

# МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Научная статья

УДК 001:677.017.8

EDN SULOJD

doi 10.34216/2587-6147-2022-2-56-5-10

Дарья Константиновна Панкевич<sup>1</sup>

Александр Николаевич Буркин<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Витебский государственный технологический университет, г. Витебск, Республика Беларусь

<sup>1</sup>dashapan@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0328-9033>

<sup>2</sup>a.burkin@tut.by, <https://orcid.org/0000-0002-2963-6390>

## МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ВОДОНЕПРОНИЦАЕМОЙ ОДЕЖДЫ

**Аннотация.** Статья посвящена разработке методологии оценки эксплуатационных свойств композиционных текстильных материалов для водонепроницаемой одежды. Дана критика существующей нормативной и приборной базы исследования свойств материалов для водонепроницаемой одежды, обоснован новый методологический подход к исследованию и оценке определяющих качество водонепроницаемой одежды показателей. Он заключается в создании таких методов и средств, которые позволяют провести моделирование условий эксплуатации для принятия решения о пригодности/непригодности материала к изготовлению одежды выбранным способом и использованию в назначенной области применения на основании результатов сравнительного анализа свойств материала до и после такого моделирования. Базируется этот подход на анализе условий изготовления и эксплуатации конкретной модели одежды. Разработана концепция, алгоритм, методы и средства исследования свойств композиционных текстильных материалов для водонепроницаемой одежды. Обозначены перспективы применения разработанной методологии.

**Ключевые слова:** водонепроницаемая одежда, композиционные текстильные материалы, мембрана, эксплуатационные свойства, методология, моделирование, комплексная оценка качества

**Для цитирования:** Панкевич Д. К., Буркин А. Н. Методология оценки свойств материалов для водонепроницаемой одежды // Технологии и качество. 2022. № 2(56). С. 5–10. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2022-2-56-5-10>.

Original article

Darya K. Pankevich<sup>1</sup>

Alexander N. Burkin<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Vitebsk State Technological University, Vitebsk, Republic of Belarus

## METHODOLOGY FOR EVALUATING THE PROPERTIES OF WATERPROOF CLOTHING MATERIALS

**Abstract.** The article is devoted to the development of a methodology for assessing the performance properties of composite textile materials for waterproof clothing. The existing normative and instrumental base for research of properties of materials for waterproof clothes is criticised, and a new methodological approach to the research and estimation of indicators determining the quality of waterproof clothes is substantiated. It consists in creation of such methods and means, which allow simulation of operating conditions for making a decision on suitability/unsuitability of a material for manufacturing clothes by a chosen method and for use in a designated field of application on the basis of results of comparative analysis of material properties before and after such simulation. This approach is based on the analysis of manufacturing and operating con-

*ditions of a particular garment model. A concept, algorithm, methods and means of investigating the properties of composite textile materials for waterproof clothing have been developed. The prospects of application of the developed methodology are outlined.*

**Keywords:** *waterproof clothing, composite textile materials, membrane, performance properties, methodology, modelling, complex quality assessment*

**For citation:** Pankevich D. K., Burkin A. N. Methodology for evaluating the properties of waterproof clothing materials. *Technologies & Quality*. 2022. Nr 2(56). P. 5–10. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2022-2-56-5-10>.

Современные материалы для водонепроницаемой одежды представлены широким ассортиментом многофункциональных композиционных текстильных материалов (КТМ), содержащих кроме текстиля полимерную мембрану, не пропускающую для капельножидкой влаги, но пропускающую пары воды. Водонепроницаемые КТМ обладают избирательной проницаемостью и повышенными защитными свойствами и используются для производства водонепроницаемой «дышащей» детской и взрослой бытовой, спортивной одежды, экипировки для активного отдыха, специальной одежды представителей экстремальных профессий.

Разнообразие видов КТМ и множество продуктов, производители которых ведут политику фальсификации, формируют неоднозначную ситуацию на рынке водонепроницаемых паропроницаемых КТМ. Производители одежды не обладают адекватной нормативной, методической и приборной базой оценки свойств КТМ и не получают достоверную информацию об уровне свойств КТМ различных структур, поэтому становятся источником проблемы массового производства некачественной водонепроницаемой одежды. Дефекты, отмеченные авторами статьи за годы наблюдений водонепроницаемой одежды из КТМ в эксплуатации, включают: быструю потерю водозащитной функции, дискомфорт носчика при высоких физических нагрузках, разрушение КТМ по соединительным швам и сгибам, значительную задержку времени достижения максимальной паропроницаемости. В связи с этим актуальной является задача получения и систематизации знаний о свойствах различных по структуре водонепроницаемых паропроницаемых КТМ для одежды в рамках единого методологического подхода.

Методология рассматривает организацию научной деятельности, что означает упорядочение ее в целостную систему с четко определенными характеристиками, логической структурой и процессом ее осуществления во времени [1, с. 24–25]. Необходимость упорядочения научных исследований в области оценки свойств КТМ для водонепроницаемой одежды обусловлена тем, что за последние 40 лет в мире про-

изошел резкий скачок в развитии технологии получения композиционных материалов вообще и материалов водозащитного назначения в частности, а отечественная нормативная, приборная и методическая база исследований материалов для одежды так и осталась на уровне плащевых и курточных материалов с пленочным покрытием, свойства которых существенно отличаются от свойств КТМ с мембраной.

Получение одежды высокого качества базируется на правильном выборе материалов для конкретного изделия, который основан на всестороннем анализе системы «человек – одежда – окружающая среда» [2, с. 12]. Именно в процессе эксплуатации проявляется взаимосвязь всех составляющих этой системы. Анализ области применения КТМ и номенклатуры показателей качества водонепроницаемой одежды позволил выявить их основные эксплуатационные свойства.

Водонепроницаемость и паропроницаемость являются стандартными показателями качества водонепроницаемой одежды, методы их определения и критерии оценки хорошо проработаны в зарубежной нормативной базе и отражены в EN 343 «Защитная одежда – защита от дождя» [3]. Для каждого класса водонепроницаемой одежды установлены нормируемые значения водонепроницаемости и паропроницаемости. Средства и методы определения показателей, соответствующих критериям оценки, являются стандартными для стран – производителей КТМ, которые, безусловно, придерживаются протекционистской позиции в отношении собственных изготовителей приборно-методического оснащения [4, с. 31].

Например, метод определения показателя паропроницаемости (Ret) регламентирован стандартами ISO 11092 и EN 31092, требует дорогостоящего оборудования, энергоемок, сложен в реализации [5, с. 73–75], но не учитывает различные климатические условия, влияющие на процесс паропроницаемости. Однако КТМ различных структур характеризуются различной способностью пропускать пары воды при различных условиях [5, с. 78]. В связи с этим необходимо с помощью рационально подобранных методов и средств выявить для каждого типа

КТМ зону оптимальных климатических условий, при которых он «работает» на удаление парообразной влаги из пододежного пространства наиболее эффективно.

Стандарт ISO 811:2018, рекомендуемый EN 343, регламентирует метод испытания водонепроницаемости материалов, выдерживающих гидростатическое давление до 15 000 Па, тогда как среднее значение водонепроницаемости КТМ находится в диапазоне от 10 000 Па до 180 000 Па [6, р. 97]. Для уточнения критериев оценки водонепроницаемости необходимо принять во внимание градацию уровня водозащитных свойств материалов для одежды, представленную в источнике [7, с. 18], где показано, что расчетная водонепроницаемость, требуемая для защиты от дождя средней интенсивности, составляет около 20 000 Па, а для защиты от сильного ливня – около 190 000 Па. Кроме того, так ли важно, при каком давлении происходит проникание воды через материал? Иногда большую информативность несет показатель, позволяющий оценить, через какое время произойдет проникание воды (и произойдет ли вообще) при обусловленном назначением одежды гидростатическом давлении. Поэтому средство исследования водонепроницаемости КТМ должно давать возможность определения и скорости намокания тоже.

Стандартный метод определения показателя водонепроницаемости во всем мире реализуется средствами с открытой испытательной ячейкой и регламентирует визуальную регистрацию момента прохождения воды сквозь материал при обнаружении капли (или капель) на изнаночной стороне материала. Это приводит к негативным явлениям, связанным с особенностями КТМ:

- прогиб и выпучивание образца с постепенным увеличением площади контакта воды с образцом до 80 % и изменением толщины образца до 40 % по сравнению с первоначальными размерами в зависимости от растяжимости КТМ, что непрерывно изменяет модель измерения и входные величины образца в процессе испытания и приводит к грубейшему нарушению принципов метрологии и невозможности сравнивать между собой результаты испытаний образцов различной растяжимости;
- поддув воздуха в пространство между водой и образцом и резкое повышение давления (до 200 кПа одномоментно) при зажиме материала пневматическим устройством;
- утечка воды из-за высокой капиллярности лицевого текстильного слоя или из-за расслаивания, либо утечка воды в дефект, образующийся у зажима, приводящая к невозможности проведения испытания;

– невозможность однозначной регистрации момента появления первой капли из-за изнаночного ворсового слоя образца либо из-за высокой гигроскопичности мембраны, когда увлажнение изнаночной стороны попросту незаметно для глаз.

В связи с изложенным выше необходимо адаптировать имеющиеся отечественные методики, хорошо себя зарекомендовавшие и дающие возможность получать информативный показатель, выраженный в удобных для восприятия единицах измерения, либо разработать новые, лишенные перечисленных недостатков, методы и средства.

При анализе пригодности материалов для изготовления водозащитной одежды наибольшую значимость приобретает надежность как свойство сохранять первоначальное значение водонепроницаемости, иначе назначение такой одежды не может быть обеспечено.

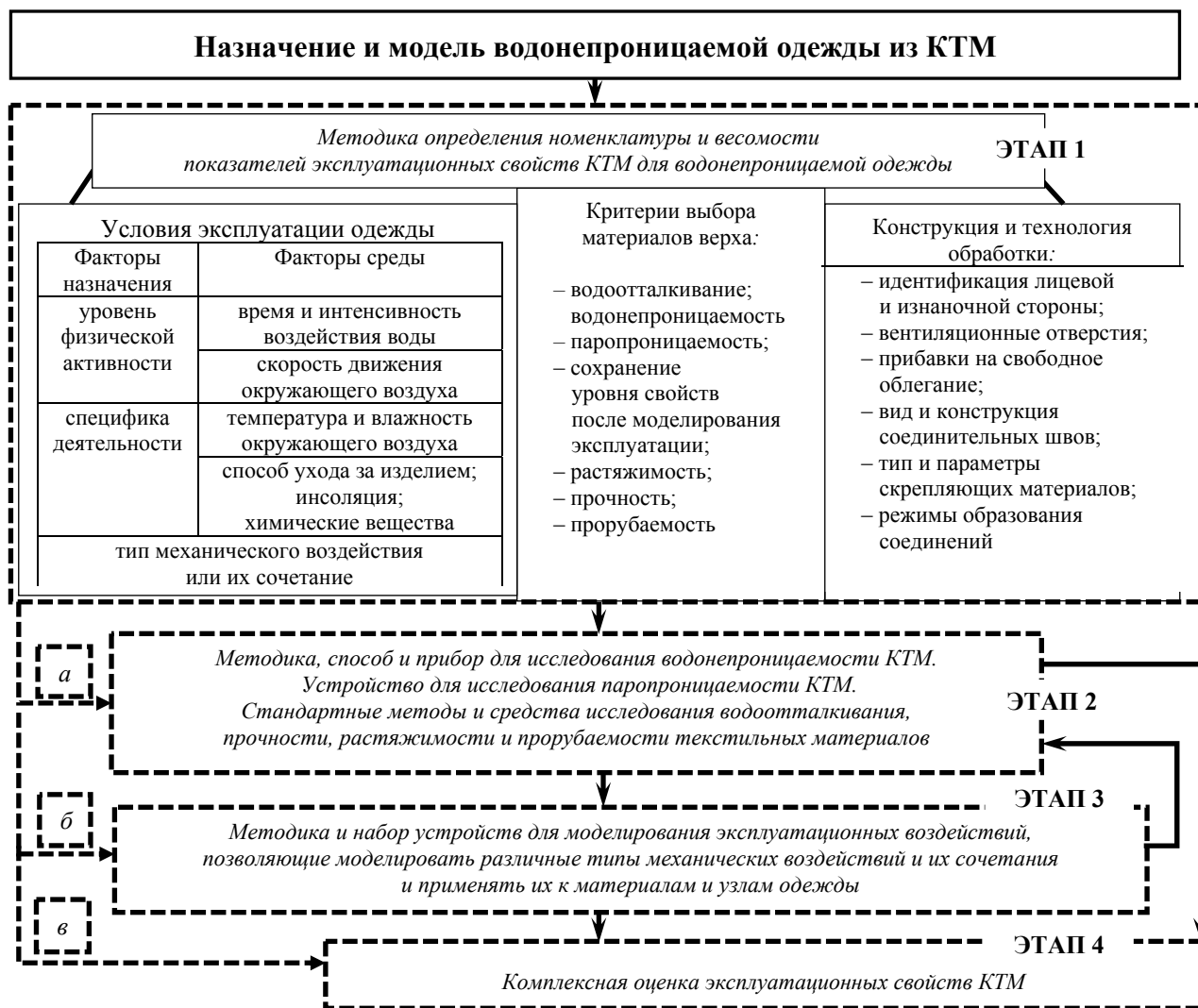
Оценка свойств материалов с применением разработанной методологии проводится поэтапно (рис.).

На первом этапе необходимо проанализировать назначение, модель и условия эксплуатации одежды, для которой выполняется подбор водонепроницаемых материалов. В соответствии с установленными факторами среды и назначения и конструктивно-технологическими особенностями модели формируют следующие входные данные:

а) устанавливают и ранжируют по уровням интенсивности воздействия факторы среды и назначения, влияющие на материалы в процессе изготовления одежды и при ее эксплуатации, определяют конкретные показатели, методики и условия проведения испытаний при исследовании эксплуатационных свойств материалов – водонепроницаемости и паропроницаемости, прочности, растяжимости, прорубаемости;

б) определяют набор средств, обеспечивающих адекватное моделирование эксплуатационных нагрузок (тип применяемых устройств и оснастки), рассчитывают режимы работы средств моделирования эксплуатации (вид, сочетание, количество и интенсивность воздействий);

в) устанавливают соответствующую назначению и модели одежды номенклатуру определяемых показателей свойств материалов, их весомость и критерии оценки, составляют программу испытаний. Для этого предложена методика определения номенклатуры и весомости показателей эксплуатационных свойств КТМ и разработаны критерии их оценки [8, с. 159–170].



**Рис. Алгоритм применения разработанной методологии:**

- а – конкретные условия проведения испытаний (заданное значение гидростатического давления, заданная скорость ветра, температура и т. п.);  
 б – конкретные воздействующие факторы и способы их моделирования;  
 в – номенклатура показателей качества, их базовые значения и весомость

На втором и третьем этапе проводятся экспериментальные исследования эксплуатационных свойств КТМ в предусмотренном программой испытаний объеме. Для этого авторами статьи предложено научное обоснование и разработаны методы и средства исследования эксплуатационных свойств КТМ в режиме испытаний, соответствующем свойствам КТМ и приближенном к реальной носке. Некоторые показатели свойств, согласно разработанной методологии, необходимо определять дважды (до моделирования эксплуатации и после него).

Четвертый этап – комплексная оценка эксплуатационных свойств КТМ. По результатам комплексной оценки свойств материал с наивысшим баллом может быть рекомендован для изготовления водонепроницаемой одежды.

Могут быть выявлены возможности повышения степени пригодности КТМ к изготовлению водонепроницаемой одежды за счет применения корректирующих конструктивно-технологических решений (обосновано введение вентиляционных отверстий при недостаточно высоком уровне паропроницаемости, предложен иной способ соединения деталей, уточнены режимы стачивания, тип и параметры скрепляющих материалов, допустимые диапазоны деформации растяжения и прибавки на свободное облегание по участкам конструкции и т. п.).

Реализация заявленного методологического подхода возможна при выполнении четырех условий, обеспечиваемых методами и средствами проведения испытаний и оценки их результатов: возможность измерения одного и того же

показателя свойства одинаковыми методами и средствами до и после моделирования эксплуатации; возможность моделирования эксплуатации в широком диапазоне интенсивности, вида и сочетания воздействующих факторов не только на материалах, но и на узлах одежды для уточнения режимов и способов их соединения; информативность выбираемых показателей свойств, которая достигается использованием именно такой характеристики, которая адекватна назначению материала и может быть однозначно интерпретирована путем определения соответствующих критериев оценки; рациональный выбор метода расчета комплексного показателя, номенклатуры, весомости и базовых значений единичных показателей в комплексной оценке качества.

Для реализации методологического подхода к оценке свойств КТМ авторами статьи разработаны следующие методики и средства.

1. Разработан и запатентован новый прибор для определения водонепроницаемости КТМ, отличающийся от существующих закрытой сверху испытательной ячейкой и применением датчика влажности, что позволяет получать объективное представление об уровне водонепроницаемости различных по растяжимости текстильных материалов, включая многослойные КТМ [9]. Прибор может использоваться для реализации разработанной методологии оценки эксплуатационных свойств КТМ, поскольку позволяет проводить испытания на образцах малого размера без выпучивания и проскальзывания образца за счет закрытой испытательной ячейки и автоматической регистрации проникания воды через образец. При подключении в электрическую цепь прибора амперметра можно проводить исследование кинетики промокания материала, непрерывно регистрируя силу тока, проходящего через увлажняющийся при определенном гидростатическом давлении материал. Такое использование прибора позволяет устанавливать время промокания КТМ при воздействии на него заданного гидростатического давления.

2. Разработано устройство, позволяющее изучать паропроницаемость КТМ в изотермических условиях с возможностью задания различных температурно-влажностных режимов испытания и различной скорости движения воздуха.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Новиков А. М., Новиков Д. А. Методология : учеб.-метод. пособие. М. : Синтег, 2007. 668 с.
2. Орленко Л. В., Гаврилова Н. И. Конфекционирование материалов для одежды : учеб. пособие. М. : Форум : Инфра-М, 2022. 287 с.
3. DIN EN 343:2019. Protective clothing – Protection against rain. – Intr. 2019-03-20. German version. Berlin, 2019. 18 p.

Благодаря конструктивному исполнению, позволяющему устанавливать устройство внутри климатической камеры, с помощью устройства возможно, варьируя параметры испытаний, выявить для каждого типа КТМ зону оптимальных климатических условий, при которых КТМ «работает» на удаление парообразной влаги из под-одежного пространства наиболее эффективно.

3. Разработана и запатентована установка [10] и методика исследования эксплуатационных свойств КТМ в различных температурно-влажностных условиях. Методика предполагает моделирование эксплуатационных механических нагрузок в климатической камере при воздействии на материалы любого заданного количества циклов механических нагружений в широком диапазоне температур при различной влажности в соответствии с назначением материала. Установка позволяет проводить исследования, задавая соответствующие условиям эксплуатации вид, величину и скорость нагружения (возможны: знакопеременный изгиб («берущая складка»), сжатие – растяжение – кручение, изгиб – растяжение, растяжение пробы до 50 % при длине образца 20 см, изменение скорости нагружения до 300 циклов в минуту).

4. Для исследования износостойкости ниточных швов разработана методика оценки сохранения внешнего вида шва в процессе моделирования эксплуатации и предложена установка для ее реализации. Установка позволяет многократно с определенной частотой подвергать образцы материалов циклическому изгибу и растяжению при различных заданных значениях деформации и скорости воздействия [11].

#### ВЫВОДЫ

Разработана методология оценки эксплуатационных свойств композиционных текстильных материалов для водонепроницаемой одежды. Методология открывает широкие возможности исследования и систематизации материалов по уровню проявляемых в эксплуатации свойств, что создает предпосылки проектирования структуры материалов с заданными свойствами и аналогового описания процесса эксплуатации для перехода к виртуальному выбору состава и структуры КТМ для водонепроницаемой одежды конкретного вида.

4. Матрохин А. Ю. Мировые стандарты оценки качества текстильных материалов // *Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX)*. 2016. № 2. С. 30–35.
5. Буркин А. Н., Панкевич Д. К. Гигиенические свойства мембранных текстильных материалов : монография. Витебск : ВГТУ, 2020. 190 с.
6. Smith W. C. *Smart Textile Coatings and Laminates*. 2nd ed. Elsevier : Wood head Publishing Ltd, 2018. 290 p.
7. Метелёва О. В. Теоретико-технологическая разработка процессов герметизации швейных изделий для повышения водозащитных свойств : дис. ... д-ра техн. наук. Иваново, 2007. 253 с.
8. Буркин А. Н., Махонь А. Н., Панкевич Д. К. Эксплуатационные свойства текстильных материалов : монография. Витебск : ВГТУ, 2019. 217 с.
9. Патент РБ № 12855, Республика Беларусь, МПК G01N3/20. Прибор для определения водозащитных свойств материалов методом гидростатического давления : № у 20210283; заявл. 15.10.2021; опубл. 30.04.2022, Бюл. № 2 / Буркин А. Н., Панкевич Д. К., Ивашко Е. И., Терентьев А. А. 1 с.
10. Патент РБ № 12574, Республика Беларусь, МПК G01N3/20. Установка для испытания эластичных полимерных материалов : № у 20200088; заявл. 04.04.2020; опубл. 30.04.2021, Бюл. № 2 / Буркин А. Н., Борозна В. Д., Лядова А. С., Панкевич Д. К., Радюк А. Н., Терентьев А. А.; заявитель и патентообладатель УО «Витебский государственный технологический университет». 1 с.
11. Панкевич Д. К., Шеремет Е.А., Наумова Ю. В. Оценка качества ниточных соединений, применяемых в швейных изделиях из мембранных материалов // *Союз науки и практики: актуальные проблемы и перспективы развития товароведения* : сб. науч. ст. Междунар. науч.-практ. конф. (Гомель, 9–10 ноября 2021 г.) / редкол.: С. Н. Лебедева [и др.]. Гомель : Белорус. торгово-экон. ун-т потребит. кооперации, 2021. С. 118–123.

#### REFERENCES

1. Novikov A. M., Novikov D. A. *Methodology*. Moscow, Sinteg Publ., 2007. 668 p. (In Russ.)
2. Orlenko L. V., Gavrilova N. I. *Confectioning clothing materials\**. Moscow, Forum Publ.; Infra-M publ., 2022. 287 p. (In Russ.)
3. DIN EN 343:2019. *Protective clothing – Protection against rain*. – Intr. 2019-03-20. German version, Berlin, 2019. 18 p.
4. Matrohin A. Yu. *World standards for assessing the quality of textile materials\**. *Fizika voloknistykh materialov: struktura, svoystva, naukoemkie tekhnologii i materialy (SMARTEX)* [Physics of fibrous materials: structure, properties, high-tech technologies and materials (SMARTEX)]. 2016;2:30–35. (In Russ.)
5. Burkin A. N., Pankevich D. K. *Hygienic properties of membrane textile materials*. Vitebsk, Vitebsk St. Technol. Univ. Publ., 2020. 190 p. (In Russ.)
6. Smith W. C. *Smart Textile Coatings and Laminates*. 2nd ed. Elsevier, Wood head Publishing Ltd, 2018. 290 p.
7. Metelyova O. V. *Theoretical and technological development of processes for sealing garments to obtain waterproof properties\**. Dr. eng. sci. diss. Ivanovo, 2007. 253 p. (In Russ.)
8. Burkin A. N., Mahon' A. N., Pankevich D. K. *Performance properties of textile materials*. Vitebsk, Vitebsk St. Technol. Univ. Publ., 2019. 217 p. (In Russ.)
9. Burkin A. N., Pankevich D. K., Ivashko E. I., Terent'ev A. A. *A device for determining the water resistance of materials using the hydrostatic pressure method\**. Patent RB no. 12855, MPK G01N3/20. No. u 20210283; zayavl. 15.10.2021; opubl. 30.04.2022, Byul. No. 2. 1 p. (In Russ.)
10. Burkin A. N., Borozna V. D., Lyadova A. S., Pankevich D. K., Radyuk A. N., Terent'ev A. A. *A device for testing elastic polymer materials\**. Patent RB no. 12574, MPK G01N3/20. No. u 20200088; zayavl. 04.04.2020; opubl. 30.04.2021, Byul. No. 2. 1 p. (In Russ.)
11. Pankevich D. K., Sheremet E.A., Naumova Yu. V. *Evaluation of the quality of thread connections used in garments made of membrane materials*. *Soyuz nauki i praktiki: aktual'nye problemy i perspektivy razvitiya tovarovedeniya: sbornik statej* [Union of Science and Practice: Actual Problems and Prospects for the Development of Commodity Science: collection of articles]. Gomel', Belorussian trade-economic university of consumer cooperation Publ., 2021, pp. 118–123. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 17.02.2022  
Принята к публикации 19.05.2022