

УДК 677.074.13

**РАЗРАБОТКА КОМБИНИРОВАННЫХ
ТЕРМОСТОЙКИХ ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИХ НИТЕЙ
ДЛЯ НОВОГО АССОРТИМЕНТА
РАДИООТРАЖАЮЩИХ ТКАНЕЙ**

**DEVELOPMENT OF COMBINED
HEAT-RESISTANT CONDUCTIVE THREADS
FOR A NEW RANGE OF FABRICS RADIOTRAY**

П.Е. САФОНОВ, Н.М. ЛЕВАКОВА, С.С. ЮХИН
P.E. SAFONOV, N.M. LEVAKOVA, S.S. YUKHIN

(ООО "ТЕКС-ЦЕНТР", Московский государственный университет дизайна и технологии)
("TEKS-CENTRE" Ltd, Moscow State University of Design and Technology)
E-mail: info@teks-centre.ru, office@msta.ac.ru

Представлены результаты разработки новых комбинированных электропроводящих нитей, отличающихся от существующих аналогов высокой термостойкостью и прочностью. Разработанные электропроводящие нити могут быть использованы для изготовления радиотражающих тканей, применяемых в конструкциях трансформируемых космических антенн.

Results of the development of new combined heat-resistant conductive threads that differ from existing analogues by high heat-resistance and strength. Developed conductive threads can be used for the manufacture shielding fabrics used in the construction of transformable space antennas.

Ключевые слова: комбинированные термостойкие электропроводящие нити, высокомодульные параарамидные нити, радиоотражающие ткани.

Keywords: combined heat-resistant conductive threads, high-modulus para-aramid yarn, shielding fabrics.

Актуальность исследования обусловлена активным развитием современного оборудования с применением мощных источников электромагнитного излучения (ЭМИ), а также расширением сфер их применения. Для изготовления тканей технического и специального назначения, в том числе радиоотражающих тканей, используемых в конструкциях космических антенн, нашли применение комбинированные электропроводящие нити [1].

Подобные нити изготавливаются способом оплетения текстильной нити или пряжи металлической микропровоолокой на крутильно-оплеточных, тростильно-крутильных или прядильно-крутильных машинах [2], [3]. Ткани, изготовленные из комбинированных электропроводящих нитей, имеют существенное преимущество по сравнению с металлизированными тканями, поскольку они сохраняют защитные свойства в течение всего срока службы, и могут подвергаться физико-химическим воздействиям, в частности, химическим чисткам и стиркам [4].

К новым радиоотражающим тканям, эксплуатируемым в жестких условиях космического пространства, предъявляются следующие требования:

- стойкость к воздействию температур в широком диапазоне и ионизирующему излучению;
- отсутствие газовой выделений;
- поверхностная плотность не более 170 г/м²;
- ширина не менее 1 м;
- коэффициент отражения электромагнитного излучения не менее 95% на частотах 12,5 и 15 ГГц.

Очевидно, что свойства ткани определяются ее параметрами строения и свой-

ствами используемого сырья. В данном случае для удовлетворения перечисленных требований было необходимо разработать новый ассортимент комбинированных электропроводящих нитей, свойства которых определяются свойствами сердечника и оплетки. Высокая прочность и термостойкость комбинированной нити обеспечиваются за счет использования в ее структуре параарамидных нитей [5]. С другой стороны, высокие экранирующие свойства ткани обеспечиваются за счет использования металлической токопроводящей проволоки, используемой в качестве оплетки, которая должна обладать минимальным электрическим сопротивлением.

Известно, что в конструкциях трансформируемых космических антенн в качестве радиоотражающего материала долгое время использовалась металлизированная ткань арт. 56041 (ТУ 17 РСФСР 62-4504-77), которая изготавливается из мишурных нитей 45,4 текс (ТУ 17 РСФСР 30-4457-78. Нить мишурная посеребренная для шелковых тканей). Сердечник данной мишурной нити выполнен из полиамидной комплексной нити линейной плотности 15,6 текс, а оплетка – из плющенной посеребренной медной проволоки. Недостатком существующей мишурной электропроводящей нити является низкая термо- и радиационная стойкость, высокая линейная плотность.

Для устранения отмеченных недостатков серийных мишурных нитей сотрудниками ООО "ТЕКС-ЦЕНТР" разработаны комбинированные термостойкие электропроводящие нити, которые могут быть изготовлены на крутильно-оплеточных машинах с полыми веретенами способом оплетения полимерной нити-сердечника

металлической микропроволокой (рис. 1 – формирование комбинированной нити с высокомодульным арамидным сердечником на крутильно-оплеточной машине).

В качестве сердечника предложено использовать комплексные параарамидные нити Армалон на базе полипарафенилентерефталамида (ПФТА) или нити

Руслан на основе сополимеров полиамидо-бензимидазола (спПАБИ), или полиимидные нити Аримид, причем линейная плотность сердечника должна быть менее 14 текс. В оплетке предложено использовать медную посеребренную или стальную микропроволоку диаметром не более 0,050 мм.

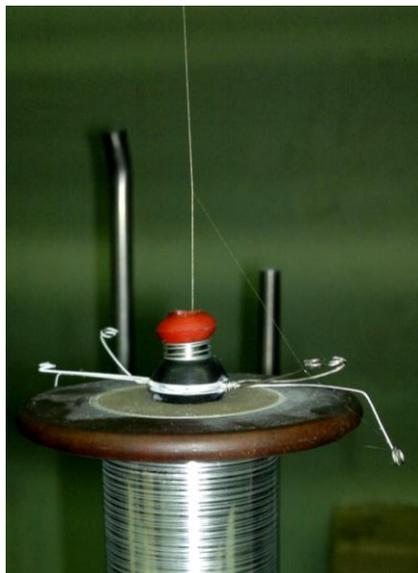


Рис. 1

В табл. 1 представлены значения показателей свойств при растяжении исходных компонентов комбинированных электропроводящих нитей. Из табл. 1 видно, что параарамидные нити Армалон и Руслан значительно превосходят по модулю упру-

гости полиамидные и полиимидные нити, это осложняет процесс их переработки на текстильном оборудовании. Также следует обратить внимание на то, что медная проволока имеет малое удлинение при разрыве, особенно плющенная медная проволока.

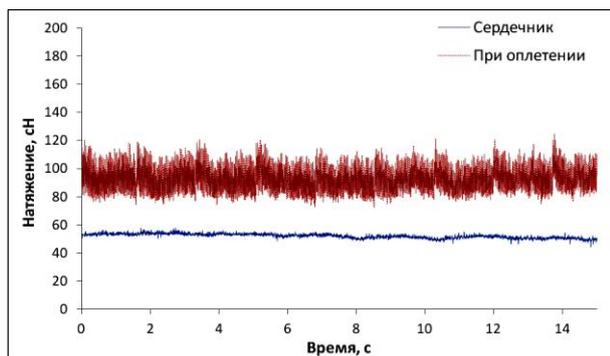
Таблица 1

Наименование показателя свойств	Образцы нитей					
	серийный	опытные				
	1	2	3	4	5	6
Материал нити сердечника	Полиамид 15,6 текс	Арамалон 4,1 текс	Арамалон 6,7 текс	Арамалон 8,0 текс	Руслан 6,3 текс	Аримид 11,1 текс
Модуль упругости сердечника, ГПа	4,5	72,4	70,4	59,6	126,9	12,2
Разрывная нагрузка сердечника, сН	985,19	780,22	1326,74	1650,95	1312,71	627,25
Удлинение сердечника, %	23,94	4,15	4,00	4,40	3,12	11,60
Материал проволоки оплетки	Медь плющенная	Сталь 0,035 мм	Медь 0,050 мм			
Модуль упругости оплетки, ГПа	90,1	198,2	114,2			
Разрывная нагрузка оплетки, сН	64,50	91,10	121,78			
Удлинение оплетки, %	0,31	41,58	1,46			

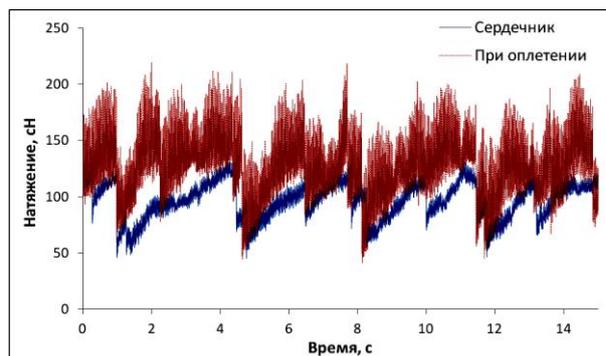
При изготовлении комбинированных электропроводящих нитей было установлено, что малое разрывное удлинение медной проволоки, используемой в оплетке, в сочетании с высоким модулем упругости параарамидного сердечника приводят к повышенной обрывности хрупкой оплетки.

Из экспериментальных кривых натяжения (рис. 2 – натяжение на крутильно-оплеточной машине: а) – сердечник – полиамид, оплетка – медная микропроволока; б) – сердечник – параарамид, оплетка –

медная микропроволока) видно, что при оплетении комплексных полиамидных нитей, имеющих на порядок меньший модуль упругости, чем параарамидные нити, колебания сердечника минимальны и натяжение сердечника остается постоянным. Обратная ситуация наблюдается при оплетении высокомодульного арамидного сердечника, рывки в натяжении которого могут привести к обрывности и неравномерному распределению оплетки по поверхности сердечника.



а)



б)

Рис. 2

Установлено, что средний уровень натяжения высокомодульного арамидного сердечника на крутильно-оплеточной машине может составлять от 6 до 12% от его абсолютной разрывной нагрузки. Удлинение сердечника на крутильно-оплеточной машине не превышает 1% от разрывного. При таком высоком уровне натяжения ось комбинированной нити практически совпадает с осью прямолинейного сердечника, а это значит, что именно хрупкая проволока получает максимальный изгиб, что в совокупности с рывками в натяжении высокомодульного сердечника является причиной ее обрывности.

Одним из решений проблемы высокой обрывности проволоки, используемой в оплетке, может быть замена хрупкой медной проволоки на стальную проволоку, обладающую значительной пластической составляющей деформации. На рис. 3 представлены для сравнения диаграммы

разрыва стальной и медных проволок. Пластическая составляющая деформации медных проволок не более 1%, а для выбранной стальной проволоки она может достигать 40%.

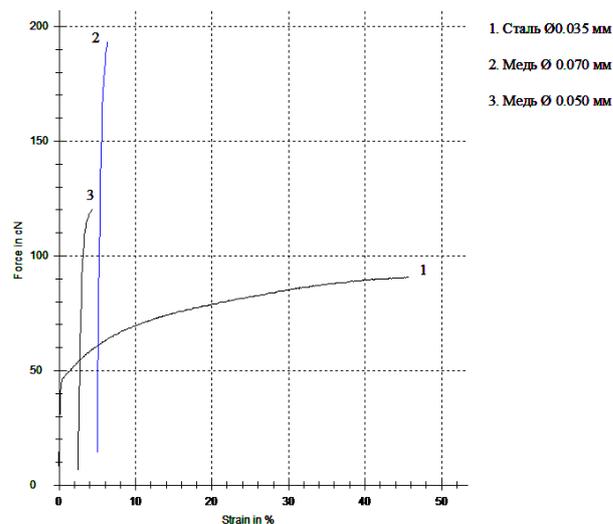


Рис. 3

Однако в контексте данного исследования сталь имеет недостаток перед медью, так как удельное электрическое сопротивление стали (0,103...0,137 Ом·мм²/м) больше, чем у меди (0,0172...0,018 Ом·мм²/м), что может негативно отразиться на экранирующих свойствах ткани.

Таким образом, был сделан вывод о том, что для безобрывного получения комбинированной электропроводящей нити на крутильно-оплеточных машинах необходимо чтобы, по крайней мере, один из ее компонентов обладал заметной пластической составляющей деформации. Напри-

мер, низко модульный полиамидный сердечник может успешно оплетаться хрупкой медной проволокой, а высоко модульная параарамидная нить может безобрывно оплетаться стальной проволокой с пластической составляющей деформации порядка 40%.

В табл. 2 представлены основные показатели свойств разработанных комбинированных термостойких электропроводящих нитей в сравнении с серийной мишурной нитью, а на рис. 4 – фотографии некоторых исследуемых образцов нитей.

Т а б л и ц а 2

Наименование показателя свойств	Образцы нитей					
	серийный	опытные				
		1	2	3	4	5
Материал нити сердечника	Полиамид 15,6 текс	Армалон 4,1 текс	Армалон 6,7 текс	Армалон 8,0 текс	Руслан 6,3 текс	Аримид 11,1 текс
Материал проволоки оплетки	Медь плющенная	Сталь 0,035 мм	Медь 0,050 мм			
Содержание сердечника/оплетки, %	35 / 65	37 / 63	22 / 78	25 / 75	21 / 79	29 / 71
Результирующая линейная плотность нити, текс	44,05	11,13	30,26	32,46	29,78	38,90
Диаметр нити, мм	0,177	0,116	0,155	0,172	0,158	0,260
Разрывная нагрузка, сН	851,61	877,36	1285,08	1474,28	1739,94	534,91
Коэффициент вариации по разрывной нагрузке, %	5,96	6,88	4,10	9,13	5,31	15,41
Удлинение при разрыве, %	18,53	5,21	11,75	6,47	6,30	9,37
Коэффициент вариации по удлинению, %	17,56	7,18	3,05	5,86	4,03	11,48

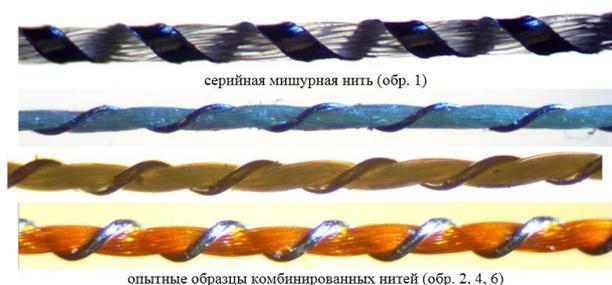


Рис. 4

Установлено, что содержание металлической оплетки в составе комбинированных нитей может находиться в пределах от 60 до 80%, в зависимости от используемого вида металла, диаметра проволоки и линейной плотности полимерной нити-сердечника, а это значит, что, управляя данным показателем, можно управлять радиотехническими характеристиками ткани.

Из данных табл. 2 следует, что разработанные образцы комбинированных электропроводящих нитей отличаются от серийной мишурной нити меньшей линейной плотностью, меньшим удлинением и не уступают серийной нити в разрывной нагрузке (исключение обр. 6), это позволяет изготовить из них новые термостойкие радиоотражающие ткани взамен серийной металлизированной ткани арт. 56041.

В Ы В О Д Ы

1. Предложено для изготовления нового ассортимента комбинированных электропроводящих нитей, в том числе с повышенной термостойкостью и прочностью, способом оплетения сердечника на крутильно-оплеточных машинах с полыми

веретенами использовать в сердечнике параарамидные или полиимидные нити с линейной плотностью менее 14 текс, а в оплетке – медную или стальную микропроволаки диаметром менее 0,050 мм.

2. Установлено, что для безобрывного получения комбинированной оплетенной нити необходимо чтобы, по крайней мере, один из ее компонентов обладал заметной пластической составляющей деформации. Особенно это актуально при оплетении высокомодульных параарамидных нитей хрупкой металлической микропроволакой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Левакова Н.М., Сафонов П.Е. Разработка структуры ткани из термостойких электропроводящих нитей для отражающей поверхности антенн // Решетневские чтения: Мат. XIX Междунар. научн.-практ. конф., посвящ 55-летию Сиб. гос. аэрокосмич. ун-та им. акад. М. Ф. Решетнева (10–14 нояб. 2015, г. Красноярск. – В 2-х ч. / Под общ. ред. Ю.Ю. Логинова. — Красноярск: Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. 2015. Ч. 1. С. 112...114.

2. Замостоцкий Е.Г., Коган А.Г. Комбинированные электропроводящие нити. – Витебск: УО "ВГТУ", 2012.

3. Коган А.Г., Замостоцкий Е.Г., Иванова Т.П. Ткани с комбинированными электропроводящими нитями / Сб. научн. тр. по ткачеству, посвященный 100-летию со дня рождения Федора Маркиановича Розанова. – М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2006. С. 193...196.

4. Немчинов А.И., Левакова Н.М. Экранирующие ткани для специальной одежды // Сб. мат. Межвуз. научн.-технич. конф. аспирантов и студентов: Молодые ученые – развитию текстильной и легкой промышленности (ПОИСК - 2013). Ч. 1. – Иваново: ИВГПУ. Текстильный институт, 2013. С. 62...63.

5. Перепелкин К.Е., Маланьина О.Б., Пакивер Э.А., Макарова Р.А. Сравнительная оценка термических характеристик ароматических нитей (полиоксазольных, полиимидных и полиарамидных) // Химические волокна. – 2004, №5. С. 45...48.

REFERENCES

1. Levakova N.M., Safonov P.E. Razrabotka struktury tkani iz termostojkih jelektroprovodjashhij nitej dlja otrazhajushhej poverhnosti antenn // Reshetnevskie chteniya: Mat. XIX Mezhdunar. nauchn.-prakt. konf., posvjashh 55-letiju Sib. gos. ajerokosmich. un-ta im. akad. M. F. Reshetneva (10–14 nojab. 2015, g. Krasnojarsk. – V 2-h ch. / Pod obshh. red. Ju. Ju. Loginova. — Krasnojarsk: Sib. gos. ajerokosmich. un-t. 2015. Ch. 1. S. 112...114.

2. Zamostockij E.G., Kogan A.G. Kombinirovannye jelektroprovodjashhie niti. – Vitebsk: UO "VGTU", 2012.

3. Kogan A.G., Zamostockij E.G., Ivanova T.P. Tkani s kombinirovannymi jelektroprovodjashhimi nitjami / Sb. nauchn. tr. po tkachestvu, posvjashhenyj 100-letiju so dnja rozhdenija Fedora Markianovicha Rozanova. – M.: MGTU im. A.N. Kosygina, 2006. S. 193...196.

4. Nemchinov A.I., Levakova N.M. Jekranirujushhie tkani dlja special'noj odezhdy // Sb. mat. Mezhvuz. nauchn.-tehnic. konf. aspirantov i studentov: Molodye uchenye – razvitiju tekstil'noj i legkoj promyshlennosti (POISK - 2013). Ch. 1. – Ivanovo: IVGPU. Tekstil'nyj institut, 2013. S. 62...63.

5. Perepelkin K.E., Malan'ina O.B., Pakshver Je.A., Makarova R.A. Sravnitel'naja ocenka termicheskij harakteristik aromaticheskij nitej (polioksazol'nyh, poliimidnyh i poliaramidnyh) // Himicheskie volokna. – 2004, №5. S. 45...48.

Рекомендована кафедрой проектирования и художественного оформления текстильных изделий. Поступила 28.01.16.