введение в практическую инфракрасную спектроскопию. М. Изд-во Иностранная литература, 1961, 111 с.

ВЛИЯНИЕ СЕРИЦИНА КАК ШЛИХТЫ НА КРАШЕНИЕ ЦЕЛЛЮЛОЗНОЙ ТКАНИ

INFLUENCE OF SERICINE AS LIES ON DYE OF CELLULOSE TISSUE

Яминова З.А., Икромии М.Б.

Технологический университет Таджикистана,
734061, Таджикистан, г. Душанбе, ул. Н. Карабаева 63/3

Yaminova Z.A., Ikromi M.B.

Technological University of Tajikistan,
734061, Tajikistan, Dushanbe, st. N. Karabaeva 63/3

Как известно, качество окрасок текстильных материалов зависит от многих факторов. Например, таких, как соответствие химической природы волокна и красителя, строения красителя, первичная химическая обработка волокна или ткани. Большое влияние для качества окрасок оказывает расшлихтовка ткани, так как в результате нее возникает риск разрушения волокна вследствие воздействия высоких температур, вспомогательных материалов, многократных промывок. Нами исследованы применение серицина в качестве илихты для хлопчатобумажных тканей, не требующей последующей расшлихтовки и показана обоснованность такого применения серицина [1,2]. Также, нами исследованы влияние серицина на качество окрасок хлопчатобумажных тканей, ошлихтованных им.

Ключевые слова: краситель, окраска, серицин, шёлк, ткань, крашение.

As you know, the quality of dyeing of textile materials depends on many factors. For example, such as compliance with the chemical nature of the fiber and dye, the structure of the dye, the primary chemical treatment of the fiber or fabric. The quality of the colors is greatly affected by the scaling of the fabric, as it results in the risk of fiber destruction due to exposure to high temperatures, auxiliary materials, and multiple washes. We have investigated the use of sericin as a dressing for cotton fabrics, which do not require subsequent desizing, and showed the validity of this use of sericin [1,2]. We also investigated the effect of sericin on the quality of the dyeing of cotton fabrics, polished by him.

Keywords: dye, coloring, sericin, silk, fabric, dyeing.

Для окрашивания опытных образцов ткани, ошлихтованных раствором серицина (миткаль, артикул 36), и контрольных образцов ткани, ошлихтованной крахмальной шлихтой и затем расшлихтованной по традиционной технологии (миткаль, артикул 36), были выбраны активные красители ярко-красный 5СХ, бирюзовый 23Т, оранжевый 2R. Выбор красителей обусловлен тем, что активные красители широко применяются для крашения целлюлозных, шерстяных, шелковых и других волокон и дают прочную качественную окраску, устойчивую к воздействию физико-химических обработок.

Крашение образцов проводили по непрерывному плюсовочно-запарному способу.

Проведенные эксперименты показали, что выбранные активные красители окрашивают ткань, ошлихтованную раствором серицина. Для определения влияния серицина на качества и устойчивости окраски, были определены параметры качества крашения – насыщенность окраски, степень фиксации красителя, устойчивость к мокрым и механическим обработкам – устойчивость к стирке, к поту и трению, определенная по общепринятым методикам [3].

Как показывают полученные результаты, все критерии качества окраски для опытных образцов ткани выше аналогичных, полученных для контрольных образцов или не отличаются от таковых.

Насыщенность окраски красителем ярко-красным 5СХ для исследуемых образцов и контроля составляет соответственно 65,8 и 56,9 %; для красителем оранжевым 2R – 57,4 % (опытный образец) и 45,7 % (контроль) красителем бирюзовым 23Т – 40,2 % (опытный образец) и 34,2 % (контроль).

Сравнение степени фиксации красителя показывает, что эти параметры для ткани, ошлихтованной серицином, выше, чем для контроля. Степень фиксации красителя ярко-красного 5СХ составляет 94 % (опытный образец ткани) и 81,28 % (контроль), для оранжевого 2R эти показатели составляют 87,76 и 69,87 % соответственно; бирюзового 23Т – 90,33 % - (ошлихтованная ткань) и 76,85 % (контроль).

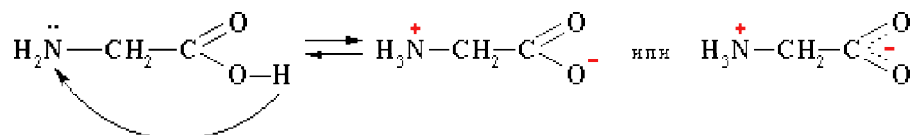
Степень фиксации красителя волокном, установленная гравиметрическим методом, подтверждается анализом спектров поглощения растворов красителей, зарегистрированных с окрашенного волокна.

Устойчивость к мокрым обработкам исследуемых и контрольных образцов не меняется, за исключением образцов, окрашенных оранжевым 2R – для этого красителя показатели устойчивости к мокрым обработкам исследуемых образцов и контроля составляют соответственно 5/4/5 и 4/4/4. Эти данные получены по способу определения устойчивости окрасок к мокрым обработкам и к трению по известным методикам.

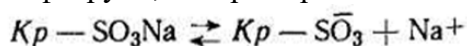
Увеличение значения показателей качества окраски для ткани, ошлихтованной серицином, по сравнению с контрольными образцами объясняются, на наш взгляд, влиянием серицина.

Химический состав и строение молекулы серицина обуславливают образование устойчивых связей между серицином и молекулой волокна и позволяют не смывать шлихту перед крашением. Эти же причины, то есть большое число функциональных групп, имеющих в боковых цепях макромолекулы серицина, способствуют образованию химической связи между серицином шлихты и молекулой красителя при крашении. Серицин, закрепленный на волокне при шлихтовании, может также образовать химические связи с молекулой красителя за счет свободных функциональных групп, не принявших участие в связывании с волокном и, таким образом, молекулы красителя как бы сшивают волокно и шлихту, обеспечивая устойчивость окраски. Функциональные группы серицина делают возможным образование ковалентной, ионной, водородной связи. Возможно также возникновение Ван-дер-Ваальсовых сил межмолекулярного взаимодействия.

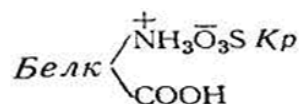
Известно, что остатки аминокислот в белках существуют в виде цвиттер-ионов:



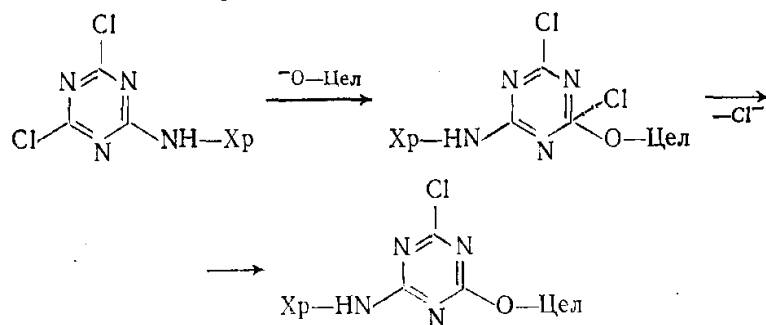
В красильном растворе молекула красителя находится в ионизированном виде в результате диссоциации сульфогрупп, которая происходит по уравнению:



Положительно заряженные центры макромолекулы серицина способны за счет электростатического (ионного) взаимодействия образовывать ионную связь с анионами красителей:

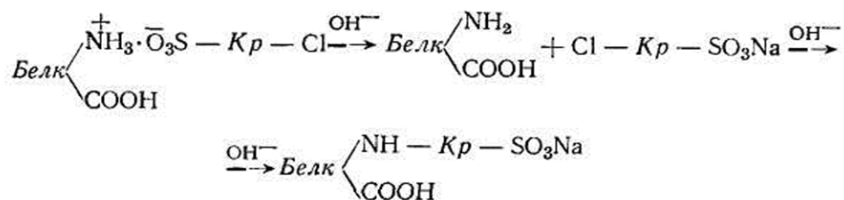


При крашении могут образоваться ковалентные связи за счет взаимодействия серицина с активным центром красителя. К примеру, образование ковалентной связи между целлюлозным волокном и ярко-красным 5СХ может проходить по уравнению:



В красителе, связанном с целлюлозой остается один атом хлора, способный образовывать ковалентную связь с серицином. Образование ковалентной связи за счет атома хлора красителя с волокном, а также со шлихтой происходит при температуре процесса 100 °С и выше) [4]. Так как крашение производится при кипячении, то образование ковалентной связи вполне вероятно.

Ковалентная фиксация активных красителей на белковых волокнах может происходить после поглощения красителя за счет ионного взаимодействия [5]. При диссоциации менее устойчивой ионной связи активного красителя с белковым волокном, аминогруппа нейтрализуется, и создаются условия для возникновения ковалентной фиксации активного красителя на неионизированной аминогруппе волокна:



Также вполне возможно, что при фиксации активных красителей на серицине кроме ионных сил развивается дополнительно межмолекулярное взаимодействие с хромофорной системой красителя.

Таким образом, при крашении активными красителями целлюлозных волокон, ошлихтованных серицином, возникают несколько видов связей: ковалентные, ионные, водородные связи, а также силы Ван-дер-Ваальса как между красителем и целлюлозным волокном, так и между красителем и серицином несмытой шлихты. Сочетание этих связей и делает окраску исследованных образцов столь устойчивой.

Мы считаем, что в случае крашения шлихтованного серицином волокна, в силу того, что активный краситель будет тратиться как на взаимодействие с целлюлозным волокном, так и с серицином шлихты, доля красителя, затраченного на взаимодействие с волокном, будет увеличиваться, а меньшая доля красителя будет гидролизоваться. Следовательно, гидролиз красителя будет проходить с меньшей скоростью. В результате достижение эффективного результата будет достигнуто при меньшем числе промывок. Также не понадобится использование щелочи, поверхностно-активных веществ, высокой температуры, механических воздействий, которые могут стать причиной деструкции самого волокна.

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент ТД № 641 Республика Таджикистан, МПК(2011.1) D06 M 23/00; Шлихта из карбоксиметилцелюлоза и экстракта серицина полученной из шелковых отходов. / Яминова, З.А.; Ишматов А.Б., Горшкова Р.М.; заявители Яминова, З.А.; Ишматов А.Б., Горшкова Р.М.; патентообладатель Технологический университет Таджикистана; заявл. 17.03.2014; опубл. 17.03.2014; Бюл. № 99.
2. Патент ТД № 492 Республика Таджикистан, МПК(2011.1) D06 M23/00; Способ получения шлихты для хлопчатобумажной пряжи / Яминова, З.А.; Ишматов А.Б.; заявители Яминова, З.А.; Ишматов А.Б.; патентообладатель Технологический университет Таджикистана; заявл. 23.05.2011; опубл. 29.12.2011; Бюл. № 68.
3. Назарова, М.В. Лабораторный практикум по технологии подготовки нитей к ткачеству, Часть II. / М.В. Назарова, В.Ю. Романов. //Учебное пособие, РПК «Политехник» Волгоград 2006
4. Гарцева Л.А., Васильев В.В. Химическая технология текстильных материалов: Текст лекций. – Рязань, филиал ИГТА: ИГТА, 2004. – 124 с.
5. Мельникова Б.Н., Виноградова Г.И. Применение красителей. М.: Химия, 1986, 240 с.

УДК 677.024

ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ АППРЕТА НА ИЗМЕНЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЛИЭФИРНЫХ ЛЕНТ

THE EFFECT OF THE CONCENTRATION OF SIZE ON THE CHANGE IN THE GEOMETRIC PROPERTIES OF POLYESTER TAPES

Зиннатова А.Ф., Антонова М.В., Парсанов А.С., Красина И.В.

«Казанский национальный исследовательский технологический университет»,
420015, Российская Федерация, Республика Татарстан, Казань, ул.К.Маркса,68
Кафедра «Технология химических и натуральных волокон и изделий» (ТХНВИ)

Zinnatova A.F., Antonova M.V., Parsanov A.S., Krasina I.V.

"Kazan national research technological university", 420015, 68 K.

Marx street, Kazan, Republic of Tatarstan, Russian Federation

Technology of chemical and natural fibers and products" (THNVI)

e-mail: aisravilova96@mail.ru

В статье приведены результаты исследований по изменению геометрических характеристик текстильных лент различного назначения, в зависимости от концентрации применяемого аппрета.

Ключевые слова: аппретирование, свойства, концентрация, полиэфирная лента

Annotation: the article presents the results of research on changing the geometric characteristics of textile tapes for various purposes, depending on the concentration of the applied appret.

Keywords: dressing, properties, concentration, polyester tape.

Из полиэфирной нити вырабатывают большой ассортимент текстильных материалов, в том числе тканые ленты, применяемые в различных сферах. Однако не все свойства получаемых лент соответствуют требованиям, предъявляемым к готовой продукции. Чтобы придать лентам необходимые потребительские свойства их подвергают аппретированию различными составами. Аппретирование тканей – процесс пропитки или нанесения на ткани различных растворов – аппретов, которые придают тканям более красивый вид и сообщают им, в зависимости от состава пропитки, требуемую упругость, мягкость или жёсткость [1]. Для того, чтобы применяемые составы придавали изделиям нужные свойства, проводят подбор их концентрации.

Таким образом, в работе исследуется влияние аппретов различной концентрации на геометрические свойства полиэфирных лент. В качестве объектов исследования выбраны:

- лента эластичная полиэфирная белого цвета шириной 80 мм, вырабатываемая по ОСТ 17-10-033-2000;
- лента тканая полиэфирная мебельная белого цвета, шириной 60 мм, вырабатываемая по ОСТ 17-10-033-2000 из нити полиэфирной текстурированной пневмосоединенной ТУ ВУ 400031289.190 – 2006, линейная плотность ленты не менее 9,74 г/м.

В качестве аппрета для данного вида лент использовался водный раствор крахмала в концентрациях 13,33 г/дм³ и 26,66 г/дм³.

Для изготовления качественной продукции из эластичной ленты, необходимо снизить её растяжимость, так как только что произведенная, «сырая» лента, не способна передать нужные качества готовой продукции. Исправить данную особенность материала маловероятно до и во время процесса ткачества, поэтому решено использовать аппретирование для уменьшения эластичности данной ленты [2]. В качестве главного компонента аппрета использовался картофельный крахмал, который возможно позволит добиться поставленной цели без увеличения цены продукции [3].

После изготовления аппретирующего состава, в них погружались образцы и выдерживались в течение 15 минут. Далее образцы высушивались и проводились исследования изменения геометрических характеристик лент по сравнению с контрольными (исходными) образцами. Изучалось изменение таких характеристик лент, как масса, толщина, длина, ширина и усадка.

Результаты исследования влияния процесса аппретирования на изменение массы и толщины полиэфирных лент представлены в таблице 1.

Таблица 1. Изменение массы и толщины образцов до и после обработки аппретом

№ №	Материал	Масса до аппретирования, г		Масса после аппретирования, г		Толщина до аппретиро- вания, мкм		Толщина после аппретирования, мкм	
				13,33 г/дм ³	26,66 г/дм ³			13,33 г/дм ³	26,66 г/дм ³
1	Тканая лента	3,39	3,40	3,48	3,62	0,40	0,40	0,56	0,6
2	Эластичная лента	19,87	19,96	19,91	20,32	1,03	1,03	1,05	1,07

Результаты исследования показали, что масса и толщина образцов, подвергшихся аппретированию, увеличивается по сравнению с контрольным образцом незначительно. Это связано с тем, что состав аппрета закрепляется на поверхности лент, что и приводит к увеличению массы и толщины.

Далее исследовали влияние аппретирования на усадку полиэфирной ленты [4]. Усадку определяли по изменению длины и ширины лент. Результаты исследования приведены в таблице 2.

Таблица 2. Влияние аппретирования на изменение длины и ширины, а также на усадку полиэфирных лент

№ п/п	Материал		Ширина до аппретирования, мм	Длина до аппретирования, мм	Ширина после аппретирования, мм	Длина после аппретирования, мм	Усадка по длине, %	Усадка по ширине, %
11	Тканая лента	Контр	59	400	-	-	-	-
22		1	59	400	56	340.5	15.2	5.1
33		2	59	400	56	340.5	15.2	5.1
44	Эластичная лента	Контр	80	400	-	-	-	-
55		1	80	400	77	361	0,0	3.7
66		2	80	400	77	361	0,0	3.7

Исследование выявило, что аппретирование полиэфирных лент составами на основе крахмала придает усадку лентам. Аппретирование дает усадку по длине для всех исследуемых образцов, а также по ширине. Усадка образцов после нанесения аппрета происходит, возможно, за счет склеивания нитей основы и утка между собой, структура переплетения стягивается, уплотняется.

Таким образом, в результате экспериментов было выявлено, что обработка полиэфирных лент (тканых и эластичных) аппретами на основе крахмала приводит к незначительному увеличению толщины и массы выбранных материалов. Аппретирование составами крахмала разных концентраций дает усадку тканых лент по длине в пределах 15 % и ширине, в пределах 5 %, а усадка эластичных лент по длине составляет 10 %, по ширине не более 4%. Увеличение концентрации крахмала в два раза не увеличивает усадку полиэфирных лент.

ЛИТЕРАТУРА

1. Викторов П. П., Петров П. П., Химическая технология волокнистых веществ, ч. 1, М. - Л., 1940;
2. Матецкий А. И. и Корчагин М. В., Химическая технология волокнистых веществ, ч. 2, М. - Л., 1940;
3. Шмелев С. В., Химическая технология волокнистых материалов, М. – Л., 1941;
4. Копьев А. А., Несмываемый аппрет. Современные способы отделки тканей и отделочные материалы, М. - Л., 1947.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МНОГОСЛОЙНОЙ ТКАНИ СОТОВОЙ СТРУКТУРЫ В КАЧЕСТВЕ МЕМБРАНЫ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ

USING MULTILAYER TISSUE OF CELLULAR STRUCTURES AS A MEMBRANE TO CLEAN EXTRACTS

Джалилов Ф.Р., Ишматов А.Б., Прохорова И.А., Мирзорахимов К.К.

Технологический университет Таджикистана,
Таджикистан, 734061, Душанбе, ул. Н. Карабаев, 63/3
Санкт-Петербургский государственный университет
промышленной технологии и дизайна
Россия, 191186, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 18

Jalilov F.R., Ishmatov A.B., Prokhorova I.A., Mirzorakhimov K.K.

Technological University of Tajikistan,
Tajikistan, 734061, Dushanbe, 63/3, N. Karaboev Street
Saint-Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
Russia, 191186, St. Petersburg, ul. Big Sea, 18

Email: firuz_0720@mail.ru

В статье рассматривается строение многослойной ткани сотовой структуры, способа выработки двухслойной ткани сотовой структуры и рисунка разреза двухслойной ткани сотовой структуры.

Ключевые слова: многослойная ткань, соты, полость, ткацкий станок, сотовая структура.

The article provides information about the multi-layer fabric of the honeycomb structure, the method for producing the two-layer fabric of the cellular structure and the cut pattern of the two-layer fabric of the cellular structure.

Keywords: multilayer fabric, honeycomb, cavity, loom, honeycomb structure.

Ткани, состоящие из двух слоев, прочно соединенных между собой, называются двухслойными. Для получения двухслойных тканей используют переплетения, которые дают возможность создавать ткани, состоящие из нескольких слоев. При проектировании многослойных тканых структур основными параметрами являются: число слоев, переплетение и способ соединения слоев [1].

Структуры многослойных тканей отличаются друг от друга как числом слоев в ткани, так и способами их связывания. Кроме того в различных слоях ткани можно использовать основные и уточные нити разных линейных плотностей, из различного рода волокон с различными переплетениями и т.д. Такое многообразие сочетаний даёт возможность получать на ткацком станке многослойные ткани с различными физико-механическими свойствами [2, 3].

С целью получения многослойных тканей на предприятии АООТ «Нассоджи Худжанд» проводились разработки по созданию многослойных тканей с последующим переходом к выработке двухслойных тканей сотовой структуры на бесчелночных ткацких станках СТБ-2-216. Ткань вырабатывалась на бесчелночных ткацких станках СТБ-2-216 из хлопкополиэфирной пряжи линейной плотности 25 текс в основе и 50 текс в

утке, имеющую два слоя с полостями заданных размеров вдоль в поперечном направлении ткани.

Главным элементом в построении многослойных тканей является способ связи, осуществляющий соединение или перевязку слоев в одно целое.

На рис. 1. представлен разрез изображающие ткани сотовой структуры. Разрез выполнен вдоль нитей основы. Здесь показана двухслойная ткань. Ткань состоит из 1-го и 2-го слоя. В слоях формируются полости (соты), число которых может меняться от 1 до ∞ . Соты соединены между собой однослойным участком ткани. При выбранном способе формирования полостей их число не ограничено, а их размер (число уточных нитей, формирующих полость) и число уточных нитей соединительного участка задаются при проектировании в зависимости от назначения ткани любым числом уточных нитей. Теоретически возможны различные комбинации полостей и соединительных участков как по размерам, так и по их расположению в секциях многослойной ткани.

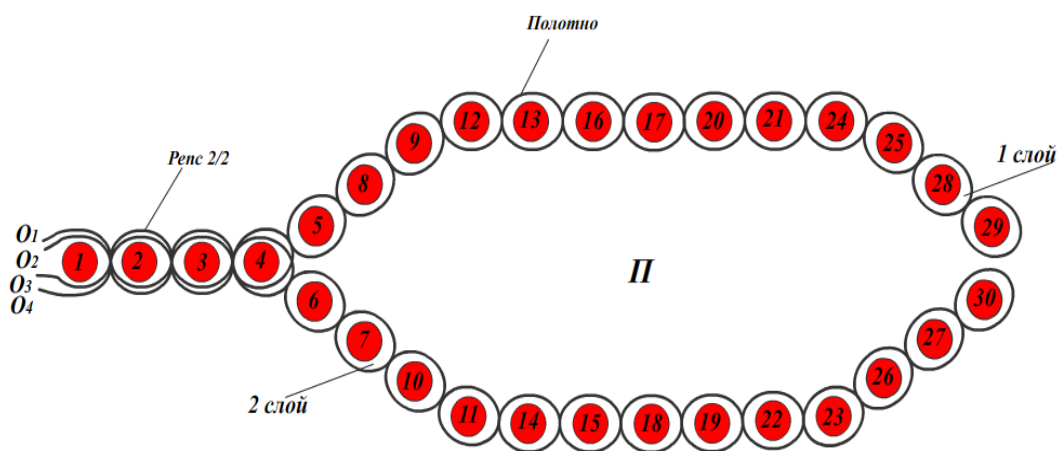


Рис. 1. Разрез двухслойной ткани сотовой структуры по нитей утка

Выводы

1. Двухслойные ткани сотовой структуры — это материалы нового поколения, имеющие широкие возможности, их применение настолько широко, насколько широка человеческая деятельность.

2. Данную ткань можно применять в качестве мембраны для очистки воды и химических экстрактов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Джалилов Ф.Р., Прохорова И.А., Ковалева Н.А. Проектирование многослойных тканей сотовой структуры. // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. — 2018. — №1.
2. Суркова В.М. Разработка структуры и технологии выработки высокообъемных тканей. // Кандидатская диссертация. Ленинград — 1982.
3. Иванюк Е.В. Разработка структур, технологии выработки и метода автоматизированного проектирования слоисто-каркасных тканей и контурных трехмерных текстильных изделий. // Дисс... канд. техн. наук. Санкт-Петербург — 2011.

АНАЛИЗ МАТЕРИАЛОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ НИЗА ЛЕТНЕЙ ОБУВИ
ANALYSIS OF MATERIALS USED FOR THE SUMMER OF SUMMER SHOES

Сибгатуллин И.Д., Нуруллина Г.Н., Пластинина С.В.

Казанский национальный исследовательский технологический университет,
420015, Российская Федерация, Республика Татарстан, г. Казань,
К. Маркса, 68

Sibgatullin I.D., Nurullina G.N., Platinina S.V.

Kazan National Research Technological University,
420015, Russian Federation, Republic of Tatarstan, Kazan,
K. Marx, 68

E-mail: nur.guthel@inbox.ru

В данной статье рассматривается применение инновационных полимерных материалов в обувной промышленности. Анализу подвергаются следующие материалы – полиуретан, термополиуретан, термоэластопласт, поливинилхлорид, этиленвинилацетат, термопластичная резина, этиленвинилацетат. Исследование позволило выбрать оптимальный материал для изготовления низа летней обуви.

Ключевые слова: современная обувь, материал, промышленность, подошва, полимеры, этиленвинилацетат

This article discusses the use of innovative polymeric materials in the shoe industry. The following materials are subjected to analysis: polyurethane, thermopolyurethane, thermoplastic elastomer, polyvinyl chloride, ethylene vinyl acetate, thermoplastic rubber, ethylene vinyl acetate. The study allowed to choose the optimal material for the manufacture of the bottom of summer shoes.

Keywords: modern footwear, material, industry, sole, polymers, ethylene vinyl acetate

В наше время, обувь играет самую непосредственную роль в жизни каждого человека. Кроме того, обувь носит эстетический характер. Зачастую, вид обуви дополняет и подчеркивает внешний вид человека, поэтому, немаловажно иметь возможность выбора не только по визуальным, но и качественным характеристикам.

В производстве современной обуви широко используются традиционные и инновационные материалы, такие как натуральная кожа, различные заменители кожи, замша, сукно, искусственный мех, кирза, каучук [1].

Прогресс науки позволил ввести в производство искусственные высокополимерные материалы нового поколения, которые отлично защищают ноги от различных факторов окружающей среды, при этом обувь, изготовленная из них, отличается высокой износостойкостью.

Важной деталью обуви является подошва. Ввиду широкого ассортимента материалов для обуви, является актуальным их анализ и выбор оптимального продукта. Рассмотрим более подробно современные полимерные материалы для изготовления низа обуви

Полиуретан (ПУ, PU). Материал пористый, причем поры видны невооруженным глазом, шероховатый. Протектор на подошве обычно не имеет четко очерченных граней и линий, как бы немного «размыт» или оплавлен.

Термополиуретан (ТПУ, TPU). Также называют термопластичным полиуретаном. Материал очень плотный, увесистый, гладкий на ощупь (в местах, где не нанесён рисунок). В комбинации с такой подошвой часто используют каблук под дерево, из плотного специального картона с пропиткой против промокания и набухания. Подошва обычно тонкая, а протектор имеет очень четкие грани и рисунки.

Комбинированная подошва. Для того чтобы избавиться от минусов полиуретана (PU) и термополиуретана (TPU), некоторые производители комбинируют эти материалы при изготовлении подошв. Нижний слой, контактирующий с грунтом, из TPU, а верхний, к которому крепится верх обуви, из PU. Подошва имеет явно заметные признаки многослойности: разные текстуры материалов, которые можно отличить визуально и на ощупь.

Термоэластопласт (ТЭП, TRP). Материал имеет пористую структуру внутри и более плотную и почти без пор на поверхности. Поверхность шероховатая на ощупь, местами видны поры и ямки, которые выглядят как лопнувшие пузыри. Рисунок на подошве имеет обычно неровные, как бы неаккуратные края, протектор глубокий.

Поливинилхлорид (ПВХ, PVC). Материал гладкий на ощупь, обычно полупрозрачный, тяжелый, выглядит добротно. Протектор простой, с геометрическими простыми фигурами, края не очень ровные.

Этиленвинилацетат (ЭВА, EVA). Материал имеет мягкую, пористую (пенную) структуру, очень лёгкий, слегка шершавый на ощупь. Протектор может быть абсолютно разным, линии и края ровные, аккуратные.

Термопластичная резина (ТПР, TPR). Материал является резиной, сделанной из синтетического каучука, прочнее натурального, современные технологии могут сделать её практически любой пластичности. Может быть шершавой на ощупь или абсолютно гладкой – всё зависит от пресс-формы, в которой она была отлита. Протектор также может быть любой глубины, линии и края очень ровные и аккуратные.

Подошвы из кожи (leather), тунита (tunit) и дерева (wood). Данные материалы используются в современном производстве всё реже и обладают значительно большим количеством недостатков, чем достоинств. Кожаные и деревянные подошвы очень легко определить визуально, подошва же из тунита выглядит как резиновая, но с вкраплениями из другого материала, который на самом деле является кожаной стружкой, отсюда и второе название – кожволон.

Все эти материалы негибкие, тяжелые, не обладают амортизирующими свойствами, плохо сохраняют тепло, очень скользкие. Можно выделить небольшой плюс натуральной кожаной подошвы – это то, что она «дышит», потому что кожа является природной мембраной, однако, органолептические показатели обуви очень сильно зависят от подкладочного материала и материала верха изделия. Кожа действительно является натуральной мембраной, но только в том случае, если у неё сохранён верхний слой с порами, позволяющими пропускать воздух и не пропускать влагу.

Положительные и отрицательные стороны полимерных материалов для подошвы обуви представлены в таблице 1.

Анализируя вышеперечисленные характеристики материалов для низа обуви, в условиях оптимизации обувного производства, наилучшим материалом для летней обуви будет являться этиленвинилацетат (ЭВА).

Огромными достоинствами подобной обуви являются ее мягкость и легкость с амортизирующими свойствами. ЭВА более чем в 3 раза легче ПВХ материала, а соответственно и резины. Не случайно он служит для изготовления большинства видов пляжной и медицинской обуви, а также присутствует и в составе спортивной, ведь в такой обуви ноги устают меньше.

С точки зрения износа ЭВА довольно стойкий и эластичный, обувь можно сгибать - свой вид и свойства он сохранит даже в местах постоянной деформации.

Таблица 1 – Свойства полимерных материалов

№п/п	Наименование материала	Положительные свойства	Отрицательные свойства
1	Полиуретан (ПУ, PU)	<p>1. низкая плотность, поэтому мало весит и обладает великолепной теплоизоляцией, подошва получается очень легкая и умеренно гибкая, неплохо амортизирует ударные нагрузки и достаточно износостойка.</p> <p>2. низкая себестоимость.</p>	<p>1. низкая плотность материала обеспечивает и основные минусы. Из-за неё изготовить тонкую полиуретановую подошву невозможно – не выдержит нагрузок и разорвётся, данной подошве нужна толщина, которая сразу снижает гибкость.</p> <p>2. при низкой температуре становится значительно менее эластичным, при температурах -20 градусов и ниже трескается, ломается или даже начинает крошиться. Потеря эластичности отражается и на сцеплении со льдом и снегом, обувь начинает скользить.</p> <p>3 В полиуретан нельзя добавлять пластификатор, поэтому избавиться от минусов невозможно.</p>
2	Термополиуретан (ТПУ, TPU)	<p>1. износостойкий материал, его очень сложно деформировать, порезать или проколоть.</p> <p>2. высокая плотность позволяет изготавливать подошвы со сложными рисунками, которые смотрятся очень красиво. Материал не скользкий, обеспечивает хорошее сцепление. Одно из основных достоинств такой обуви – эстетика, выглядит красиво и дорого. Эти свойства делают изделия с термополиуретановым низом отличным выбором для потребителя, которому нужна красивая обувь, возможно в офис или для вечернего дресс-кода.</p>	<p>1. удельный вес и высокая плотность термополиуретана являются одновременно и минусом – подошва получается тяжелой, эластичность очень низкая, теплоизоляция плохая.</p> <p>2. плотность также влияет и на амортизационные свойства – обувь не пружинит, увеличивается нагрузка на суставы и позвоночник, в конце дня чувствуется усталость в ступнях. Не подходит потребителям, проводящим много времени на ногах. Противопоказана при длительных прогулках.</p> <p>3. крепится эта подошва обычно клеевым методом вручную и процент брака, связанный с отклейкой и разрывом по грани следа, по ней высокий.</p>
3	Комбинированная подошва (полиуретан (PU) и термополиуретан (TPU))	<p>1. термоизоляция за счет пористого полиуретана, хорошее сцепление с любыми видами поверхности и устойчивость к истиранию и повреждениям за счет плотного термополиуретана. 2 низкий общий вес подошвы и хорошие амортизационные свойства снимают нагрузку на двигательную систему. Отлично подходит для производства зимней, демисезонной обуви, всесезонной обуви на толстой подошве. Отдельно стоит упомянуть легкие кроссовки с противоскользящими вставками. Если обувь визуально нравится потребителю, он не будет разочарован эксплуатационными характеристиками.</p>	<p>1. подошва состоит фактически из двух частей, на каждую из которых необходима своя технология и оборудование, что делает процесс производства в два раза дороже.</p>
4	Термоэластопласт (ТЭП, TRP)	<p>1. внутренняя пористая структура материала обеспечивает отличную термоизоляцию и амортизацию. Обувь пружинит, носится легко и комфортно. Отлично подходит для длительных прогулок, часто используется в обуви для активного отдыха. Имеет низкую себестоимость</p> <p>2. износостойкость и сопротивление истиранию значительно выше среднего, так что, несмотря на дешевизну, эта продукция служит долго.</p>	<p>1. материал выглядит неряшливо и некрасиво, края неровные, посадить такую подошву можно только на пористую и толстую кожу, либо на искусственную. Это делает невозможным её использование на красивой модельной обуви. Из-за технологических ограничений в выборе материалов верха цветовая гамма изделий небольшая, да и визуально готовая продукция получается не очень эстетичной.</p>

1	2	3	4
5	Поливинилхлорид (ПВХ, PVC)	<p>1. подошвы из ПВХ очень износостойкие, крепкие, не деформируются и не скользят.</p> <p>2. подошвы просты в изготовлении, и в состав легко добавлять различные примеси и пластификаторы, поэтому можно добиться фактически любой эластичности.</p> <p>3. маслостойкий материал делает подошву из него идеальной для спецобуви. Часто применяют в детской обуви.</p>	<p>1. ПВХ очень тяжелый материал и обувь получается соответствующая. Несмотря на неплохие амортизирующие свойства, в этой обуви тяжело ходить много и долго, ноги устают.</p> <p>2. со временем пластификаторы испаряются, и подошва теряет эластичность, начинает трескаться.</p> <p>3. материал очень плохо клеится к верху обуви из натуральной кожи, поэтому его чаще используют на обуви из кожзаменителя.</p>
6	Этиленвинилацетат (ЭВА, EVA)	<p>1. очень низкий удельный вес, подошва получается практически невесомая.</p> <p>2. великолепные амортизирующие свойства, способность поглощать и распределять нагрузки, хорошая эластичность. Используется практически в любых видах обуви, кроме модельной. Особенно хорошо проявляет себя в спортивной и пляжной обуви. Подошва постепенно приобретает форму ступни, что обеспечивает дополнительный комфорт.</p> <p>3. теплозащитные свойства также выше всяких похвал. Понравится потребителю, который больше всего ценит комфортное ношение, много ходит, любит свободную обувь.</p>	<p>1. как и с полиуретаном, пористая структура обеспечивает и отрицательные свойства.</p> <p>2. подошва не морозоустойчивая, очень скользкая.</p>
7	Термопластичная резина (ТПР, TPR)	<p>1. Термопластичная резина обладает достаточно средними свойствами плотности и удельным весом и это является достоинством. Подошвы из неё нескользкие, обладают хорошими амортизационными свойствами и снимают нагрузку на ноги и позвоночник, достаточно легкие в стандартном варианте изготовления, а в новом поколении материала вес снижен в разы.</p> <p>2. неплохо сопротивляется истиранию. С эстетической точки зрения подошва выглядит очень хорошо, может быть любого цвета, любой формы и с любым рисунком. Используется практически во всех видах обуви.</p>	<p>1. высокая себестоимость изготовления подошвы, необходимость использования очень дорогостоящего оборудования и специальных пресс-форм для каждого размера.</p> <p>2. у материала не очень хорошие теплоизоляционные характеристики, поэтому зимнюю обувь на такой подошве можно делать, но только добавив толщину.</p>

Этилвинилацетат не вступает в реакцию с маслами и растворителями. Поверхность этого материала не подвержена истиранию. Появление на ней трещин невозможно. Изделия из этилвинилацетата являются экологически безопасными. Они не выделяют токсичных веществ при нагреве. Специфический запах также отсутствует. Материал гигиеничен, поскольку он стоек к воздействию бактерий и грибов.

ЭВА не вызывает аллергии, поэтому он нашел применение в самых разных областях, в том числе в производстве ортопедической обуви и стоматологии, это позволяет выдвинуть предположение о возможности использования этилвинилацетата в качестве низа летней обуви.

ЛИТЕРАТУРА

1. Азанова А.А. Влияние потока плазмы высокочастотного емкостного разряда пониженного давления на целлюлозосодержащее суровое трикотажное полотно // Азанова А.А., Абдуллин И.Ш., Нуруллина Г.Н. Вестник Казанского технологического университета. - 2010, - № 9. - С. 868-869.

**РЕГУЛИРОВАНИЕ ОКРАСКИ ЛЬНА ПРИРОДНЫМИ КРАСИТЕЛЯМИ
В ПРИСУТСТВИИ ЭНЗИМОВ**

**FLAX COLOURING REGULATION BY NATURAL DYES
IN THE PRESENCE OF ENZYMES**

Третьякова А.Е., Сафонов В.В.

Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина
(Технологии. Дизайн. Искусство)
119071, Россия, г. Москва, ул. Малая Калужская д.1

Tretyakova A.E., Safonov V.V.

Russian state university of A.N. Kosygin
(Technologies. Design. Art)
1, Malaya Kaluzhskaya St., Moscow, Russia, 119071

e-mail: bullhund@rambler.ru

Современная экологическая перспектива развития требует снижение нагрузки на окружающую среду, и как следствие этого – появляется возможность вспомнить старые традиции – применение природных ресурсов в качестве красителей текстильных изделий с использованием нынешних технологий.

Ключевые слова: лен; природные красители; энзимы.

The modern ecological prospect of development demands a reducing the environmental footprint, and as a result of it is there is an opportunity to remember old traditions – application of natural resources as dyes of textile products with use of the current technologies.

Keywords: linen; natural dyes; enzymes.

Природные красители являются экологически чистым сырьем, которое можно постоянно воспроизводить. Любой источник цвета, растительного или животного происхождения, представляет собой доступный краситель для окрашивания материала из натуральных волокон. В своем большинстве эти красители достаточно сложно полностью извлечь из сырьевого источника, а также обеспечить эффективную окрашиваемость текстильного материала [1, 2]. Это, в первую очередь, связано с низким сродством красителя к волокну в силу его определенного строения. Большинство из них имеют объемные размеры (фталоцианиды, каратиноиды, антоцианидины и др.), мешающие успешной диффузии вглубь волокна. Природные красители в своем многообразии представляют собой пигменты, относительно химически инертные.

На сегодняшний день традиционным способом закрепления окраски является применение солей металлов [3], часто неблагоприятных с точки зрения экологии, соли токсичного и канцерогенного хрома. Эти соли металлов часто меняют окраску изначального природного красителя, что не всегда является благоприятным фактором. Одним из эффективных вариантов повысить окрашиваемость является путь частичной деструкции молекулы пигмента, например, с помощью ферментов [4].

Представляет интерес окрашивать ткани красителями, источниками которых являются широко распротсраненные растения: плоды барбариса (*Bérberis*), чили (*Capsicumfrutescens, annuum*) и аронии (черноплодной рябины, *Arónia melanocárpa*), стебли и листья крапивы (*Urtica*).

Основным источником окрашенного пигмента барбариса является берберин, чили – группа каратиноидов, черноплодки – антоциановые пигменты, крапива – хлорофилл.

В качестве окрашиваемого субстрата взят лен. Это уникальное волокно, обладающее рядом ценных свойств (гигроскопичность, биоцидность, фактурность и т.д.) и произрастающее на территории РФ. Трудность закрашивания льняного волокна заключается в наличии достаточно толстой первичной стенки, которая, однако, в процессе переработки (пряжения, ткачества) механически повреждается и образуются микротрещины.

В работе использовались следующие ферментативные препараты: целлюлаза и комплексный энзимный препарат панкреатин, содержащий липазу, амилазу и протеазу.

Чтобы определить эффективную технологию крашения льна природными красителями в условиях обработки ферментами, проведено многоступенчатое исследование. Главным критерием влияния изучаемых факторов является насыщенность или чистота цвета, характеризующая степень визуального отличия хроматического цвета от равного по светлоте ахроматического (серого) цвета. Такой параметр наиболее удобен для оценки окраски природных красителей, которая характеризуется достаточно низкой насыщенностью.

Таблица 1 – Влияние энзимов на колористику льна природными красителями

Энзимы	Фактор	Насыщенность окраски, %			
		Барбарис	Чили	Арония	Крапива
Целлюлаза	Содержание энзима 1-10 г/л	21...24	20...45	45	21...24
Панкреатин		20...24	30...35	30...35	22...25
Целлюлаза	рН=2-4	17...22	30...40	30...40	17...22
Панкреатин		25	15...35	45	35
Целлюлаза	Температура 40-60°C	65	25	45	25
Панкреатин		62	30...45	30...45	5...10

На первом этапе эксперимента изучалось концентрационное влияние ферментов на насыщенность получаемой окраски. Из таблицы 1 видно, что в присутствии целлюлазы можно достичь повышения чистоты окраски с 20 % до 45-32 % в случае чили и аронии. При крашении барбарисом и крапивой чистота окраски колеблется в пределах 21-24 %.

Применение панкреатина позволяет поднять насыщенность окраски до 30-35 % аронией и чили, обеспечивается чистота окраски барбарисом до 20-24 %, а для крапивы до 22-25 % (табл. 1).

Далее, при выбранных оптимальных концентрациях ферментов варьировалась рН среды от 2 до 8. Определено, что оптимальным интервалом может служить рН=2-4, в пределах которого при участии целлюлазы повышается выход цвета черноплодки и чили на 30-40 %. Изменение рН среды практически не оказало сильного влияния на выход цвета барбариса и крапивы (табл. 1).

В случае использования панкреатина варьирование рН красильной ванны позволило увеличить выход цвета чили с 15 до 35 %, у аронии максимальная накрашиваемость – 45 %. Изменение рН среды практически не оказало существенного влияния на выход цвета барбариса (25 %) и крапивы (35 %) (табл. 1).

На основании выбора оптимальной концентрации добавок ферментов и рН варьировалась температура для максимальной активизации действия ферментов. Установленный температурный режим, при котором можно максимально эффективно достичь повышения чистоты окраски в присутствии энзимов варьируется в пределах 40-60 °С. В случае панкреатина при крашении экстрактом ягод барбариса при 40°C достигается

выход цвета 62 %, для чили и аронии – 30-45 %. В процессе крашения экстрактом крапивы изменение температуры в интервале 20-70 °С не оказало видимого влияния на выход цвета (табл. 1).

В случае присутствия в красильной ванне целлюлазы обнаружено повышение чистоты цвета до 65 % при крашении барбарисом, до 45% – аронией, до 25% – чили и крапивой (табл. 1).

В процессе оценки параметров крашиваемости обнаружено, что образцы льна, обработанные ферментами в процессе крашения природными красителями, меняют механико-технологические параметры, в частности, жесткость, которую определяли кон- сольным методом. Для сравнения взяты наиболее характерные примеры крашения экстрактами чили и крапивы.

Таблица 2 – Влияние энзимов на механические параметры льняной ткани, окрашенной природными красителями

Энзимы	Параметр	Природные красители	
		Чили	Крапива
Целлюлаза	Относительная жесткость, %	100...110	5...10
Панкреатин		5...10	60
Целлюлаза	Относительный суммарный угол смятия, %	-17...-45	7...10
Панкреатин		-3...-17	-20...-35

Резко возрастает жесткость на 100-110% в случае крашения экстрактом чили с целлюлазой, при крашении крапивой достигается повышение жесткости на 60 % (табл. 2).

Жесткость текстильных материалов тесно связана с показателями малосминаемости. Обычно, повышение жесткости сопровождается понижением малосминаемости (примером может служить бумага). Если при повышении жесткости происходит увеличение устойчивости к смятию, то можно говорить об эластичности и наполненности грифа (в качестве примера можно привести резину). Пониженная жесткость или ее отсутствие может сопровождаться и отсутствием малосминаемости, что позволяет получить мягкие, неупругие материалы.

После снятия нагрузки с испытуемых образцов определено, что устойчивость к смятию можно повысить на 7% в случае крапива и целлюлазы. Примеры, где достигается повышение жесткости у сочетаний чили-целлюлаза и крапива-мезим сопровождаются снижением устойчивости к смятию на 10-45%, т.е. создается неупругая жесткость (табл. 2).

В целом, сравнение образцов показывает, что получаются либо мягкие, неэластичные материалы, либо излишне жесткие (реже) независимо от варьирования рН красильной среды и ее температуры.

«Узкое место» природных красителей – низкая устойчивость к условиям эксплуатации, в частности, к стирке. Это связано с фактическим отсутствием сродства природного пигмента к волокну, из-за чего, в условиях стирки, краситель может легко десорбироваться в сточные воды. Кроме того, щелочные условия стирки могут изменить первоначальный цвет получаемой окраски, как это происходит в случае антоциановых красителей, у которых ярко – малиновый цвет становится серым.

Обнаружено, что первоначальная окраска практически во всех случаях снижается до 3 баллов. Исключение составили случаи барбарис-целлюлаза, также благоприятно сказалась оптимизация рН=8 для обоих видов ферментов, а также для случая чили-целлюлаза при рН=8. Закрашивание смежных образцов колеблется на уровне 4-5 баллов, что позволяет сопоставимо с действием солей металлов. Также следует отметить,

что снижение рН до 2 позволяет обеспечить сохранность красно-пурпурных оттенков антоциановых красителей аронии, т.е. предотвратить посерение цвета образцов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Sekar N. // Colourage – 1999. – V. 46 (July). – p. 57-60
2. Mukherjee, Arup. A new technique of manufacture, preservation and application of vegetable dyes in bulk for rural cottage industries / Arup Mukherjee, Ashis Mitra // Man-Made Textiles in India. – 2005. – №7(48) – с. 263-266
3. Ковтун, Л.Г. Изучение механизма взаимодействия природных красителей с протравами / Л.Г. Ковтун, Е.Л. Маланкина, Л.В. Артамонцева, Н.И. Люлько // Изв. ВУЗов. Технология текстильной промышленности. – 2006. – №4. – с. 46-49
Рыжова, Н.В. Совершенствование способов экстракции красящих веществ из растительного сырья / Н.В. Рыжова, Л.А. Иванова, Е.Н. Мураенко // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2006. – №5. – с.17-19

УДК 535.37

ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ, СОДЕРЖАЩИХ ЛЮМИНОФОРЫ

RECEIPT AND INVESTIGATION OF PROPERTIES OF POLYMERIC MATERIALS CONTAINING PHOSPHORS

Лысенко А.А., Свердлова Н.И., Виноградова Л.Е., Штягина Л.М.

Санкт-Петербургский государственный университет
промышленных технологий и дизайна

191186, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 18

Lysenko A.A., Sverdlova N.I., Vinogradova L.E., Shtyagina L.M.

Saint-Petersburg State University of technology and design

18, ul. Bolshaya Morskaya, 191186, St. Petersburg, Russia

E-mail: le_vinogradova@mail.ru

Получены и исследованы полимерные материалы, содержащие люминофоры с использованием трех основ: нитролак, акриловый лак и раствор ацетилцеллюлозы в ацетоне. Проведена оценка длительности послесвечения люминофоров, включенных в состав полимерных материалов, которая позволила выявить влияние полимерных растворов для приготовления суспензии люминофоров и методов получения люминесцентных полимерных материалов в виде плёночных покрытий.

Ключевые слова: люминофор; раствор полимера; люминесцентные полимеры.

Received and investigated polymeric materials containing phosphors using three bases: nitrolak, acrylic lacquer and acetate solution in acetone. The duration of the afterglow of luminophors included in polymeric materials was estimated, which allowed to reveal the influence of polymer solutions for preparation of luminophors suspension and methods of producing fluorescent polymer materials in the form of foil coatings.

Keywords: phosphor; polymer solution; fluorescent polymers.

История познания люминесцентных явлений, сопровождающих свечение предметов в темноте, имеет истоки от упоминания в раннем древнекитайском тексте эпохи династии Сун (960 – 1279 н.э.) [1]. Люминесценцию называют холодным светом, так как световое излучение не приводит к повышению температуры предмета выше комнатной. Кроме того, практическая ценность люминесцентных материалов заключается в их способности трансформировать невидимые формы энергии в видимое излучение [2]. Последние исследования люминофоров с длительным послесвечением сконцентрированы на двух направлениях: первое выясняет механизмы, приводящие к длительному послесвечению, второе заключается в поиске люминофоров, имеющих свечение в различных областях спектра, особенно красного цвета свечения из-за потенциальной возможности использования этого явления в медицине. В 1996 году Мацузава сделал сообщение [3] о новом классе люминофоров с длительным интенсивным зеленым и голубым послесвечением после их облучения светом с длиной волны 520 нм и 450 нм соответственно. Эти люминофоры, синтезированные на основе алюмината стронция, открыли новые перспективы использования явления люминесценции, так как их послесвечение охватывает все темное время суток (от 8 до 11 часов).

В период после 1996 года разработан целый ряд новых люминофоров с длительным послесвечением, но только немногие из них могут возбуждаться естественным светом, так как подходящий источник возбуждения важен для определения практического применения каждого люминофора [4].

Люминесценция является свечением атомов, молекул, ионов и других более сложных комплексов, возникающим в результате электронного перехода в этих частицах при их возвращении из возбужденного состояния в нормальное. Во всех люминесцентных явлениях обычно наблюдается одновременное свечение огромного числа молекул, которые излучают свет люминесценции независимо друг от друга, давая некогерентное излучение. При этом люминесцирующие молекулы преобразуют поглощенную энергию в свое собственное излучение. Это отличает люминесценцию от явлений несобственного излучения вещества – рассеяния и отражения света [5].

Многообразие свойств люминофоров обусловлено способностью веществ к люминесценции, которая определяется взаимодействием основы и активатора, а также широкими возможностями влияния на это взаимодействие путем вариации выбора активатора и состава основы. Поэтому химия люминофоров различных классов рассматривает два ряда вопросов:

- 1) свойство основы, ее кристаллическая структура, прочность решетки, силы межатомных связей, возможность образования в ней индивидуальных соединений и твердых растворов при введении новых веществ, химическая и термическая стойкость соответствующих соединений;
- 2) положение активатора в решетке основы, способы введения его в основу и взаимодействие с ней [2].

Общие стадии технологии синтеза люминофоров таковы: сначала смешивают исходные материалы высокой чистоты, активаторы и плавни, помещают смесь в термо- и химически стойкий контейнер и прокалывают. Спеченный продукт размалывают, промывают, просеивают и сортируют, удаляя крупные и мелкие частицы. В некоторых случаях продукт подвергают поверхностной обработке [4].

Широко известно использование люминофоров в виде относительно тонких поликристаллических слоев (1 – 100 мкм), наносимых на внутреннюю поверхность светящихся экранов электровакуумных приборов. Среди неорганических люминофоров большое практическое применение находят люминесцирующие стекла. Их получают при варке стекла, добавляя в шихту активаторы, чаще соли редкоземельных элементов или актиноиды. Стекла обладают хорошей оптической прозрачностью и могут применяться в качестве лазерных материалов, а также визуализаторов изображения [6].

Перспективными формами применения люминофоров являются люминесцентные композиционные пленки, в которых твердые частички люминофора распределены в полимерной матрице. Использование в составе люминесцентных пленок люминофоров неорганического синтеза позволяет получить изделия, время свечения которых составляет более десяти часов, что полностью охватывает ночное время и может позволить экономить электроэнергию. Разнообразие цветов свечения люминофоров привлекает внимание отделочников и дизайнеров для создания интерьеров, украшений, обоев со светящимися в темноте рисунками, светящегося ночью звездного неба и многое другое. Использование люминесцентных пленок в качестве меток, идентифицируемых в темноте, на одежде специального назначения и светознаках является частью мероприятий по технике безопасности и охране труда. Поэтому представляет значительный интерес создание специальных полимерных композиционных растворов для получения покрытий с люминесцентным свечением для упрощения применения и расширения областей их использования.

Одним из перспективных направлений разработки люминесцентных материалов является создание композитных пленок, которые могут найти обширные области применения, например, такие как создание спортивной и специальной одежды, нанесения меток и указателей в местах эвакуации людей или для обозначения ориентиров в любых помещениях в ночное время или в темноте, при разработке художественных и дизайнерских изделий.

Целью настоящих исследований являлось получение композитных пленок на основе таких люминофоров как смесь сложного состава $(\text{SrAl}_2\text{O}_4):\text{Eu,Dy,Y}$ и растворов нитролака, акрилового лака и ацетилцеллюлозы в ацетоне.

Для достижения цели решались следующие задачи:

1. оценка принципиальной возможности получения устойчивых суспензий люминофоров в растворах нитролака, акрилового лака и ацетилцеллюлозы;
2. разработка трех способов получения флюоресцентных пленочных материалов:
 - 2.1 путем заливки в форму,
 - 2.2 послойным нанесением суспензий люминофора на подложку,
 - 2.3 нанесением порошков люминофора на самоклеющуюся ленту-подложку;
3. изучение влияния количества люминофора в композитных пленках и способа получения на время их послесвечения.

Оценка влияния полимерных растворов в качестве основы для получения суспензии люминофоров осуществлялась путем сравнения нитролака, акрилового лака и раствора ацетилцеллюлозы в ацетоне. Эти полимерные растворы имели близкую по величине вязкость и проявили способность удерживать частицы люминофора в состоянии суспензии без образования агломератов и седиментации. Образцы люминесцентных пленок получали из суспензии люминофоров с их содержанием в растворах полимеров 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 30 %.

Изучение продолжительности послесвечения пленок, содержащих люминофоры, позволило выявить влияние содержания люминофора в композитах, толщины полимерного люминесцентного покрытия, регулируемого объемом суспензии и количеством слоев, нанесенных на рабочую поверхность.

Выявлена способность к светимости люминесцентных добавок в составе полимерных пленок, которая зависит от природы полимера, количества люминофора в полимерном растворе и способа нанесения его на рабочую поверхность полимерной пленки, содержащей люминофор. Сравнение свойств выбранного ряда образцов пленок с люминофорами показало, что люминесцентные пленки на основе нитролака обладают достаточными для использования в качестве светящихся меток формоустойчивыми свойствами и самым длительным из изученных образцов временем свечения от 20 до 25 часов в зависимости от концентрации люминофора и толщины пленок.

Гелеобразование при введении люминофора в акриловый лак, хрупкая и неравномерная структура люминесцентных пленок на основе ацетилцеллюлозы препятствуют получению оптически активных формоустойчивых люминесцентных пленок высокого качества.

Однако, у прочных пленок на основе акрилового лака, содержащих от 5 до 15 % люминофора, время послесвечения является практически таким же, как и у пленок на основе нитролака при одинаковом содержании люминофора – от 20 до 22 часов.

В этой серии пленок-композитов наиболее коротким послесвечением обладали пленки на основе ацетилцеллюлозы. Даже при содержании люминофора в пленках 30 % и максимальной толщине образцов продолжительность свечения не превышала 20 часов.

Результаты, аналогичные вышеописанным, наблюдались и для композитов, получаемых методом послойного нанесения суспензий люминофоров. Максимальное время послесвечения для пленок на основе нитролака, акрилового лака и лака из ацетилцеллюлозы составляло 25; 21,5 и 20,5 часов соответственно. Следует обратить внимание на то, что при послойном нанесении суспензий на подложку удастся получить относительно хорошие по качеству люминесцентные материалы даже из растворов с содержанием в суспензии 5 % люминофора.

Образцы полимерных покрытий, полученные нанесением порошков люминофоров на двухстороннюю самоклеющуюся ленту, обладают наименьшим временем послесвечения, не превышающим полчаса.

Значительная разница продолжительности свечения пленочных покрытий, полученных из суспензии полимерных основ и люминофоров и люминофоров, нанесенных на клеящую поверхность самоклеющейся ленты, можно объяснить тем, что при засвечивании порошков люминофоров заряжается только верхний слой. В полимерных пленках, наполненных люминофорами, свет рассеивается и распределяется по всему объему, что позволяет активировать полностью все кристаллы люминофора и их «теневые» части (рис. 1).

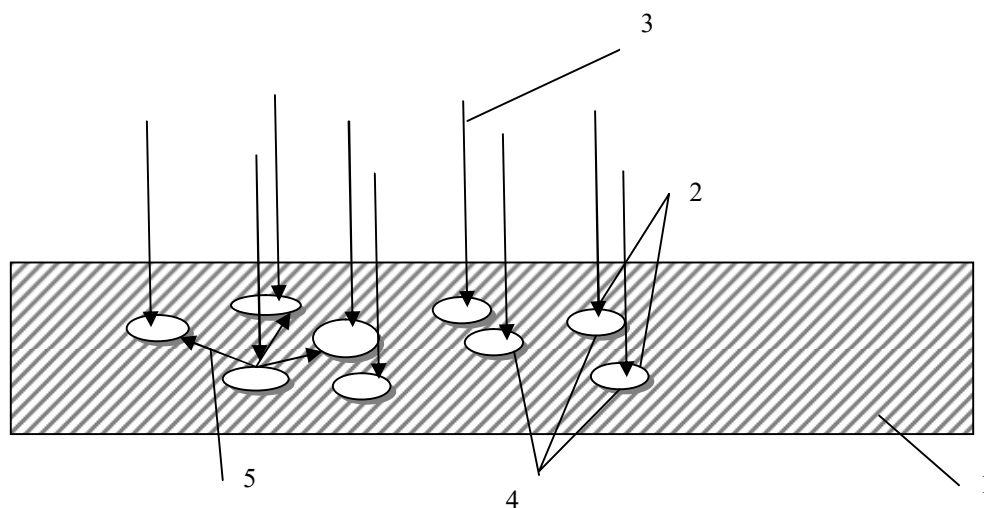


Рис. 1. Схема активации частиц люминофоров в полимерных пленках:
1 – полимерная матрица; 2 – частица люминофора; 3 – поток света; 4 – теневые области;
5 – рассеянный, отраженный свет, активирующий «теневые» области частиц.

Исследования подтвердили, что использование неорганических люминофоров с различным цветовым свечением во многих областях может быть реализовано в виде композитных полимерных пленок. Выбор соответствующих люминесцентных составов

расширяет возможности модифицирования и внедрения готовых изделий. Актуальными являются исследования по разработке новых способов нанесения люминесцентных полимерных покрытий на поверхности изделий и строительных конструкций. Незаменимыми являются светящиеся в темноте знаки, информирующие о правилах поведения в условиях ограниченной видимости (сумерек, задымления, тумана) или полной темноты в случае аварийного отключения освещения, при угрозе возникновения чрезвычайной ситуации (пожара, аварии, стихийного бедствия, катастрофы, угрозы совершения террористического акта), вызывающих необходимость эвакуации и спасения людей.

Выводы

1. Разработан способ получения люминесцентных пленок путем нанесения на рабочую поверхность суспензий люминофоров в растворах полимеров.
2. Определён диапазон времени послесвечения полимерных люминесцентных полимерных покрытий в зависимости от концентрации суспензии люминофора в полимерной основе.
3. Объяснен механизм эффективной активации частиц люминофора, находящихся в объеме композитных полимерных пленок при их освещении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Philippe F.S. Luminescence in Sulfides: A Rich History and a Bright Future / F.S. Philippe, I. Moreels, Z. Hens, D. Poelman. // *Materials* – 2010, 3, 2834-2883с.
2. Марковский Л.Я. Люминофоры / Л.Я. Марковский, Ф.М. Пекерман, Л.Н. Петошина.– М.: «Химия», 1966. 232 с.
3. Yamamoto H. Mechanism of Long Phosphorescence of SrAl₂O₄: Eu²⁺, Dy³⁺ and CaAl₂O₄:Eu²⁺, Nd³⁺ / H. Yamamoto, T. Matsuzawa // *J. Lumin.*, - 1997, 72, p. 287.
4. Петрик В.И. Антистоксовы соединения и материалы на их основе: Учебник для Вузов [Текст] / Иркутск: Областная типография № 1, 2012 - 400 с.
5. Головина А.П. Химический люминесцентный анализ неорганических веществ / А.П. Головина, Л.В. Левшин – М.: «Химия», 1978 – 248 с.
6. Области применения люминофоров – [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.xumuk.ru/encyklopedia/2375.html> (дата обращения 04.06.2018).

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Ada Ferri</i> MOLECULES TO WEAR: USE OF FUNCTIONALIZED TEXTILES FOR DRUG DELIVERY	3
<i>Азанова А.А., Абуталипова Л.Н.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ПЛАЗМЕННОЙ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОЦЕССАХ ОТДЕЛКИ ТРИКОТАЖНЫХ ПОЛОТЕН	8
<i>Алеева С.В.</i> БИОХИМИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА ЛЬНЯНОГО ВОЛОКНА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ СОРБЕНТОВ.....	11
<i>Алешина Д.А.</i> ТЕХНОЛОГИЯ ВЕКТОРИЗАЦИИ ОРНАМЕНТОВ ИСТОРИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ И СОЗДАНИЕ ИХ БАЗЫ ДАННЫХ	17
<i>Анжаурова В.Д., Белокурова О.А.</i> ВОЗМОЖНОСТИ НАНОКАПСУЛИРОВАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЛИПОСОМ В ТЕКСТИЛЬНОЙ ХИМИИ.....	20
<i>Асхабова З.А., Миронова А.А., Владимирцева Е.Л., Смирнова С.В.</i> ОЧИСТКА ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПОЛИАМИДНЫХ ВОЛОКОН ОТ МАСЛЯНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ	24
<i>Барабанщикова И.С., Смирнова Т.В., Карева Т.Ю.</i> КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ТЕКСТИЛЬНОЙ ОСНОВЕ	27
<i>Баишков А.П., Баишкова Г.В., Алешина Д.А.</i> РАСЧЕТ ДЕФОРМАЦИОННЫХ СВОЙСТВ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ АРМИРОВАННЫХ ОСНОВОВЯЗАНЫМ ТРИКОТАЖЕМ	30
<i>Бобылев Н.С., Смирнова С.В., Дмитриева М.В.</i> КАРБОНИЗАЦИЯ ШЕРСТЯНОГО ВОЛОКНА ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ УЛЬТРАЗВУКА.....	35
<i>Бондаренко Л.И., Метелева О.В.</i> РАЗРАБОТКА КЛЕЕВОГО ПЛЕНОЧНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ ЗАЩИТНЫХ ШВЕЙНЫХ ИЗДЕЛИЙ	38
<i>Быков Ф.А., Джумаева А.Э., Корчаго Т.В., Дмитриева М.В.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ПАВ ПРИ КРАШЕНИИ ЛЬНЯНЫХ ТКАНЕЙ АКТИВНЫМИ КРАСИТЕЛЯМИ	42
<i>Владимирцева Е.Л., Шарнина Л.В.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕРАСТВОРИМЫХ АЛЮМОСИЛИКАТОВ В ПРОЦЕССАХ ОБЛАГОРАЖИВАНИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ	45
<i>Владимирцева Е.Л., Циркина О.Г., Шарнина Л.В.</i> К ВОПРОСУ О ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	49
<i>Галков А.Е.</i> РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОЗАЩИТНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА, СОДЕРЖАЩЕГО ЧАСТИЦЫ МЕТАЛЛОВ	53
<i>Daniele Berta</i> ZEME TEXTILE DESIGN.....	59
<i>Дащенко Н.В., Киселев А.М.</i> СОВМЕЩЕННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СУБЛИМАЦИОННОЙ ПЕЧАТИ И ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОЙ ОТДЕЛКИ ЦЕЛЛЮЛОЗОСОДЕРЖАЩИХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ	63
<i>Дымникова Н.С., Морыганов А.П.</i> НАНОЧАСТИЦЫ СЕРЕБРА: ЗАВИСИМОСТЬ АНТИМИКРОБНОЙ АКТИВНОСТИ ОТ УСЛОВИЙ ПОЛУЧЕНИЯ.....	70
<i>Ерзунов К.А.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕЛОМЕРОВ ПОЛИТЕТРАФТОРЭТИЛЕНА ДЛЯ ГИДРОФОБИЗАЦИИ ПОЛИЭФИРНЫХ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ	78

<i>Ерохина Е.В., Дымникова Н.С.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ЭКСТРАКТОВ КОНОПЛИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНОГО НАНОСЕРЕБРА	82
<i>Ершов С.В., Калинин Е.Н.</i> СИСТЕМА КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УГЛА ПЛЕТЕНИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ ПРЕФОРМ.....	85
<i>Зеленкова Т.Н., Козлова О.В.</i> МОДИФИКАЦИЯ ХЛОПЧАТОБУМАЖНОЙ ТКАНИ ПОД СУБЛИМАЦИОННУЮ ПЕЧАТЬ	89
<i>Зиятдинова Д.Р., Фаткуллина Р.Р., Абуталипова Л.Н.</i> К ВОПРОСУ О ПРОГНОЗИРОВАНИИ ПОКАЗАТЕЛЯ ЖЕСТКОСТИ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ.....	92
<i>Исламова З.Ш., Адашов М.И., Набиева И.А.</i> ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ПРОМЫВКИ ШЕРСТЯНЫХ ВОЛОКОН	94
<i>Ишиматов А.Б.</i> ЭКСТРАКЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОТХОДОВ НАТУРАЛЬНОГО ШЕЛКА.....	97
<i>Карандашова Ю.Н., Хисамиева Л.Г., Семенова Е.Ю.</i> ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЖЕНСКИХ ПЛЕЧЕВЫХ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ БЕСКОНТАКТНОГО МЕТОДА ИЗМЕРЕНИЯ.....	101
<i>Карпова О.С., Хисамиева Л.Г.</i> ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОДЕЖДЫ НА ФИГУРЫ БОЛЬШИХ РАЗМЕРНЫХ ГРУПП МЕТОДОМ ОПТИЧЕСКОЙ ЛАЗЕРНОЙ ТРИАНГУЛЯЦИИ.....	104
<i>Киселев М.В., Киселев А.М., Балашов А.Б.</i> ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ГОМОГЕНИЗАЦИИ ДЛЯ ОПИСАНИЯ СВОЙСТВ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И КОМПОЗИТОВ	108
<i>Клепикова А.С., Дащенко Н.В., Киселев А.М.</i> ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАНОРАЗМЕРНЫХ ИНТЕРФЕРЕНЦИОННЫХ ПИГМЕНТОВ В ПРОЦЕССАХ КОЛОРИРОВАНИЯ И ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОЙ ОТДЕЛКИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ	115
<i>Кокшаров С.А.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ЛЬНОВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА ЛЬНЯНОЙ ПРОДУКЦИИ.....	118
<i>Королев Д.С., Королев С.В., Одинцова О.И., Чернова Е.Н.</i> ЭКСТРАКЦИЯ И МИКРОКАПСУЛИРОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ДЛЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ	126
<i>Кравченко М.А., Владимирцева Е.Л., Овчинников Н.Л.</i> МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ГЛИНЫ В ОТДЕЛКЕ ТЕКСТИЛЯ.....	131
<i>Кузьмичев В.Е., Чен Чжэ.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ КОМПРЕССИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ТРИКОТАЖНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ВИРТУАЛЬНОЙ СРЕДЕ	135
<i>Лаврентьева Е.П.</i> ИННОВАЦИИ В ТЕКСТИЛЕ НА БАЗЕ ДОСТИЖЕНИЙ ОТРАСЛЕВОЙ НАУКИ.....	140
<i>Ларин И.Ю., Морыганов А.П.</i> ЭЛЕМЕНТАРИЗОВАННОЕ ЛЬНОВОЛОКНО – ПЕРСПЕКТИВНОЕ СЫРЬЕ ДЛЯ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РОССИИ.....	148
<i>Лепилова О.В.</i> СПЕЦИФИКА ПОДГОТОВКИ ЛЬНЯНЫХ УГАРОВ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ КОРМОВЫХ ФИТОДОБАВОК ДЛЯ ЖВАЧНЫХ ЖИВОТНЫХ	154

<i>Липина А.А., Есина О.А., Одинцова О.И.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ АГРЕГАТИВНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ КОМПАУНДОВ ПРИРОДНЫХ И СИНТЕТИЧЕСКИХ ПИРЕТРОИДОВ ДЛЯ РЕПЕЛЛЕНТНОЙ ОТДЕЛКИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ	160
<i>Лысова М.А., Грузинцева Н.А., Гусев Б.Н.</i> ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ МОНИТОРИНГ КАЧЕСТВА ПОЛИМЕРНО-ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ	163
<i>Манюли О.А., Козлова О.В.</i> ТЕКСТИЛЬНАЯ ПИГМЕНТНАЯ ПЕЧАТЬ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ЭКО-СВЯЗУЮЩИХ.....	168
<i>Махоткина Л.Ю., Лутфуллина Г.Г., Халилова А.А.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАСТВОРА НА ОСНОВЕ КРЕМНИЙОРГАНИЧЕСКОГО СОЕДИНЕНИЯ НА ПОВЕРХНОСТЬ ТЕКСТИЛЬНОГО МАТЕРИАЛА	170
<i>Мезюхо Е.А., Азанова А.А.</i> ВЛИЯНИЕ ВОЛОКНИСТОГО СОСТАВА НА УСАДКУ ТКАНЕЙ В ПРОЦЕССЕ ПЕРЕВОДНОЙ СУБЛИМАЦИОННОЙ ПЕЧАТИ	175
<i>Метелева О. В., Сурикова М.В.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ СОЕДИНЕНИИ РАЗНОРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	177
<i>Мисбахова Ч.А.</i> РОЛЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПЛАТФОРМ ВО ВНЕДРЕНИИ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ПРОЕКТОВ	180
<i>Михеева А.Р., Бугаева А.И., Минязова А.Н., Илюшина С.В.</i> НОВЫЕ РАЗРАБОТКИ В ПРОИЗВОДСТВЕ УМНОЙ ОДЕЖДЫ.....	183
<i>Морозова И.И., Махоткина Л.Ю., Тихонова Н.В.</i> ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕПЛОЗАЩИТНОГО КОСТЮМА ДЛЯ АКТИВНОГО ОТДЫХА С ПРИМЕНЕНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ	186
<i>Мухина Е.Н., Топорищева Н.А., Фролова Т.С., Чешикова А.В.</i> ЦВЕТОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И СОРБЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ ОКРАШЕННЫХ КОТОНИНСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ	192
<i>Невский А.В., Ся Донченг, Ван Цинпэй, Ван Ийдун, Сунь Лэй, Чжао Хуэй, Чжун Хэн</i> НАУЧНЫЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ СИСТЕМ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА ТЕКСТИЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ.....	196
<i>Никифорова Т.Е., Смирнова А.А., Воинова М.С.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАНОЧАСТИЦ СЕРЕБРА ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПОЛИМЕРНЫХ УПАКОВОЧНЫХ И ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ	206
<i>Одинцова О.И.</i> ИННОВАЦИОННЫЕ РАЗРАБОТКИ В ОБЛАСТИ ОТДЕЛКИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	210
<i>Олтаржевская Н.Д.</i> ТЕКСТИЛЬ И МЕДИЦИНА – 25 ЛЕТ ВМЕСТЕ	214
<i>Петрова Л.С., Носкова Ю. В., Антонова А.С.</i> РАЗРАБОТКА АНТИБАКТЕРИАЛЬНОЙ ОТДЕЛКИ ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ ТКАНЕЙ.....	221
<i>Пророкова Н.П., Вавилова С.Ю.</i> ПРИДАНИЕ ПОЛИПРОПИЛЕНОВЫМ ВОЛОКНИСТЫМ МАТЕРИАЛАМ НОВЫХ И УЛУЧШЕННЫХ СВОЙСТВ В ПРОЦЕССЕ ИХ ПОЛУЧЕНИЯ ИЗ РАСПЛАВА	224
<i>Расулова К.М., Аъзамжанова С.Ш., Набиева И.А.</i> ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА КРАШЕНИЯ ХЛОПКОСОДЕРЖАЩИХ СМЕСЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ	229

<i>Рахматова Г.А., Ишиматов А.Б.</i> РАСШИРЕНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ СВОЙСТВ ТРИКОТАЖНЫХ ИЗДЕЛИЙ.....	232
<i>Сагдиева В.Н.</i> СЭНДВИЧ-КОНСТРУКЦИИ ИЗ БАЗАЛЬТОВОЛОКОННОГО ПОЛИМЕРА	237
<i>Сапожников С.В., Сафонов В.В., Морозова Д.А., Зайцев Е.В.</i> ЭЛЕКТРОФОРЕТИЧЕСКОЕ ОСАЖДЕНИЕ ОКСИДА ГРАФЕНА И НАНОЧАСТИЦ СЕРЕБРА НА ПОВЕРХНОСТЬ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ	240
<i>Сахарова Н.А.</i> ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ В CLO3D НА РЕАЛИСТИЧНОСТЬ ОДЕЖДЫ.....	243
<i>Семенова Е.Ю.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В ОТДЕЛКЕ МАТЕРИАЛОВ	246
<i>Семешко О.Я., Скалозубова Н.С., Сарибекова Ю.Г.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ СВЕТОСТОЙКОСТИ ОКРАСОК ХЛОПЧАТОБУМАЖНОГО ТРИКОТАЖНОГО ПОЛОТНА.....	249
<i>Степанов С.Г., Бахарев Б.А., Базаров Ю.М., Бурмистров В.А., Койфман О.И.</i> НАЗНАЧЕНИЕ, УСТРОЙСТВО, ХАРАКТЕРИСТИКИ, ПРОБЛЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ИЗГОТОВЛЕНИЯ МОБИЛЬНЫХ ПЛОСКОСВОРАЧИВАЕМЫХ ТРУБОПРОВОДОВ НА ОСНОВЕ КОМПОЗИТОВ ИЗ ТКАНЫХ АРМИРУЮЩИХ КАРКАСОВ И ПОЛИУРЕТАНОВЫХ СВЯЗУЮЩИХ	254
<i>Таусарова Б.Р., Жумахметова С.С.</i> ПОЛУЧЕНИЕ ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ОГНЕЗАЩИТНЫМИ И АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ.....	259
<i>Телегин Ф.Ю., Жан Ц., Пряжникова В.Г.</i> ХЕМОИНФОРМАЦИОННЫЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ СТРОЕНИЯ И СВОЙСТВ КРАСИТЕЛЕЙ ДЛЯ ТЕКСТИЛЯ.....	263
<i>Тихомирова Н.А.</i> К ВОПРОСУ О ФИКСАЦИИ КРАСИТЕЛЕЙ ПРИ INKJET ПЕЧАТИ ТЕКСТИЛЯ.....	271
<i>Третьякова С.В., Алибекова М.И., Колташова Л.Ю.</i> ТВОРЧЕСКОЕ ДЕКОРИРОВАНИЕ ОДЕЖДЫ И ТКАНИ ВОСКОСОДЕРЖАЩИМИ МАТЕРИАЛАМИ.....	275
<i>Усачева Т.Р., Петрова Л.С., Одинцова О.И.</i> КАЛОРИМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МЕЖМОЛЕКУЛЯРНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ В РАСТВОРАХ ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТОВ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХСЯ В ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ.....	279
<i>Хамидова В.Д.</i> ВЛИЯНИЕ СПОСОБА ОБЕСКЛЕИВАНИЯ НАТУРАЛЬНОГО ШЕЛКА ФЕРМЕНТАМИ НА ЕГО СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА	287
<i>Хисамутдинова Э.Л.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ОДЕЖДЫ В УСЛОВИЯХ ХОЛОДНОГО КЛИМАТА.....	289
<i>Хомченковская Н.В., Белокурова О.А., Одинцова О.И.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ отечественных пав для СОЗДАНИЯ эффективной моющей композиции.....	294
<i>Хосровян Г.А.</i> ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ МНОГОСЛОЙНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ.....	299

<i>Чернова Е.Н., Королев Д.С., Владимирцева Е.Л.</i> АКАРИЦИДНО-РЕПЕЛЛЕНТНАЯ ОТДЕЛКА ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ В УСЛОВИЯХ ОПЫТНОГО ПРОИЗВОДСТВЕННОГО УЧАСТКА «ШУЙСКО-ТЕЗИНСКОЙ ФАБРИКИ «ТЕЗИНКА»	304
<i>Чешикова А.В., Маракова К.С., Маракова А.С., Акуличева К.А, Ильина Е.С.</i> ПРАКТИКА ЦИФРОВОЙ ПЕЧАТИ ПО МОТИВАМ ИВАНОВСКОГО АГИТТЕКСТИЛЯ 1920–1930 ГОДОВ НА СОВРЕМЕННЫХ МАТЕРИАЛАХ	307
<i>Шаханова Д.Р.</i> ПРИМЕНЕНИЕ СОТОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ В АВИАЦИОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ.....	311
<i>Ширманова В.В., Полушин Е.Г., Козлова О.В.</i> ПАРОПРОНИЦАЕМЫЕ СВОЙСТВА ДУБЛИРОВАННЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	315
<i>Яминова З.А.</i> РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА БИКОМПОНЕНТНОЙ ПРЯЖИ ИЗ ЭКСТРАГИРОВАННОЙ ВОЛОКНИСТОЙ МАССЫ	319
<i>Яминова З.А., Икроми М.Б., Ииматов А.Б.</i> СПЕКТРОСКОПИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КРАШЕНИЯ ХЛОПЧАТОБУМАЖНЫХ ТКАНЕЙ АКТИВНЫМИ КРАСИТЕЛЯМИ.....	323
<i>Яминова З.А., Икроми М.Б.</i> ВЛИЯНИЕ СЕРИЦИНА КАК ШЛИХТЫ НА КРАШЕНИЕ ЦЕЛЛЮЛОЗНОЙ ТКАНИ.....	329
<i>Зиннатова А.Ф., Антонова М.В., Парсанов А.С., Красина И.В.</i> ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ АППРЕТА НА ИЗМЕНЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЛИЭФИРНЫХ ЛЕНТ	332
<i>Джалилов Ф.Р., Ииматов А.Б., Прохорова И.А., Мирзорахимов К.К.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МНОГОСЛОЙНОЙ ТКАНИ СОТОВОЙ СТРУКТУРЫ В КАЧЕСТВЕ МЕМБРАНЫ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ.....	335
<i>Сибгатуллин И.Д., Нуруллина Г.Н., Пластинина С.В.</i> АНАЛИЗ МАТЕРИАЛОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ НИЗА ЛЕТНЕЙ ОБУВИ	337
<i>Третьякова А.Е., Сафонов В.В.</i> РЕГУЛИРОВАНИЕ ОКРАСКИ ЛЬНА ПРИРОДНЫМИ КРАСИТЕЛЯМИ В ПРИСУТВИИ ЭНЗИМОВ	341
<i>Лысенко А.А., Свердлова Н.И., Виноградова Л.Е., Штягина Л.М.</i> ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ, СОДЕРЖАЩИХ ЛЮМИНОФОРЫ	344
Содержание.....	349

- Абуталипова Л.Н. 8
 Абуталипова Л.Н. 92
 Адашов М.И. 94
 Ада Ферри 3
 Азанова А.А. 175
 Азанова А.А. 8
 Акуличева К.А. 307
 Алеева С.В. 11
 Алешина Д.А. 17, 30
 Алибекова М.И. 275
 Анжаурова В.Д. 20
 Антонова А.С. 221
 Антонова М.В. 332
 Асхабова З.А. 24
 Аъзамжанова С.Ш. 229
- Базаров Ю.М. 254
 Балашов А.Б. 108
 Барабанищикова И.С. 27
 Бахарев Б.А. 254
 Башков А.П. 30
 Башкова Г.В. 30
 Белокурова О.А. 20, 294
 Бобылев Н.С. 35
 Бондаренко Л.И. 38
 Бугаева А.И. 183
 Бурмистров В.А. 254
 Быков Ф.А. 42
- Вавилова С.Ю. 224
 Ван Ийдун 196
 Ван Цинпэй 196
 Владимирцева Е.Л. 24, 45,
 49, 131, 304
 Воинова М.С. 206
- Галков А.Е. 53
 Грузинцева Н.А. 163
 Гусев Б.Н. 163
- Даниелла Берта 59
 Даценко Н.В. 63, 115
 Джалилов Ф.Р. 335
 Джумаева А.Э. 42
 Дмитриева М.В. 35, 42
 Дымникова Н.С. 70, 82
- Ерзунов К.А. 78
 Ерохина Е.В. 82
 Еришов С.В. 85
 Есина О.А. 160
- Жан Ц. 263
 Жумахметова С.С. 259
- Зайцев Е.В. 240
 Зеленкова Г.Н. 89
 Зиннатова А.Ф. 332
 Зиятдинова Д.Р. 92
- Икроми М.Б. 323, 329
 Ильина Е.С. 307
 Илюшина С.В. 183
 Исламова З.Ш. 94
 Ишиматов А.Б. 97, 232,
 323, 335
- Калинин Е.Н. 85
 Карандашова Ю.Н. 101
 Карева Т.Ю. 27
 Карпова О.С. 104
 Киселев А.М. 108, 115
 Киселев А.М. 63
 Киселев М.В. 108
 Клепикова А.С. 115
 Козлова О.В. 89, 168, 315
 Койфман О.И. 254
 Кокшаров С.А. 118
 Колташова Л.Ю. 275
 Коралев Д.С. 126, 304
 Коралев С.В. 126
 Корчаго Т.В. 42
 Кравченко М.А. 131
 Красина И.В. 332
 Кузьмичев В.Е. 135
- Лаврентьева Е.П. 140
 Ларин И.Ю. 148
 Лепилова О.В. 154
 Липина А.А. 160
 Лутфуллина Г.Г. 170
 Лысова М.А. 163
- Маноли О.А. 168
 Маракова А.С. 307
 Маракова К.С. 307
 Махоткина Л.Ю. 170, 186
 Мезюхо Е.А. 175
 Метелева О.В. 38, 177
 Минязова А.Н. 183
 Миронова А.А. 24
 Мирзорахимов К.К. 335
 Мисбахова Ч.А. 180
 Михеева А.Р. 183
 Морозова Д.А. 240
 Морозова И.И. 186
 Морыганов А.П. 70, 148
 Мухина Е.Н. 192
 Набиева И.А. 94, 229
 Невский А.В. 196
 Никифорова Т.Е. 206
 Носкова Ю.В. 221
- Овчинников Н.Л. 131
 Одинцова О.И. 126, 160,
 210, 279, 294
 Олтаржевская Н.Д. 214
- Парсанов А.С. 332
 Петрова Л.С. 221, 279
- Полушин Е.Г. 315
 Пророкова Н.П. 224
 Прохорова И.А. 335
 Пряжникова В.Г. 263
- Расулова К.М. 229
 Рахматова Г.А. 232
- Сагдиева В.Н. 237
 Сапожников С.В. 240
 Сарибекова Ю.Г. 249
 Сафонов В.В. 240
 Сахарова Н.А. 243
 Семенова Е.Ю. 101, 246
 Семешко О.Я. 249
 Скалозубова Н.С. 249
 Смирнова А.А. 206
 Смирнова С.В. 24, 35
 Смирнова Т.В. 27
 Степанов С.Г. 254
 Сунь Лэй 196
 Сурикова М.В. 177
 Ся Донченг 196
- Таусарова Б.Р. 259
 Телегин Ф.Ю. 263
 Тихомирова Н.А. 271
 Тихонова Н.В. 186
 Топорищева Н.А. 192
 Третьякова С.В. 275
- Усачева Т.Р. 279
- Фаткуллина Р.Р. 92
 Фролова Т.С. 192
- Халилова А.А. 170
 Хамидова В.Д. 287
 Хисамиева Л.Г. 101
 Хисамиева Л.Г. 104
 Хисамутдинова Э.Л. 289
 Хомченковская Н.В. 294
 Хосровян Г.А. 299
- Циркина О.Г. 49
- Чен Чжэ 135
 Чернова Е.Н. 126
 Чернова Е.Н. 304
 Чешкова А.В. 192
 Чешкова А.В. 307
 Чжао Хуэй 196
 Чжун Хэн 196
- Шарнина Л.В. 45, 49
 Шаханова Д.Р. 311
 Ширманова В.В. 315
- Яминова З.А. 319, 323, 329