

УДК 677.075:537.8

*И. Н. КОХАНАЯ, А. В. МАЗНАЯ, В. А. КОХАНЫЙ, Е. М. АНДРИЕНКО, О. П. ЯРЕМЕНКО,
И. Н. ОБОДЕЕВА*

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКРАНИРУЮЩИХ СВОЙСТВ ТРИКОТАЖНЫХ ПОЛОТЕН, СОДЕРЖАЩИХ МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ И УГЛЕРОДНЫЕ НИТИ

Проведены исследования экранирующих свойств трикотажных полотен, содержащих металлические и углеродные нити. Проанализирована зависимость коэффициента экранирования трикотажных полотен от вида и количества токопроводящих нитей в пучке текстильных нитей, от вида переплетения и плотности трикотажа. Для полотен, содержащих проволоку из нержавеющей стали диаметром 0,032 мм максимальный коэффициент экранирования равен 46 дБ. Полотна, включающие в структуру углеродные нити УН-2 можно рекомендовать для экранирования объектов с ослаблением сигнала до 40 дБ. Даны рекомендации по составу, технологии изготовления и применению экранирующих трикотажных полотен.

Ключевые слова: экранирующие материалы, трикотажные полотна, металлические нити, углеродные волокна, коэффициент экранирования, электросопротивление, структура трикотажного полотна.

*І. М. КОХАНА, О. В. МАЗНА, В. О. КОХАНИЙ, О. М. АНДРІЄНКО, О. П. ЯРЕМЕНКО,
І. М. ОБОДЕЄВА*

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКРАНУЮЧИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТРИКОТАЖНИХ ПОЛОТЕН, ЩО МІСТЯТЬ МЕТАЛЕВІ ТА ВУГЛЕЦЕВІ НИТКИ

Проведені дослідження екрануючих властивостей трикотажних полотен, які містять металеві та вуглецеві нитки. Проаналізовано залежності коефіцієнта поглинання трикотажних полотен від виду та кількості струмопровідних ниток в пучку текстильних ниток, від виду переплетень та щільності трикотажа. Для полотен, що містять дріт із нержавіючої сталі діаметром 0,032 мм максимальний коефіцієнт екранування дорівнює 46 дБ. Полотна, що включають в структуру вуглецеві нитки УН-2 можна рекомендувати для екранування об'єктів з послабленням сигналу до 40 дБ. Надані рекомендації щодо вибору складу, технології виготовлення та застосування екрануючих трикотажних полотен.

Ключові слова: екрануючі матеріали, трикотажні полотна, металеві нитки, вуглецеві волокна, коефіцієнт екранування, електроопір, структура трикотажного полотна.

*І. N. KOKHANA, A. V. MAZNA, V. A. KOKHANYU, E. M. ANDRIENKO, O. P. YAREMENKO,
I. N. OBODEEVA*

INVESTIGATION OF THE SCREENING PROPERTIES OF KNITTED FABRIC THAT CONTAIN METAL AND CARBON THREADS

The results of a study present the screening properties of knitted fabrics containing metallic and carbon filaments. The analysis shows the dependence between the coefficient of absorption of knitted fabrics with the type and number of current-carrying yarns in a bundle of textile yarns. In addition, the influence of the weave type and the density of knitwear on the absorption coefficient were determined. Recommendations are given on the choice of composition, manufacturing technology and application of shielding knitted fabrics. The use of shielding material from knitted fabric using stainless steel wire 0,032 mm in diameter provides a maximum screening factor of 46 dB. Fabrics with the inclusion of carbon yarn UN-2 in the knitted structure can be recommended for shielding objects with attenuation of signal up to 40 dB.

Key words: shielding materials, knitted fabrics, metallic threads, carbon fibers, shielding coefficient, electrical resistance, knitted fabric structure

Введение. В наше время разработка систем экранирования и защиты от электромагнитных излучений (ЭМИ) является актуальной проблемой. Это связано с непрерывно растущим электромагнитным фоном, увеличением числа станций мобильной связи, радиосвязи и радиолокации, использованием СВЧ оборудования, широким использованием электронной техники и технологий в промышленности и бытовых условиях и т. д. [1–2].

Экранирование – наиболее эффективный способ защиты от воздействия электромагнитных полей и локализации излучений любых средств. Особенно актуальным является создание гибких, мобильных, воздухопроницаемых, технологичных и дешевых материалов, обеспечивающих достаточную степень препятствования ЭМИ в широком диапазоне частот. Гибкие электромагнитные материалы находят широкое применение не только для предотвращения

нежелательных воздействий на электронную технику, а также актуальны и в других областях, таких, как защита живых организмов от вредного воздействия ЭМИ, для создания одежды и накидок специального назначения, препятствование электромагнитному каналу утечки информации, снижение радиолокационной заметности объектов и защита устройств обработки информации от электромагнитного воздействия [2–4].

При разработке конструкций защитных экранов от ЭМИ используют различные материалы, способные отражать или поглощать ЭМИ в определенном диапазоне частот. Существующие экранирующие материалы отличаются по составу и структуре. Металлические экранирующие материалы обладают высокой проводимостью, а металлы подгруппы железа еще и магнитными свойствами. Они отличаются высокой эффективностью на радиочастотах и технологически выполняются в виде

© И. Н. Коханая, А. В. Мазная, В. А. Коханий, Е. М. Андриенко, О. П. Яременко, И. Н. Ободеева, 2018

сплошных и перфорированных листов, сеток или в виде покрытий. Однако металлические экраны имеют высокий коэффициент отражения, связанный с их высокой электропроводностью. Для экранирования ЭМИ за счет отражения могут применяться и другие электропроводные материалы, например, углеродные волокна или полимерные композиционные материалы.

Одним из наиболее перспективных направлений экранирования является использование волокнистых материалов. Они отличаются необходимыми механическими характеристиками и гибкостью, а также позволяют реализовать частичное поглощение ЭМИ за счет особенностей структуры материала. Трикотажная технология изготовления электромагнитных экранов (ЭМЭ) из волокнистых материалов имеет такие преимущества, как высокие технологичность и производительность современного вязального оборудования, относительно невысокая стоимость процесса производства, позволяет создать конструкции с повышенной прочностью, воздухопроницаемостью и др. технологическими и эксплуатационными характеристиками [2].

Одним из наиболее широко распространенных технологических решений создания гибких ЭМЭ и защитной одежды является использование в структуре полотен из электропроводных материалов, например, металлических или углеродных нитей. Известно, например, применение металлических и углеродных нитей в качестве токопроводящих элементов в структуре материала для спецодежды. [5–6].

Для защиты от ЭМИ перспективной является разработка и исследование радиопоглощающих наполнителей и покрытий, основой которых являются углеродные волокна. С использованием этих наполнителей могут быть получены новые текстильные композиционные материалы и разработаны технологические процессы изготовления экранирующих защитных материалов различного назначения. По величине удельного сопротивления (10^{-5} – 10^5 Ом·м) углеграфитовые материалы, в том числе и волокнистые, принадлежат к полупроводникам. По типу проводимости карбонизированные волокна граничат с органическими полупроводниками, а графитизированные волокна охватывают промежуток от полупроводников до проводников. Изменение электрофизических свойств в таких широких пределах обусловлено структурными особенностями волокон в зависимости от условий и температуры термообработки при их получении.

Для создания полимерных слоистых ЭМЭ в полимерную матрицу возможно введение металлических и углеродных нитей, металлических спиралей, углеродных тканей и металлических сеток [1]. Было показано, что волокнистые материалы из полиэтилена с использованием металлической сетки и

углеродных волокон относятся к ЭМЭ отражающего типа: коэффициент отражения сравним с отражением от металлического листа. При этом приближение свойств композиционного материала к металлическому листу наблюдается при увеличении толщины, электропроводности и массы углеродных нитей на единицу длины образца.

В настоящее время в Украине практически не производятся текстильные композиционные материалы для защиты от воздействия электромагнитного излучения, имеющие приемлемые электромагнитные характеристики при небольшом весе и толщине. Поэтому задачами работы является разработка композиционных гетерофазных экранирующих материалов, содержащих металлические и углеродные волокна способные эффективно экранировать и/или поглощать ЭМИ, получение и анализ новых экспериментальных данных о влиянии состава и структуры на экранирующие характеристики материалов, разработка технологии их изготовления.

Целью данной работы является исследование экранирующих свойств трикотажных полотен, содержащих металлические и углеродные нити, в зависимости от структуры и состава полотен.

Образцы экранирующих материалов для исследования изготавливались по трикотажной технологии с использованием металлических и углеродных нитей (рис. 1).

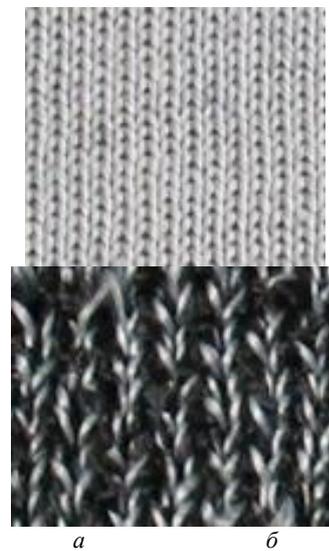


Рис. 1–Образцы экранирующих трикотажных материалов: а – с металлической нитью; б – с углеродной нитью

Для получения полотна по трикотажной технологии использовали плосковязальные машины марки ПВПЭМ 3, 6, 10 и 12 классов. Трикотажное полотно вязали из пучка текстильных и металлических нитей. В качестве токопроводящей металлической нити использовалась тонкая проволока из нержавеющей стали диаметром 0,032 мм марки Х18Н10Т в 2–8 сложений и углеродная нить УН–2, линейной плотностью 140 текс. Углеродные нити характеризуются высокой прочностью, высокими электропроводностью и теплостойкостью. Следует

отметить, что углеродные волокна получают из вискозных или полиакрилонитрильных волокон по специальным режимам термообработки. Как упоминалось выше в зависимости от режима термообработки углеродные волокна подразделяются на карбонизированные и графитизированные. Такие нити могут быть ровными или текстурированными (волнистыми). Углеродная нить УН-2 (ТУ 88 УССР 06278-97) имеет объемную текстурированную структуру, что позволяет получить полотно с развитой поглощающей поверхностью, в объеме которой может происходить многократное переотражение электромагнитных волн. Наш практический опыт показывает, что углеродная нить, в виду повышенной обрывности, плохо перерабатывается на трикотажной машине. Чтобы облегчить ее переработку к углеродной нити подсоединяют текстильную нить, которая берет на себя часть нагрузок в процессе вязания тем самым уменьшая обрывность углеродной нити. Образцы трикотажных полотен изготавливали переплетениями «ластик», «фанг» и «полуфанг». Структуры таких полотен близки к тканым, а полотно имеет прямые кромки и не закручивается по бокам. Для проведения испытаний была изготовлена серия образцов, характеристика которых приведена в табл. 1.

Методы исследования. В данной работе исследовали коэффициент экранирования трикотажных полотен в зависимости от числа металлических и углеродных нитей в пучке (комплексной нити), плотности вязания полотна и вида переплетения.

Эффективность экранирования полотна определяется как ослабление напряженности электромагнитного поля при наличии экранирующего материала и его отсутствии.

Для определения коэффициента экранирования испытание образцов экранирующих материалов проводилось по методике [4] на установке для

измерения коэффициента экранирования исследуемого материала (рис. 2). Как показали предварительные измерения, коэффициент экранирования не зависит от используемой частоты в диапазоне от 50 Гц до 5 кГц, поэтому для упрощения условий испытаний в работе была принята частота 5 кГц, а результаты испытаний при этой частоте считают аналогичными испытаниям при частоте 50 или 60 Гц.

Образец экранирующего материала размером 120×120 мм помещали между электродами установки. На электродные измерительные пластины 3 (рис. 2) подавалось напряжение 8,4 В с частотой $5 \cdot 10^3$ Гц от низкочастотного генератора. Величина напряжения между измерительными электродами и землей контролировалась вольтметром ВЗ-38. Масса груза, помещаемого на электрод, составляла 2 кг.

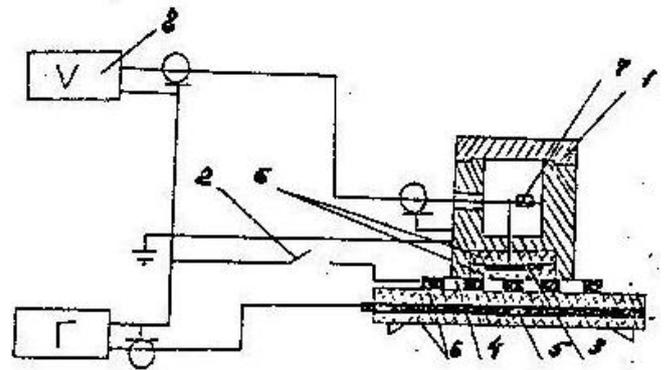


Рис. 2 – Схема установки для измерения коэффициента экранирования проводящего материала по напряженности: 1 – корпус датчика; 2 – рубильник заземления образца; 3 – измерительный электрод; 4 – испытуемый образец; 5 – потенциальный электрод; 6 – изолирующие пластины; 7 – измерительный шунт; 8 – вольтметр с высокоомным входом.

Таблица 1 – Состав и структура исследуемых образцов экранирующих материалов

Материал текстильной нити	Токопроводящая нить	Вид переплетения, класс вязальной машины
С использованием металлических нитей		
1 нить из х/б + 4 нити из х/л	Нержавеющая сталь \varnothing 0,03 мм от 2 до 8 сложений	«Ластик» 1+1, 6 класс
2 нити из х/б 2 нити из лавсана 1 нить из х/л + 1 нить из х/б	Нержавеющая сталь \varnothing 0,03 мм в 3 сложения	«Ластик» 1+1, 6 класс
1 нить из х/б + 2 нити из х/л	Нержавеющая сталь \varnothing 0,03 мм в 2 сложения	«Фанг», 3,6,8,10,12 класс
1 нить из х/б + 2 нити из х/л	Нержавеющая сталь \varnothing 0,03 мм в 2 сложения	«Фанг», 10 класс «Полуфанг», 10 класс «Ластик», 10 класс Комбинированное, 10 класс
С использованием углеродных нитей		
Хлопчатобумажная пряжа линейной плотностью 25×2 текс	Углеродная нить УН-2, линейной плотностью 140 текс	«Ластик». 6 класс
	Углеродная нить УН-2, линейной плотностью 140 текс	Комбинированное, 6 класс
	Углеродная нить УН-2, линейной плотностью 140 текс – одна нить	«Ластик», 3 класс

	Углеродная нить УН-2, линейной плотностью 140 текс – две нити	«Ластик», 3 класс
	Углеродная нить УН-2, линейной плотностью 140 текс – три нити	«Ластик», 3 класс

Примечание: х/б – хлопчатобумажная пряжа линейной плотностью 50,8 текс (№40/2); х/л – хлопколавансовая пряжа линейной плотностью 16,5 текс; лавсан – лавсановая пряжа линейной плотностью 111 текс.

Расчет коэффициента экранирования каждого образца проводился по формуле:

$$K_{\text{экр}} = 20 \lg \frac{U_1}{U_2} \quad (1)$$

где U_1 – напряжение между измерительным электродом и землей при отсутствии образца;

U_2 – напряжение между измерительным электродом и землей при наличии образца.

Важной характеристикой экранирующего полотна является величина его электрического сопротивления. Снижение электрического сопротивления полотна рассматривается как основной способ увеличения его электропроводности и стойкости к искровым разрядам. Это обеспечивает также уменьшение разницы потенциалов между двумя точками полотна под воздействием электромагнитного поля.

Определение электрического сопротивления экранирующих материалов производилась на установке, схема которой показана на рис. 3.

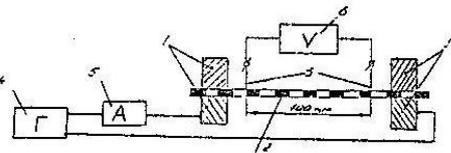


Рис. 3 – Схема измерения электрического сопротивления образцов: 1 – контактные электроды; 2 – испытуемый образец; 3 – электроды для измерения напряжения; 4 – генератор переменного тока; 5 – амперметр переменного тока; 6 – вольтметр переменного тока.

Образцы экранирующих полотен размером 200×20 мм помещали, не растягивая, между контактными электродами 1 (рис. 3). Игольчатые электроды для измерения напряжения 3 (рис. 3) были расположены на расстоянии 100 мм друг от друга. Через образец пропускали ток 0,2 А и через одну минуту измеряли напряжение на электродах. Удельное поверхностное электрическое сопротивление определяли по формуле:

$$\rho_{\square} = \frac{U \cdot b}{I \cdot L} \quad (2)$$

где U – напряжение, В;

b – ширина образца (20 мм);

I – сила тока (0,2 А);

L – расстояние между игловатыми электродами (100 мм).

Таким образом, удельное поверхностное электрическое сопротивление образца численно равно значению напряжения на вольтметре (3):

$$\rho_{\square} = \frac{U}{0,2} \cdot \frac{20}{100} = U \quad (3)$$

Результаты исследования. Были проведены исследования экранирующих свойств образцов трикотажных полотен с различным количеством нитей в пучке. Определена зависимость коэффициента экранирования полотна от числа металлических нитей в пучке (рис. 3).

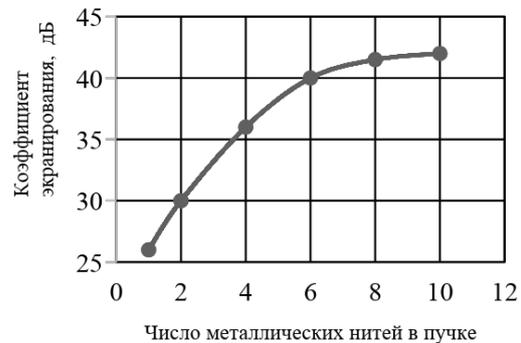


Рис. 3 – Влияние числа металлических нитей в пучке на коэффициент экранирования.

Из рис. 3 следует, что при увеличении числа металлических нитей в пучке наблюдается увеличение коэффициента экранирования полотна. Это связано, очевидно, с увеличением суммарной площади отражающей поверхности экранирующего материала.

Зависимость коэффициента экранирования от вида текстильных нитей представлена в табл. 2.

Следует заметить, что вид текстильных нитей не может оказывать существенного влияния на экранирующие свойства трикотажных полотен. Экранирующие свойства трикотажных полотен зависят от свойств металлической токопроводящей нити. Коэффициент экранирования, в данном случае, зависит от удельного поверхностного сопротивления полотен, которое определяется не только электросопротивлением микроволокон, но и материалом текстильных нитей и их количеством, оказывающих влияние на контактное сопротивление петельных переплетений металлических нитей.

Таблица 2 – Коэффициент экранирования и электросопротивление трикотажных полотен с металлическими нитями.

Вид переплетения, класс оборудования	Текстильная нить	Токопроводящая нить	Толщина, мм	Коэффициент экранирования, дБ	Поверхностное удельное сопротивление, кОм
«Ластик» 1+1, 6 класс	2 нити из х/б	Нержавеющая сталь \varnothing 0,032 мм в 3 сложения	0,8	31	0,78
	2 нити из лавсана		1,4	34	0,74
	1 нить из х/б + 1 нить из лавсана		1,2	39	0,71

Примечание: х/б – хлопчатобумажная пряжа №40/2; лавсан – лавсановая пряжа линейной плотностью 111 текс.

На формирование величины ячейки трикотажа существенное влияние оказывает плотность вязания по горизонтали, которая определяется классом вязального оборудования. Класс машины определяется количеством игл на один дюйм длины игольницы [8]. Если плотность вязания трикотажа по вертикали колеблется в небольших пределах (40–48 петель на 10 см), то плотность вязания по горизонтали может изменяться от 20 до 100 петель на 10 см ширины полотна. Зависимость коэффициента экранирования от плотности вязания трикотажа по горизонтали показана на рис. 4.

Из рис. 4 видно, что для получения полотна с максимальным коэффициентом экранирования (порядка 45 дБ) необходимо применять вязальное оборудование, обеспечивающее плотность по горизонтали 80–100 петель на 10 см. Это соответствует плотности вязания на машинах 10 и 12 классов. На указанном оборудовании можно получать полотна различной структуры. Наиболее распространенными являются «фанг», «полуфанг», «ластик» и комбинированные переплетения. Как показали исследования (табл. 3), коэффициент экранирования трикотажных полотен переплетений «фанг», «полуфанг» и комбинированного полотна находятся в пределах 44–4 дБ. Наименьший коэффициент экранирования (39 дБ) имеет полотно переплетения «ластик», кроме того одним из недостатков этого вида переплетения является повышенная деформативность структуры.

Для изготовления образцов полотен различных переплетений в качестве токопроводящей нити была использована углеродная нить УН-2 линейной плотностью 140 текс и было исследовано влияние вида переплетения на экранирующие свойства полотен. Коэффициент экранирования был определен с помощью индикатора коэффициента стоячих волн по напряжению и ослаблению типа Я2Р-67 на частоте 31 ГГц. Результаты испытаний приведены в табл. 4.

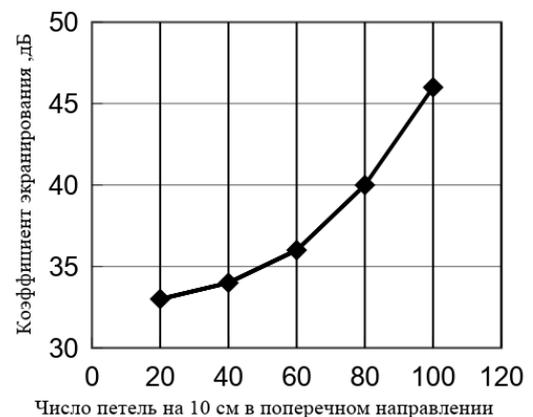


Рис. 4 – Зависимость коэффициента экранирования от плотности вязания по горизонтали

Таблица 3 – Коэффициент экранирования трикотажных полотен с металлической нитью в зависимости от вида переплетения

Переплетение, класс вязальной машины	Текстильная нить	Токопроводящая нить	Толщина, мм	Коэффициент экранирования, дБ	Сопротивление образца, кОм
«Фанг», 10 класс	1 хлопчатобумажная нить линейной плотностью 50,8 текс (№40/2) + 2 хлопколавсановые нити линейной плотностью 16,5 текс	Нержавеющая сталь \varnothing 0,032 мм в 2 сложения	1,3	45	0,63
«Полуфанг», 10 класс			1,3	44	0,55
«Ластик», 10 класс			1,1	39	0,77
Комбинированное, 10 класс			1,2	46	0,75

Таблица 4. Коэффициент экранирования в зависимости от вида переплетения трикотажного полотна с углеродной нитью

Используемые нити в пучке	Переплетение, класс вязальной машины	Толщина, мм	Поверхностная плотность, г/м ²	Коэффициент экранирования, дБ
Хлопчатобумажная пряжа линейной плотностью 25×2 текс + углеродная нить УН-2, линейной плотностью 140 текс	«Фанг», 6 класс	2,14	986	40
	«Полуфанг», 6 класс	1,94	964	39,5
	«Ластик», 6 класс	1,78	932	38
	Комбинированное, 6 класс	1,84	916	37,5

Как видно из табл. 4 образцы, полученные разными переплетениями с использованием углеродной нити, отличаются только толщиной и поверхностной плотностью. Вид переплетения не оказывает существенного влияния на величину коэффициента экранирования сигнала.

Углеродная нить УН-2, выбранная для изготовления образцов ввиду своей текстурированности может вязаться только на машинах 6 и 3 классов.

Коэффициент экранирования этих образцов показан в табл. 5. Как видно из таблицы, плотность вязания по горизонтали существенно влияет на экранирующие свойства.

Экранирующие свойства трикотажного полотна можно регулировать также числом углеродных нитей в пучке. На трикотажной машине 3 класса были изготовлены образцы полотен с использованием одной, двух и трех углеродных нитей. Результаты измерения коэффициента экранирования трикотажных полотен в зависимости от числа углеродных нитей приведены в табл. 6. Полученные данные показывают, что коэффициент экранирования трикотажных полотен увеличивается при увеличении числа углеродных нитей в пучке. Однако следует учитывать, что при этом увеличиваются и весовые характеристики полотна.

Таблица 5 – Коэффициент экранирования трикотажного полотна с углеродной нитью в зависимости от плотности вязания

Используемые нити в пучке	Переплетение, класс вязальной машины	Число петель на 10 см по горизонтали	Коэффициент экранирования, дБ
Хлопчатобумажная нить линейной плотностью 25×2 текс + углеродная нить УН-2, линейной плотностью 140 текс	«Ластик», 6 класс	(36×2) ± 2	38
	«Ластик», 3 класс	(20×2) ± 2	30,4

Таблица 6 – Коэффициент экранирования трикотажного полотна в зависимости от числа углеродных нитей.

Используемые нити в пучке	Переплетение, класс вязальной машины	Поверхностная плотность, г/м ²	Толщина, мм	Коэффициент экранирования, дБ
Хлопчатобумажная нить линейной плотностью 25×2 текс + 1 углеродная нить УН-2, линейной плотностью 140 текс	«Ластик», 3 класс	580	2,08	30,4
Хлопчатобумажная нить линейной плотностью 25×2 текс + 2 углеродные нити УН-2, линейной плотностью 140 текс		959	3,38	38,2
Хлопчатобумажная нить линейной плотностью 25×2 текс + 3 углеродные нити УН-2, линейной плотностью 140 текс		1364	3,9	40,0

Выводы. Анализируя результаты экранирующих свойств трикотажных полотен с применением металлических и углеродных нитей можно сделать следующие выводы:

Применение экранирующего материала трикотажной структуры с использованием проволоки нержавеющей стали диаметром 0,032 мм обеспечивает максимальный коэффициент экранирования, равный 46 дБ. Для полотен с содержанием металлических нитей рекомендовано использование трикотажных машин 10 и 12 классов.

Полотна с включением в структуру трикотажа углеродной нити УН-2 можно рекомендовать для

экранирования объектов с ослаблением сигнала до 40 дБ.

Коэффициент экранирования трикотажных полотен зависит от числа токопроводящих нитей в пучке, из которых изготавливается полотно.

Для изготовления полотен, состоящих из углеродных нитей, рекомендуют трикотажные машины 3 и 6 классов.

Разработанные материалы могут быть использованы для создания защитных экранов и устройств, обеспечивающих защиту от ЭМИ, изготовления защитной одежды персонала, работающего на линии электропередач.

Список литературы

1. Цянь Сонгсонг, Банний В. А., Самофалов А. Л., Семченко И. В., Хахомов С. А. *Поглотители электромагнитного излучения СВЧ-диапазона на основе полимерных композитов и киральных структур* // Проблемы физики, математики и техники № 4 (21). – 2014. – С. 40–45.
2. Лыньков Л. М., Богуш В. А., Боротко Т. В., Украинец Е. А., Колбун Н. В. *Новые материалы для экранов электромагнитного излучения* // Доклады БГУИР. – № 3. – 2004. – С. 152–167.
3. Аль-Машатт Е. А. А., Бойправ О. В., Лыньков Л. М., Мухуров Н. И. Влияние параметров микрорельефа поверхности конструкции электромагнитных экранов на основе фольгированных материалов на значения их коэффициентов отражения и передачи // Доклады БГУИР № 5 (99) 2016. – С. 109–112.
4. Белоусова Е. С., Мохамед А. М. А., Аль-Адеми Я. Т. А. *Гибкие углеродсодержащие поглотители электромагнитного излучения на основе волокнистых материалов* // Доклады БГУИР – № 2 (104). – 2017. – С. 63–68.
5. Вишняков Л. Р., Коханая И. Н., Коханый В. А., Андриенко Е. М. *Экранирующие материалы для защитной одежды в электроэнергетике* // Энергетика и электрофикация, Харьков, 2010. – № 8. – С. 35.
6. Патент на винахід України № 61845. Бюл. № 9, 27. 06. 2007. *Поглинач електромагнітних хвиль*. Вишняков Л. Р., Коханая И. Н., Коханый В. А., та інші.
7. Стандарт МЭК. Публикация 895. Экранирующая одежда для работ в электроустановках переменного тока напряжением до 800 кВ включительно. 1993. – С. 44.
8. Далидович А. С. *Основы теории вязания*. Москва: Легкая индустрия, 1970. 431 с.

References (transliterated)

1. Cyan Songsong, Bannyj V. A., Samofalov A. L., Semchenko I. V., Hahomov S. A. *Poglotiteli Elektromagnitnogo izlucheniya SVCh-diapazona na osnove polimernyh kompozitov i kiralnyh struktur* // Problemy fiziki, matematiki i tehniki No4 (21). – 2014. – p.40-45.
2. Lynkov L. M., Bogush V. A., Borotko T. V., Ukraineec E. A., Kolbun N. V. *Novye materialy dlya ekranov elektromagnitnogo izlucheniya* // Doklady BGUIR. – No 3. – 2004. – p. 152–167.
3. Al-Mashatt E. A. A., Bojprav O. V., Lynkov L. M., Muhurov N. I. *Vliyanie parametrov mikrorelefa poverhnosti konstrukcii elektromagnitnyh ekranov na osnove folgirovannyh materialov na znacheniya ih koeffitsientov otrazheniya i peredachi* // Doklady BGUIR No 5 (99) 2016 p. 109–112.
4. Belousova E. S., Mohamed A. M. A., Al-Ademi Ya. T. A. *Gibkie uglersoderzhashie poglotiteli elektromagnitnogo izlucheniya na osnove voloknistyh materialov* // Doklady BGUIR - No 2 (104). – 2017 – p. 63–68.
5. Vishnyakov L. R., Kohanaya I. N., Kohanyj V. A., Andrienko E. M. *Ekraniruyushie materialy dlya zashitnoj odezhdy v elektroenergetike* // Energetika i elektrofikaciya, Harkov, 2010.No 8, p. 35.
6. Patent na vynakhid Ukrainy №61845. Biul. № 9, 27. 06. 2007. *Pohlynach yelektromahniinykh khvyl*. Vyshniakov L. R., Kokhanaia Y. N., Kokhanyi V. A., ta insh.
7. Standart MEK. Publikaciya 895. Ekraniruyushaya odezhda dlya rabot v elektroustanovkah peremennogo toka napryazheniem do 800 kV vkluchitelno. 1993.p.44.
8. Dalidovich A. S. *Osnovy teorii vyazaniya*. Moskva: Legkaya industriya. 1970. p. 431.

Надійшла (received) 29.05.2018

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Мазна Олександра Вікторівна (Мазная Александра Викторовна, Mazna Alexandra Viktorovna) – кандидат технічних наук, завідувач відділом Інституту проблем матеріалознавства ім.І.М.Францевича НАН України; м. Київ, Україна; e-mail: mazna@i.ua.

Кохана Ірина Миколаївна (Коханая Ирина Николаевна, Kokhana Irina Nikolaevna) – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник Інституту проблем матеріалознавства ім.І.М.Францевича НАН України; м. Київ, Україна; e-mail: mazna@i.ua.

Коханий Валерій Олексійович (Коханый Валерий Алексеевич, Kokhanyu Valerii Alexseevich) – науковий співробітник Інституту проблем матеріалознавства ім.І.М.Францевича НАН України; м. Київ, Україна; e-mail: mazna@i.ua.

Андриєнко Олена Михайлівна (Андриенко Елена Михайловна, Andrienko Elena Mikhailovna) – провідний інженер Інституту проблем матеріалознавства ім.І.М.Францевича НАН України; м. Київ, Україна; e-mail: mazna@i.ua.

Ободєєва Ірина Миколаївна (Ободеева Ирина Николаевна, Obodeeva Irina Nikolaevna) – головний технолог Інституту проблем матеріалознавства ім.І.М.Францевича НАН України; м. Київ, Україна; e-mail: mazna@i.ua.

Яременко Ольга Павлівна (Яременко Ольга Павловна, Yaremenko Olga Pavlovna) – науковий співробітник Інституту проблем матеріалознавства ім.І.М.Францевича НАН України; м. Київ, Україна; e-mail: mazna@i.ua.