УДК 677.017:621.3

КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ЭКРАНИРУЮЩИХ СВОЙСТВ ТКАНЕЙ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ С КОМБИНИРОВАННЫМИ ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИМИ НИТЯМИ.

Костин П.А., Замостоцкий Е.Г, Коган А.Г.

С появлением электрических и электронных устройств во всем мире защита от электромагнитных волн, излучаемых приборами, является одной из главных задач, которую необходимо решить. Среди различных предлагаемых решений, текстильные изделия и основанные на тканях композиционные материалы получили наиболее широкое распространение из-за универсальности этих текстильных материалов. Основной источник электромагнитного излучения - это электрические сигналы, испускаемые различными приборами. Электромагнитное излучение испускают: компоненты катушек индуктивности, цифровые устройства и высоковольтные провода, несущие большой переменный ток в энергетических частотах, которые способны к испусканию СВЧ волн. Для решения проблемы защиты от электромагнитных волн необходимо экранировать (отражать) эти виды излучений.

Одним из способов экранирования электромагнитного излучения является применение тканей специального назначения с комбинированными электропроводящими нитями в основе и утке.

На кафедре ПНХВ разработана технология производства комбинированных электропроводящих нитей, где в качестве электропроводящего элемента была выбрана медная микропроволока. Этот выбор обусловлен тем, что медная микропроволока обладает высоким поглощением и низким отражением электромагнитной энергии, а также лучшими электрическими свойствами по сравнению с другими металлами. Материалы с высокими потерями за счет поглощения и низкой отражательной потерей очень эффективны для экранирования электромагнитной энергии[1]. Потери за счет поглощения определяются как результат удельной электропроводности (EMBED Equation.3) и проницаемости (EMBED Equation.3) [4,5].

На основе литературного анализа было установлено, что необходимый уровень экранирования электромагнитного излучения для использования в военных, электронных, бытовых и других отраслях составляет приблизительно 99,8 - 99,99%. Разработка тканей с такой эффективностью экранирования была бы эффективным решением для защиты человека и электронных приборов от излучения и электромагнитных помех.

Для наработки тканей специального назначения с экранирующими свойствами использовались комбинированные электропроводящие нити, содержащие в своей структуре медную микропроволоку диаметром 0,05 и 0,1 мм.

Наработка комбинированных электропроводящих нитей осуществлялась в производственных условиях ОАО «Витебский комбинат шёлковых тканей», РУП «БПХО» г. Барановичи и лаборатории кафедры «ПНХВ» УО «ВГТУ» на модернизированном прядильно-крутильном оборудовании. Сырьевой состав полученных комбинированных электропроводящих нитей представлен в таблице 1.

Образец нити №1 получен на модернизированной прядильно-крутильной машине ПК-100М3, образец нити №2 получен на модернизированной пневмомеханической прядильной машине ППМ-120АМ, а образцы комбинированных нитей №3 и №4 получены на модернизированной тростильно-крутильной машине ТК2-160М.

В условиях испытательного центра УО «ВГТУ» в соответствии с ГОСТ 19806—74 проведены испытания по определению электрического сопротивления комбинированных электропроводящих нитей. Физико-механические и электрофизические свойства полученных комбинированных электропроводящих нитей представлены в таблице 2.

В экспериментальной лаборатории кафедры «Ткачество» УО «ВГТУ» и производственных условиях ОАО «Витебский комбинат шёлковых тканей» из предложенных экспериментальных комбинированных электропроводящих нитей были наработаны опытные образцы экранирующих тканей специального назначения следующих переплетений: саржа

3/1, сатин и полотняное переплетение с различной плотностью нитей по основе и утку. Физико-механические свойства экспериментальных образцов тканей специального назначения представлены в таблице 3.

Таблица 1 – Процентное содержание компонентов комбинированных электропроводящих нитей

№ образца 1 2 3 4 Компонент Комбинирован-ная электропрово-дящая нить Т=50 Текс Комбинирован-ная электропрово-дящая пряжа Т=40 Текс Комбинирован-ная электропрово-дящая нить Т=43,2 Текс Комбинирован-ная электропроводя-щая нить Т=61,2 Текс Текс % Текс % Текс % Текс % Медная микропроволока 18 36 18 45 18 41,6 36 58,8 Комплексная полиэфирная нить 5,2*2 20,8 - - 5,2 12,1 5,2 8,5 Хлопковая мычка - - 22 55 20 46,3 20 32,7 Полиэфирная мычка 21,6 43,2 - - - - - -

1 2 3 4 Компонент Комбинирован-ная электропрово-дящая нить Т=50 Текс Комбинирован-ная электропрово-дящая пряжа Т=40 Текс Комбинирован-ная электропрово-дящая нить Т=43,2 Текс Комбинирован-ная электропроводя-щая нить Т=61,2 Текс Текс % Текс % Текс % Текс % Медная микропроволока 18 36 18 45 18 41,6 36 58,8 Комплексная полиэфирная нить 5,2*2 20,8 - - 5,2 12,1 5,2 8,5 Хлопковая мычка - - 22 55 20 46,3 20 32,7 Полиэфирная мычка 21,6 43,2 - - - - - -

2 3 4 Компонент Комбинирован-ная электропрово-дящая нить Т=50 Текс Комбинирован-ная электропрово-дящая пряжа Т=40 Текс Комбинирован-ная электропрово-дящая нить Т=43,2 Текс Комбинирован-ная электропроводя-щая нить Т=61,2 Текс Текс % Текс % Текс % Текс % Медная микропроволока 18 36 18 45 18 41,6 36 58,8 Комплексная полиэфирная нить 5,2*2 20,8 - - 5,2 12,1 5,2 8,5 Хлопковая мычка - - 22 55 20 46,3 20 32,7 Полиэфирная мычка 21,6 43,2 - - - - - -

3 4 Компонент Комбинирован-ная электропрово-дящая нить Т=50 Текс Комбинирован-ная электропрово-дящая пряжа Т=40 Текс Комбинирован-ная электропрово-дящая нить Т=43,2 Текс Комбинирован-ная электропроводя-щая нить Т=61,2 Текс Текс % Текс % Текс % Текс % Медная микропроволока 18 36 18 45 18 41,6 36 58,8 Комплексная полиэфирная нить 5,2*2 20,8 - - 5,2 12,1 5,2 8,5 Хлопковая мычка - - 22 55 20 46,3 20 32,7 Полиэфирная мычка 21,6 43,2 - - - - - -

4 Компонент Комбинирован-ная электропрово-дящая нить Т=50 Текс Комбинирован-ная электропрово-дящая пряжа Т=40 Текс Комбинирован-ная электропрово-дящая нить Т=43,2 Текс Комбинирован-ная электропроводя-щая нить Т=61,2 Текс Текс % Текс % Текс % Текс % Медная микропроволока 18 36 18 45 18 41,6 36 58,8 Комплексная полиэфирная нить 5,2*2 20,8 - - 5,2 12,1 5,2 8,5 Хлопковая мычка - - 22 55 20 46,3 20 32,7 Полиэфирная мычка 21,6 43,2 - - - - - -

Компонент Комбинирован-ная электропрово-дящая нить Т=50 Текс Комбинирован-ная электропрово-дящая пряжа Т=40 Текс Комбинирован-ная электропрово-дящая нить Т=43,2 Текс Комбинирован-ная электропроводя-щая нить Т=61,2 Текс Текс % Текс % Текс % Текс % Медная микропроволока 18 36 18 45 18 41,6 36 58,8 Комплексная полиэфирная нить 5,2*2 20,8 - - 5,2 12,1 5,2 8,5 Хлопковая мычка - - 22 55 20 46,3 20 32,7 Полиэфирная мычка 21,6 43,2 - - - - - -

Компонент Комбинирован-ная электропрово-дящая нить Т=50 Текс Комбинирован-ная электропрово-дящая пряжа Т=40 Текс Комбинирован-ная электропрово-дящая нить Т=43,2

Текс Комбинирован-ная электропроводя-щая нить Т=61,2 Текс
Текс % Текс % Текс % Текс % Медная
микропроволока 18 36 18 45 18 41,6 36 58,8 Комплексная полиэфирная
нить 5,2*2 20,8 - - 5,2 12,1 5,2 8,5 Хлопковая мычка - -
22 55 20 46,3 20 32,7 Полиэфирная мычка 21,6 43,2 - - - - - -
Комбинирован-ная электропрово-дящая нить Т=50 Текс Комбинирован-ная электропрово-дящая пряжа Т=40 Текс Комбинирован-ная электропрово-дящая нить Т=43,2 Текс
Комбинирован-ная электропроводя-щая нить Т=61,2 Текс
Текс % Текс % Текс % Текс % Медная
микропроволока 18 36 18 45 18 41,6 36 58,8 Комплексная полиэфирная
нить 5,2*2 20,8 - - 5,2 12,1 5,2 8,5 Хлопковая мычка - -
22 55 20 46,3 20 32,7 Полиэфирная мычка 21,6 43,2 - - - - - -
Комбинирован-ная электропрово-дящая пряжа Т=40 Текс Комбинирован-ная электропрово-дящая нить Т=43,2 Текс Комбинирован-ная электропроводя-щая нить Т=61,2 Текс
Текс % Текс % Текс % Текс % Медная
микропроволока 18 36 18 45 18 41,6 36 58,8 Комплексная полиэфирная
нить 5,2*2 20,8 - - 5,2 12,1 5,2 8,5 Хлопковая мычка - -
22 55 20 46,3 20 32,7 Полиэфирная мычка 21,6 43,2 - - - - - -
Комбинирован-ная электропрово-дящая нить Т=43,2 Текс Комбинирован-ная электропроводя-щая нить Т=61,2 Текс Текс % Текс % Текс % Текс % Медная
микропроволока 18 36 18 45 18 41,6 36 58,8 Комплексная полиэфирная
нить 5,2*2 20,8 - - 5,2 12,1 5,2 8,5 Хлопковая мычка - -
22 55 20 46,3 20 32,7 Полиэфирная мычка 21,6 43,2 - - - - - -
Комбинирован-ная электропроводя-щая нить Т=61,2 Текс
Текс % Текс % Текс % Текс % Медная
микропроволока 18 36 18 45 18 41,6 36 58,8 Комплексная полиэфирная
нить 5,2*2 20,8 - - 5,2 12,1 5,2 8,5 Хлопковая мычка - -
22 55 20 46,3 20 32,7 Полиэфирная мычка 21,6 43,2 - - - - - -
Текс % Текс % Текс % Текс % Медная
микропроволока 18 36 18 45 18 41,6 36 58,8 Комплексная полиэфирная
нить 5,2*2 20,8 - - 5,2 12,1 5,2 8,5 Хлопковая мычка - -
22 55 20 46,3 20 32,7 Полиэфирная мычка 21,6 43,2 - - - - - -
Текс % Текс % Текс % Текс % Медная
микропроволока 18 36 18 45 18 41,6 36 58,8 Комплексная полиэфирная
нить 5,2*2 20,8 - - 5,2 12,1 5,2 8,5 Хлопковая мычка - -
22 55 20 46,3 20 32,7 Полиэфирная мычка 21,6 43,2 - - - - - -
Текс % Текс % Текс % Текс % Медная
микропроволока 18 36 18 45 18 41,6 36 58,8 Комплексная полиэфирная
нить 5,2*2 20,8 - - 5,2 12,1 5,2 8,5 Хлопковая мычка - -
22 55 20 46,3 20 32,7 Полиэфирная мычка 21,6 43,2 - - - - - -
% Текс % Текс % Текс % Медная
микропроволока 18 36 18 45 18 41,6 36 58,8 Комплексная полиэфирная
нить 5,2*2 20,8 - - 5,2 12,1 5,2 8,5 Хлопковая мычка - -
22 55 20 46,3 20 32,7 Полиэфирная мычка 21,6 43,2 - - - - - -
Текс % Текс % Текс % Медная
микропроволока 18 36 18 45 18 41,6 36 58,8 Комплексная полиэфирная
нить 5,2*2 20,8 - - 5,2 12,1 5,2 8,5 Хлопковая мычка - -
22 55 20 46,3 20 32,7 Полиэфирная мычка 21,6 43,2 - - - - - -

% Текс % Текс % Медная
микропроволока 18 36 18 45 18 41,6 36 58,8 Комплексная полиэфирная
нить 5,2*2 20,8 - - 5,2 12,1 5,2 8,5 Хлопковая мычка - -
22 55 20 46,3 20 32,7 Полиэфирная мычка 21,6 43,2 - - - - - -
Текс % Текс % Медная
микропроволока 18 36 18 45 18 41,6 36 58,8 Комплексная полиэфирная
нить 5,2*2 20,8 - - 5,2 12,1 5,2 8,5 Хлопковая мычка - -
22 55 20 46,3 20 32,7 Полиэфирная мычка 21,6 43,2 - - - - - -
% Текс % Медная микропроволока 18 36 18 45 18 41,6 36 58,8 Комплексная
полиэфирная нить 5,2*2 20,8 - - 5,2 12,1 5,2 8,5 Хлопковая мычка - -
22 55 20 46,3 20 32,7 Полиэфирная мычка 21,6 43,2 - - - - - -
Текс % Медная микропроволока 18 36 18 45 18 41,6 36 58,8 Комплексная
полиэфирная нить 5,2*2 20,8 - - 5,2 12,1 5,2 8,5 Хлопковая мычка - -
22 55 20 46,3 20 32,7 Полиэфирная мычка 21,6 43,2 - - - - - -
% Медная микропроволока 18 36 18 45 18 41,6 36 58,8 Комплексная
полиэфирная нить 5,2*2 20,8 - - 5,2 12,1 5,2 8,5 Хлопковая мычка - -
22 55 20 46,3 20 32,7 Полиэфирная мычка 21,6 43,2 - - - - - -
Медная микропроволока 18 36 18 45 18 41,6 36 58,8 Комплексная полиэфирная
нить 5,2*2 20,8 - - 5,2 12,1 5,2 8,5 Хлопковая мычка - -
22 55 20 46,3 20 32,7 Полиэфирная мычка 21,6 43,2 - - - - - -
Медная микропроволока 18 36 18 45 18 41,6 36 58,8 Комплексная полиэфирная
нить 5,2*2 20,8 - - 5,2 12,1 5,2 8,5 Хлопковая мычка - -
22 55 20 46,3 20 32,7 Полиэфирная мычка 21,6 43,2 - - - - - -
18 36 18 45 18 41,6 36 58,8 Комплексная полиэфирная нить 5,2*2 20,8 - -
5,2 12,1 5,2 8,5 Хлопковая мычка - - 22 55 20 46,3 20 32,7 Полиэфирная
мычка 21,6 43,2 - - - - - -
36 18 45 18 41,6 36 58,8 Комплексная полиэфирная нить 5,2*2 20,8 - -
5,2 12,1 5,2 8,5 Хлопковая мычка - - 22 55 20 46,3 20 32,7 Полиэфирная
мычка 21,6 43,2 - - - - - -
18 45 18 41,6 36 58,8 Комплексная полиэфирная нить 5,2*2 20,8 - -
5,2 12,1 5,2 8,5 Хлопковая мычка - - 22 55 20 46,3 20 32,7 Полиэфирная
мычка 21,6 43,2 - - - - - -
45 18 41,6 36 58,8 Комплексная полиэфирная нить 5,2*2 20,8 - -
5,2 12,1 5,2 8,5 Хлопковая мычка - - 22 55 20 46,3 20 32,7 Полиэфирная
мычка 21,6 43,2 - - - - - -
18 41,6 36 58,8 Комплексная полиэфирная нить 5,2*2 20,8 - -
5,2 12,1 5,2 8,5 Хлопковая мычка - - 22 55 20 46,3 20 32,7 Полиэфирная
мычка 21,6 43,2 - - - - - -
41,6 36 58,8 Комплексная полиэфирная нить 5,2*2 20,8 - -
5,2 12,1 5,2 8,5 Хлопковая мычка - - 22 55 20 46,3 20 32,7 Полиэфирная
мычка 21,6 43,2 - - - - - -
36 58,8 Комплексная полиэфирная нить 5,2*2 20,8 - -
5,2 12,1 5,2 8,5 Хлопковая мычка - - 22 55 20 46,3 20 32,7 Полиэфирная
мычка 21,6 43,2 - - - - - -
58,8 Комплексная полиэфирная нить 5,2*2 20,8 - - 5,2 12,1 5,2 8,5 Хлопковая
мычка - - 22 55 20 46,3 20 32,7 Полиэфирная мычка 21,6 43,2 - - - - - -
Комплексная полиэфирная нить 5,2*2 20,8 - - 5,2 12,1 5,2 8,5 Хлопковая мычка -
- 22 55 20 46,3 20 32,7 Полиэфирная мычка 21,6 43,2 - - - - - -

Комплексная полиэфирная нить 5,2*2 20,8 - - 5,2 12,1 5,2 8,5 Хлопковая мычка -
- 22 55 20 46,3 20 32,7 Полиэфирная мычка 21,6 43,2 - - - - - -
5,2*2 20,8 - - 5,2 12,1 5,2 8,5 Хлопковая мычка - -
22 55 20 46,3 20 32,7 Полиэфирная мычка 21,6 43,2 - - - - - -
20,8 - - 5,2 12,1 5,2 8,5 Хлопковая мычка - -
22 55 20 46,3 20 32,7 Полиэфирная мычка 21,6 43,2 - - - - - -
- - 5,2 12,1 5,2 8,5 Хлопковая мычка - - 22 55 20 46,3 20 32,7 Полиэфирная
мычка 21,6 43,2 - - - - - -
- 5,2 12,1 5,2 8,5 Хлопковая мычка - - 22 55 20 46,3 20 32,7 Полиэфирная
мычка 21,6 43,2 - - - - - -
5,2 12,1 5,2 8,5 Хлопковая мычка - - 22 55 20 46,3 20 32,7 Полиэфирная
мычка 21,6 43,2 - - - - - -
12,1 5,2 8,5 Хлопковая мычка - - 22 55 20 46,3 20 32,7 Полиэфирная
мычка 21,6 43,2 - - - - - -
5,2 8,5 Хлопковая мычка - - 22 55 20 46,3 20 32,7 Полиэфирная
мычка 21,6 43,2 - - - - - -
8,5 Хлопковая мычка - - 22 55 20 46,3 20 32,7 Полиэфирная мычка 21,6 43,2 -
- - - - -
Хлопковая мычка - - 22 55 20 46,3 20 32,7 Полиэфирная мычка 21,6 43,2 - - -
- - -
Хлопковая мычка - - 22 55 20 46,3 20 32,7 Полиэфирная мычка 21,6 43,2 - - -
- - -
- - 22 55 20 46,3 20 32,7 Полиэфирная мычка 21,6 43,2 - - - - - -
- 22 55 20 46,3 20 32,7 Полиэфирная мычка 21,6 43,2 - - - - - -
22 55 20 46,3 20 32,7 Полиэфирная мычка 21,6 43,2 - - - - - -
55 20 46,3 20 32,7 Полиэфирная мычка 21,6 43,2 - - - - - -
20 46,3 20 32,7 Полиэфирная мычка 21,6 43,2 - - - - - -
46,3 20 32,7 Полиэфирная мычка 21,6 43,2 - - - - - -
20 32,7 Полиэфирная мычка 21,6 43,2 - - - - - -
32,7 Полиэфирная мычка 21,6 43,2 - - - - - -
Полиэфирная мычка 21,6 43,2 - - - - - -
Полиэфирная мычка 21,6 43,2 - - - - - -
21,6 43,2 - - - - - -
43,2 - - - - - -
- - - - - -
- - - - -
- - - -
- - -
- -
-

Таблица 2 – Физико-механические свойства комбинированных электропроводящих нитей различного способа формирования

Компонент Комбинированная электропроводящая нить Т=50 Текс Комбинированная электропроводящая пряжа Т=40 Текс Комбинированная электропроводящая нить Т=43,2 Текс Комбинированная электропроводящая нить Т=61,2 Текс Абсолютная разрывная нагрузка Рн, сН 700 350 580 614 Коэффициент вариации по разрывной нагрузке CVРн, % 4 4,3 4,8 5,5 Разрывное удлинение Ру, % 14-16 4-6 10-14 10-14 Коэффициент

вариации по разрывному удлинению CVPу, % 6,25 4,78 4,24 3,9 Электрическое сопротивление пряжи длиной 1 см $R_{1см}$, Ом $1,2•10^2$ $1,2•10^2$ $1,2•10^2$ $0,9•10^2$

Комбинированная электропроводящая нить Т=50 Текс Комбинированная электропроводящая пряжа Т=40 Текс Комбинированная электропроводящая нить Т=43,2 Текс Комбинированная электропроводящая нить Т=61,2 Текс Абсолютная разрывная нагрузка Рн, сН 700 350 580 614 Коэффициент вариации по разрывной нагрузке CVPн, % 4 4,3 4,8 5,5 Разрывное удлинение Ру, % 14-16 4-6 10-14 10-14 Коэффициент вариации по разрывному удлинению CVPу, % 6,25 4,78 4,24 3,9 Электрическое сопротивление пряжи длиной 1 см $R_{1см}$, Ом $1,2•10^2$ $1,2•10^2$ $1,2•10^2$ $0,9•10^2$

Комбинированная электропроводящая пряжа Т=40 Текс Комбинированная электропроводящая нить Т=43,2 Текс Комбинированная электропроводящая нить Т=61,2 Текс Абсолютная разрывная нагрузка Рн, сН 700 350 580 614 Коэффициент вариации по разрывной нагрузке CVPн, % 4 4,3 4,8 5,5 Разрывное удлинение Ру, % 14-16 4-6 10-14 10-14 Коэффициент вариации по разрывному удлинению CVPу, % 6,25 4,78 4,24 3,9 Электрическое сопротивление пряжи длиной 1 см $R_{1см}$, Ом $1,2•10^2$ $1,2•10^2$ $1,2•10^2$ $0,9•10^2$

Комбинированная электропроводящая нить Т=43,2 Текс Комбинированная электропроводящая нить Т=61,2 Текс Абсолютная разрывная нагрузка Рн, сН 700 350 580 614 Коэффициент вариации по разрывной нагрузке CVPн, % 4 4,3 4,8 5,5 Разрывное удлинение Ру, % 14-16 4-6 10-14 10-14 Коэффициент вариации по разрывному удлинению CVPу, % 6,25 4,78 4,24 3,9 Электрическое сопротивление пряжи длиной 1 см $R_{1см}$, Ом $1,2•10^2$ $1,2•10^2$ $1,2•10^2$ $0,9•10^2$

Комбинированная электропроводящая нить Т=61,2 Текс Абсолютная разрывная нагрузка Рн, сН 700 350 580 614 Коэффициент вариации по разрывной нагрузке CVPн, % 4 4,3 4,8 5,5 Разрывное удлинение Ру, % 14-16 4-6 10-14 10-14 Коэффициент вариации по разрывному удлинению CVPу, % 6,25 4,78 4,24 3,9 Электрическое сопротивление пряжи длиной 1 см $R_{1см}$, Ом $1,2•10^2$ $1,2•10^2$ $1,2•10^2$ $0,9•10^2$

Абсолютная разрывная нагрузка Рн, сН 700 350 580 614 Коэффициент вариации по разрывной нагрузке CVPн, % 4 4,3 4,8 5,5 Разрывное удлинение Ру, % 14-16 4-6 10-14 10-14 Коэффициент вариации по разрывному удлинению CVPу, % 6,25 4,78 4,24 3,9 Электрическое сопротивление пряжи длиной 1 см $R_{1см}$, Ом $1,2•10^2$ $1,2•10^2$ $1,2•10^2$ $0,9•10^2$

700 350 580 614 Коэффициент вариации по разрывной нагрузке CVPн, % 4 4,3 4,8 5,5 Разрывное удлинение Ру, % 14-16 4-6 10-14 10-14 Коэффициент вариации по разрывному удлинению CVPу, % 6,25 4,78 4,24 3,9 Электрическое сопротивление пряжи длиной 1 см $R_{1см}$, Ом $1,2•10^2$ $1,2•10^2$ $1,2•10^2$ $0,9•10^2$

350 580 614 Коэффициент вариации по разрывной нагрузке CVPн, % 4 4,3 4,8 5,5 Разрывное удлинение Ру, % 14-16 4-6 10-14 10-14 Коэффициент вариации по разрывному удлинению CVPу, % 6,25 4,78 4,24 3,9 Электрическое сопротивление пряжи длиной 1 см $R_{1см}$, Ом $1,2•10^2$ $1,2•10^2$ $1,2•10^2$ $0,9•10^2$

580 614 Коэффициент вариации по разрывной нагрузке CVPн, % 4 4,3 4,8 5,5 Разрывное удлинение Ру, % 14-16 4-6 10-14 10-14 Коэффициент вариации по разрывному удлинению CVPу, % 6,25 4,78 4,24 3,9 Электрическое сопротивление пряжи длиной 1 см $R_{1см}$, Ом $1,2•10^2$ $1,2•10^2$ $1,2•10^2$ $0,9•10^2$

614 Коэффициент вариации по разрывной нагрузке CVPн, % 4 4,3 4,8 5,5 Разрывное удлинение Ру, % 14-16 4-6 10-14 10-14 Коэффициент вариации по разрывному удлинению CVPу, % 6,25 4,78 4,24 3,9 Электрическое сопротивление пряжи длиной 1 см $R_{1см}$, Ом $1,2•10^2$ $1,2•10^2$ $1,2•10^2$ $0,9•10^2$

Коэффициент вариации по разрывной нагрузке CVPн, % 4 4,3 4,8 5,5 Разрывное удлинение Ру, % 14-16 4-6 10-14 10-14 Коэффициент вариации по разрывному удлинению CVPу, % 6,25 4,78 4,24 3,9 Электрическое сопротивление пряжи длиной 1 см $R_{1см}$, Ом $1,2•10^2$ $1,2•10^2$ $1,2•10^2$ $0,9•10^2$

Коэффициент вариации по разрывной нагрузке CVPн, % 4 4,3 4,8 5,5 Разрывное удлинение Ру, % 14-16 4-6 10-14 10-14 Коэффициент вариации по разрывному удлинению CVPу, % 6,25 4,78 4,24 3,9 Электрическое сопротивление пряжи длиной 1 см $R_{1см}$, Ом $1,2•10^2$ $1,2•10^2$ $1,2•10^2$ $0,9•10^2$

4 4,3 4,8 5,5 Разрывное удлинение Ру, % 14-16 4-6 10-14 10-14 Коэффициент вариации по разрывному удлинению CVPу, % 6,25 4,78 4,24 3,9 Электрическое сопротивление пряжи длиной 1 см $R_{1см}$, Ом $1,2•10^2$ $1,2•10^2$ $1,2•10^2$ $0,9•10^2$

4,3 4,8 5,5 Разрывное удлинение Ру, % 14-16 4-6 10-14 10-14 Коэффициент вариации по разрывному удлинению CVPу, % 6,25 4,78 4,24 3,9 Электрическое сопротивление пряжи длиной 1 см $R_{1см}$, Ом $1,2•10^2$ $1,2•10^2$ $1,2•10^2$ $0,9•10^2$

4,8 5,5 Разрывное удлинение Ру, % 14-16 4-6 10-14 10-14 Коэффициент вариации по разрывному удлинению CVPу, % 6,25 4,78 4,24 3,9 Электрическое сопротивление пряжи длиной 1 см $R_{1см}$, Ом $1,2•10^2$ $1,2•10^2$ $1,2•10^2$ $0,9•10^2$

5,5 Разрывное удлинение Ру, % 14-16 4-6 10-14 10-14 Коэффициент вариации по разрывному удлинению CVPу, % 6,25 4,78 4,24 3,9 Электрическое сопротивление пряжи длиной 1 см $R_{1см}$, Ом $1,2•10^2$ $1,2•10^2$ $1,2•10^2$ $0,9•10^2$

Разрывное удлинение Ру, % 14-16 4-6 10-14 10-14 Коэффициент вариации по разрывному удлинению CVPу, % 6,25 4,78 4,24 3,9 Электрическое сопротивление пряжи длиной 1 см $R_{1см}$, Ом $1,2•10^2$ $1,2•10^2$ $1,2•10^2$ $0,9•10^2$

Разрывное удлинение Ру, % 14-16 4-6 10-14 10-14 Коэффициент вариации по разрывному удлинению CVPу, % 6,25 4,78 4,24 3,9 Электрическое сопротивление пряжи длиной 1 см $R_{1см}$, Ом $1,2•10^2$ $1,2•10^2$ $1,2•10^2$ $0,9•10^2$

14-16 4-6 10-14 10-14 Коэффициент вариации по разрывному удлинению CVPу, % 6,25 4,78 4,24 3,9 Электрическое сопротивление пряжи длиной 1 см $R_{1см}$, Ом $1,2•10^2$ $1,2•10^2$ $1,2•10^2$ $0,9•10^2$

4-6 10-14 10-14 Коэффициент вариации по разрывному удлинению CVPу, % 6,25 4,78 4,24 3,9 Электрическое сопротивление пряжи длиной 1 см $R_{1см}$, Ом $1,2•10^2$ $1,2•10^2$ $1,2•10^2$ $0,9•10^2$

10-14 10-14 Коэффициент вариации по разрывному удлинению CVPу, % 6,25 4,78 4,24 3,9 Электрическое сопротивление пряжи длиной 1 см $R_{1см}$, Ом $1,2•10^2$ $1,2•10^2$ $1,2•10^2$ $0,9•10^2$

10-14 Коэффициент вариации по разрывному удлинению CVPу, % 6,25 4,78 4,24 3,9 Электрическое сопротивление пряжи длиной 1 см $R_{1см}$, Ом $1,2•10^2$ $1,2•10^2$ $1,2•10^2$ $0,9•10^2$

Коэффициент вариации по разрывному удлинению CVPу, % 6,25 4,78 4,24 3,9 Электрическое сопротивление пряжи длиной 1 см $R_{1см}$, Ом $1,2•10^2$ $1,2•10^2$ $1,2•10^2$ $0,9•10^2$

Коэффициент вариации по разрывному удлинению CVPу, % 6,25 4,78 4,24 3,9 Электрическое сопротивление пряжи длиной 1 см $R_{1см}$, Ом $1,2•10^2$ $1,2•10^2$ $1,2•10^2$ $0,9•10^2$

6,25 4,78 4,24 3,9 Электрическое сопротивление пряжи длиной 1 см $R_{1см}$, Ом $1,2•10^2$ $1,2•10^2$ $1,2•10^2$ $0,9•10^2$

4,78 4,24 3,9 Электрическое сопротивление пряжи длиной 1 см $R_{1см}$, Ом
$1,2•10^2$ $1,2•10^2$ $1,2•10^2$ $0,9•10^2$
4,24 3,9 Электрическое сопротивление пряжи длиной 1 см $R_{1см}$, Ом
$1,2•10^2$ $1,2•10^2$ $1,2•10^2$ $0,9•10^2$
3,9 Электрическое сопротивление пряжи длиной 1 см $R_{1см}$, Ом
$1,2•10^2$ $1,2•10^2$ $1,2•10^2$ $0,9•10^2$
Электрическое сопротивление пряжи длиной 1 см $R_{1см}$, Ом
$1,2•10^2$ $1,2•10^2$ $1,2•10^2$ $0,9•10^2$
Электрическое сопротивление пряжи длиной 1 см $R_{1см}$, Ом
$1,2•10^2$ $1,2•10^2$ $1,2•10^2$ $0,9•10^2$
$1,2•10^2$ $1,2•10^2$ $1,2•10^2$ $0,9•10^2$
$1,2•10^2$ $1,2•10^2$ $0,9•10^2$
$1,2•10^2$ $0,9•10^2$
$0,9•10^2$

Для изучения зависимости эффективности экранирования от плотности тканей различного переплетения изучены удельные объемные электрические сопротивления тканей с медной микропроволокой с разными плотностями по основе и утку наряду с различными диаметрами медной микропроволоки.
Объемное удельное сопротивление EMBED Equation.3 и проводимость электропроводящих тканей EMBED Equation.3 измерялись и вычислялись по следующим формулам[5].

EMBED Equation.3 (1)

EMBED Equation.3 (2)

Где R - Сопротивление образца ткани, Ом; t - толщина ткани, см; EMBED Equation.3 - проводимость ткани 1/Ом*см; RCF-поправочный коэффициент сопротивления тканей.

Таблица 3 – Физико-механические свойства экспериментальных образцов тканей специального назначения

Наименование параметра Единица измерения Ткань полученная с использованием электропроводящей пряжи Номер образца ткани 1 2 2А 3 3А переплетение неправильный шестинитный сатин Саржа 3/1 полотняное полотняное Линейная плотность пряжи текс 50 40 43,2 61,2 Плотность суровой ткани по основе н/10см 180 180 210 180 180 Плотность суровой ткани по утку н/10см 160 160 180 160 160 Разрывная нагрузка полоски ткани 50*200мм -по основе Н 1543,1 1153,6 1154,2 1619,5 1595,8 -по утку Н 620,5 480,7 487,3 634,8 632,4

Единица измерения Ткань полученная с использованием электропроводящей пряжи Номер образца ткани 1 2 2А 3 3А переплетение неправильный шестинитный сатин Саржа 3/1 полотняное полотняное Линейная плотность пряжи текс 50 40 43,2 61,2 Плотность суровой ткани по основе н/10см 180 180 210 180 180 Плотность суровой ткани по утку н/10см 160 160 180 160 160 Разрывная нагрузка полоски ткани 50*200мм -по основе Н 1543,1 1153,6 1154,2 1619,5 1595,8 -по утку Н 620,5 480,7 487,3 634,8 632,4

Ткань полученная с использованием электропроводящей пряжи Номер образца ткани 1 2 2А 3 3А переплетение неправильный шестинитный сатин Саржа 3/1 полотняное полотняное Линейная плотность

пряжи текс 50 40 43,2 61,2 Плотность суровой ткани по основе н/10см 180 180 210 180 180 Плотность суровой ткани по утку н/10см 160 160 180 160 160 Разрывная нагрузка полоски ткани 50*200мм -по основе Н 1543,1 1153,6 1154,2 1619,5 1595,8 -по утку Н 620,5 480,7 487,3 634,8 632,4

Номер образца ткани 1 2 2А 3 3А переплетение неправильный шестинитный сатин Саржа 3/1 полотняное полотняное Линейная плотность

пряжи текс 50 40 43,2 61,2 Плотность суровой ткани по основе н/10см 180 180 210 180 180 Плотность суровой ткани по утку н/10см 160 160 180 160 160 Разрывная нагрузка полоски ткани 50*200мм -по основе Н 1543,1 1153,6 1154,2 1619,5 1595,8 -по утку Н 620,5 480,7 487,3 634,8 632,4

Номер образца ткани 1 2 2А 3 3А переплетение неправильный шестинитный сатин Саржа 3/1 полотняное полотняное Линейная плотность

пряжи текс 50 40 43,2 61,2 Плотность суровой ткани по основе н/10см 180 180 210 180 180 Плотность суровой ткани по утку н/10см 160 160 180 160 160 Разрывная нагрузка полоски ткани 50*200мм -по основе Н 1543,1 1153,6 1154,2 1619,5 1595,8 -по утку Н 620,5 480,7 487,3 634,8 632,4

1 2 2А 3 3А переплетение неправильный шестинитный сатин Саржа 3/1 полотняное полотняное Линейная плотность

пряжи текс 50 40 43,2 61,2 Плотность суровой ткани по основе н/10см 180 180 210 180 180 Плотность суровой ткани по утку н/10см 160 160 180 160 160 Разрывная нагрузка полоски ткани 50*200мм -по основе Н 1543,1 1153,6 1154,2 1619,5 1595,8 -по утку Н 620,5 480,7 487,3 634,8 632,4

1 2 2А 3 3А переплетение неправильный шестинитный сатин Саржа 3/1 полотняное полотняное Линейная плотность

пряжи текс 50 40 43,2 61,2 Плотность суровой ткани по основе н/10см 180 180 210 180 180 Плотность суровой ткани по утку н/10см 160 160 180 160 160 Разрывная нагрузка полоски ткани 50*200мм -по основе Н 1543,1 1153,6 1154,2 1619,5 1595,8 -по утку Н 620,5 480,7 487,3 634,8 632,4

2 2А 3 3А переплетение неправильный шестинитный сатин Саржа 3/1 полотняное полотняное Линейная плотность

пряжи текс 50 40 43,2 61,2 Плотность суровой ткани по основе н/10см 180 180 210 180 180 Плотность суровой ткани по утку н/10см 160 160 180 160 160 Разрывная нагрузка полоски ткани 50*200мм -по основе Н 1543,1 1153,6 1154,2 1619,5 1595,8 -по утку Н 620,5 480,7 487,3 634,8 632,4

2А 3 3А переплетение неправильный шестинитный сатин Саржа 3/1 полотняное полотняное Линейная плотность

пряжи текс 50 40 43,2 61,2 Плотность суровой ткани по основе н/10см 180 180 210 180 180 Плотность суровой ткани по утку н/10см 160 160 180 160 160 Разрывная нагрузка полоски ткани 50*200мм -по основе Н 1543,1 1153,6 1154,2 1619,5 1595,8 -по утку Н 620,5 480,7 487,3 634,8 632,4

3 3А переплетение неправильный шестинитный сатин Саржа 3/1 полотняное полотняное Линейная плотность

пряжи текс 50 40 43,2 61,2 Плотность суровой ткани по основе н/10см 180 180 210 180 180 Плотность суровой ткани по утку н/10см 160 160 180 160 160 Разрывная нагрузка полоски ткани

50*200мм -по основе Н 1543,1 1153,6 1154,2 1619,5 1595,8 -по утку Н 620,5 480,7 487,3 634,8 632,4

3А переплетение неправильный шестинитный сатин Саржа 3/1 полотняное полотняное Линейная плотность пряжи текс 50 40 43,2 61,2 Плотность суровой ткани по основе н/10см 180 180 210 180 180 Плотность суровой ткани по утку н/10см 160 160 180 160 160 Разрывная нагрузка полоски ткани 50*200мм -по основе Н 1543,1 1153,6 1154,2 1619,5 1595,8 -по утку Н 620,5 480,7 487,3 634,8 632,4

переплетение неправильный шестинитный сатин Саржа 3/1 полотняное полотняное Линейная плотность пряжи текс 50 40 43,2 61,2 Плотность суровой ткани по основе н/10см 180 180 210 180 180 Плотность суровой ткани по утку н/10см 160 160 180 160 160 Разрывная нагрузка полоски ткани 50*200мм -по основе Н 1543,1 1153,6 1154,2 1619,5 1595,8 -по утку Н 620,5 480,7 487,3 634,8 632,4

переплетение неправильный шестинитный сатин Саржа 3/1 полотняное полотняное Линейная плотность пряжи текс 50 40 43,2 61,2 Плотность суровой ткани по основе н/10см 180 180 210 180 180 Плотность суровой ткани по утку н/10см 160 160 180 160 160 Разрывная нагрузка полоски ткани 50*200мм -по основе Н 1543,1 1153,6 1154,2 1619,5 1595,8 -по утку Н 620,5 480,7 487,3 634,8 632,4

неправильный шестинитный сатин Саржа 3/1 полотняное полотняное Линейная плотность пряжи текс 50 40 43,2 61,2 Плотность суровой ткани по основе н/10см 180 180 210 180 180 Плотность суровой ткани по утку н/10см 160 160 180 160 160 Разрывная нагрузка полоски ткани 50*200мм -по основе Н 1543,1 1153,6 1154,2 1619,5 1595,8 -по утку Н 620,5 480,7 487,3 634,8 632,4

неправильный шестинитный сатин Саржа 3/1 полотняное полотняное Линейная плотность пряжи текс 50 40 43,2 61,2 Плотность суровой ткани по основе н/10см 180 180 210 180 180 Плотность суровой ткани по утку н/10см 160 160 180 160 160 Разрывная нагрузка полоски ткани 50*200мм -по основе Н 1543,1 1153,6 1154,2 1619,5 1595,8 -по утку Н 620,5 480,7 487,3 634,8 632,4

Саржа 3/1 полотняное полотняное Линейная плотность пряжи текс 50 40 43,2 61,2 Плотность суровой ткани по основе н/10см 180 180 210 180 180 Плотность суровой ткани по утку н/10см 160 160 180 160 160 Разрывная нагрузка полоски ткани 50*200мм -по основе Н 1543,1 1153,6 1154,2 1619,5 1595,8 -по утку Н 620,5 480,7 487,3 634,8 632,4

полотняное полотняное Линейная плотность пряжи текс 50 40 43,2 61,2 Плотность суровой ткани по основе н/10см 180 180 210 180 180 Плотность суровой ткани по утку н/10см 160 160 180 160 160 Разрывная нагрузка полоски ткани 50*200мм -по основе Н 1543,1 1153,6 1154,2 1619,5 1595,8 -по утку Н 620,5 480,7 487,3 634,8 632,4

полотняное Линейная плотность пряжи текс 50 40 43,2 61,2 Плотность суровой ткани по основе н/10см 180 180 210 180 180 Плотность суровой ткани по утку н/10см 160 160 180 160 160 Разрывная нагрузка полоски ткани 50*200мм -по основе Н 1543,1 1153,6 1154,2 1619,5 1595,8 -по утку Н 620,5 480,7 487,3 634,8 632,4

Линейная плотность пряжи текс 50 40 43,2 61,2 Плотность суровой ткани по основе н/10см 180 180 210 180 180 Плотность суровой ткани по

утку н/10см 160 160 180 160 160 Разрывная нагрузка полоски ткани 50*200мм -по основе Н 1543,1 1153,6 1154,2 1619,5 1595,8 -по утку Н 620,5 480,7 487,3 634,8 632,4
Линейная плотность пряжи текс 50 40 43,2 61,2 Плотность суровой ткани по основе н/10см 180 180 210 180 180 Плотность суровой ткани по утку н/10см 160 160 180 160 160 Разрывная нагрузка полоски ткани 50*200мм -по основе Н 1543,1 1153,6 1154,2 1619,5 1595,8 -по утку Н 620,5 480,7 487,3 634,8 632,4
текс 50 40 43,2 61,2 Плотность суровой ткани по основе н/10см 180 180 210 180 180 Плотность суровой ткани по утку н/10см 160 160 180 160 160 Разрывная нагрузка полоски ткани 50*200мм -по основе Н 1543,1 1153,6 1154,2 1619,5 1595,8 -по утку Н 620,5 480,7 487,3 634,8 632,4
50 40 43,2 61,2 Плотность суровой ткани по основе н/10см 180 180 210 180 180 Плотность суровой ткани по утку н/10см 160 160 180 160 160 Разрывная нагрузка полоски ткани 50*200мм -по основе Н 1543,1 1153,6 1154,2 1619,5 1595,8 -по утку Н 620,5 480,7 487,3 634,8 632,4
40 43,2 61,2 Плотность суровой ткани по основе н/10см 180 180 210 180 180 Плотность суровой ткани по утку н/10см 160 160 180 160 160 Разрывная нагрузка полоски ткани 50*200мм -по основе Н 1543,1 1153,6 1154,2 1619,5 1595,8 -по утку Н 620,5 480,7 487,3 634,8 632,4
43,2 61,2 Плотность суровой ткани по основе н/10см 180 180 210 180 180 Плотность суровой ткани по утку н/10см 160 160 180 160 160 Разрывная нагрузка полоски ткани 50*200мм -по основе Н 1543,1 1153,6 1154,2 1619,5 1595,8 -по утку Н 620,5 480,7 487,3 634,8 632,4
61,2 Плотность суровой ткани по основе н/10см 180 180 210 180 180 Плотность суровой ткани по утку н/10см 160 160 180 160 160 Разрывная нагрузка полоски ткани 50*200мм -по основе Н 1543,1 1153,6 1154,2 1619,5 1595,8 -по утку Н 620,5 480,7 487,3 634,8 632,4
Плотность суровой ткани по основе н/10см 180 180 210 180 180 Плотность суровой ткани по утку н/10см 160 160 180 160 160 Разрывная нагрузка полоски ткани 50*200мм -по основе Н 1543,1 1153,6 1154,2 1619,5 1595,8 -по утку Н 620,5 480,7 487,3 634,8 632,4
Плотность суровой ткани по основе н/10см 180 180 210 180 180 Плотность суровой ткани по утку н/10см 160 160 180 160 160 Разрывная нагрузка полоски ткани 50*200мм -по основе Н 1543,1 1153,6 1154,2 1619,5 1595,8 -по утку Н 620,5 480,7 487,3 634,8 632,4
н/10см 180 180 210 180 180 Плотность суровой ткани по утку н/10см 160 160 180 160 160 Разрывная нагрузка полоски ткани 50*200мм -по основе Н 1543,1 1153,6 1154,2 1619,5 1595,8 -по утку Н 620,5 480,7 487,3 634,8 632,4
180 180 210 180 180 Плотность суровой ткани по утку н/10см 160 160 180 160 160 Разрывная нагрузка полоски ткани 50*200мм -по основе Н 1543,1 1153,6 1154,2 1619,5 1595,8 -по утку Н 620,5 480,7 487,3 634,8 632,4
180 210 180 180 Плотность суровой ткани по утку н/10см 160 160 180 160 160 Разрывная нагрузка полоски ткани 50*200мм -по основе Н 1543,1 1153,6 1154,2 1619,5 1595,8 -по утку Н 620,5 480,7 487,3 634,8 632,4

210 180 180 Плотность суровой ткани по
утку н/10см 160 160 180 160 160 Разрывная нагрузка полоски ткани
50*200мм -по основе Н 1543,1 1153,6 1154,2 1619,5 1595,8 -по
утку Н 620,5 480,7 487,3 634,8 632,4
180 180 Плотность суровой ткани по утку н/10см 160 160 180 160 160 Разрывная
нагрузка полоски ткани 50*200мм -по
основе Н 1543,1 1153,6 1154,2 1619,5 1595,8 -по
утку Н 620,5 480,7 487,3 634,8 632,4
180 Плотность суровой ткани по утку н/10см 160 160 180 160 160 Разрывная
нагрузка полоски ткани 50*200мм -по
основе Н 1543,1 1153,6 1154,2 1619,5 1595,8 -по
утку Н 620,5 480,7 487,3 634,8 632,4
Плотность суровой ткани по утку н/10см 160 160 180 160 160 Разрывная нагрузка
полоски ткани 50*200мм -по
основе Н 1543,1 1153,6 1154,2 1619,5 1595,8 -по
утку Н 620,5 480,7 487,3 634,8 632,4
Плотность суровой ткани по утку н/10см 160 160 180 160 160 Разрывная нагрузка
полоски ткани 50*200мм -по
основе Н 1543,1 1153,6 1154,2 1619,5 1595,8 -по
утку Н 620,5 480,7 487,3 634,8 632,4
н/10см 160 160 180 160 160 Разрывная нагрузка полоски ткани 50*200мм -
по основе Н 1543,1 1153,6 1154,2 1619,5 1595,8 -по
утку Н 620,5 480,7 487,3 634,8 632,4
160 160 180 160 160 Разрывная нагрузка полоски ткани 50*200мм -по
основе Н 1543,1 1153,6 1154,2 1619,5 1595,8 -по
утку Н 620,5 480,7 487,3 634,8 632,4
160 180 160 160 Разрывная нагрузка полоски ткани 50*200мм -по
основе Н 1543,1 1153,6 1154,2 1619,5 1595,8 -по
утку Н 620,5 480,7 487,3 634,8 632,4
180 160 160 Разрывная нагрузка полоски ткани 50*200мм -по
основе Н 1543,1 1153,6 1154,2 1619,5 1595,8 -по
утку Н 620,5 480,7 487,3 634,8 632,4
160 160 Разрывная нагрузка полоски ткани 50*200мм -по
основе Н 1543,1 1153,6 1154,2 1619,5 1595,8 -по
утку Н 620,5 480,7 487,3 634,8 632,4
160 Разрывная нагрузка полоски ткани 50*200мм -по
основе Н 1543,1 1153,6 1154,2 1619,5 1595,8 -по
утку Н 620,5 480,7 487,3 634,8 632,4
Разрывная нагрузка полоски ткани 50*200мм -по
основе Н 1543,1 1153,6 1154,2 1619,5 1595,8 -по
утку Н 620,5 480,7 487,3 634,8 632,4
Разрывная нагрузка полоски ткани 50*200мм -по
основе Н 1543,1 1153,6 1154,2 1619,5 1595,8 -по
утку Н 620,5 480,7 487,3 634,8 632,4
-по основе Н 1543,1 1153,6 1154,2 1619,5 1595,8 -по
утку Н 620,5 480,7 487,3 634,8 632,4
-по основе Н 1543,1 1153,6 1154,2 1619,5 1595,8 -по
утку Н 620,5 480,7 487,3 634,8 632,4
-по основе Н 1543,1 1153,6 1154,2 1619,5 1595,8 -по
утку Н 620,5 480,7 487,3 634,8 632,4
-по основе Н 1543,1 1153,6 1154,2 1619,5 1595,8 -по
утку Н 620,5 480,7 487,3 634,8 632,4

-по основе Н 1543,1 1153,6 1154,2 1619,5 1595,8 -по утку Н 620,5 480,7 487,3 634,8 632,4
-по основе Н 1543,1 1153,6 1154,2 1619,5 1595,8 -по утку Н 620,5 480,7 487,3 634,8 632,4
-по основе Н 1543,1 1153,6 1154,2 1619,5 1595,8 -по утку Н 620,5 480,7 487,3 634,8 632,4
Н 1543,1 1153,6 1154,2 1619,5 1595,8 -по утку Н 620,5 480,7 487,3 634,8 632,4
1543,1 1153,6 1154,2 1619,5 1595,8 -по утку Н 620,5 480,7 487,3 634,8 632,4
1153,6 1154,2 1619,5 1595,8 -по утку Н 620,5 480,7 487,3 634,8 632,4
1154,2 1619,5 1595,8 -по утку Н 620,5 480,7 487,3 634,8 632,4
1619,5 1595,8 -по утку Н 620,5 480,7 487,3 634,8 632,4
1595,8 -по утку Н 620,5 480,7 487,3 634,8 632,4
-по утку Н 620,5 480,7 487,3 634,8 632,4
-по утку Н 620,5 480,7 487,3 634,8 632,4
Н 620,5 480,7 487,3 634,8 632,4
620,5 480,7 487,3 634,8 632,4
480,7 487,3 634,8 632,4
487,3 634,8 632,4
634,8 632,4
632,4

Экранирующие ткани были исследованы в сертифицированной лаборатории РУП «БелГИМ» на диапазонах частот от 1,2 до 11 ГГц. Эффективности экранирования тканей специального назначения различных переплетений представлены на рисунке 1.

На рисунке 1 представлены измерения эффективности экранирования электромагнитного излучения тканями специального назначения с различным переплетением. Результаты измерения электромагнитного излучения, также представлены в таблице 4. Значение эффективности электромагнитного экранирования достигло максимума на частоте 4 ГГц и снизилось на частоте 5,64ГГц. При анализе ткани саржевого переплетения наблюдается незначительное уменьшение экранирующей способности на частотах 5,64ГГц и 11,5ГГц.

В свою очередь полотняное переплетение экранирующих тканей имеет незначительное снижение экранирующей способности только на частоте 11,5ГГц.

1-неправильный 3 естинитный сатин; 2-саржа 3/1; 3-полотно. 1

Рисунок 1 – Эффективность экранирования тканей специального назначения

Установлено, что ткань сатинового переплетения обеспечивает лучшую группировку нитей по сравнению с другими переплетениями, что обусловливает более равномерную экранирующую способность на всём диапазоне исследуемых частот. Данные зависимости обусловлены структурными особенностями выбранных переплетений ткани.

Таблица 4 – Результаты измерения эффективности экранирования эл 2 ромагнитного излучения тканями специального назначения

Частота f, ГГц Номера образцов ткани 1 2 2А 3 3А Эффективность экранирования σ,% 1,2 99,91 99,76 99,81 99,93 99,94 2 99,86 99,95 99,95 99,82 99,93 4 99,96 99, 91 99,92 99,91 99,95 5,64 99,91 99,58 99,72 99,91 99,95 8 99,93 99,91 99,9 99,91 99 ,95 11,5 99,93 99,64 99,92 99,64 99,79

Номера образцов ткани 1 2 2А 3 3А Эффективность экранирования σ,% 1,2 99,91 99,76 99,81 99,93 99,94 2 99,86 99,95 99,95 99,82 99,93 4 99,96 99,

91 99,92 99,91 99,95 5,64 99,91 99,58 99,72 99,91 99,95 8 99,93 99,91 99,9 99,91 99
,95 11,5 99,93 99,64 99,92 99,64 99,79
1 2 2А 3 3А Эффективность экранирования
σ,% 1,2 99,91 99,76 99,81 99,93 99,94 2 99,86 99,95 99,95 99,82 99,93 4 99,96 99,
91 99,92 99,91 99,95 5,64 99,91 99,58 99,72 99,91 99,95 8 99,93 99,91 99,9 99,91 99
,95 11,5 99,93 99,64 99,92 99,64 99,79
1 2 2А 3 3А Эффективность экранирования
σ,% 1,2 99,91 99,76 99,81 99,93 99,94 2 99,86 99,95 99,95 99,82 99,93 4 99,96 99,
91 99,92 99,91 99,95 5,64 99,91 99,58 99,72 99,91 99,95 8 99,93 99,91 99,9 99,91 99
,95 11,5 99,93 99,64 99,92 99,64 99,79
1 2 2А 3 3А Эффективность экранирования
σ,% 1,2 99,91 99,76 99,81 99,93 99,94 2 99,86 99,95 99,95 99,82 99,93 4 99,96 99,
91 99,92 99,91 99,95 5,64 99,91 99,58 99,72 99,91 99,95 8 99,93 99,91 99,9 99,91 99
,95 11,5 99,93 99,64 99,92 99,64 99,79
2 2А 3 3А Эффективность экранирования
σ,% 1,2 99,91 99,76 99,81 99,93 99,94 2 99,86 99,95 99,95 99,82 99,93 4 99,96 99,
91 99,92 99,91 99,95 5,64 99,91 99,58 99,72 99,91 99,95 8 99,93 99,91 99,9 99,91 99
,95 11,5 99,93 99,64 99,92 99,64 99,79
2А 3 3А Эффективность экранирования
σ,% 1,2 99,91 99,76 99,81 99,93 99,94 2 99,86 99,95 99,95 99,82 99,93 4 99,96 99,
91 99,92 99,91 99,95 5,64 99,91 99,58 99,72 99,91 99,95 8 99,93 99,91 99,9 99,91 99
,95 11,5 99,93 99,64 99,92 99,64 99,79
3 3А Эффективность экранирования
σ,% 1,2 99,91 99,76 99,81 99,93 99,94 2 99,86 99,95 99,95 99,82 99,93 4 99,96 99,
91 99,92 99,91 99,95 5,64 99,91 99,58 99,72 99,91 99,95 8 99,93 99,91 99,9 99,91 99
,95 11,5 99,93 99,64 99,92 99,64 99,79
3А Эффективность экранирования
σ,% 1,2 99,91 99,76 99,81 99,93 99,94 2 99,86 99,95 99,95 99,82 99,93 4 99,96 99,
91 99,92 99,91 99,95 5,64 99,91 99,58 99,72 99,91 99,95 8 99,93 99,91 99,9 99,91 99
,95 11,5 99,93 99,64 99,92 99,64 99,79
Эффективность экранирования
σ,% 1,2 99,91 99,76 99,81 99,93 99,94 2 99,86 99,95 99,95 99,82 99,93 4 99,96 99,
91 99,92 99,91 99,95 5,64 99,91 99,58 99,72 99,91 99,95 8 99,93 99,91 99,9 99,91 99
,95 11,5 99,93 99,64 99,92 99,64 99,79
Эффективность экранирования
σ,% 1,2 99,91 99,76 99,81 99,93 99,94 2 99,86 99,95 99,95 99,82 99,93 4 99,96 99,
91 99,92 99,91 99,95 5,64 99,91 99,58 99,72 99,91 99,95 8 99,93 99,91 99,9 99,91 99
,95 11,5 99,93 99,64 99,92 99,64 99,79
Эффективность экранирования
σ,% 1,2 99,91 99,76 99,81 99,93 99,94 2 99,86 99,95 99,95 99,82 99,93 4 99,96 99,
91 99,92 99,91 99,95 5,64 99,91 99,58 99,72 99,91 99,95 8 99,93 99,91 99,9 99,91 99
,95 11,5 99,93 99,64 99,92 99,64 99,79
1,2 99,91 99,76 99,81 99,93 99,94 2 99,86 99,95 99,95 99,82 99,93 4 99,96 99,91 99
,92 99,91 99,95 5,64 99,91 99,58 99,72 99,91 99,95 8 99,93 99,91 99,9 99,91 99,95
1,2 99,91 99,76 99,81 99,93 99,94 2 99,86 99,95 99,95 99,82 99,93 4 99,96 99,91 99,
92 99,91 99,95 5,64 99,91 99,58 99,72 99,91 99,95 8 99,93 99,91 99,9 99,91 99,95 1
1,5 99,93 99,64 99,92 99,64 99,79
99,91 99,76 99,81 99,93 99,94 2 99,86 99,95 99,95 99,82 99,93 4 99,96 99,91 99,92 9
9,91 99,95 5,64 99,91 99,58 99,72 99,91 99,95 8 99,93 99,91 99,9 99,91 99,95 11,5
99,76 99,81 99,93 99,94 2 99,86 99,95 99,95 99,82 99,93 4 99,96 99,91 99,92 99,91 9
9,95 5,64 99,91 99,58 99,72 99,91 99,95 8 99,93 99,91 99,9 99,91 99,95 11,5 99,93
99,81 99,93 99,94 2 99,86 99,95 99,95 99,82 99,93 4 99,96 99,91 99,92 99,91 99,95

99,93 99,94 2 99,86 99,95 99,95 99,82 99,93 4 99,96 99,91 99,92 99,91 99,95 5,64 9
9,91 99,58 99,72 99,91 99,95 8 99,93 99,91 99,9 99,91 99,95 11,5 99,93 99,64 99,92
99,94 2 99,86 99,95 99,95 99,82 99,93 4 99,96 99,91 99,92 99,91 99,95 5,64 99,91 9
9,58 99,72 99,91 99,95 8 99,93 99,91 99,9 99,91 99,95 11,5 99,93 99,64 99,92 99,64
2 99,86 99,95 99,95 99,82 99,93 4 99,96 99,91 99,92 99,91 99,95 5,64 99,91 99,58 9
9,72 99,91 99,95 8 99,93 99,91 99,9 99,91 99,95 11,5 99,93 99,64 99,92 99,64 99,79
2 99,86 99,95 99,95 99,82 99,93 4 99,96 99,91 99,92 99,91 99,95 5,64 99,91 99,58 99
,72 99,91 99,95 8 99,93 99,91 99,9 99,91 99,95 11,5 99,93 99,64 99,92 99,64 99,79
99,86 99,95 99,95 99,82 99,93 4 99,96 99,91 99,92 99,91 99,95 5,64 99,91 99,58 99,72
99,91 99,95 8 99,93 99,91 99,9 99,91 99,95 11,5 99,93 99,64 99,92 99,64 99,79
99,95 99,95 99,82 99,93 4 99,96 99,91 99,92 99,91 99,95 5,64 99,91 99,58 99,72 99,91
99,95 8 99,93 99,91 99,9 99,91 99,95 11,5 99,93 99,64 99,92 99,64 99,79
99,95 99,82 99,93 4 99,96 99,91 99,92 99,91 99,95 5,64 99,91 99,58 99,72 99,91 99,95
8 99,93 99,91 99,9 99,91 99,95 11,5 99,93 99,64 99,92 99,64 99,79
99,82 99,93 4 99,96 99,91 99,92 99,91 99,95 5,64 99,91 99,58 99,72 99,91 99,95 8 9
9,93 99,91 99,9 99,91 99,95 11,5 99,93 99,64 99,92 99,64 99,79
99,93 4 99,96 99,91 99,92 99,91 99,95 5,64 99,91 99,58 99,72 99,91 99,95 8 99,93 9
9,91 99,9 99,91 99,95 11,5 99,93 99,64 99,92 99,64 99,79
4 99,96 99,91 99,92 99,91 99,95 5,64 99,91 99,58 99,72 99,91 99,95 8 99,93 99,91 9
9,9 99,91 99,95 11,5 99,93 99,64 99,92 99,64 99,79
4 99,96 99,91 99,92 99,91 99,95 5,64 99,91 99,58 99,72 99,91 99,95 8 99,93 99,91 99
,9 99,91 99,95 11,5 99,93 99,64 99,92 99,64 99,79
99,96 99,91 99,92 99,91 99,95 5,64 99,91 99,58 99,72 99,91 99,95 8 99,93 99,91 99,9
99,91 99,95 11,5 99,93 99,64 99,92 99,64 99,79
99,91 99,92 99,91 99,95 5,64 99,91 99,58 99,72 99,91 99,95 8 99,93 99,91 99,9 99,91
99,95 11,5 99,93 99,64 99,92 99,64 99,79
99,92 99,91 99,95 5,64 99,91 99,58 99,72 99,91 99,95 8 99,93 99,91 99,9 99,91 99,95
11,5 99,93 99,64 99,92 99,64 99,79
99,91 99,95 5,64 99,91 99,58 99,72 99,91 99,95 8 99,93 99,91 99,9 99,91 99,95 11,5
99,93 99,64 99,92 99,64 99,79
99,95 5,64 99,91 99,58 99,72 99,91 99,95 8 99,93 99,91 99,9 99,91 99,95 11,5 99,93
99,64 99,92 99,64 99,79
5,64 99,91 99,58 99,72 99,91 99,95 8 99,93 99,91 99,9 99,91 99,95 11,5 99,93 99,64
99,92 99,64 99,79
5,64 99,91 99,58 99,72 99,91 99,95 8 99,93 99,91 99,9 99,91 99,95 11,5 99,93 99,64
99,91 99,58 99,72 99,91 99,95 8 99,93 99,91 99,9 99,91 99,95 11,5 99,93 99,64 99,92
99,64 99,79
99,58 99,72 99,91 99,95 8 99,93 99,91 99,9 99,91 99,95 11,5 99,93 99,64 99,92 99,64
99,79
99,72 99,91 99,95 8 99,93 99,91 99,9 99,91 99,95 11,5 99,93 99,64 99,92 99,64 99,79

99,91 99,95 8 99,93 99,91 99,9 99,91 99,95 11,5 99,93 99,64 99,92 99,64 99,79
99,95 8 99,93 99,91 99,9 99,91 99,95 11,5 99,93 99,64 99,92 99,64 99,79
8 99,93 99,91 99,9 99,91 99,95 11,5 99,93 99,64 99,92 99,64 99,79
8 99,93 99,91 99,9 99,91 99,95 11,5 99,93 99,64 99,92 99,64 99,79
99,93 99,91 99,9 99,91 99,95 11,5 99,93 99,64 99,92 99,64 99,79
99,91 99,9 99,91 99,95 11,5 99,93 99,64 99,92 99,64 99,79
99,9 99,91 99,95 11,5 99,93 99,64 99,92 99,64 99,79
99,91 99,95 11,5 99,93 99,64 99,92 99,64 99,79
99,95 11,5 99,93 99,64 99,92 99,64 99,79
11,5 99,93 99,64 99,92 99,64 99,79
11,5 99,93 99,64 99,92 99,64 99,79
99,93 99,64 99,92 99,64 99,79

99,64 99,92 99,64 99,79
99,92 99,64 99,79
99,64 99,79
99,79

При анализе влияния плотности по основе и утку на экранирующую эффективность опытных образцов тканей исследовались образцы под номерами 2 и 2А (таблица 3). Результаты исследования представлены на рисунке 2.

Образцы 2 и 2А имеют разную эффективность электромагнитного экранирования. Увеличение эффективности экранирования образца ткани 2А связано с увеличением плотности по основе и утку, что обусловлено наличием повышенного содержания медной микропроволоки на квадратный метр ткани. Кроме того, преимуществом использования тканей саржевого переплетения является то, что они имеют низкую пористость по сравнению с другими переплетениями. С целью изучения влияния диаметра медной микропроволоки в структуре ткани специального назначения были исследованы образцы под номерами 3 и 3А (таблица 3). При определении влияния диаметра медной микропроволоки установлено, что этот показатель имеет значительное влияние на эффективность экранирования ткани. На рисунке 3 показана зависимость влияния диаметра медной микропроволоки на эффективность электромагнитного экранирования при неизменных плотностях ткани 3 и 3А по основе и утку. Из рисунка видно, что с увеличением диаметра медной микропроволоки наблюдается общее увеличение эффективности экранирования.

Рисунок 2 – Влияние плотности по основе и утку на эффективн 2А лектромагнитного экранирования

Рисунок 3 – Влияние диаметра медной микропроволоки на эффективность электромагнитного экранирования

Способ получения экранирующих тканей специального назна 3А 2 успешно доказал свою целесообразность. Было установлено, что эффективнос лектромагнитного экранирования тканей специального назначения с использованием медной микропроволоки можно варьировать путем изменения переплетения, плотности ткани по основе и утку, а также диаметра медной микропроволоки.

Установлено, для достижения максимальной экранирующей способности наиболее целесообразно вырабатывать ткани сатинового переплетения с максимально возможной плотностью ткани по основе и утку - с диаметром медной микропроволоки 0,1 мм. 3

Дальнейшие исследования по изучению влияния структуры тканей специального назначения на экранирующую способность должны проводиться в целях возможности использования таких тканей в автомобильной промышленности, авиации, строительстве, бытовой электронике, электроприборах и проводящего наполнителя в композитных материалах.

Список использованных источников

1. Сподобаев, Ю. М. Основы электромагнитной экологии / Ю. М. Сподобаев, В.П. Кубанов – Москва : Радио и связь 2000. - 240с.

2. Левит, Р. М. Электропроводящие химические волокна / Р. М. Левит – Москва : Химия, 1986. - 200с.

3. Протокол испытаний №76/43 от 30 мая 2008, РУПП «БелГИМ», производственно - исследовательский отдел радиоэлектронных измерений.

4. Electromagnetic Shielding Effectiveness of Stainless of stainless steel/polyester woven fabrics / Cheng, K. B., Lee M. L., Textile research journal– Republic of China, 2001.

5. Effect of stainless steel-containing fabrics on electromagnetic shielding effectiveness / Ching-Iuan Su, Jin-Tsair Chern – Republic of China, 2004.