

Комплексная оценка эксплуатационных свойств материалов для изготовления каркаса бронеодежды

Д. К. Панкевич^а, М. Л. Кукушкин, Е. В. Амонова

Витебский государственный технологический университет», Республика Беларусь

^аE-mail: dashapan@mail.ru

Аннотация. В статье дано описание каркаса бронеодежды скрытого ношения, приведена методика определения номенклатуры и весомости показателей в комплексной оценке эксплуатационных свойств материалов для его изготовления, основанная на анализе назначения и условий эксплуатации изделия. В работе представлены результаты исследования и комплексной оценки эксплуатационных свойств, а также рекомендации по выбору трикотажных полотен для изготовления каркаса бронеодежды скрытого ношения.

Ключевые слова: бронеодежда скрытого ношения, трикотажное полотно, эксплуатационные свойства, исследование, комплексная оценка.

Comprehensive Assessment of Materials Performance Properties for Manufacture of Armor Frame

D. Pankevich^a, M. Kukushkin, E. Amonova

Vitebsk State Technological University, Vitebsk, Republic of Belarus,

^aE-mail: dashapan@mail.ru

Annotation. The article describes the frame of concealed armor clothes, describes the method for determining the nomenclature and weight of indicators in a comprehensive assessment of the performance properties of materials for its manufacture, based on an analysis of the purpose and conditions of use of the product. The paper presents the results of a study and an integrated assessment of performance properties, as well as recommendations on the choice of knitted fabrics for the manufacture of concealed armored clothing.

Key words: concealed wearing armor, knitted fabric, performance properties, research, comprehensive assessment

Бронеодежда – это средство индивидуальной броневой защиты, выполненное в виде предмета одежды мягкой, полужесткой или жесткой защитной структуры, предназначенное для периодического ношения с целью защиты тела человека от холодного и огнестрельного стрелкового оружия [1].

Ассортимент бронеодежды чрезвычайно широк и разнообразен, однако общим для всех изделий является наличие каркаса и вкладываемых в него защитных элементов (бронепакетов). Характерным является и применение существенно различающихся по свойствам материалов для изготовления каркаса и защитных элементов. В результате бронеодежда становится сложной системой, включающей множество разнородных материалов, которые испытывают нагрузки со стороны носчика и соседних элементов, но при этом и сами оказывают определенное влияние на человека. Производство такого сложного изделия требует системного подхода к проектированию. Поэтому проектирование процессов изготовления бронеодежды в первую очередь должно быть основано на следовании принципам функционального комфо-

рта и надежности в вопросах выбора пакета материалов.

В настоящее время отмечается рост интереса представителей охранных структур и частных лиц к бронеодежде скрытого ношения, каркас которой изготовлен из трикотажных полотен. Это обусловлено тем, что такое средство защиты обладает относительно малыми толщиной и весом, оно легко притягивается к телу, не затрудняя движений. При изменении положения тела носчика бронеодежда скрытого ношения перераспределяется по его поверхности, не коробится и не топорщится благодаря гибкости и растяжимости материалов, применяемых для изготовления её каркаса. В случае исчезновения опасности бронезащитные элементы изымаются, а изделие становится пригодным для ношения в качестве предмета одежды первого слоя. Каркас бронеодежды скрытого ношения состоит из маскирующей футболки и навесных карманов для вкладывания защитных элементов, соединяемых между собой на некоторых участках (как правило, по горловине и в области плечевого пояса).

Состав и внешний вид каркаса бронеодежды скрытого ношения представлен на рисунке 1.

Защитную функцию, обеспечивающую соответствие назначению, выполняют гибкие бронепакеты, вкладываемые в каркас бронеодежды скрытого ношения, обеспечивающие защиту от pistolетных пуль и некоторых видов холодного оружия. Они легко скрываются под одеждой, обладают сравнительно небольшим весом, могут быть быстро вложены в специальные карманы каркаса бронеодежды или изъяты из

них при необходимости. Перспективы применения именно таких защитных элементов связаны с постоянным стремлением к облегчению пакета материалов бронеодежды. Как отмечает А. Бхатнагара в источнике [2]: «...вес легкой брони уменьшается каждые 10 лет на 10–20 %». В связи с этим вопросы проектирования каркаса бронеодежды скрытого ношения приобретают весьма актуальный характер.

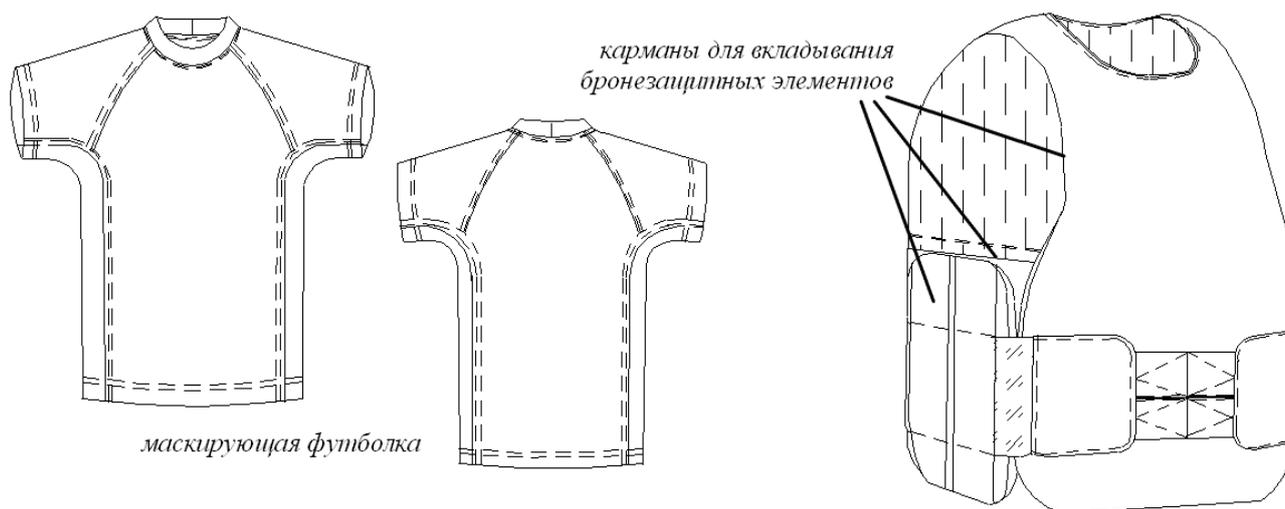


Рисунок 1 – Внешний вид каркаса бронеодежды скрытого ношения

Каркас бронеодежды скрытого ношения должен удерживать значительный вес. Наиболее легкие композиционные материалы на основе стеклянных или арамидных волокон, применяемые для изготовления бронезащитных элементов, характеризуются поверхностной плотностью 35 г/дм², а наиболее тяжелые материалы из сверхвысокомолекулярного полиэтилена обладают поверхностной плотностью 100 г/дм² [2, 3]. Несложно подсчитать, что при средней общей площади защиты 40 дм² вес гибких бронезащитных элементов будет колебаться в пределах 1400 г...4000 г. В источнике [2] указан средний вес гибкой бронеодежды – 3800 г. Этот факт необходимо учитывать при выборе материалов каркаса.

Задача подбора материалов для каркаса бронеодежды затрагивает не столько защитные элементы, сколько материалы «несущей» конструкции-футляра, которую можно рассматривать как специфический вид одежды первого слоя, призванный обеспечивать необходимый уровень стойкости к внешним воздействиям, характерным для определенного рода деятельности. Каркас бронеодежды скрытого ношения должен быть прочным, способным выдерживать вес бронепакетов, обеспечивать их быстрое размещение и извлечение, а также иметь возможность регулировки по обхвату и росту, быть технологичным в производстве, безопасным для здоровья человека. Соответствие указанным требованиям в значительной степе-

ни обеспечивается рациональным выбором пакета материалов.

Таким образом, оценка эксплуатационных свойств материалов для изготовления каркаса бронеодежды скрытого ношения должна учесть безотказность работы материала, его безопасность и соответствие назначению в эксплуатационных условиях. При определении номенклатуры и весомости показателей в комплексной оценке эксплуатационных свойств материалов авторами статьи взяты за основу положения методики, изложенной в источнике [4].

В соответствии с разработанной методикой, выполнен анализ области применения материалов и выявлены основные факторы Φ_n , воздействующие на бронеодежду скрытого ношения в процессе эксплуатации, а также показатели Π_i свойств материалов, обеспечивающих способность материалов противостоять воздействию этих факторов. Результаты анализа представлены в таблице 1.

В соответствии с методикой [4] определяли интенсивность воздействия факторов Φ_n на материалы в процессе эксплуатации. Интенсивность воздействия каждого фактора определяется тремя **уровнями**:

0 – воздействие фактора не наблюдается или ничтожно мало;

1 – эксплуатационный фактор воздействует на материал, но не доминирует;

2 – воздействие фактора для данного вида изделия преобладает.

Таблица 1 – Анализ области применения материалов каркаса бронеодежды

Факторы, Φ_n	Свойство материала	Показатели свойств, Π_i / Условн. обознач.
Вес защитных элементов	Способность материала сопротивляться действию различно приложенных к нему внешних сил	Разрывная нагрузка / Рн; удлинение при разрыве / Ру; растяжимость при нагрузках, меньше разрывных / Р; необратимая деформация / Нд
Температура и влажность пододежного пространства	Способность материала пропускать водяные пары из среды с повышенной влажностью воздуха в среду с меньшей влажностью	Паропроницаемость / П
	Способность материалов пропускать через себя воздух	Воздухопроницаемость / В
	Способность материалов поглощать и отдавать водяные пары и воду	Гигроскопичность / Г
Трение	Способность материала противостоять изнашиванию поверхности	Устойчивость к истиранию / Уи

Приоритет показателей свойств и их набор определяется исходя из верхнетреугольной матрицы *приоритетных показателей свойств (ППС)*, соответствующих суммарным эксплуатационным воздействиям. С учетом наличия и интенсивности воздействия соответствующего фактора ему присваивается *уровень* Y_j и записывается в крайний левый столбец матрицы соответственно фактору. *Уровень* Y_k для каждого фактора записывается и в крайней верхней строке матрицы ППС. Все элементы матрицы ППС ниже главной диагонали равны нулю. Количество строк и количество столбцов в матрице равно количеству факторов воздействия. При этом имеет место равенство уровней для одноименных факторов воздействия, порядок записи которых в матрице одинаков (формула 1):

$$\text{при } j = k \quad Y_j = Y_k, \quad (1)$$

где j – номер строки в матрице ППС, $j \in [1, n]$,
 n – количество факторов;

k – номер столбца в матрице ППС, $k \in [1, n]$,
 n – количество факторов;

Y_j – уровень воздействия j -го фактора в анализируемых условиях эксплуатации одежды, баллы, $Y_j \in [0, 2]$;

Y_k – уровень воздействия k -го фактора в анализируемых условиях эксплуатации одежды, баллы, $Y_k \in [0, 2]$.

Для каждой пары факторов Φ_{jk} установлен показатель Π_i свойства, обеспечивающего устойчивость материала к определенному виду воздействию или физиологический комфорт одетого человека.

Расчет коэффициентов весомости показателей свойств в комплексной оценке эксплуатационных свойств материала ведется в следующей последовательности:

1. Расчет балла B_{jk}^i , присваиваемого показателю Π_i , указанному на пересечении j -й строки и k -го столбца матрицы ППС по формуле (2):

$$B_{jk}^i = Y_j \cdot Y_k, \quad (2)$$

где B_{jk} – балл показателя свойства, обеспечивающего устойчивость материала к суммарному воздействию j -го и k -го факторов.

2. Расчет суммарного балла ΣB_{jk}^i по каждому показателю свойства Π_i ;

3. Расчет суммы $\Sigma \Sigma B_{jk}$ всех баллов по всем показателям матрицы.

4. Расчет коэффициента весомости W_i каждого показателя в комплексной оценке эксплуатационных свойств материалов по формуле (3):

$$W_i = \frac{\sum_j B_{jk}^i}{\sum_j \sum_k B_{jk}}, \quad (3)$$

где W_i – коэффициент весомости i -го показателя свойства, доли от единицы;

i – количество показателей свойств в матрице ППС.

Исходим из тех соображений, что вес защитных элементов – постоянно действующий фактор, а два оставшихся фактора взаимообусловлены и воздействуют на материалы периодически: как только материалы начинают испытывать трение (этот процесс, двигаясь, «запускает» носчик), температура и влажность пространства под одеждой возрастают.

Матрица ППС материалов для каркаса бронеодежды скрытого ношения представлена в таблице 2.

При установлении показателя свойства, записываемого на пересечении строки и столбца матрицы, приоритет был отдан показателю, обеспечивающему нормальные условия жизнедеятельности человека в одежде, прежде всего комфорт. В матрице учтены такие закономерности, как возрастание роли гигроскопичности при одновременном воздействии истирания, температуры и влажности пододежного пространства, поскольку причиной таких нагрузок на материалы является активное движение одетого человека, что приводит к выделению пота и необходимости его поглощения материалами одежды. В свою очередь, повышение температуры и влажности пододежного пространства при одновременном воздействии веса защитных элементов указывает на приоритет показателя растяжимости при нагрузках, меньше разрывных, поскольку влага и температура оказывают пластифицирующее

действие на волокна, повышая способность к деформации при приложении нагрузки.

Уровень интенсивности воздействия факторов назначения, определенный для каркаса бронеодежды скрытого ношения в результате анализа условий эксплуатации, отражен в матрице приоритетных показателей свойств в таблице 3.

По матрице ППС (табл. 3) по формулам (1, 2) рассчитывали баллы показателей эксплуатационных свойств материалов, а по формуле (3) проводили расчет коэффициентов весомости показателей, представленный в таблице 4.

В качестве объектов исследования были выбраны трикотажные полотна, характеристика которых представлена в таблице 5. Выбирали полотна, малорастяжимые вдоль петельных столбиков, небольшой поверхностной плотности, окрашенные в светлые тона.

Таблица 2 – Матрица ППС для материалов каркаса бронеодежды

Фактор воздействия (условное обозначение)	(ВЗЭ)	(ТВ)	(И)
Вес защитных элементов (ВЗЭ)	Р _н	Р	Р
Температура и влажность пододежного пространства (ТВ)	-	Г	Г
Истирание (И)	-	-	У _и

Таблица 3 – Уровни интенсивности воздействия факторов назначения

Уровень воздействия, баллы	У _к	2	1	1
У _j	Эксплуатационные факторы (условное обозначение)	(ВЗЭ)	(ТВ)	(И)
		Показатель свойства / балл		
2	Вес защитных элементов (ВЗЭ)	Р _н /4	Р/2	Р/2
1	Температура и влажность пододежного пространства (ТВ)		Г/1	Г/1
1	Истирание (И)			У _и /1

Таблица 4 – Расчет коэффициентов весомости показателей свойств

Показатель свойства (условное обозначение)	Сумма баллов	Коэффициент весомости показателя, доли от единицы
Разрывная нагрузка (Р _н)	4	0,36
Растяжимость при нагрузках, меньше разрывных (Р)	4	0,36
Гигроскопичность (Г)	2	0,18
Устойчивость к истиранию (У _и)	1	0,1
Сумма баллов	11	1

Таблица 5 – Характеристика материалов

Номер образца	Артикул материала	Переплетение	Волокнистый состав, %	Поверхностная плотность, г/м ²	Число петель на 100 мм по горизонтали	Число петель на 100 мм по вертикали
1	126ТА-01	Основовязаное одинарное рисунчатое 2-гребеночное	ПУ–20, ПА–80	185	240	410
2	NK-OTTOMAN	Кулирное одинарное регулярное жаккардовое	Хлопок–28, ПА–72	162	170	170
3	620/6 HP	Кулирное одинарное футерованное	Хлопок–20 ПУ–2, ПЭ–78	297	150	210
4	618/6 HP	Кулирное одинарное футерованное	Хлопок–18 ПУ–2, ПЭ–80	244	155	180
5	SL-10226	Кулирное двойное производное комбинированное	ПУ–5, ПЭ–95	298	170	170
6	B-229/1	Кулирная гладь / основовязаное одинарное рисунчатое 2-гребеночное	Хлопок–40, ПЭ–58, ПУ–2	362	160 / 230	190 / 290
7	ЭП 53202	Основовязаное одинарное рисунчатое 2-гребеночное	ПА–95, ПУ–5	206	290	470

С целью оценки эксплуатационных свойств выбраны трикотажные материалы различной структуры. Преимущественно образцы содержат в структуре полиуретановые нити, за исключением образца 2.

В основовязанных образцах 1, 7 и с одной стороны образца 6 полиуретановая нить образует петли своей системой нитей. Полиамидные или полиэфирные нити тоже образуют петли на тех же иглах. Благодаря правильному расположению систем нитей на иглах полиуретановая нить находится внутри полотна и сверху покрыта полиэфирной или полиамидной нитью. В полотне все петли имеют такое строение. Такое расположение нитей образует класс рисунчатых переплетений, называемых платированными. Процентное содержание эластичных нитей в полотне регулируется соотношением линейных плотностей систем нитей или, при отсутствии необходимости перезаправки, путем изменения натяжения полиуретановых нитей при вязании. Такого рода материалы хорошо себя зарекомендовали и широко используются при изготовлении корсетных изделий для повседневного использования.

В образцах 3 и 4 полиуретановая нить провязывается в петли совместно с грунтовой пряжей и стягивает петли вместе. За счет этого отрезки футерной нити, выходящие на изнаночную сторону полотна, располагаются более плотно. Это дает возможность получить более застилистое покрытие на изнаночной стороне полотна. Подобные переплетения используются при изготовлении белья для холодного времени года. Пряжа, выходящая на изнаночную сторону, во-первых, выполняет теплозащитную функцию, во-

вторых, способствует впитыванию влаги вовнутрь полотна. В рассматриваемых образцах грунт образуется смешанной хлопкополиэфирной пряжей, что несколько удешевляет полотно без потери его механических свойств.

Образец 6 получен клеевым соединением кулирного и основовязаного полотен, образующих отдельно две стороны материала. Благодаря такому способу получения можно изменять в широких пределах механические и гигиенические характеристики полученного пакета.

Использование жаккардового переплетения (образец 2) позволяет уменьшить растяжимость полотна в ширину без потери механических свойств. Чередование петельных столбиков из двух систем нитей мешает перетяжке нити при деформации полотна, соответственно несколько снижается и растяжимость вдоль петельных столбиков. Чем более высокого индекса петли используются, тем переплетение становится менее растяжимым при прочих равных условиях. Использование двух систем одинаковых нитей или пряжи позволяет получать формоустойчивое полотно без выраженного рисунка, используемое в ассортименте верхнетрикотажных изделий.

Образец 5 образован комбинированием нескольких переплетений. После одного ряда двуластичного переплетения выполняется ряд переплетением сдвоенная кулирная гладь. Причем при вязании этого переплетения используется три вида сырья. Двуластичное переплетение образуется полиэфирной пряжей. Соответственно кулирная гладь вяжется двумя системами нитей таким образом, что с одной стороны

ряд петель образуется полиэфирной комплексной нитью. Одновременно соответствующие петли другой стороны трикотажа вяжутся комбинированной пневмосоединенной нитью, в состав которой входит полиуретановый сердечник.

Исследования свойств материалов проводили в аккредитованной лаборатории сектора испытаний Центра испытаний и сертификации Витебского государственного технологического университета. Разрывную нагрузку определяли по ГОСТ 8847-85 вдоль петельных столбиков, поскольку именно в этом направлении материалы каркаса бронеодежды испытывают максимальную нагрузку, устойчивость к истиранию – по ГОСТ 12739-85 с применением в качестве абразива шлифовального круга ПП 250x13x76 24А-5Н-В1 со степенью твердости СТ 1 по ГОСТ 2424-83, гигроскопичность – по ГОСТ 3816-81, растяжимость при нагрузках, меньше разрывных, – по ГОСТ 8847-85. При определении разрывной нагрузки предварительное натяжение пробы устанавливали с помощью груза массой 500 г для моделирования нагрузки, создаваемой бронезащитными элементами.

Оценка эксплуатационных свойств материалов выполнена комплексным методом, изложенным в источнике [5].

Задача оценки уровня эксплуатационных свойств материалов сформулирована в виде зависимости (4):

$$K = f(W_1 \cdot B_{oi}, \dots, W_i \cdot B_{oi}) \longrightarrow \max, \quad (4)$$

где K – комплексный показатель эксплуатационных свойств;

B_{oi} – относительное значение i -го показателя, определенное дифференциальным методом.

В качестве базовых показателей при расчете относительных значений единичных показателей свойств использовались значения показателей, представленные в столбце 2 таблицы 6. Базовые значения показателей определены по результатам анализа литературных источников и технических нормативно-правовых актов.

В данном случае все показатели свойств, кроме растяжимости при нагрузках, меньше разрывных, позитивные.

Комплексный показатель эксплуатационных свойств рассчитывался как средневзвешенное арифметическое относительных единичных показателей с учетом коэффициентов весомости [5].

Расчет комплексной оценки эксплуатационных свойств трикотажных полотен для каркаса бронеодежды скрытого ношения представлен в таблице 6.

Как видно из таблицы 6, по результатам комплексной оценки эксплуатационных свойств образцы трикотажных полотен под номерами 1, 2, 4, 5 и 6 могут рассматриваться в качестве материалов для изготовления каркаса бронеодежды скрытого ношения. Они обеспечат необходимый уровень эксплуатационных свойств. Лидерами в исследуемой группе образцов можно назвать образцы под номерами 5 и 6, получившие наивысшую оценку, однако образец 5, обладающий наивысшим уровнем механических свойств, имеет низкий показатель гигроскопичности. Введение небольшого количества хлопка в сырьевой состав пряжи позволит исправить этот недостаток при сохранении высоких показателей разрывной нагрузки и устойчивости к истиранию.

Кроме воздействия эксплуатационных факторов на материалы, сами материалы могут неблагоприятно влиять на человека, особенно при непосредственном контакте с его кожей, как это происходит в рассматриваемом изделии, поэтому предложено для оценки способности материалов оказывать потенциально опасное (вредное) действие на организм пользователя использовать следующие показатели и допустимые пределы их значений:

- индекс токсичности в водной среде – в диапазоне 70...120 %;
- содержание свободного формальдегида – не более 75 мкг/г;
- уровень напряженности электростатического поля на поверхности изделия – не более 15 кВ/м;
- интенсивность запаха – не более 2 баллов.

Анализ результатов исследования показателей безопасности образцов полотен под номерами 1, 2, 4, 5 и 6 является темой следующей публикации авторов. При условии, что материал получил высокую комплексную оценку эксплуатационных свойств, а значения показателей безопасности находятся в допустимых пределах, его можно использовать для изготовления каркаса бронеодежды скрытого ношения.

Таблица 6 – Расчет комплексной оценки эксплуатационных свойств материалов

Наименование показателя (условное обозначение), ед. измерения абсолютного значения показателя	Базовое значение	Номер образца						
		1	2	3	4	5	6	7
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Абсолютное / Относительное значение позитивного показателя $B_{oi} = \frac{B_i}{B_{баз}}$								
Разрывная нагрузка (Pн), Н	300	340	310	128	333	1020	470	140
	1,00	1,13	1,03	0,43	1,11	3,4	1,57	0,47

Продолжение таблицы 6

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Устойчивость к истиранию (Уи), циклы	80	80	92	72	76	210	194	70
	1,00	1,00	1,15	0,9	0,95	2,63	2,43	0,88
Гигроскопичность (Г), %	6,0	7,8	9,0	5,0	6,0	1,3	9,4	6,0
	1,00	1,30	1,50	0,83	1,00	0,22	1,57	1,00
Абсолютное / Относительное значение негативного показателя $B_{oi} = \frac{B_{баз}}{B_i}$								
Растяжимость при нагрузках, меньше разрывных (Р), %	30	40	22	18	15	26	10	38
	1,00	0,75	1,36	1,67	2	1,15	3	0,79
Комплексная оценка эксплуатационных свойств, баллы		1,01	1,25	0,99	1,39	1,94	2,17	0,72

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бронеодежда. Классификация и общие технические требования : ГОСТ Р 50 744-95. – Введ. 27.02.1995. – М. : ИПК Издательство стандартов, 2003. – 6 с.
2. Легкие баллистические материалы : справочник / под ред. А. Бхатнагара ; пер. с англ. под общ. ред. С. Л. Баженов. – М. : Техносфера, 2011. – 392 с.
3. Зайцев, Е. Выбор бронежилета: основные критерии [Электронный ресурс] / Е. Зайцев, В. Нарцев. – Режим доступа: <http://zhyvoi.ru/kak-vyibrat-bronezhilet.html>. – Дата доступа: 09.10.2018.
4. Панкевич, Д. К. Оценка эксплуатационных свойств композиционных слоистых текстильных материалов для водозащитной одежды : дис. ... канд. техн. наук / Д. К. Панкевич. – Витебск, 2017. – 244 с.
5. Мишин, В. М. Управление качеством : учебник / В. М. Мишин. – 2-е изд. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2005. – 463 с.

REFERENCES

1. Armored clothing. Classification and general technical requirements : GOST R 50 744-95. – Enter 02.27.1995. – M. : IPK Publishing house of standards, 2003. – 6 p.
2. Light ballistic materials : a handbook / ed. A. Bhatnagar ; per. from English under total ed. S. L. Bazhenov. – M. : Technosphere, 2011. – 392 p.
3. Zaitsev, E. The choice of body armor: the main criteria [Electronic resource] / E. Zaitsev, V. Nartsev. – Access mode: <http://zhyvoi.ru/kak-vyibrat-bronezhilet.html>. – Access date: 10/09/2018.
4. Pankevich, D. K. Evaluation of the performance properties of composite layered textile materials for waterproof clothing: dis. ... cand. tech. Sciences / D. K. Pankevich. – Vitebsk, 2017. – 244 p.
5. Mishin, V. M. Quality management : textbook / V. M. Mishin. – 2nd ed. – M. : UNITY-DANA, 2005. – 463 p.

SPISOK LITERATURY

1. Broneodezhda. Klassifikacija i obshhie tehicheskie trebovanija : GOST R 50 744-95. – Vved. 27.02.1995. – M. : IPK Izdatel'stvo standartov, 2003. – 6 s.
2. Legkie ballisticheskie materialy : spravocchnik / pod red. A. Bhatnagara ; per. s angl. pod obshh. red. S. L. Bazhenov. – M. : Tehnosfera, 2011. – 392 s.
3. Zajcev, E. Vybor bronezhileta: osnovnye kriterii [Jelektronnyj resurs] / E. Zajcev, V. Narcev. – Rezhim dostupa: <http://zhyvoi.ru/kak-vyibrat-bronezhilet.html>. – Data dostupa: 09.10.2018.
4. Pankevich, D. K. Ocenka jekspluatacionnyh svojstv kompozicionnyh sloistyh tekstil'nyh materialov dlja vodozashhitnoj odezhdy : dis. ... kand. tehn. nauk / D. K. Pankevich. – Vitebsk, 2017. – 244 s.
5. Mishin, V. M. Upravlenie kachestvom : uchebnik / V. M. Mishin. – 2-e izd. – M. : JuNITI-DANA, 2005. – 463 s.

Статья поступила в редакцию 30.11.2018