

УДК 629.78; 677

ОБЗОР ТЕХНОЛОГИЙ ПОЛУЧЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ  
ОТ КОСМИЧЕСКОЙ РАДИАЦИИ

П. Х. ТАТРОКОВА, А. И. ИБАТУЛЛИНА

Казанский национальный исследовательский технологический университет  
Казань, Россия

В ходе космических полетов живые системы непрерывно подвергаются радиационному облучению, во много раз превышающему естественный наземный фон. Доза облучения зависит от длительности полета, фазы цикла солнечной активности, таких факторов космической погоды, как геомагнитная обстановка и проникновение на трассу полета заряженных частиц высокой энергии, обусловленных солнечной активностью, а также от условий защищенности (оболочкой космического аппарата или скафандром).

Космическое излучение может серьезно повлиять на работу спутников. Некоторые частицы излучения настолько сильны, что могут проникать внутрь спутника и взаимодействовать с его электронными схемами. Это может вызвать самые разные эффекты, от незначительных до отключения жизненно важной системы. Радиационные эффекты внутри спутников приводят к тому, что устройство сначала портится и, в дальнейшем, возможно, выходит из строя, если оно подвергается достаточному сильному облучению [1].

Материалы, традиционно применяемые для строительства космических аппаратов, например, алюминий, задерживают некоторые космические частицы, но для многолетних полетов в космосе нужна более крепкая защита. Композиты обеспечивают на 30 %...40 % меньшее ослабление излучения, чем алюминий. И наоборот, при одинаковом ослаблении излучения композиты обычно на 30 %...40 % толще алюминия.

В течение последних двух десятилетий начались исследования применимости нано- и микрокомпозитов для потребления/поглощения высокой энергии излучения. Благодаря высокому соотношению площади поверхности и объема, наночастицы имеют повышенную способность поглощать фотоны. Согласно исследованиям [2], использование наноразмерных порошковых частиц радиационно-поглощающих материалов (BN, B<sub>4</sub>C, Pb и W) приводит к 1,5-кратному увеличению коэффициента поглощения нейтронов и увеличению коэффициента рассеяния гамма-излучения на 30 %...40 %.

В [2] было показано, что, помимо радиационной устойчивости, композиты имеют более высокую механическую прочность и тепловую устойчивость по сравнению с полимером без наполнителей. Микро- и наноматериалы, разбросанные в полимерной матрице, могут использоваться для разработки эффективной радиационной защиты, включая их применение в качестве альтернативы металлическим структурным материалам [3].

Высокая эластичность, устойчивость и стабильность формы резины сделали ее достаточно широко распространяемым матричным материалом для создания

радиационно-защитных материалов. Каландрирование натурального или синтетического каучука, наполненного радиационно-защитными композициями, позволяет производить широкий спектр защитных материалов и изделий. При добавлении в полимерную матрицу наполнители неорганической природы улучшают механические характеристики состава [4].

Широко распространены и полиэтиленовые композиции, защищающие от нейтронного излучения, т. к. полиэтилен имеет самую высокую концентрацию ядер водорода на  $1 \text{ см}^3$ . Стандартным используется материал, содержащий три–пять весовых фракций аморфного бора на 100 весовых фракций полиэтилена. Этот материал является высокофункциональным (т. е. может использоваться для изготовления больших листов и плит) и обладает приемлемыми санитарно-гигиеническими свойствами. Недостатком состава является низкое термическое сопротивление, что делает невозможным его использование в течение длительного времени в диапазоне температур от  $150 \text{ }^\circ\text{C}$  до  $200 \text{ }^\circ\text{C}$  даже при наличии предлагаемых стабилизаторов. Кроме того, по имеющимся данным, при температуре выше  $70 \text{ }^\circ\text{C}$  изделия на основе полиэтилена непригодны для использования при контакте с металлом. Добавление дополнительных компонентов (антипиренов, снижающих горючесть) снижает защитные характеристики, что может привести к ухудшению массогабаритных характеристик объекта.

Твердый наполнитель, размеры частиц которого превышают размеры надмолекулярных образований полимера, часто действует как адсорбент, при этом молекулы полимера адсорбируются на его поверхности. Большинство современных проектов по созданию новых радиационно-защитных материалов выполняется в зависимости от размера частиц наполнителя [4].

На сегодняшний день проблема обеспечения защиты радиационной аппаратуры космических аппаратов и космонавтов от ионизирующего излучения на орбите остается главной из нерешенных проблем полётов в дальний космос. Эксперименты на борту МКС по испытанию свойств новых материалов композиций на основе полимерной матрицы поможет приблизиться к решению проблемы. Достижения в области ионного поглощения, в свою очередь, позволят улучшить радиационную защиту в космосе и преодолеть нынешние ограничения в области прогнозирования рисков для здоровья при длительных космических полетах.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. NASA. What is Space Radiation? [Electronic resource]. – Mode access: [https://lws-set.gsfc.nasa.gov/space\\_radiation.html](https://lws-set.gsfc.nasa.gov/space_radiation.html).
2. ACS Appl / N. Atar [et al.] // Mater Interfaces. – 2015. – № 7 (22). – S. 12047–12056.
3. **Leksa, M.** X-ray technology / M. Leksa. – Budapest: Akademiai kiado, 1973.
4. Modern Approaches to Polymer Materials Protecting from Ionizing Radiation / A. I. Wozniak [et al.] // Orient J Chem, 2017.