

ВОДОНЕПРОНИЦАЕМОСТЬ МЕМБРАННЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ**WATERPROOFNESS OF MEMBRANE TEXTILE MATERIALS UNDER CONDITIONS OF OPERATION**

УДК 677.017.8

Д.К. Панкевич*, Е.И. Ивашко*Витебский государственный технологический университет*<https://doi.org/10.24411/2079-7958-2020-13809>**D. Pankevich*, K. Ivashko***Vitebsk State Technological University***РЕФЕРАТ**

ВОДОНЕПРОНИЦАЕМОСТЬ, КОМПОЗИЦИОННЫЕ ТЕКСТИЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, МЕМБРАНА, СТРУКТУРА, ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ НОСКА, ВЫБОР МАТЕРИАЛОВ

Объектом исследования являются композиционные слоистые текстильные материалы (КСТМ), содержащие полиуретановую мембрану.

Предметом исследования является уровень водонепроницаемости материала, изменяющийся в процессе эксплуатации в условиях тренировочной деятельности спортсменов.

Цель работы – разработка рекомендаций по рациональному выбору водозащитных мембранных материалов различных структур в зависимости от условий эксплуатации одежды из них для обеспечения наиболее длительного периода сохранения уровня водонепроницаемости материалов верха.

В процессе работы выполнен анализ литературных источников по выявлению структурных типов КСТМ и по вопросу эффективности экспериментальной носки спортивной экипировки как способа изучения изменчивости свойств материалов в условиях эксплуатации. Приведены и проанализированы данные экспериментальных исследований водонепроницаемости материалов различных структур (тип 1, тип 3 и тип 5) в условиях эксплуатации при занятиях греблей (1,5 года наблюдений) и биатлоном (5 месяцев наблюдений).

Результат работы – рекомендовано для водозащитной одежды, обладающей стабильным уровнем водонепроницаемости, применять КСТМ

ABSTRACT

WATERPROOFNESS, COMPOSITE TEXTILE MATERIALS, MEMBRANE, STRUCTURE, EXPERIMENTAL WEAR, CHOICE OF MATERIALS

The article is devoted to the influence of operational impact on the level of waterproofness of membrane textile materials. As an object of research, waterproof sportswear made of membrane textile materials of various structures was used. During the experiment, a negative effect of mechanical influences and washes on the waterproofness of materials containing a polyurethane membrane layer was revealed. It is shown that the time to maintain a stable level of waterproofness when used as directed for products from composite textile materials containing a membrane depends on the type of material, the quantity and structure of its layers. Clothing, which is subjected to frequent washing and intensive exposure to mechanical factors during operation, should be made from materials that contain a combined two-component hydrophobic-hydrophilic membrane and a textile layer.

* E-mail: dashapan@mail.ru (D. Pankevich)

структурного типа 3, поскольку они характеризуются наиболее длительным периодом сохранения уровня водонепроницаемости материала верха: после 200 часов носки и 3–5 стирок такие материалы сохраняют около 50 % начального уровня водонепроницаемости. КСТМ структурного типа 1 по результатам эксперимента в тех же условиях эксплуатации сохранили лишь 30 % начального уровня водонепроницаемости. Наименее устойчива к эксплуатационным воздействиям структура КСТМ типа 5, которые после 75 часов носки и 3 стирок потеряли способность сопротивляться проникновению воды.

Область применения результатов – текстильная и швейная промышленность.

В настоящее время широкое применение при изготовлении водозащитной одежды получают композиционные текстильные материалы с мембранным слоем. Такие материалы популярны благодаря уникальному сочетанию потребительских свойств. Сочетание высокого уровня паропроницаемости, ветрозащиты и водонепроницаемости таких материалов обеспечивается наличием мембранного слоя. В связи с этим мембранные текстильные материалы применяются для изготовления одежды, эксплуатирующейся в условиях сильного ветра, пониженных температур, высокой влажности, контакта с водой, снегом и льдом [1].

В качестве основы в мембранных материалах для одежды используются ткани, трикотажные и нетканые полотна. Мембранный слой, обеспечивающий потребительскую ценность этих материалов, может быть пористым (из гидрофобных полимеров), монолитным (из гидрофильных полимеров) или комбинированным [2–5]. Композиционные текстильные материалы с мембранным слоем по-разному реагируют на эксплуатационные нагрузки, при этом существенным фактором, влияющим на стабильность уровня водозащитных свойств, является макроструктура материала: толщина и количество слоев, их тип [6].

Общеизвестным является тот факт, что композиционные слоистые текстильные материалы, содержащие мембранный слой (КСТМ), обладают высоким исходным уровнем водонепроница-

емости, но данные о том, как долго сохраняется этот уровень под влиянием эксплуатационных воздействий и какие структурные типы КСТМ характеризуются наибольшим ресурсом водозащитных свойств, в научной литературе обсуждаются редко.

Целью данной работы является выявление типа структуры КСТМ, обеспечивающей наиболее стабильный уровень водонепроницаемости в процессе эксплуатации одежды из них.

Одним из способов исследования изменения свойств материалов для одежды в процессе эксплуатации является экспериментальная носка. При проведении экспериментальной носки бытовой одежды комплекс воздействующих на материалы верха факторов износа индивидуален для каждого конкретного носчика по длительности и интенсивности воздействия, вкладу отдельных факторов. А вот изучение процессов, происходящих в материалах верха при эксплуатации спортивной экипировки, может дать достаточно точные результаты, поскольку заранее обеспечено необходимой для исследования и рационального применения организационной базой:

- подтвержденная методическими и научными разработками спортивной педагогики возможность классификации и определения меры воздействия основных факторов износа вследствие однотипности выполняемых движений спортсмена и относительной неизменности тренировочной среды при исследовании экипиров-

ки для конкретного вида спорта;

- закрепленная в нормативных документах, касающихся спортивной подготовки, возможность получения статистически значимых результатов благодаря регулярности, цикличности, массовости, территориальной локализации и организованности спортивных занятий;

- возможность планирования эксперимента практически любой длительности за счет известного календарного графика тренировок и регулярного пополнения участниками, выполняющими те же действия и обладающими практически теми же характеристиками, что и выбывшие из эксперимента (пол, возраст, телосложение);

- наличие межрегиональных связей между спортивными школами и регулярный характер спортивных состязаний, развитая сеть спортивных организаций, подчиненных единому центру [7, 8].

Поэтому для изучения стабильности уровня водонепроницаемости мембранных текстильных материалов в процессе эксплуатации экс-

периментальные носки были организованы на базе Витебской областной ДЮСШ профсоюзов по гребле на байдарках и каноэ «Альбатрос» и на базе спортивной секции по биатлону Гимназии № 9 г. Витебска. Исследованию подвергалась спортивная экипировка гребца и биатлониста.

Опытная партия экипировки гребца (байдарочника и каноиста), состоящая из 10 курток спортивных, 10 жилетов спортивных, 15 фартуков на байдарку, 20 пар рукавиц водозащитных и 10 жилетов страховочных была изготовлена на ЗАО ОПТФ «Світанак» (г. Орша) и в лаборатории кафедры «Конструирование и технология одежды» УО «ВГТУ» (г. Витебск) в рамках хозяйственных договоров. Фотография байдарочника в экипировке опытной партии представлена на рисунке 1.

Образцы экипировки поступили на гребную базу Витебской областной ДЮСШ профсоюзов по гребле на байдарках и каноэ «Альбатрос» в г. Витебске в феврале 2014 года. В проведении носки принимала участие группа из 10 спортсменов в возрасте 15–17 лет. В группе носчиков



Рисунок 1 – Спортсмены-байдарочники в водозащитной экипировке

были задействованы 5 байдарочников и 5 каноев. Экипировка использовалась в течение 1,5 лет тренировок на открытой воде в диапазоне температур от +8 °С до -1 °С [1, 2].

Опытная партия экипировки биатлониста, состоящая из 3 курток спортивных, 3 брюк спортивных, 1 комбинезона, была изготовлена в лаборатории кафедры «Конструирование и технология одежды и обуви» УО «ВГТУ» (г. Витебск) в рамках студенческого гранта № 117 и поступила на лыжную базу УО «Гимназия № 9 г. Витебска» в октябре 2019 года. В группе носчиков были задействованы 4 биатлониста в возрасте 10–14 лет. Экипировка использовалась в течение 5 месяцев тренировок в режиме катания по стадиону и лыжной трассе на лыжах или лыжероллерах (в отсутствие снега) в диапазоне температур от +10 °С до -4 °С. Фотография биатлонистов в экипировке опытной партии представлена на рисунке 2.

Для изготовления спортивной экипировки использовалось 3 артикула 2-слойных КСТМ, 3 артикула 2,5-слойных и 4 артикула 3-слойных КСТМ, характеристика которых представлена в таблице 1.

Использованы следующие обозначения типов мембранных текстильных материалов в зависимости от способа получения:

– тип 1 – нанесение вспененного полимера на основу с последующей сушкой и охлаждением. Происходит образование 2-слойного КСТМ, текстильный слой которого в значительной степени погружен в мембранный губчатый пористый слой толщиной более 50 *мкм*;

– тип 3 – соединение посредством температуры и давления текстильной основы и двухкомпонентной (тонкой монолитной гидрофильной и губчатой пористой гидрофобной) слоистой мембраны толщиной более 35 *мкм*. Образуется 2,5-слойный КСТМ, текстильный слой которого в малой степени погружен в мембранный двухкомпонентный слой;

– тип 5 – соединение трех слоев: основы, готовой мембраны толщиной не более 15 *мкм* и подкладки посредством температуры и давления либо точечного приклеивания с образованием 3-слойного КСТМ, текстильные слои которого в малой степени погружены в мембранный слой [9].



Рисунок 2 – Спортсмены-биатлонисты в экипировке

Таблица 1 – Характеристика материалов спортивной экипировки

Количество слоев / тип	Номер образца	Сырьевой состав: основа / мембрана / подкладка	Толщина, <i>мм</i>	Паропроницаемость, (<i>г/м²</i>)/ 24 часа	Водонепроницаемость (давление воды), <i>МПа</i>
2 / 1	1	ткань ПЭ / микропористая гидрофобная мембрана ПУ толщиной 50–70 <i>мм</i>	259,8	4508	0,07
	2		220,3	5670	0,1
	3		238,8	4206	0,11
2,5 / 3	4	ткань ПЭ / двухкомпонентная гидрофобно-гидрофильная мембрана ПУ толщиной 35–50 <i>мм</i>	218,5	3492	0,08
	5		262,9	3162	0,12
	6		250,6	3558	0,14
3 / 5	7	трикотаж ПЭ / гидрофильная мембрана ПУ толщиной 10 <i>мм</i> / трикотаж ПЭ	358,8	2804	0,09
	8	ткань ПЭ / микропористая гидрофобная мембрана ПУ толщиной 10 <i>мм</i> / трикотаж ПЭ	308,4	3558	0,12
	9	ткань ПЭ / гидрофильная мембрана	805,2	7560	0,06
	10	ПУ толщиной 10–12 <i>мм</i> / флис ПЭ	752,6	6884	0,07

Полная классификация структурных типов мембранных текстильных материалов представлена в источнике [9]. В исследовании не принимали участие образцы материалов структурных типов 2 и 4, поскольку такие структурные типы характерны для материалов, предназначенных для специальной защитной одежды, и обладают повышенной жесткостью и значительной массой, что препятствует их широкому применению для изготовления спортивной одежды.

При определении водонепроницаемости методом, описанным в источнике [10], использовался прибор, разработанный на кафедре «Товароведение и техническое регулирование» УО «ВГТУ» [11]. Паропроницаемость определялась по методу, изложенному в [12], а тип структуры и толщина композиционных текстильных материалов с мембранным слоем были определены по микрофотографии поперечного среза КСТМ с использованием методики, подробно описанной в источнике [13].

Максимальный фактический срок носки изделий составил 200 часов для экипировки гребца и 75 часов для экипировки биатлониста.

В процессе эксплуатации предметы экипировки гребца, выполненные из материалов под

номерами 1–6 и 8, подвергаются действию воды, ветра, атмосферных осадков, изгиба, растяжения, сжатия, кручения, трения.

В процессе исследования были установлены сроки носки в часах для каждого предмета экипировки, соответствующие периодичности измерений водонепроницаемости, и максимальный фактический срок носки для каждого вида КСТМ, участвующего в эксперименте. Период времени, соответствующий максимальному сроку носки, был разбит на интервалы, содержащие приблизительно одинаковое количество фактических измерений водонепроницаемости на разных изделиях.

Было рассчитано среднее значение водонепроницаемости каждого вида КСТМ в каждом интервале срока носки, пересчитанное впоследствии в показатель относительной водонепроницаемости исходя из известного начального уровня водонепроницаемости образцов, представленного в таблице 1 и измеренного на участках готовых изделий, не содержащих швов. Критерием сохраняемости водозащитных свойств выбран показатель относительной водонепроницаемости не ниже 0,65.

Результаты исследования водонепроницае-

мости экипировки гребца в процессе экспериментальной носки представлены в таблице 2.

Периодический органолептический осмотр экипировки выявил неизменность внешнего вида 2-слойных, 2,5-слойных КСТМ и 3-слойных КСТМ на трикотажной основе. Ухудшение внешнего вида 3-слойных материалов, проявляющееся в короблении лицевой поверхности, грубости и зернистости туше было отмечено только для КСТМ на тканой основе (образцы № 8 и № 9).

Анализ динамики изменения водонепроницаемости в процессе носки показал, что водонепроницаемость 2-слойных материалов снижается в начальный период не так интенсивно, как 2,5-слойных. Однако к концу времени носки, когда изделия подверглись нескольким стиркам, относительная водонепроницаемость 2-слойных материалов стала снижаться интенсивнее.

Исследование изменения водонепроницаемости 2,5-слойных материалов, содержащих комбинированную двухкомпонентную гидрофобно-гидрофильную мембрану (структурный тип 3), показало, что в процессе эксплуатации их водонепроницаемость снижается более равномерно, нежели у материалов 2-слойной структуры. Вероятно, это связано с тем, что стирка оказывает существенное влияние на водонепроницаемость 2-слойных материалов.

Хуже всего показали себя трехслойные образцы, особенно образец № 8, уровень водонепроницаемости которого снизился до нуля менее чем за 100 часов носки. Уже в первые 40 часов образец утратил треть начального уровня водонепроницаемости. Наблюдение согласуется с результатами лабораторного моделирования эксплуатационных нагрузок – КСТМ трехслой-

ной структуры обладают наименее стабильным уровнем показателя водонепроницаемости [6].

Сохранение водозащитных свойств на уровне относительной водонепроницаемости свыше 0,65 обеспечивается материалами № 6 и № 8 в течение 40 часов, образцами № 1, № 2, № 3, № 4, № 5 – в течение 80 часов активной эксплуатации. Лидером по сохранению уровня водонепроницаемости в начальный период исследования был образец № 1 – 120 часов активной носки он выдержал с показателем относительной водонепроницаемости 0,68. Однако к концу испытания выяснилось, что образцы № 4, № 5 и № 6 характеризуются наименьшим падением уровня водонепроницаемости в течение 200 часов эксплуатации. Кроме того, эти образцы обладают более высоким начальным уровнем водонепроницаемости.

В процессе эксплуатации предметы экипировки биатлониста, выполненные из 3-слойных материалов под номерами 7, 9, 10, подвергаются действию ветра, иногда атмосферных осадков в виде снега, воздействию изгиба, растяжения, сжатия, кручения, трения. Одним из наиболее разрушительных воздействий при эксплуатации спортивной экипировки биатлониста является удар с трением, возникающий при падении спортсмена, передвигающегося на высокой скорости по лыжной или лыжероллерной трассе. В таких случаях материалы одежды (особенно брюк в области коленей и ягодиц, куртки в области локтя и по низу) испытывают резкое растяжение и очень интенсивное трение. Преимущества использования мембранных текстильных материалов в качестве материалов верха экипировки для таких эксплуатационных условий по-

Таблица 2 – Сводная таблица результатов экспериментальной носки экипировки гребца

Интервал времени носки (количество стирок)	Средняя относительная водонепроницаемость по образцам						
	1	2	3	4	5	6	8
0...40 часов	1	0,9	1	1	1	1	0,7
41...80 часов (1–2 стирки)	0,87	0,71	0,85	0,68	0,69	0,64	0,3
81...120 часов	0,68	0,38	0,62	0,62	0,63	0,59	0,0
121...160 часов	0,51	0,3	0,54	0,56	0,54	0,53	–
161...200 часов (3–5 стирок)	0,36	0,22	0,32	0,54	0,48	0,46	–

казаны в источниках [14–17]. Результаты исследования экипировки биатлониста представлены в таблице 3.

Анализ данных таблиц 2 и 3 показывает, что в исследуемой группе образцов именно образцы трехслойной структуры имеют самый низкий уровень стабильности показателя водонепроницаемости после эксплуатации. Время носки экипировки из трехслойных материалов в 2,5 раза меньше, поскольку уже после 51 часа носки и 3 стирок они перестают выполнять водозащитную функцию, теряя свою изначально высокую водонепроницаемость. Только образец № 7 выдержал 25 часов интенсивной носки с показателем относительной водонепроницаемости не ниже 0,65.

Если в таблице 1 обратить внимание на толщину мембранного слоя исследуемых образцов, можно заметить, что материалы с тонким мембранным слоем разрушаются значительно быстрее – толщина мембранного слоя в 2-слойных

и 2,5-слойных материалах в 3–7 раз больше, чем в 3-слойных. Предположительно, трехслойная структура является нестабильной вследствие наименьшей толщины мембраны.

Таким образом, по данным экспериментальных исследований установлено, что уровень водонепроницаемости 3-слойных КСТМ типа 5 нестабилен в процессе носки, 2-слойные КСТМ структурного типа 1 обладают средней стабильностью уровня водонепроницаемости в эксплуатации: после 200 часов экспериментальной носки они сохранили около 30 % начальной водонепроницаемости. Наиболее длительным ресурсом водонепроницаемости материалов верха обладают 2,5-слойные КСТМ структурного типа 3. Такие материалы содержат комбинированную двухкомпонентную гидрофобно-гидрофильную мембрану и текстильный слой. После 200 часов экспериментальной носки они сохраняют в среднем половину начального уровня водонепроницаемости.

Таблица 3 – Сводная таблица результатов экспериментальной носки экипировки биатлониста

Интервал времени носки (количество стирок)	Средняя относительная водонепроницаемость по образцам		
	7	9	10
0...25 часов (1стирка)	0,65	0,58	0,61
26...50 часов (2 стирки)	0,32	0,21	0,35
51...75 часов (3 стирки)	0,01	0,0	0,0

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. William, C. Smith (2010), *Smart Textile Coatings and Laminates*, Elsevier: Wood head Publishing Ltd, 2010, 320 p.
2. Lomax, G. R. (2007), Breathable polyurethane membranes for textile and related industries, *Journal of Materials Chemistry*, 2007, Issue 27, pp. 2775–2784.
3. Fan, J., Hunter, L. (2009), *Engineering apparel fabrics and garments*, Woodhead Publishing Limited, 2009, 391 p.

REFERENCES

1. William, C. Smith (2010), *Smart Textile Coatings and Laminates*, Elsevier: Wood head Publishing Ltd, 2010, 320 p.
2. Lomax, G. R. (2007), Breathable polyurethane membranes for textile and related industries, *Journal of Materials Chemistry*, 2007, Issue 27, pp. 2775–2784.
3. Fan, J., Hunter, L. (2009), *Engineering apparel fabrics and garments*, Woodhead Publishing Limited, 2009, 391 p.

4. Абдуллин, И. Ш., Ибрагимов, Р. Г., Зайцева, О. В., Парошин, В. В. (2013), Современные методы изготовления композиционных мембран, *Вестник казанского технологического университета*, 2013, №9, С 24–34.
5. Барнягина, О. В., Мухаматдинова, Р. Э., Пухачева, Э. Н., Матвеева, В. Ю. (2017), Селективно-проницаемые мембраны с высоким уровнем паропроницаемости и защитных свойств, *Вестник технологического университета*, 2017, № 21, С 28–31.
6. Буркин, А. Н., Махонь, А. Н., Панкевич, Д. К. (2019) *Эксплуатационные свойства текстильных материалов*, Витебск, УО «ВГТУ», 2019, 218 с.
7. Панкевич, Д. К. (2018), Методика экспериментальной носки спортивной водозащитной экипировки, *Технологии, дизайн, наука, образование в контексте инклюзии: сборник научных трудов*, Ч. 1, Москва, РГУ им. А. Н. Косыгина, 2018, С. 95–100.
8. Овсянникова, Н. В. (1985), Опытная носка – метод комплексной оценки качества материалов, *Комплексная оценка качества материалов и пакетов швейных изделий: сборник научных трудов*, Москва, ЦНИИТЭИлегпром, 1985, С. 26.
9. Буркин, А. Н., Панкевич, Д. К. (2020), *Гигиенические свойства мембранных текстильных материалов*, Витебск, УО «ВГТУ», 2020, 190 с.
10. ГОСТ 413-91 (ИСО 1420-87). *Ткани с резиновым или пластмассовым покрытием. Определение водонепроницаемости*, введ. 01.07.92, (2002), Москва, ИПК Издательство стандартов, 6 с.
11. Панкевич, Д. К., Буркин, А. Н., Петрова, Р. С., Борозна, В. Д. (2015), *Прибор для определения водонепроницаемости материалов методом гидростатического давления*, патент РБ № 10690, МПК G01N15/08, заявлено 2015.01.05; опубликовано 30.06.2015, Бюл. № 3.
4. Abdullin, I. Sh., Ibragimov, R. G., Zaitseva, O. V., Paroshin, V. V. (2013), Modern methods of manufacturing composite membranes [Sovremennye metody izgotovleniya kompozitsionnyh membran], *Vestnik Kazanskogo Tehnologicheskogo Universiteta – Vestnik of Kazan Technological University*, 2013, No. 9, pp. 24–34 .
5. Barnjagina, O. V., Muhamatdinova, R. Je., Puhacheva, Je. N., Matveeva, V. Ju. (2017), Selectively permeable membranes with a high level of vapor permeability and protective properties [Selektivno-pronicaemye membrany s vysokim urovnem paropronicaemosti i zashhitnyh svojstv], *Vestnik tehnologicheskogo universiteta – Vestnik of University of Technology*, 2017, № 21, pp. 28–31.
6. Burkin, A. N., Mahon, A. N., Pankevich, D. K. (2019), *Jekspluatacionnye svojstva tekstil'nyh materialov* [Operational properties of textile materials], Vitebsk, EI «VSTU», 2019, 218 p.
7. Pankevich, D. K. (2018), Methods of experimental wear of sports waterproof equipment [Metodika jeksperimental'noj noski sportivnoj vodozashhitnoj jekipirovki], *Tehnologii, dizajn, nauka, obrazovanie v kontekste inkluzii: sbornik nauchnyh trudov – Technologies, design, science, education in the context of inclusion: a collection of scientific papers*, Part 1, Moscow, Russian State University named after A. N. Kosygina, 2018, pp. 95–100.
8. Ovsjannikova, N. V. (1985), Experimental sock - a method for a comprehensive assessment of the quality of materials [Opytnaja noska – metod kompleksnoj ocenki kachestva materialov], *Kompleksnaja ocenka kachestva materialov i paketov shvejnyh izdelij: sbornik nauchnyh trudov – A comprehensive assessment of the quality of materials and packages of garments: a collection of scientific papers*, Moscow, TSNIITEIlegprom, 1985, p. 26.
9. Burkin, A. N., Pankevich, D. K. (2020), *Gigienicheskie svojstva membrannyh tekstil'nyh materialov*

12. ГОСТ Р 57514-2017. *Ткани с резиновым или полимерным покрытием для водонепроницаемой одежды. Технические условия*, введ. 01.04.18, (2017), Москва, ФГУП «Стандартинформ», 24 с.
13. Склянный, В. П. (1984), *Строение и качество тканей*, Москва, 1984, 176 с.
14. Williams, J. T. (2009), *Textiles for cold weather apparel*, Elsevier, Wood head Publishing Ltd, 2009, 432 p.
15. Holmes, D. A. (2000), *Waterproof breathable fabrics*, England, Cambridge, The Textile Institute, 2000, 576 p.
16. Стельмашенко, В. И., Розаренова, Т. В. (2010), *Материалы для одежды и конфекционирование: учеб. для ВУЗов*, Москва, Издательский центр «Академия», 2010, 320 с.
17. Optimal moisture management for outdoor activities in all seasons with changing load intervals (2016), режим доступа: <http://www.sympatex.com/en/technologies/513/moisture-tech-apparel> (дата доступа 08 декабря 2016).
- [Hygienic properties of membrane textile materials], Vitebsk, EI «VSTU», 2020, 190 p.
10. GOST 413-91 (ISO 1420-87). *Fabrics with rubber or plastic coating. Determination of Waterproofness*, Int. 01.07.92, (2002), Moscow, Publishing house of standards, 6 p.
11. Pankevich, D. K., Burkin, A. N., Petrova, R. S., Borozna, V. D. (2015), *Pribor dlja opredelenija vodonepronicamosti materialov metodom gidrostaticheskogo davlenija* [A device for determining the water resistance of materials by hydrostatic pressure], patent of the Republic of Belarus № 10690, MPC G01N15 / 08, declared 05.01.2015; published 06.30.2015, Bull. № 3.
12. GOST R 57514-2017. *Fabrics with rubber or polymer coating for waterproof clothing. Specifications*, Int. 01.04.18, (2017), Moscow, Standartinform Federal State Unitary Enterprise, 24 p.
13. Sklyannikov, V. P. (1984), *Stroenie i kachestvo tkanej* [Structure and quality of fabrics], Moscow, 1984, 176 p.
14. Williams, J. T. (2009), *Textiles for cold weather apparel*, Elsevier, Wood head Publishing Ltd, 2009, 432 p.
15. Holmes, D. A. (2000), *Waterproof breathable fabrics*, England, Cambridge, The Textile Institute, 2000, 576 p.
16. Stelmashenko, V. I., Rozarenova, T. V. (2010), *Materialy dlja odezhdy i konfekcionirovanie: ucheb. dlja VUZov* [Materials for clothing and confectionery: textbook for universities], Moscow, Publishing Center «Academy», 2010, 320 p.
17. Optimal moisture management for outdoor activities in all seasons with changing load intervals (2016), available at: <http://www.sympatex.com/en/technologies/513/moisture-tech-apparel> (accessed December 08, 2016).

Статья поступила в редакцию 30.03.2020 г.