

**ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ
НЕТКАНЫХ ОБЪЕМНЫХ МАТЕРИАЛОВ
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОДЕРЖАНИЯ
ПОЛИЭФИРНЫХ МИКРОВОЛОКОН***

**RESEARCH OF THE STRUCTURE AND PROPERTIES
OF NONWOVEN VOLUME MATERIALS
DEPENDING ON THE CONTENT OF POLYESTER MICROFIBER***

E.B. МЕЗЕНЦЕВА, В.В. ИВАНОВ, В.Ю. МИШАКОВ

E.V. MEZENTSEVA, V.V. IVANOV, V.YU. MISHAKOV

(Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство),
ООО "Термопол")

(Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art),
Thermopol Ltd)

E-mail: yelena_ev@mail.ru; i-vlad@inbox.ru

В исследовании проанализированы свойства и структура нетканых объемных материалов, содержащих различное количество полиэфирных волокон линейной плотностью не более 0,11 текс, выявлены изменения физико-механических, эксплуатационных свойств. Исследования проведены путем анализа свойств нетканых материалов российского и зарубежного производств.

The study analyzed the properties and the structure of thermal insulation nonwoven materials containing different amounts of polyester fibers with a linear density of not more than 1 denier, and changes in the physicomachanical and operational properties were revealed. Studies have been carried out by analyzing the properties of nonwoven materials, Russian and foreign manufactures.

Ключевые слова: объемные нетканые материалы, теплоизоляционные материалы, микроволоконные материалы, микроволокно, физико-механические свойства, нетканые материалы.

Keywords: nonwoven volume materials, thermal insulation materials, microfiber materials, microfiber, physical and mechanical properties, nonwoven materials.

Целью настоящего исследования является анализ структуры и свойств нетканых объемных материалов в зависимости от содержания полиэфирных микроволокон. Объектом исследования являются нетканые объемные материалы. Предметом исследования является зависимость свойств нетканых объемных материалов от параметров структурных элементов.

В настоящее время в отраслевой среде обозначена проблема терминологии по заявленной теме. В ГОСТ Р 57632 понятие "микроволоконные нетканые материалы" определяется, как: "нетканые материалы, изготовленные из химических волокон линейной плотностью не более 0,11 текс, могут иметь дополнительную идентификацию как "микроволоконные" [8]. В проекте ГОСТ Р 1.16.320-

* Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-38-90010.

* The reported study was funded by RFBR, project number № 19-38-90010.

1.019.18 "нетканые объемные материалы, содержащие не менее 60% волокон линейной плотностью не более 0,11 текс", вместе с тем "допускается по согласованию с заказчиком повышение линейной плотности волокон до 0,15 текс" [9]. В текстильной терминологии США к микроволокнам относят волокна диаметром менее 10 микрон. Впервые они были продемонстрированы еще в начале 1950-х военными исследовательскими лабораториями США, которые были заинтересованы в разработке таких волокон для сбора радиоактивных частиц [10]. В текстильной терминологии Великобритании к микроволокнам относят волокна линейной плотностью 0,9 (1,2)...0,3 (табл. 1 – классификация волокон в зависимости от линейной плотности (Великобритания)) [12].

В текстильной терминологии ЕС "микроволокно" означает тонкое волокно линейной плотностью менее 1 денье. В Японии как "микроволокно" определяют волокна линейной плотностью 0,04...0,4 денье [11].

Т а б л и ц а 1

Наименование	Линейная плотность, dtex
Волокна (толстые)	6,7
Волокна (средняя тонина)	6,7...2,2
Волокна (тонкие)	2,2...0,9 (1,2)
Микроволокна	0,9 (1,2)...0,3
Супермикроволокна	<0,3

В настоящее время в РФ "микроволокно" определяется через термин "микро", который употребляется как маркетинговая, а не технологическая категория [3]. В данном

исследовании под термином "микроволокно" была принята линейная плотность волокон не более 0,11 текс.

В рамках данного исследования был выявлен ряд показателей, демонстрирующих зависимость структуры и свойств нетканых объемных материалов от содержания полиэфирных микроволокон. У нетканых материалов с микроволокном отмечается зависимость ухудшения показателей с увеличением содержания указанных волокон. Так, например, снижается разрывная нагрузка (рис. 1 – разрывная нагрузка, Н: а – по длине; б – по ширине); рис. 2 – огнестойкость и воздухопроницаемость: а – индекс ограниченного распространения пламени, б – воздухопроницаемость, $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$; устойчивость к многократному сжатию (рис. 10) и увеличиваются показатели удлинения при разрыве (рис. 3): а – по длине, %; б – по ширине, %) и миграции (рис. 4 – миграция, шт/150 см^2 : а – до мокрой обработки; б – после мокрой обработки). Ниже приведем данные на примере нетканых материалов поверхностных плотностей: 100,150,200 $\text{г}/\text{м}^2$.

Снижение разрывных характеристик влечет за собой уменьшение "шага стежки" (до 10...15 см), что приводит к увеличению количества участков со сниженной теплоизоляцией (вследствие потери объема пакета изделия в местах стежки) и трудоемкости создания изделий. Это недопустимо для спецодежды, однако применимо для повседневной одежды [4]. Нетканые объемные материалы без микроволокон в изделиях достаточно зафиксировать по периметру [5].

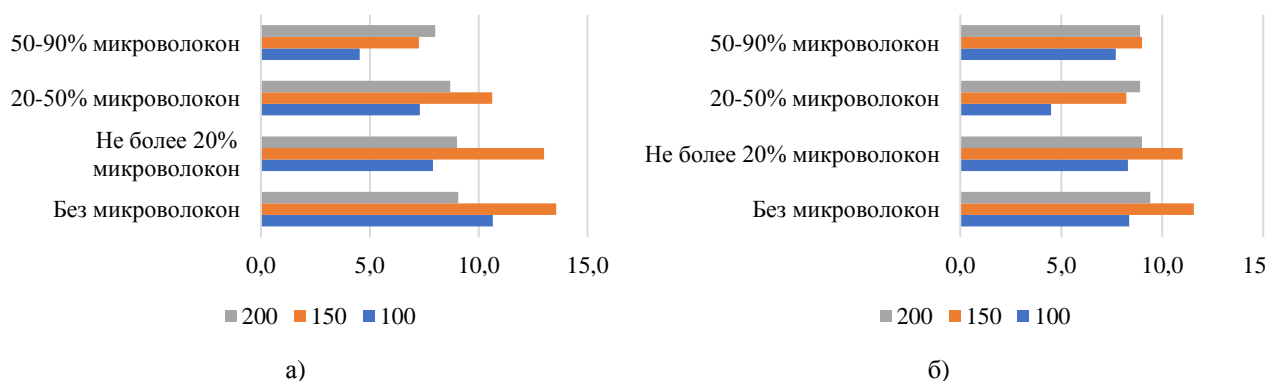
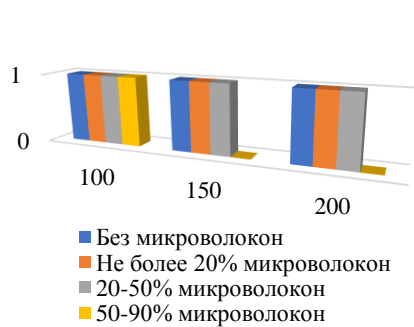
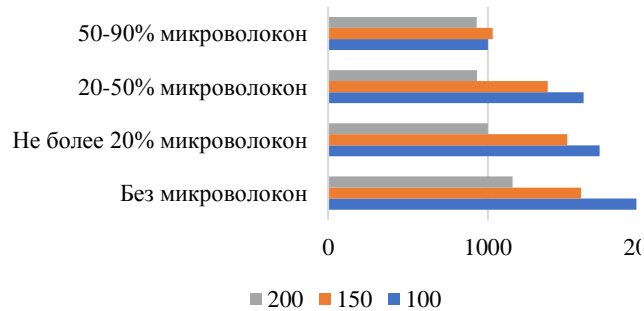


Рис. 1

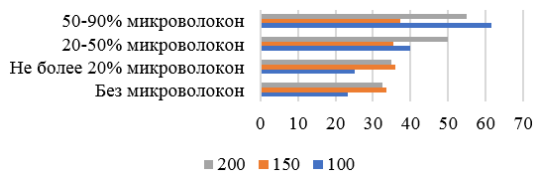


а)



б)

Рис. 2

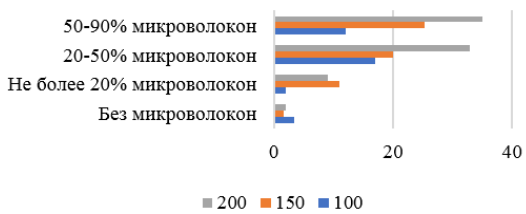


а)

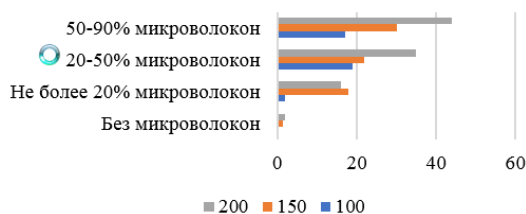


б)

Рис. 3



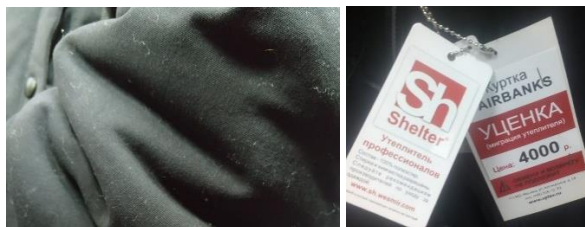
а)



б)

Рис. 4

Увеличение миграции (рис. 4) микроволоконных нетканых материалов (рис. 5 – миграция волокон микроволоконного нетканого материала через ткань верха) влечет за собой необходимость применения антимиграционных слоев (типа спанбонд), увеличения плотности переплетения нитей тканей верха и подкладки, применения каландрированных пуходержащих тканей [6], что приводит к увеличению стоимости готового изделия.



а)

б)

Рис. 5

С одновременным увеличением поверхностной плотности нетканых объемных материалов и содержания микроволокон до 50...90% снижается огнестойкость (рис. 2-а), которая характеризуется:

- распространением пламени до кромки;
- наличием плавления, горящих и плавящихся остатков;
- длительным остаточным горением;
- отсутствием индекса ограниченного распространения пламени.

С увеличением процентного содержания микроволокон в нетканых объемных материалах наблюдается снижение воздухопроницаемости, что ведет к риску увеличения показателя сопротивления испарению (R_{et} , $m^2 \cdot Pa / Wt$), накоплению влаги (w , %), росту парциального давления в пододежном пространстве (P , Pa / m^2) и повышению дискомфорта [1], [2].

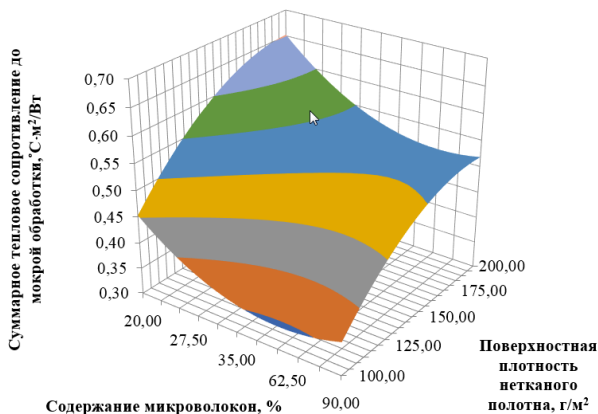


Рис. 6

Исследования выявили, что наиболее высокий показатель суммарного теплового сопротивления до мокрой обработки отмечается у материалов с содержанием не более 20% микроволокон (рис. 6 – график зависимости показателя суммарного теплового сопротивления до мокрой обработки от содержания микроволокон и поверхностной плотности). Отмечено, что увеличение процентного содержания микроволокон во всех указанных выше плотностях нетканых материа-

лов не приводит к росту показателя суммарного теплового сопротивления.

Например, для 100 г/м² наблюдается близкий по значению показатель для материалов с отсутствием микроволокон, а также для материалов с содержанием 50...90% микроволокон. Фиксируется снижение показателя в материалах с содержанием микроволокон 20...50%. На примере 150 г/м² совпадение данных по материалам с содержанием микроволокон 20...50%, 50...90%, а также без них – идентичны. На примере 200 г/м² в материалах с более чем 20%-ным содержанием микроволокон наблюдается снижение показателя. Таким образом, для достижения высокого показателя суммарного теплового сопротивления наиболее сбалансированным составом для нетканых объемных материалов из синтетических волокон является содержание микроволокон до 20% (табл. 2 – средние показатели суммарного теплового сопротивления в зависимости от содержания микроволокон и поверхностной плотности).

Т а б л и ц а 2

Содержание микроволокон, %	Поверхностная плотность, г/м ²		
	100	150	200
	Суммарное тепловое сопротивление до мокрой обработки, °С·м ² /Вт		
0	0,40	0,50	0,60
< 20	0,50	0,60	0,70
20...50	0,30	0,50	0,50
50...90	0,40	0,50	0,50

С увеличением поверхностной плотности объемных нетканых материалов увеличение показателя суммарного теплового сопротивления для материалов без микроволокон увеличивается в большей степени. Так, при увеличении поверхностной плотности от 150 г/м² до 200 г/м² для нетканых материалов без микроволокон суммарное тепловое сопротивление увеличивается на 10%, а для материалов с включением 50...90% микроволокон рост показателя наблюдается не более 7% (рис. 6). Это связано с тем, что немикроволоконные структурные элементы создают в нетканых материалах объемный каркас, что позволяет увеличить содержание воздуха в полотне

[7] (рис. 7 – структура нетканого материала без микроволокон [13]).

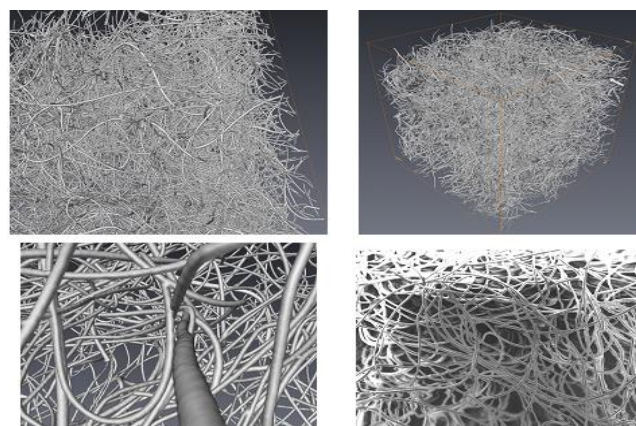


Рис. 7

В нетканых объемных материалах с включением микроволокон после мокрой обработки один из наиболее значимых показателей – суммарное тепловое сопротивление – снижается (табл. 3 – средние показатели суммарного теплового сопротивления после мокрой обработки в зависимости от со-

держания микроволокон и поверхностной плотности; рис. 8 – график зависимости показателя суммарного теплового сопротивления после мокрой обработки от содержания микроволокон и поверхностной плотности).

Т а б л и ц а 3

Содержание микроволокон, %	Поверхностная плотность, г/м ²		
	100	150	200
	Суммарное тепловое сопротивление до мокрой обработки, °С·м ² /Вт		
0	0,40	0,50	0,60
< 20	0,40	0,50	0,60
20...50	0,20	0,40	0,40
50...90	0,30	0,40	0,40

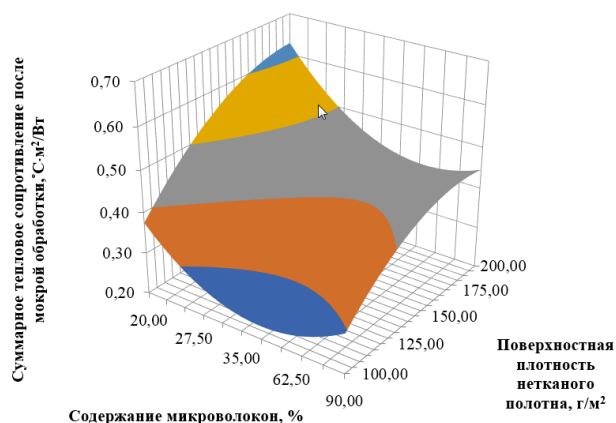


Рис. 8

С ростом поверхностной плотности материалов без микроволокон увеличивается

их толщина (рис. 9 – толщина при давлении 0,2 кПа, мм: а – до мокрой обработки; б – после мокрой обработки), но вместе с тем возрастает и показатель суммарного теплового сопротивления, который сохраняется после мокрой обработки, химчистки, стирки, эксплуатации вследствие высокого показателя устойчивости к многократному сжатию, который в большей степени проявляется у материалов поверхностной плотностью 200 г/м², где наблюдается 15%-ная разница между материалами без микроволокон и с 50...90%-ным содержанием микроволокон (рис. 10 – устойчивость к многократному сжатию, %).

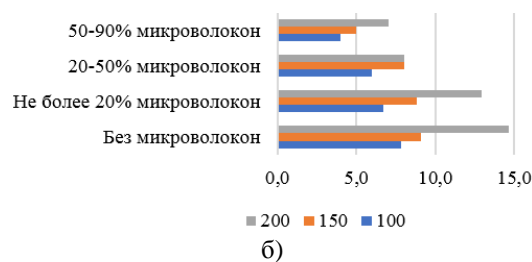
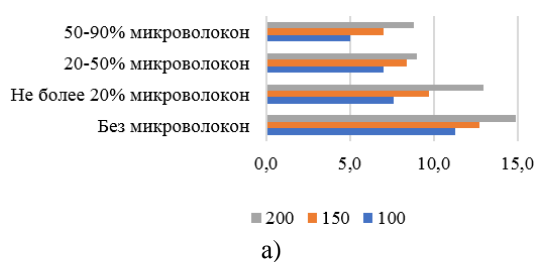


Рис. 9

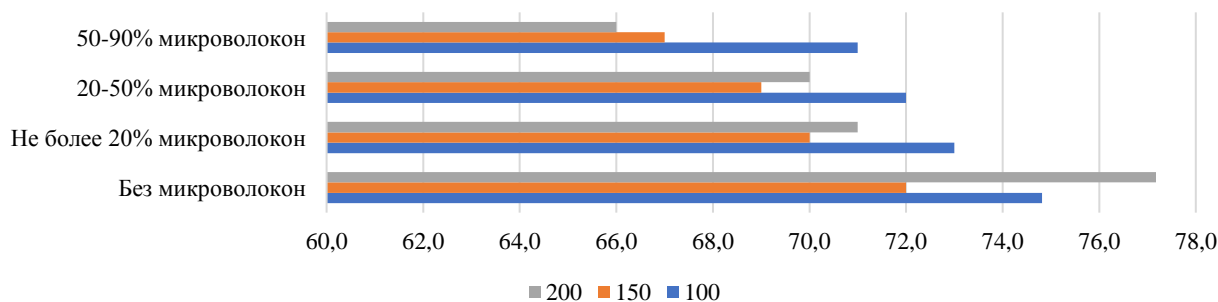


Рис. 10

ВЫВОДЫ

1. Увеличение содержания микроволокон более 20% для нетканых объемных материалов не приводит к повышению суммарного теплового сопротивления, вместе с тем отмечается снижение физико-механических показателей: снижение суммарного теплового сопротивления после мокрых обработок, стирок, эксплуатации; снижение разрывных характеристик; снижение воздухопроницаемости; снижение устойчивости к многократному сжатию; снижение огнестойкости; увеличение миграции через ткань верха и подкладки; увеличение удлинения при разрыве.

2. Материалы, создаваемые с применением микроволокон, требуют более деликатной обработки, эксплуатации, стирки, чистки, химчистки, более частого шага стежки, что не актуально для специальной одежды и униформы с регламентированным сроком службы.

3. Наблюдаются различные подходы к употреблению термина "микроволокно" в международной практике, что приводит к тому, что одни и те же волокна могут быть отнесены одновременно к двум категориям – микро/немикроволокно.

4. Исследование доказало зависимость структуры и свойств нетканых объемных материалов от содержания полиэфирных микроволокон.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мезенцева Е.В., Мишаков В.Ю., Готовкина М.С. Утепленная верхняя одежда: социологический анализ предпочтений россиян // Дизайн и технологии. – 2018, № 65(107). С. 122...130.

2. Готовкина М.С., Мезенцева Е.В. Маркетинговый анализ конъюнктуры рынка теплоизоляционной верхней зимней одежды (на примере Курской и Белгородской областей) // Научный результат. Технологии бизнеса и сервиса. – 2018. Т.4, №4.

3. Иванов В.В., Мезенцева Е.В. Научные исследования как неотъемлемый фактор внедрения инноваций (на примере деятельности заводов нетканых материалов "Термопол", Холлофайбер™) // Мат. XX Междунар. науч.-практ. форума: Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX-2017), 22-26 мая 2017 года. – Иваново: ИВГПУ, 2017. С.25...31.

4. Мезенцева Е.В. Инновационные методы создания термоизоляционных саморегулирующихся волокнистых систем в "умной одежде" // Мат. XXI Междунар. науч.-практ. форума: Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX-2018), 26-28 сентября 2018 года. – Иваново: ИВГПУ, 2018. Ч.2. С. 78...81.

5. Мезенцева Е.В., Иванов В.В., Мишаков В.Ю. Перспективные подходы к повышению термоизоляционных свойств одежды: "следующие шаги", технологии, инновации // Мат. XXI Междунар. науч.-практ. форума: Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX-2018), 26-28 сентября 2018 года. – Иваново: ИВГПУ, 2018. Ч.2. С.82...87.

6. Мезенцева Е.В., Иванов В.В. Современные модификации сырья для текстильных полотен // Мат. Междунар. науч.-техн. конф.: Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2018). Ч. 2. – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2018. С.113...116.

7. Мезенцева Е.В., Иванов В.В., Мишаков В.Ю. Современные технологические подходы к повышению теплоизоляционных свойств утепленной одежды // Мат. Междунар. науч.-техн. конф.: Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2018). Ч.2. – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2018. С. 160...164.

8. ГОСТ Р 57632–2017. Материалы нетканые для специальной одежды. Утеплители. Технические требования. Методы испытаний. – М.: Стандартинформ, 2018.

9. Проект ГОСТ Р 1.16.320-1.019.18. Материалы нетканые объемные микроволоконные для специальной одежды. Классификация. Общие технические требования. – М.: Стандартинформ, 2018.

10. Jooneok K. Alkaline Dissolution Monitoring of Radial-Type Polyester Microfibre Fabrics by a Cationic Dye-Staining Method // Journal of Applied Polymer Science. – Vol 99, 2006. P.279...285.

11. Milwich M. Contributor contact details // Textiles, Polymers and Composites for Buildings. – 2010. P.13...16.

12. Wilson A. Applications of Nonwovens in Technical Textiles. – 2010.

13. Трещалин Ю.М. Композиционные материалы на основе нетканых полотен. – М.: Московский гос. ун-т им. М.В. Ломоносова, 2015.

REFERENCES

1. Mezentseva E.V., Mishakov V.Yu., Gotovkina M.S. Uteplennaya verkhnyaya odezhda: sotsiologicheskii analiz predpochteniy rossiyan // Dizayn i tekhnologii. – 2018, № 65(107). S. 122...130.

2. Gotovkina M.S., Mezentseva E.V. Marketingovy analiz kon'yunktury rynka teploizolya-tsiionnoy verkhney zimney odezhdy (na primere Kurskoy i Belgorodskoy oblastey) // Nauchnyy rezul'tat. Tekhnologii biznesa i servisa. – 2018. T.4, №4.

3. Ivanov V.V., Mezentseva E.V. Nauchnye issledovaniya kak neot'emlemyy faktor vnedreniya innovatsiy (na primere deyatel'nosti zavodov netkanykh materialov "Termopol", Khollofaybertm // Mat. XX Mezhdunar. nauch.-prakt. foruma: Fizika voloknistykh materialov: struktura, svoystva, naukoemkie tekhnologii i materialy (SMARTEX-2017), 22-26 maya 2017 goda. – Ivanovo: IVGPU, 2017. S.25...31.

4. Mezentseva E.V. Innovatsionnye metody sozdaniya termoizolyatsionnykh samoreguliruyushchikhsya voloknistykh sistem v "umnoy odezhde" // Mat. XXI Mezhdunar. nauch.-prakt. foruma: Fizika voloknistykh materialov: struktura, svoystva, naukoemkie tekhnologii i materialy (SMARTEX-2018), 26-28 sentyabrya 2018 goda. – Ivanovo: IVGPU, 2018. Ch.2. S. 78...81.

5. Mezentseva E.V., Ivanov V.V., Mishakov V.Yu. Perspektivnye podkhody k povysheniyu termoizolyatsionnykh svoystv odezhdy: "sleduyushchie shagi", tekhnologii, innovatsii // Mat. XXI Mezhdunar. nauch.-prakt. foruma: Fizika voloknistykh materialov: struktura, svoystva, naukoemkie tekhnologii i materialy (SMARTEX-2018), 26-28 sentyabrya 2018 goda. – Ivanovo: IVGPU, 2018. Ch.2. S.82...87.

6. Mezentseva E.V., Ivanov V.V. Sovremennye modifikatsii syr'ya dlya tekstil'nykh poloten // Mat. Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf.: Dizayn, tekhnologii i innovatsii v tekstil'noy i legkoy promyshlennosti (INNOVATSII-2018). Ch. 2. – M.: RGU im. A.N. Kosygina, 2018. S.113...116.

7. Mezentseva E.V., Ivanov V.V., Mishakov V.Yu. Sovremennye tekhnologicheskie podkhody k povyshe-

niyu teploizolyatsionnykh svoystv uteplennoy odezhdy // Mat. Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf.: Dizayn, tekhnologii i innovatsii v tekstil'noy i legkoy promyshlennosti (INNOVATSII-2018). Ch.2. – M.: RGU im. A.N. Kosygina, 2018. S. 160...164.

8. GOST R 57632–2017. Materialy netkanye dlya spetsial'noy odezhdy. Utepliteli. Tekhnicheskie trebovaniya. Metody ispytaniy. – M.: Standartinform, 2018.

9. Proekt GOST R 1.16.320-1.019.18. Materialy netkanye ob'emnye mikrovolokonnye dlya spetsial'noy odezhdy. Klassifikatsiya. Obshchie tekhnicheskie trebovaniya. – M.: Standartinform, 2018.

10. Jooneok K. Alkaline Dissolution Monitoring of Radial-Type Polyester Microfibre Fabrics by a Cationic Dye-Staining Method // Journal of Applied Polymer Science. – Vol 99, 2006. P.279...285.

11. Milwich M. Contributor contact details // Textiles, Polymers and Composites for Buildings. – 2010. P.13...16.

12. Wilson A. Applications of Nonwovens in Technical Textiles. – 2010.

13. Treshchalin Yu.M. Kompozitsionnye materialy na osnove netkanykh poloten. – M.: Moskovskiy gos. un-t im. M.V. Lomonosova, 2015.

Рекомендована кафедрой коммерции и сервиса
РГУ имени А.Н. Косыгина. Поступила 04.03.19.