

УДК 677.02 : 621.315.4
DOI 10.47367/0021-3497_2026_2_177

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ СЛОЯМИ ПАКЕТОВ
ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ
ЭКРАНИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ**

**EVALUATION OF EFFECT OF DISTANCE BETWEEN
PACKAGE LAYERS OF TEXTILE MATERIALS ON
THE EFFECTIVENESS OF ELECTROMAGNETIC RADIATION SHIELDING**

Е.Г. ЗАМОСТОЦКИЙ^{1,2}, Д.Б. РЫКЛИН¹, С.Э. САВАНОВИЧ³

Y.G. ZAMASTOTSKIY^{1,2}, D.B. RYKLIN¹, S.E. SAVANOVICH³

¹Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь,
²Витебский филиал Международного университета "МИТСО", Республика Беларусь,
³Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Республика Беларусь)

(¹Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus,
²Vitebsk branch of International University "MITSO", Republic of Belarus,
³Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Republic of Belarus)

E-mail: Evgen_Zam@tut.by

Статья посвящена экспериментальным исследованиям, целью которых являлось установление влияния расстояния между текстильными материалами, содержащими в своей структуре стальные волокна, на эффективность экранирования электромагнитного излучения (ЭМИ). Исследования проводились в диапазоне частот ЭМИ от 0,7 до 17 ГГц. Экспериментально доказано, что эффективность экранирования многослойных текстильных материалов

определяется не только характеристиками каждого из слоев, но и расстоянием между ними. Определено, что увеличение расстояния между слоями материалов до 10 мм позволяет уменьшить взаимное переотражение электромагнитных излучений и приводит к повышению эффективности их экранирования на 6...8 дБ с одновременным снижением доли отраженных излучений до 35 % в диапазонах частот до 2,5 ГГц. Установленные закономерности могут быть использованы при разработке многослойных электромагнитных экранов в заданных диапазонах частот на основе сочетания в их структуре различных текстильных материалов, содержащих электропроводящие виды сырья, с учетом конкретных требований их эксплуатации.

The article is dedicated to experimental research aimed at determining the effect of the distance between textile materials containing steel fibers in their structure on the shielding efficiency of electromagnetic radiation (EMR). The studies were conducted in the EMR frequency range from 0.7 to 17 GHz. It has been experimentally proven that the effectiveness of shielding in multilayer textile materials is determined not only by the characteristics of each layer, but also by the distance between them. It has been determined that increasing the distance between the layers of materials to 10 mm reduces the mutual re-reflection of electromagnetic radiation and increases the efficiency of shielding by 6-8 dB, while simultaneously reducing the amount of reflected radiation to 35% in the frequency range up to 2.5 GHz. These findings can be used in the development of multilayer electromagnetic shields in specific frequency ranges by combining different textile materials in their structure, taking into account the specific requirements of their operation.

Ключевые слова: экранирующие характеристики, текстильные материалы, пакеты, защита, электромагнитное излучение.

Keywords: shielding characteristics, textile materials, packages, protection, electromagnetic radiation.

Одним из наиболее перспективных направлений расширения ассортимента текстильных материалов является создание новых видов полотен специального назначения для изготовления спецодежды работников разных отраслей [1].

Спецодежда работников различных профессий должна обеспечивать безопасность труда, предохранять от воздействия вредных факторов (метеорологических, механических, химических, физических, биологических), сохраняя нормальное функциональное состояние человека, его работоспособность в течение всего рабочего времени [2...5].

К вредным производственным факторам относится электромагнитное излучение (ЭМИ), даже небольшое энергетическое воздействие которого оказывает отрицательное влияние на человеческий организм на клеточном и молекулярном уровне. В

последнее десятилетие существенно расширилась область использования электромагнитных волн различных частот, возросли уровни мощности электромагнитных полей, увеличилось число источников помех самой разнообразной природы [6].

Одной из разновидностей материалов для защиты от ЭМИ являются экраны из металлической сетки. Их эффективность может зависеть от различных факторов, таких как размер ячейки сетки, толщина и материал металлической нити, а также соотношение размеров ячеек в сетке к длине волны ЭМИ, от которого требуется защита [7].

Металлическая сетка может отражать или поглощать электромагнитные волны, предотвращая их проникновение через экран. Однако, если размер ячейки сетки слишком большой или длина волны излучения слишком мала, это может привести к проникновению некоторой части энергии

через экран, в результате чего эффективность экранирования снижается. Для достижения максимальной эффективности защиты от электромагнитных излучений авторами публикации [8] рекомендуется использовать сетки с маленькими размерами ячейки, металлическими нитями большего диаметра с хорошей проводимостью. Кроме того, излучение может проходить через отверстия в экране или отражаться от других поверхностей, поэтому возможно потребуются сочетание нескольких экранирующих материалов и методов, чтобы достичь оптимальной эффективности защиты. Общая эффективность защитных экранов из металлической сетки зависит от выбора материала, конструкции экрана и геометрии ячеек сетки.

Согласно источникам [9...12], в общем случае применения экранов различных конструкций степень ослабления ЭМИ определяется влиянием трех факторов: отражение электромагнитной волны от экранирующего материала экрана, поглощение волны по мере ее прохождения через экран и многократные переотражения электромагнитной волны внутри экрана от границ раздела сред "металл – воздух" и "воздух – металл".

Одним из путей повышения эффективности экранирования является разработка многослойных экранов. В работе [11] отмечается, что эффективность двухстенного сплошного экрана не равна произведению эффективностей двух одностенных экранов. Поток электромагнитной энергии, проникший сквозь первую стенку, претерпевает бесконечный ряд переотражений в пространстве между стенками. В результате сквозь вторую стенку проникает значительно большая часть этого потока, чем в том случае, когда после первого же отражения поток энергии более не возвращается к этой стенке. Аналогичные процессы имеют место и при использовании многослойных сетчатых экранов.

Такие текстильные материалы, как ткань и трикотаж, можно охарактеризовать как разновидность сетки с различными размерами ячеек в зависимости от их структуры. Экранирующие ткани используются в средствах индивидуальной защиты (СИЗ),

которые предназначены для предотвращения воздействия на организм человека ЭМИ с уровнями, превышающими предельно допустимые, когда применение иных средств невозможно или нецелесообразно [2].

В последние годы в Республике Беларусь освоен выпуск текстильных материалов с вложением стальных волокон, которые можно рассматривать в качестве перспективного сырья для изготовления полотен, позволяющих экранировать электромагнитное излучение.

В статье [13] авторами высказана гипотеза, что одним из вероятных способов повышения эффективности использования текстильных экранов является создание на основе полученных тканей многослойных пакетов, в результате чего повышается толщина экранов и массовое содержание электропроводящих компонентов на 1 квадратный метр пакета. Для проверки данной гипотезы проведены сравнительные испытания двухслойных тканей с переплетением саржа 2/2, изготовленных из хлопчатобумажной пряжи линейной плотности 25 текс \times 2 и пряжи 20 текс \times 2, содержащей 90 % полиэфирных волокон и 10 % стальных волокон. В исследуемых образцах антистатические нити располагались вдоль основы и утка, образуя сетку с размером ячейки 5 \times 5 мм и 10 \times 10 мм. В результате проведенного эксперимента установлено, что для экранирования ЭМИ в диапазоне от 0,7 до 1,5 ГГц более эффективно использовать двухслойные пакеты исследованных тканей, а на более высоких частотах – от 3 до 17 ГГц – повышение эффективности экранирования достигается за счет увеличения массового содержания электропроводящего компонента независимо от количества слоев.

В связи с доказанной эффективностью применения экранов, состоящих из двух слоев тканей, в некоторых диапазонах ЭМИ, а также с выявленными недостатками двухслойных пакетов тканей (повышенной материалоемкостью экрана и дополнительными затратами, связанными с соединением слоев) авторами было принято решение о проведении исследований, направленных на оценку эффективности использования

двухслойных тканей для экранирования электромагнитного излучения.

Важным результатом стал тот факт, что при сложении двух тканей, содержащих стальное волокно в количестве $1,6 \text{ г/м}^2$, коэффициент передачи ЭМИ полученного пакета в диапазоне от 1 до 5 ГГц был практически близок к значению данного показателя, полученного для двухслойной ткани, содержащей $11,6 \text{ г/м}^2$ того же электропроводящего компонента [14].

Тот факт, что существенное увеличение содержания в ткани электропроводящих компонентов не повлекло за собой повышения эффективности экранирования, может быть объяснено сложными процессами, возникающими при многократном переотражении волн ЭМИ и приводящими к повышению напряженности поля. Влияние данного эффекта несколько ниже, если два сетчатых слоя не являются составляющими двухслойной структуры ткани, а произведены отдельно друг от друга.

На основании проведенного анализа высказана гипотеза, что одним из вероятных способов повышения эффективности использования текстильных экранов является создание на основе полученных образцов многослойных пакетов, слои которых не прилегают плотно друг к другу, а находятся на некотором расстоянии. Это может привести к тому, что влияние переотражения волн на эффективность экранирования увеличится, а два сетчатых слоя будут работать независимо друг от друга, ослабляя ЭМИ.

Для проверки данной гипотезы проведены сравнительные испытания экспериментальных пакетов.

В качестве верхнего слоя пакета I использовалась ткань PROtect P270 саржевого переплетения арт. 14C5-KB производства ОАО "Моготекс" с антистатической нитью, содержащей 10 % стальных волокон, расположенной по основе и по утку через 1 см (образец 1). Сырьевой состав ткани без учета антистатической нити: хлопок – 42%, полиэфирное волокно – 58%.

В качестве нижнего слоя пакета I использовалось трикотажное полотно (образец 2), выработанное переплетением интерлок из антистатической смешанной пряжи

линейной плотности $20 \text{ текс} \times 2$, содержащей 90 % полиэфирных волокон и 10 % стальных волокон Bekinox. Соседние слои в пакете I были сложены друг с другом без введения дополнительных элементов, увеличивающих расстояние между ними.

В пакете II, кроме вышеперечисленных слоев, в качестве промежуточного слоя использовался синтетический утеплитель (полиэфирный синтепон) плотностью 100 г/м^2 . Толщина утеплителя составляла около 1 см.

Для оценки экранирующих характеристик данных текстильных материалов и их пакетов использовался панорамный измеритель коэффициентов передачи и отражения SNA 0,01–18, состоящий из блока обработки измерительных сигналов и блока генератора качающейся частоты (ГКЧ), работающий по принципу раздельного выделения и непосредственного детектирования уровней падающей и отражающей волн. Излучение и прием электромагнитных волн обеспечивался с помощью антенн П6 23М в диапазоне частот $0,7 \dots 17,0 \text{ ГГц}$.

Измерения параметров на каждой из частот проводились трехкратно. Для задания начальных параметров измерений (диапазон частот, вида измеряемого параметра) и систематизации результатов использовалось специальное программное обеспечение. В процессе измерений на каждой из частот указанного диапазона генерировались ЭМИ с уровнем, определенным на этапе калибровки, после чего снимались показания измерителя мощности.

В результате испытаний опытных образцов текстильных материалов и пакетов из них получены зависимости коэффициентов передачи (рис. 1 и 2) от частоты ЭМИ в диапазонах $0,7 \dots 3 \text{ ГГц}$ и $2 \dots 17 \text{ ГГц}$.

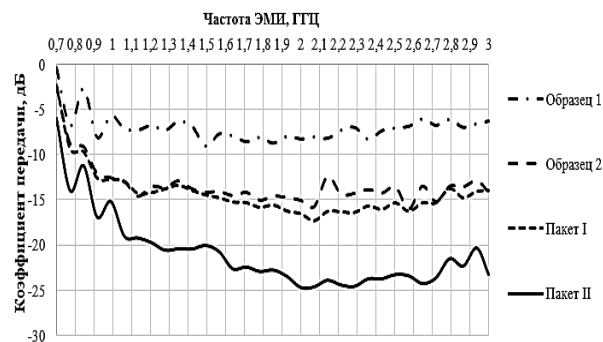


Рис. 1

Анализ экспериментальных результатов показал, что значения коэффициента передачи (рис. 1) образца 1 в диапазоне от 1 до 2,5 ГГц составили в среднем -7,5 дБ. Следовательно, в данном диапазоне ткань пропускает около 16,8 % ЭМИ, то есть эффективность экранирования составляет 83,2%.

Значения коэффициента передачи образца 2 в частотном диапазоне от 1 до 2,5 ГГц составили в среднем -14 дБ, что соответствует прохождению 4,2 % ЭМИ через трикотажное полотно, то есть эффективность экранирования составляет в среднем 95,8%.

В результате проведенных экспериментов высказано предположение, что если бы при использовании пакета I, состоящего из двух исследуемых образцов, оба материала выполняли функцию экранирования независимо друг от друга, то общий эффект экранирования составил бы около 99,3 %, что в переводе на логарифмические значения соответствует -21,5 дБ.

Однако при анализе фактического значения коэффициента передачи пакета I в частотном диапазоне от 1 до 1,5 ГГц видно, что данный показатель практически соответствует значению, измеренному при испытании образца 2, а в частотном диапазоне от 2 до 2,5 ГГц коэффициент передачи составил в среднем -16 дБ, это соответствует прохождению через пакет 2,5 % ЭМИ, что также несущественно отличается от значения, определенного для образца 2. Таким образом, можно утверждать, что в структуре пакета I верхний слой (образец 1) не оказывает существенного влияния на эффективность экранирования.

Другой эффект наблюдается при анализе значений коэффициента передачи, определенных для пакета II. В частотном диапазоне от 1,1 до 1,5 ГГц данный показатель составляет -21 дБ, что при переводе в проценты соответствует эффективности экранирования 99,2 %. То есть можно утверждать, что через такой пакет проходит только 0,8 % ЭМИ. В частотном диапазоне от 2 до 2,7 ГГц пакет II материалов пропускает только 0,3 % ЭМИ.

Так как слой синтепона не оказывает влияния на ослабление ЭМИ, можно утверждать, что существенное снижение коэффициента передачи в многослойном пакете в диапазонах ЭМИ 1,1...2,7 ГГц связано с увеличением расстояния между его слоями, содержащими электропроводящие компоненты. То есть в данном частотном диапазоне с увеличением расстояния между слоями снижается влияние переотражения электромагнитных волн внутри многослойного экрана и каждый из слоев вносит свой вклад в общий эффект экранирования ЭМИ.

Для более глубокого анализа результатов на основании полученных значений коэффициента передачи ($K_{ПЕР}$) и коэффициента отражения ($K_{ОТР}$) был осуществлен расчет коэффициента поглощения ($K_{ПОГЛ}$) при некоторых частотах ЭМИ. Результаты расчетов представлены в табл. 1. Под гипотетическим значением в табл. 1 понимается значение показателя для пакета материалов, рассчитанное при условии, что два его слоя работают независимо друг от друга, то есть переотражение электромагнитных волн не оказывает влияния на эффективность экранирования.

Т а б л и ц а 1

Частота ЭМИ	Показатель экранирования	Единица измерения	Образец		Пакет		
			1	2	I	II	Гипотетическое значение
1 ГГц	$K_{ПЕР}$	%	19,45	5,04	5,01	1,24	0,98
		дБ	-7,11	-12,98	-13,00	-19,06	-20,09
	$K_{ОТР}$	%	38,90	79,98	81,10	17,66	31,11
		дБ	-4,10	-0,97	-0,91	-7,53	-5,07
1,5 ГГц	$K_{ПОГЛ}$	%	41,65	14,98	13,89	81,1	67,91
		дБ	21,53	3,68	3,67	1,11	0,79
	$K_{ПЕР}$	%	-6,67	-14,34	-14,35	-19,56	-21,02
		дБ	22,39	85,7	69,98	35,89	19,18
$K_{ОТР}$	%	-6,5	-0,67	-1,55	-4,45	-7,17	
	дБ	56,08	10,62	26,35	63	80,03	

2 ГГц	$K_{\text{ПЕР}}$	%	14,89	3,16	2,19	0,34	0,47
		дБ	-8,27	-15,01	-16,59	-24,73	-23,28
	$K_{\text{ОТР}}$	%	10,79	64,12	48,42	34,59	6,91
		дБ	-9,67	-1,93	-3,15	-4,61	-11,61
2,5 ГГц	$K_{\text{ПОГЛ}}$	%	74,32	32,72	49,39	65,07	92,62
		дБ	19,68	4,43	2,9	0,41	0,87
	$K_{\text{ПЕР}}$	%	-7,06	-13,54	-15,38	-23,86	-20,6
		дБ	10,33	79,8	71,29	33,57	8,24
$K_{\text{ОТР}}$	%	-9,86	-0,98	-1,47	-4,74	-10,8	
	дБ	69,99	15,77	25,81	66,02	90,89	

Анализируя данные табл. 1, можно отметить следующее:

1. В связи с высоким содержанием стального волокна в образце 2 он отражает значительную долю ЭМИ, то есть эффективность экранирования обеспечивается в большей степени именно отражением, а не поглощением излучения.

2. Пакет I также характеризуется высокими значениями доли отраженного излучения, в то время как для пакета II существенно повышается роль поглощения ЭМИ.

3. Среднее измеренное значение $K_{\text{ПОГЛ}}$ пакета II в диапазоне от 1 до 1,5 ГГц соответствует 72 %, в то время как гипотетическое значение показателя составляет 74 %. Следовательно, можно утверждать, что в данном диапазоне ЭМИ два слоя экрана выполняют свои функции независимо друг от друга, в то время как вклад внешнего слоя (образец 1) в показатели эффективности экранирования пакета I не является существенным.

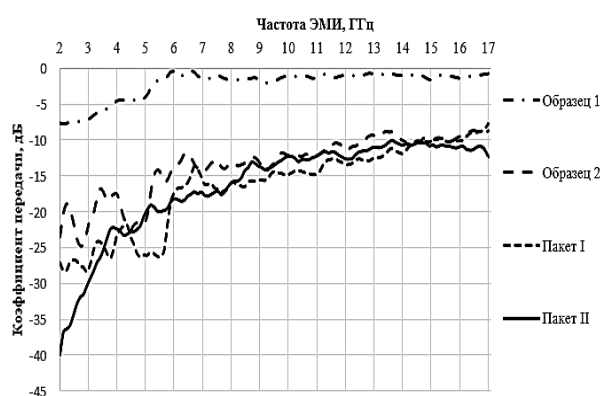


Рис. 2

4. С увеличением частоты ЭМИ расхождения между расчетными и фактическими значениями для пакета II увеличиваются. Следовательно, с увеличением частоты

изучения повышается влияние переотражения волн на эффективность экранирования даже в случае увеличения расстояния между экранирующими слоями. Этот вывод подтверждается и тем, что в частотном диапазоне от 3 до 17 ГГц (рис. 2) существенного снижения коэффициента передачи в многослойном пакете II за счет добавления промежуточного слоя не происходит.

ВЫВОДЫ

1. Экспериментально установлено, что на эффективность экранирования многослойных текстильных материалов, содержащих электропроводящие компоненты, оказывают влияние не только характеристики каждого из слоев, но и расстояние между ними.

2. Определено, что увеличение расстояния между слоями материалов до 10 мм позволяет уменьшить взаимное переотражение электромагнитных излучений и приводит к повышению эффективности их экранирования на 6...8 дБ с одновременным снижением доли отраженных излучений до 35 % в диапазонах частот до 2,5 ГГц.

3. Выявленные закономерности могут быть использованы при проектировании многослойных экранов ЭМИ с заданными свойствами на основе сочетания в их структуре различных текстильных материалов, содержащих электропроводящие виды сырья.

ЛИТЕРАТУРА

1. Костин П.А., Замостоцкий Е.Г., Рассохина И.М. Защитные свойства трикотажных полотен из комбинированной электропроводящей пряжи // Химические волокна. 2022. №1. С. 34...37.
2. Харлов Н.Н. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике. Томск: Изд-во ТПУ, 2007.

3. *Титов В.А., Легкова И.А., Никифоров А.Л. и др.* Получение теплоотражающих материалов для боевой одежды пожарного на основе использования метода магнетронного распыления // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2025. №5 (419). С. 239...247.

4. *Фукина О.В., Хейло С.В.* Разработка нитей для производства защитных тканей от электромагнитных излучений // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2019. №3 (381). С. 75...79.

5. *Ташпулатов С.Ш., Баданова А.К., Дошибекова А.Б. и др.* Исследование свойств электропроводящих волокон и нитей для изготовления материалов, экранирующих электромагнитное излучение // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2019. №5 (383). С. 74...78.

6. *Сафонов П.Е., Левакова Н.М.* Выбор рациональной структуры и изучение радиотехнических характеристик тканей для защиты от электромагнитного излучения // Вестник Витебского гос. технол. ун-та. 2023. № 1 (44). С. 36...48.

7. *Островский О.С., Одаренко Е.Н., Шматько А.А.* Защитные экраны и поглотители электромагнитных волн // Физическая инженерия поверхности. 2003. № 2. Т. 1. С. 161...173.

8. *Дубровская О.А., Рыклин Д.Б., Саванович С.Э., Зайцев В.В.* Оценка эффективности использования двухслойных тканей для экранирования электромагнитного излучения // Вестник Витебского гос. технол. ун-та. 2023. № 3 (46). С. 18...27.

9. *Задоя Н.И.* Электромагнитная безопасность. Рубцовск, 2014.

10. *Neruda M., Vojtech L.* Electromagnetic shielding effectiveness of woven fabrics with high electrical conductivity: complete derivation and verification of analytical model, *Materials*. 2018. Vol. 11 (9). P. 1657.

11. *Шapiro Д.Н.* Электромагнитное экранирование. Долгопрудный: Издательский дом "Интеллект", 2010. 120 с.

12. *Абдулхадид Х.Д.А. и др.* Электромагнитные экраны на основе алюминия, его оксидов и углеродных волокон, технологии, конструкции и свойства / под ред. Л.М. Лынькова. Минск: Бестпринт, 2021. ISBN 978-985-7267-16-3.

13. *Рыклин Д.Б., Дубровская О.А.* Оценка экранирующих свойств тканей, защищающих от воздействия электромагнитного излучения // Вестник Витебского гос. технол. ун-та. 2022. № 2 (43). С. 53...63.

14. *Рыклин Д.Б., Дубровская О.А., Кветковский Д.И., Саванович С.Э.* Влияние количества слоев ткани на экранирующие свойства электромагнитных текстильных экранов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2022. № 5 (401). С. 49...55.

2. *Kharlov N.N.* Electromagnetic compatibility in the electric power industry. Tomsk: TPU Publishing House, 2007.

3. *Titov V.A., Legkova I.A., Nikiforov A.L. etc.* Obtaining of heat-reflective materials for fire-fighter combat clothing based on magnetron sputtering method // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2025. No. 5(419). С. 239...247.

4. *Fukina O.V., Kheylo S.V.* Development of thread for the electromagnetic radiation protection fabrics // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2019. No. 3 (381). С. 75...79.

5. *Tashpulatov S.SH., Badanova A.K., Doshibekova A.B.* Research of properties of electric conducting fibers and threads for production of materials screening electromagnetic radiation // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2019. No. 5 (383). С. 74...78.

6. *Safonov P.E., Levakova N.M.* The choice of a functional structure and the study of the radiotechnical characteristics of fabrics for protection from electromagnetic radiation // *Vestnik of Vitebsk State Technological University*. 2023. № 1 (44). P. 36...48.

7. *Ostrovsky O.S., Odarenko E.N., Shmatko A.A.* Protective screens and absorbers of electromagnetic waves // *Physical Surface Engineering*. 2003. No. 2. Vol. 1. P. 161...173.

8. *Dubrovskaya O.A., Ryklin D.B., Savanovich S.E., Zaitsev V.V.* Evaluation of the effectiveness of using double-layer fabrics for shielding electromagnetic radiation // *Vestnik of Vitebsk State Technological University*. 2023. № 3 (46). P. 18...27.

9. *Zadoya N.I.* Electromagnetic safety. Rubtsovsk, 2014.

10. *Neruda M., Vojtech L.* Electromagnetic shielding effectiveness of woven fabrics with high electrical conductivity: complete derivation and verification of analytical model, *Materials*. 2018. Vol. 11 (9). P. 1657.

11. *Shapiro D.N.* Electromagnetic Shielding. Dolgoprudny: Publishing House "Intellect", 2010. 120 p.

12. *Abdulhadi H.D.A. et al.* Electromagnetic screens based on aluminum, its oxides and carbon fibers, technologies, designs and properties / ed. L.M. Lynkov. Minsk: Bestprint, 2021. ISBN 978-985-7267-16-3.

13. *Ryklin D. B., Dubrovskaya O. A.,* Evaluation of the shielding properties of fabrics that protect against electromagnetic radiation // *Vestnik of Vitebsk State Technological University*. 2022. № 2 (43). P. 53...63.

14. *Ryklin D.B., Dubrovskaya O.A., Kvetkovsky D.I., Savanovich S.E.* Effect of the number of fabric layers on the shielding properties of electromagnetic textile screens // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2022. № 5 (401). P. 49...55.

REFERENCES

1. *Kostin P.A., Zamostotsky E.G., Rassokhina I.M.* Protective properties of knitted fabrics made from combined electrically conductive yarn // *Chemical Fibers*. 2022. №. 1. P. 34...37.

Рекомендована кафедрой технического регулирования и товароведения Витебского государственного технологического университета. Поступила 03.09.25.