

УДК 677.074.13

**РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ РАДИООТРАЖАЮЩЕЙ ТКАНИ  
С ЗАДАНЫМИ СВОЙСТВАМИ**

**DEVELOPMENT OF STRUCTURE OF THE RADIO REFLECTING FABRIC  
WITH THE SET PROPERTIES**

*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

*В статье представлены результаты разработки новой ткани, экранирующей электромагнитное излучение (ЭМИ) заданной частоты. Ткань отличается от аналогов высокой термо- и радиационной стойкостью, малой поверхностной плотностью и высокими значениями коэффициента отражения ЭМИ. Ткань может быть использована в качестве радиоотражающего материала в конструкциях космических антенн.*

*The article presents the results of the development of a new fabric shielding electromagnetic radiation (EMR), the fabric differs from the high thermal and radiation resistance, low surface density and very high values of the reflection coefficient EMR. The fabric can be used as radio reflecting material in the construction of space antennas.*

**Ключевые слова:** радиоотражающий материал, параарамидные нити, термостойкие электропроводящие нити, радиотехнические характеристики ткани.

**Keywords:** radiotray material, para-aramid yarn, heat-resistant conductive thread, electronic characteristics of the fabric.

Актуальность исследования продиктована тем, что в новых разработках конструкций трансформируемых космических антенн для обеспечения жестких требова-

ний необходимо использовать радиоотражающую ткань, отличающуюся от имеющихся аналогов высокой термо- и радиационной стойкостью, минимальным газо-

выделением и весом не более  $170 \text{ г/м}^2$ , при высоком значении коэффициента отражения электромагнитных волн – не менее 95% при частоте до 16 ГГц.

Ближайшим аналогом разрабатываемого радиоотражающего материала является серийная металлизированная ткань арт. 56041, которая изготавливается из мишурных нитей линейной плотности 45,4 текс. Данные мишурные нити изготавливаются на крутильно-оплеточных машинах путем оплетения полиамидного сердечника 15,6 текс медной плющеной посеребренной проволокой, диаметр медной проволоки до плющения 0,050 мм, а ширина плющеной проволоки составляет 0,160 мм, при этом ее линейная плотность составляет 20 текс.

Недостаток существующей радиоотражающей ткани заключается в низкой термо- и радиационной стойкости, так как в структуре ткани использован полиамидный компонент, а также в высокой поверхностной плотности –  $180 \text{ г/м}^2$ .

Для замены серийной ткани сотрудниками ООО "ТЕКС-ЦЕНТР" было предложено изготавливать новую радиоотражающую ткань из комбинированных термостойких электропроводящих нитей, полученных способом оплетения полимерной нити-сердечника металлической микропроволокой на крутильно-оплеточной машине. В качестве сердечника предложено использовать комплексные параарамидные нити Армалон малых линейных плотностей – от 4 до 8 текс, а в качестве оплетки медную посеребренную или стальную микропроволоку диаметром не более 0,050 мм.

Выбор материала сердечника обусловлен тем, что параарамидные нити отличаются от полиамидных сверхвысокими значениями прочности и модуля упругости, высокими значениями термо-, огне- и радиационной стойкости и поэтому могут эксплуатироваться в широком диапазоне температур [1...3]. При выборе материала микропроволоки необходимо учитывать удельное электрическое сопротивление металла, его модуль упругости и удельный вес [4].



Рис. 1

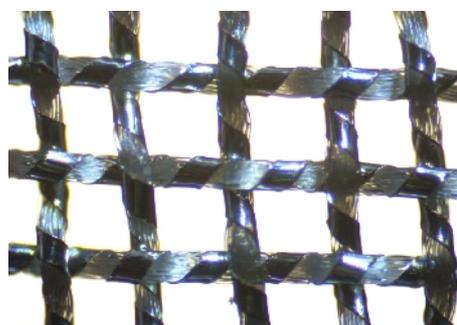
На рис. 1 представлены фотографии серийной мишурной нити и новой комбинированной термостойкой электропроводящей нити. В оплетке новой нити использована именно круглая, а не плющеноя проволока, так как плющеноя проволока из-за колебаний в натяжении тонкого высокомолекулярного арамидного сердечника неравномерно распределяется по его поверхности.

Результирующая линейная плотность новых комбинированных термостойких электропроводящих нитей находится в пределах от 11 до 34 текс, в зависимости от линейной плотности арамидного сердечника, материала и диаметра микропроволоки, что позволяет изготовить ткань с поверхностной плотностью порядка  $130 \text{ г/м}^2$  без снижения ее радиотехнических характеристик.

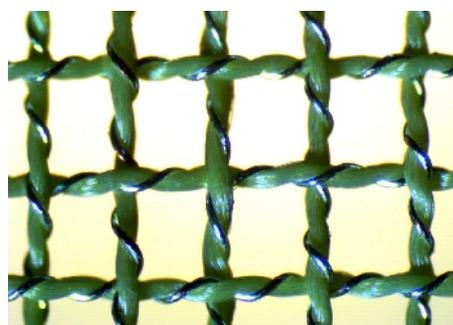
В табл. 1 представлены основные показатели физико-механических свойств разработанных радиоотражающих термостойких тканей арт. 5477-15 и 5478-15 взамен ткани арт. 56041, произведено сравнение свойств опытных образцов с серийной тканью.

Установлено, что разработанные на базе комбинированных термостойких электропроводящих нитей образцы тканей арт. 5477-15 и 5478-15 отличаются от серийной ткани арт. 56041 меньшей поверхностной плотностью и толщиной, при этом ткань арт. 5477-15 не уступает по разрывной нагрузке серийной ткани.

Наименование показателя свойств	Артикул ткани			
	требование	56041	5477-15	5478-15
Сырьевой состав	термостойкие электропроводящие нити	полиамид + медь	параарамид + медь	параарамид + сталь
Линейная плотность нитей основы и утка, текс	-	45,4	32,5	11,1
Плотность ткани, нитей/10 см:	по основе	190	203	250
	по утку	180	193	234
Поверхностная плотность ткани, г/м <sup>2</sup>	не более 170	180,3	128,6	52,8
Ширина ткани, см	не менее 100	106,5	108,6	-
Толщина ткани, мкм	-	320	234	130
Размер ячейки между токопроводящими нитями, мм	-	0,48x0,52	0,52x0,53	0,39x0,39
Разрывная нагрузка, Н:	по основе	не менее 441	720,0	724,9
	по утку	не менее 441	697,6	719,6
Удлинение при разрыве, %:	по основе	-	27,1	7,7
	по утку	-	24,0	8,9
Разрывная нагрузка после термообработки при 300°С в течение 30 мин, Н:	по основе	-	41,6	411,0
	по утку	-	41,5	323,7
Удлинение при разрыве после термообработки при 300°С в течение 30 мин, %:	по основе	-	9,5	5,8
	по утку	-	7,7	7,3



а)



б)

Рис. 2

На рис. 2 представлены фотографии новой ткани арт. 5477-15 (а) и серийной ткани арт. 56041 (б). Отметим, что размер ячейки между токопроводящими нитями основы и утка у данных тканей сопоставим, следовательно, они должны быть работоспособны в одинаковом диапазоне частот.

Одним из основных требований, предъявляемых к новой радиоотражающей ткани, является требование о высокой термостойкости. Термостойкость образцов тканей определяли путем их испытаний на растяжение до и после выдерживания в термощкафу при температуре 300°С в течение 30 мин. В табл. 1 представлены зна-

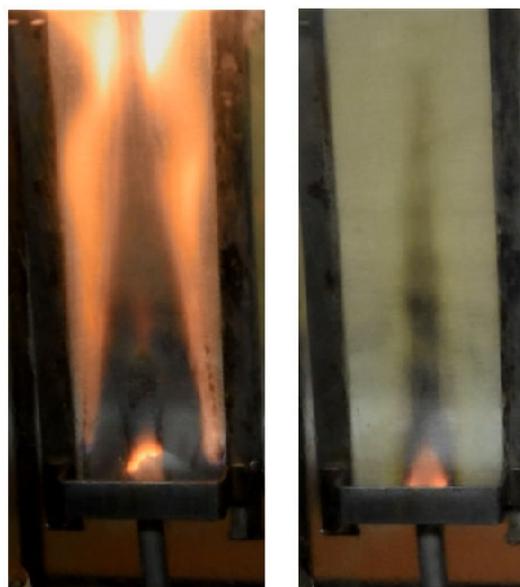
чения разрывной нагрузки и удлинения полосок ткани по основе и утку до и после термообработки при выбранном режиме.

Установлено, что после термообработки серийной ткани арт. 56041 происходит значительное снижение ее свойств при растяжении, разрывная нагрузка снижается на 94%, а удлинение – на 67%. Разработанная ткань арт. 5477-15 отличается от серийной ткани большей термостойкостью, так как ее разрывная нагрузка и удлинение снижаются до 55 и 25% соответственно.

В работе также были определены показатели огнестойкости образцов радиоотражающих тканей. Огнестойкость тканей определяли на приборе ОТ-68 в соответствии с ГОСТом 15898–70. Установлено, что серийный образец ткани арт. 56041 полностью сгорает за 15...17 с, а точнее, сгорает полиамидный сердечник мишурной нити, медная оплетка при этом остается. Разработанная ткань арт. 5477-15 не поддерживает горение, параарамидные нити Армалон, используемые в качестве сердечника комбинированных нитей, только обугливаются. На рис. 3 представлены фотографии, сделанные спустя 10 с после внесения образцов серийной и новой тка-

ней в пламя спиртовой горелки: а) – серийная ткань (арт. 56041); б) – новая ткань (арт. 5477-15).

В табл. 2 представлены значения радиотехнических характеристик образцов тканей. Измерения на частоте 16 ГГц проводились в секции прямоугольного волновода, при нормальном падении электромагнитной волны на образец, полностью заполняющий сечение тракта.



а) б)

Рис. 3

Таблица 2

Артикул ткани		K <sub>отр</sub>		K <sub>прох</sub>		K <sub>погл</sub>
Наименование	Поляриз.	мощн.,%	дБ	мощн.,%	дБ	мощн.,%
Арт. 5477-15		98,06	-0,085	0,27	-25,7	1,67
	⊥	98,31	-0,074	0,48	-23,2	1,21
Арт. 5478-15		91,88	-	0,37	-25,0	7,64
	⊥	88,60	-	0,39	-23,3	11,00
Арт. 56041		94,15	-	0,26	-25,7	5,59
	⊥	94,92	-	0,28	-25,5	4,80

Наиболее высокие значения коэффициента отражения ЭМИ с частотой 16 ГГц, превышающие значения серийной ткани, достигнуты для новой ткани арт. 5477-15, в структуре которой использована медная посеребренная микропроволока. Образец ткани арт. 5477-15 обладает коэффициентом отражения ЭМИ, частотой 16 ГГц порядка 98%, при норме не менее 95%. Образец ткани арт. 5478-15, в структуре которого использована стальная микропроволока, показал наименьшие значения коэффици-

ента отражения, что связано с большим удельным электрическим сопротивлением стали по сравнению с медью.

## ВЫВОДЫ

1. Предложено для изготовления нового ассортимента радиоотражающих тканей использовать комбинированные термостойкие электропроводящие нити, отличающиеся от серийных мишурных нитей

меньшей линейной плотностью и не уступающих им в разрывной нагрузке.

2. Разработана структура новой радиотражающей ткани, которая отличается от существующего аналога высокой термо-, огне- и радиационной стойкостью, меньшей толщиной и поверхностной плотностью, и не уступающей серийной ткани по показателю разрывной нагрузки.

3. Новая ткань арт. 5477-15 превосходит серийную ткань арт. 56041 по показателю коэффициента отражения ЭМИ с частотой до 16 ГГц, отличается изотропией радиотехнических свойств в направлении систем нитей основы и утка, что позволяет использовать ткань в конструкциях трансформируемых космических антенн.

#### ЛИТЕРАТУРА

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

2. *Сазанов Ю.Н., Грибанов А.В.* Карбонизация полимеров. – СПб.: Научные основы и технологии, 2013.

3. *Бондаренко Г.Г., Гайдар А.И., Черник В.Н., Новиков Л.С., Смирнова Т.Н.* Дegradация механических свойств материалов на основе полимеров под воздействием потоков кислородной плазмы // Тр. XX Междунар. совещания: Радиационная физика твердого тела (Севастополь, 5 -10 июля 2010 г.) / Под ред. д.ф.-м.н., проф. Г.Г. Бондаренко. – М.: ГНУ "НИИ ПМТ". – В 2-х томах; том 2. 2010. С. 774...784.

4. *Кудрявин Л.А., Заваруев В.А., Беляев О.Ф.* Выбор материала микропроволоки для вязания от-

ражающей поверхности крупногабаритных трансформируемых антенн // Решетневские чтения: мат. XVII Междунар. науч. конф., посвящ. памяти генер. конструктора ракет.-космич. систем акад. М.Ф. Решетнева (12–14 нояб. 2013 г., Красноярск) : в 2 ч. / под общ. ред. Ю. Ю. Логинова; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. – Красноярск, 2013. – Ч. 1. С. 78...79.

#### REFERENCES

1. *Perepelkin K.E.* Armirujushhie volokna i voloknistye polimernye kompozity. – SPb.: Nauchnye osnovy i tehnologii, 2009.

2. *Sazanov Ju.N., Gribanov A.V.* Karbonizacija polimerov. – SPb.: Nauchnye osnovy i tehnologii, 2013.

3. *Bondarenko G.G., Gajdar A.I., Chernik V.N., Novikov L.S., Smirnova T.N.* Degradacija mehanicheskikh svojstv materialov na osnove polimerov pod vozdejstviem potokov kislorodnoj plazmy // Tr. XX Mezhdunar. soveshhanija: Radiacionnaja fizika tverdogo tela (Sevastopol', 5 -10 ijulja 2010 g.) / Pod red. d.f.-m.n., prof. G.G. Bondarenko. – M.: GNU "НИИ ПМТ". – В 2-х томах; том 2. 2010. S. 774...784.

4. *Kudrjavin L.A., Zavaruev V.A., Beljaev O.F.* Vybor materiala mikroprovoloiki dlja vjazaniya otrazhajushhej poverhnosti krupnogabaritnyh transformiruemyh antenn // Reshetnevskie chtenija: mat. XVII Mezhdunar. nauch. konf., posvjashh. pamjati gener. konstruktora raket.-kosmich. sistem akad. M.F. Reshetneva (12–14 nojab. 2013 g., Krasnojarsk) : v 2 ch. / pod obshh. red. Ju. Ju. Loginova; Sib. gos. ajerokosmich. un-t. – Krasnojarsk, 2013. – Ch. 1. S.78...79.

Рекомендована кафедрой проектирования и художественного оформления текстильных изделий. Поступила 08.04.16.