

УДК 677.017.57

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И ВЫБОР СЫРЬЕВОГО СОСТАВА
ЭКРАНИРУЮЩЕЙ ТКАНИ ДЛЯ СПЕЦОДЕЖДЫ**

**DEVELOPMENT OF STRUCTURE AND SELECTION OF RAW MATERIAL
OF SHIELDING FABRIC FOR WORKWEAR**

П.Е. САФОНОВ, Н.М. ЛЕВАКОВА, С.С. ЮХИН

P.E. SAFONOV, N.M. LEVAKOVA, S.S. YUKHIN

**(ООО "ТЕКС-ЦЕНТР",
Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство))**

**(TEKS-CENTRE Ltd,
Russian State University named after A.N.Kosygina (Technologies. Design. Art))**

E-mail: info@teks-centre.ru, office@msta.ac.ru

Статья посвящена вопросам проектирования и выбора сырьевого состава огне- и термостойкой экранирующей ткани. Проектируемая экранирующая ткань предназначена для изготовления индивидуальных экранирующих костюмов с целью защиты от электрических полей промышленной частоты, в том числе наведенного напряжения. Защитную ткань, сочетающую комплекс заданных свойств, предложено изготавливать двухслойным переплетением из метаарамидной пряжи и комбинированных термостойких электропроводящих нитей.

The paper is devoted to the development and selection of raw material composition of fire- and heat-resistant shielding fabric. The projected shielding fabric is designed for the manufacture of individual shielding suits for protection against electric fields of industrial frequency, including induced voltage. The protective fabric combining a complex of the set properties is offered to be made by a two-layer interlacing from a meta-aramid yarn and the combined heat-resistant electroconducting threads.

Ключевые слова: экранирующая ткань, двухслойная ткань, метаарамидная пряжа, электропроводящие термостойкие нити.

Keywords: shielding fabric, double-layer fabric, meta-aramid yarn, electrically conductive heat-resistant threads.

Актуальность исследования обусловлена активным развитием современного оборудования с применением мощных источников ЭМИ (электромагнитного излучения), а также расширением сфер их применения, что приводит к необходимости защиты специальной техники и человека от электромагнитного излучения.

Длительное воздействие ЭМИ, с одной стороны, оказывает вредное воздействие на организм человека: вызывает повышенную утомляемость, боли в области сердца, изменение кровяного давления и пульса [1]. С другой стороны существует опасность поражения током персонала, обслуживающего высоковольтное электрическое оборудование. В наибольшей степени опасности поражения электрическим током подвергается персонал, работающий в условиях воздействия электрических полей промышленной частоты (ПЧ) закрытых распределительных устройств (ЗРУ), открытых распределительных устройств (ОРУ) и воздушных линий электропередачи (ВЛ).

Цель настоящей работы состояла в проектировании новой структуры огне- и тер-

мостойкой ткани, обладающей высокими экранирующими свойствами в условиях воздействия электрических полей промышленной частоты. Разрабатываемая ткань должна быть пригодна для изготовления индивидуальных экранирующих комплектов для защиты от электрических полей промышленной частоты и соответствовать требованиям ГОСТ 12.4.172–2014 [2].

На основании результатов обзора и анализа имеющейся патентно-технической информации [3...6] и периодической литературы [7], [8] был сделан вывод о том, что для создания современной защитной специальной одежды, сочетающей свойства огне- и термостойкости, и электропроводящие (экранирующие) свойства, целесообразно использовать пряжу, содержащую метали или параарамидные или другие огнестойкие волокна и комбинированные термостойкие электропроводящие (мишурные) нити.

В табл. 1 представлены результаты испытаний свойств пряжи различного волокнистого состава.

Т а б л и ц а 1

Наименование показателя	Наименование пряжи					
	Aramex	Schoeller Type 450	Nomex (DuPont)	Protex 100%	Арселон	Kermel
Линейная плотность, текс: номинальная	16,7x2	16,7x2	16,7x2	30	29	16,7x2
	33,4	33,0	32,6	30,6	31,0	31,9
Крутка, кр./м	640	490	650	650	640	650
Диаметр пряжи, мм	0,304	0,345	0,393	0,245	0,225	0,440
Коэффициент неровноты по линейной плотности, %	-	11,0	14,9	5,5	26,4	-
Разрывная нагрузка, сН	872,4	963,6	738,8	214,4	624,7	420,7
Относительная разрывная нагрузка, сН/текс	26,1	26,6	22,7	6,9	20,2	13,2
Коэффициент вариации по разрывной нагрузке, %	5,2	9,8	7,0	18,2	8,9	16,2
Удлинение при разрыве, %	16,4	31,0	27,0	15,6	20,9	6,3
Коэффициент вариации по удлинению, %	8,3	11,1	11,1	18,3	11,4	23,8
Кислородный индекс, %	28...30			32	27...29	32

При выборе варианта пряжи для изготовления защитной ткани было установлено, что кислородный индекс рассмотренных вариантов находится в пределах от 27 до 32%. Пряжа Арселон обладает наименьшим кислородным индексом 27...29%, осталь-

ные виды пряжи имеют близкие кислородные индексы 30...32%. Таким образом, приведенные варианты пряжи не будут способствовать распространению пламени, характер их горения будет самозатухающим [9].

Из данных табл. 1 следует, что наибольшей относительной разрывной нагрузкой обладает пряжа из метаарамидных волокон под торговыми названиями – Aramex, Schoeller и Nomex. Стоит обратить внимание на то, что большинство производителей пряжи вводят в ее состав антистатические волокна в количестве от 1 до 5 %, например, это волокна Bekinox или P-140.

Важной отличительной особенностью метаарамидной пряжи под торговыми марками Aramex и Schoeller является то, что по согласованию с заказчиком производитель пряжи может окрашивать ее в заданный цвет, производитель гарантирует воспроизводимость цвета от партии к партии.

Таким образом, в рамках данного исследования был сделан выбор в пользу пряжи из метаарамидных волокон под торговым названием Aramex или Schoeller (тип 450), выбранная пряжа содержит 2% антистатических волокон и 98% метаарамидных волокон.

В качестве термостойких электропроводящих нитей предложено использовать так называемые мишурные нити, состоящие из метаарамидной пряжи 16,7 текс (№ 60/1) в качестве сердечника и медной посеребренной или стальной проволоки в качестве электропроводящей оплетки. Содержание металлической проволоки в составе комби-

нированной мишурной нити может находиться в пределах от 60 до 80%, в зависимости от используемого вида металла, диаметра проволоки и линейной плотности пряжи-сердечника. Фотографии комбинированных термостойких электропроводящих нитей представлены на рис. 1: вверху – 2хСт.35 "Метаарамид 16,7", внизу – 2МПС 0,05 "Метаарамид 16,7".

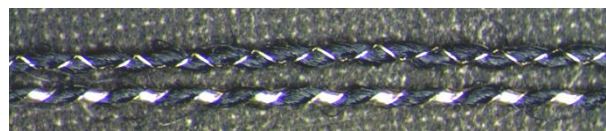


Рис. 1

В табл. 2 представлены значения показателей свойств нитей, предлагаемых для изготовления огне- и термостойкой экранирующей ткани.

Итак, определившись с исходным сырьем, рассмотрим вопрос проектирования структуры защитной ткани. Для получения защитной экранирующей ткани с комплексом заданных свойств, предложено вырабатывать ее двухслойным переплетением, в котором соединение лицевого и изнаночного слоя осуществляется способом "снизу вверх", при этом переплетение лицевого и изнаночного слоев – полотняное.

Т а б л и ц а 2

Наименование показателя	Обозначение пряжи и электропроводящих нитей			
	Метаарамидная пряжа	2МПС 0,05 "Метаарамид 16,7"	2хСт.35 "Метаарамид 16,7"	2хСт.35 "Метаарамид 16,7"
Номинальная линейная плотность, текс	16,7	16,7x2	42	36
Фактическая линейная плотность, текс	16,8	33,1	40,9	35,1
Коэффициент вариации по линейной плотности, %	1,2	1,3	1,1	4,0
Величина крутки, кр./м	920	640	1600	1600
Разрывная нагрузка, сН	401,7	913,8	328,1	459,1
Относительная разрывная нагрузка, сН/текс	23,9	27,6	8,0	13,4
Коэффициент вариации по разрывной нагрузке, %	5,5	4,5	10,7	9,0
Разрывное удлинение, %	17,2	20,3	8,9	12,7
Коэффициент вариации по удлинению, %	8,8	8,1	23,4	18,7

Лицевой слой ткани должен содержать только нетокопроводящие нити основы и утка, выполненные из окрашенной метаара-

мидной пряжи 16,7×2 текс (№ 60/2). Это позволяет достичь требуемых показателей разрывной и раздирающей нагрузки ткани,

стойкости к истиранию, обеспечит хороший внешний вид ткани (металлосодержащие нити отсутствуют на поверхности).

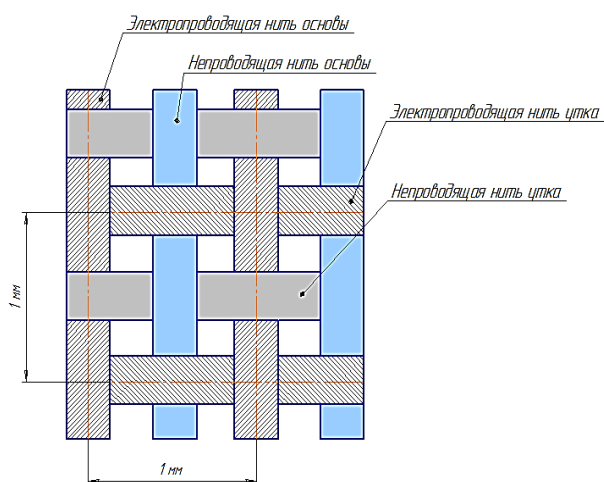


Рис. 2

Изнаночный слой ткани выполняется таким образом, что в нем чередуются 1 к 1 нетокопроводящие и токопроводящие нити основы и утка, как это показано на рис. 2 (схема ячейки, образованной токопроводящими нитями основы и утка изнаночного слоя ткани). Расстояние между токопроводящими нитями основы и утка составляет не более 1 мм, это обеспечивает высокий коэффициент экранирования поля промышленной частоты (78 дБ при 50 Гц) и коэффициент экранирования не менее 30 дБ в радиочастотном диапазоне до 2 ГГц.

В соединении слоев двухслойной ткани участвуют только нетокопроводящие нити утка изнаночного слоя, которые переплетаются

с нитями лицевого слоя по контуру заданного рисунка переплетения.

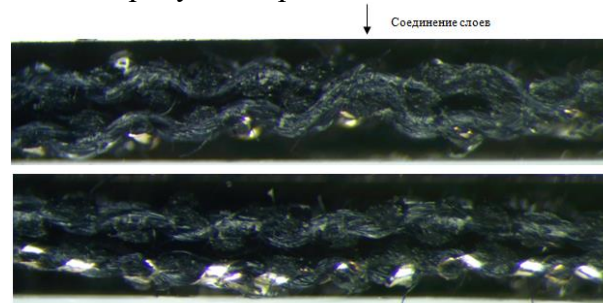


Рис. 3

На рис. 3 представлены фотографии поперечных срезов выработанной двухслойной ткани, срезы сделаны вдоль соединительных нетокопроводящих нитей и вдоль токопроводящих нитей, не участвующих в соединении слоев. На рис. 4 представлены фотографии лицевой (слева) и изнаночной (справа) стороны экранирующей двухслойной ткани.

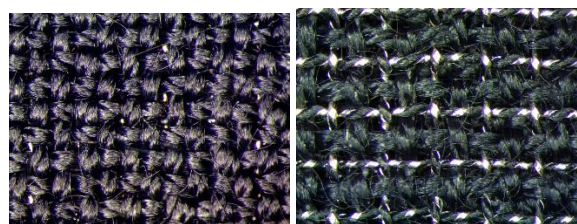


Рис. 4

В табл. 3 представлены значения некоторых параметров, характеризующих строения спроектированной двухслойной экранирующей ткани.

Таблица 3

Наименование параметра строения	Значение параметра
Плотность нитей лицевого слоя, нитей/10см: основы	189
утка	187
Плотность непроводящих нитей изнаночного слоя, нитей/10см: основы	95
утка	95
Плотность проводящих нитей изнаночного слоя, нитей/10см: основы	96
утка	95
Уработка нитей лицевого слоя в ткани, %: основы	6,5
утка	5,8
Уработка нитей изнаночного слоя в ткани, %: непроводящей основы	6,9
непроводящего утка	4,7
проводящей основы	6,7
проводящего утка	2,5

Поверхностное заполнение ткани, %:	
в лицевом слое	94,8
в изнаночном слое	83,5
Коэффициент наполнения ткани в лицевом слое:	
по основе	0,95
по утку	0,9
Коэффициент наполнения ткани в изнаночном слое:	
по основе	0,73
по утку	0,83
Порядок фазы строения ткани:	
в лицевом слое	5,1
в изнаночном слое для непроводящих нитей	5,4
в изнаночном слое для проводящих нитей	6,0
Поверхностная плотность ткани, г/м ² :	
расчет	293,2
эксперимент	289,8

Из данных табл. 3 следует, что разработанная экранирующая ткань имеет поверхностную плотность на уровне 290 г/м² при том условии, что поверхностное заполнение лицевой стороны на 12% больше, чем заполнение изнаночной стороны. Это объясняется большей компактностью термостойких электропроводящих нитей, использованных в изнаночном слое, по сравнению с метаарамидной пряжей 16,7х2 текс, использованной в лицевом слое.

ВЫВОДЫ

1. В результате проведенного исследования определены требования к огне- и термостойкой экранирующей ткани, предназначенной для изготовления индивидуальных экранирующих комплектов для защиты от электрических полей промышленной частоты, в том числе наведенного напряжения.

2. Произведен выбор сырьевого состава ткани, обладающей комплексом заданных свойств. Защитную костюмную ткань предложено вырабатывать из метаарамидной пряжи и комбинированных термостойких электропроводящих (мишурных) нитей, которые, в свою очередь, состоят из метаарамидного сердечника и медной посеребренной оплетки.

3. Разработана структура защитной костюмной ткани, ткань предложено вырабатывать двухслойным переплетением. При этом лицевой слой ткани должен полностью состоять из метаарамидной пряжи, а в изнаночном слое метаарамидная пряжа

должна чередоваться с заданным шагом с электропроводящими нитями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рубцова Н.Б., Пальцев Ю.П. Обеспечение сохранения здоровья работающих в условиях воздействия электромагнитных полей промышленной частоты – Режим доступа: <http://energoform.ru/files/pdf/4.pdf>
2. ГОСТ 12.4.172–2014. Система стандартов безопасности труда. Комплект индивидуальный экранирующий для защиты от электрических полей промышленной частоты. Общие технические требования и методы испытаний.
3. Пат. № 2229544 РФ, МПК D03D1/00. Ткань для специальной одежды / Левакова Н.М., Пазина И.П., Горынина Е.М., Фатхутдинов Р.Х., Тарасов Л.А., Комлев Р.А. / подача заявки: 26.03.2003; публикация патента: 27.05.2004.
4. Smeulders B. Fabric for protective clothing and protective clothing. Пат. № EP2418309 A2; МПК D03D1/00, A41D31/00, D03D15/12, A62B17/00, D03D13/00; Заявка EP20110174836, Заявитель IBENA Textilwerke Beckmann GmbH, Заявлен 21.07.2011, Дата публикации 15.02.2012.
5. Masanobu Takahashi, Keita Tasaki, Takashi Tamura. Fireproof fabric and fireproof clothing including same. Пат. № EP2402488 A1; МПК A41D31/00, D03D13/00, D03D15/12, D02G3/44; Заявка EP20100766896, Заявитель The Japan Wool Textile Co., Ltd., SABIC Innovative Plastics IP B.V., Заявлен 23.02.2010, Дата публикации 04.01.2012.
6. Meng Ming, Qilu. Electromagnetic wave shielding fabric and manufacturing method thereof. Пат. №CN 102618994; МПК D06M15/643, D02G3/04, D03D15/00, D06M15/227, D03D15/02, D06M15/55, D02G3/12, D06M15/53; Заявка CN 201210122371, Заявитель Tianjin Polytechnic University, Заявлен 25.04.2012, Дата публикации 01.08.2012.
7. Rybicki T., Brzezinski S., Lao M., Krawczynska I. Modeling Protective Properties of Textile Shielding Grids Against Electromagnetic Radiation. FIBRES &

TEXTILES in Eastern Europe. – 2013; 21, 1(97). P.78...82.

8. Николаев С.Д., Сильченко Е.В. Исследование экранирующих свойств тканей // Сб. мат. Междунар. науч.-техн. конф.: Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2014). Часть 1. – М.: МГУДТ, 2014. С. 33...36.

9. Перепелкин К.Е. Армирующие волокна и волокнистые полимерные композиты. – СПб.: Научные основы и технологии, 2009.

REFERENCES

1. Rubtsova N.B., Pal'tsev Yu.P. Obespechenie sokhraneniya zdorov'ya rabotayushchikh v usloviyakh vozdeystviya elektromagnitnykh poley promyshlennoy chastoty – Rezhim dostupa: <http://energoform.ru/files/pdf/4.pdf>

2. GOST 12.4.172–2014. Sistema standartov bezopasnosti truda. Komplekt individual'nyy ekraniruyushchiy dlya zashchity ot elektricheskikh poley promyshlennoy chastoty. Obshchie tekhnicheskie trebovaniya i metody ispytaniy.

3. Pat. № 2229544 RF, MPK D03D1/00. Tkan' dlya spetsial'noy odezhdy / Levakova N.M., Pazina I.P., Gorynina E.M., Fatkhutdinov R.Kh., Tarasov L.A., Komlev R.A. / podacha zayavki: 26.03.2003; publikatsiya patenta: 27.05.2004.

4. Smeulders B. Fabric for protective clothing and protective clothing. Pat. № EP2418309 A2; MPK D03D1/00, A41D31/00, D03D15/12, A62B17/00, D03D13/00; Zayavka EP20110174836, Zayavitel'

IBENA Textilwerke Beckmann GmbH, Zayavlen 21.07.2011, Data publikatsii 15.02.2012.

5. Masanobu Takahashi, Keita Tasaki, Takashi Tamura. Fireproof fabric and fireproof clothing including same. Pat. № EP2402488 A1; MPK A41D31/00, D03D13/00, D03D15/12, D02G3/44; Zayavka EP20100766896, Zayavitel' The Japan Wool Textile Co., Ltd., SABIC Innovative Plastics IP B.V., Zayavlen 23.02.2010, Data publikatsii 04.01.2012.

6. Meng Ming, Qilu. Electromagnetic wave shielding fabric and manufacturing method thereof. Pat. № CN 102618994; MPK D06M15/643, D02G3/04, D03D15/00, D06M15/227, D03D15/02, D06M15/55, D02G3/12, D06M15/53; Zayavka CN 201210122371, Zayavitel' Tianjin Polytechnic University, Zayavlen 25.04.2012, Data publikatsii 01.08.2012.

7. Rybicki T., Brzezinski S., Lao M., Krawczynska I. Modeling Protective Properties of Textile Shielding Grids Against Electromagnetic Radiation. FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe. – 2013; 21, 1(97). P. 78...82.

8. Nikolaev S.D., Sil'chenko E.V. Issledovanie ekraniruyushchikh svoystv tkaney // Sb. mat. Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf.: Dizayn, tekhnologii i innovatsii v tekstil'noy i legkoy promyshlennosti (INNOVATsII-2014). Chast' 1. – М.: МГУДТ, 2014. С. 33...36.

9. Perepelkin K.E. Armiruyushchie volokna i voloknistye polimernye kompozity. – SPb.: Nauchnye osnovy i tekhnologii, 2009.

Рекомендована кафедрой проектирования и художественного оформления текстильных изделий РГУ имени А.Н. Косыгина. Поступила 02.12.19.