

ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ  
ПО КОСМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ  
«РОСКОСМОС»



Акционерное общество  
«Государственный ракетный центр  
имени академика В.П.Макеева»  
(АО «ГРЦ Макеева»)  
Российская Федерация, Челябинская область,  
г. Миасс

---

✉ Тургоякское шоссе, 1, г. Миасс,  
Челябинская область, 456300

☎ 351-3/28-63-70 📠 351-3/55-51-91; 24-12-33

Телеграфный адрес: «Рубин» 624013

E-mail: src@makeyev.ru

ОКПО 07549733, ОГРН 1087415002168

ИНН/КПП 7415061109/741501001

---

От 18.12.2018 № 124/822

На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

## О Т З Ы В

на автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук Вилкова Федора Евгеньевича на тему «Разработка композитного радиационно-защитного покрытия для радиоэлектронной аппаратуры космических аппаратов» по специальности 05.16.06 «Порошковая металлургия и композиционные материалы»

Диссертационная работа Ф.Е. Вилкова посвящена актуальному вопросу – разработке композитного радиационно-защитного покрытия для локальной защиты наиболее критичных к ионизирующему излучению элементов бортовой радиоэлектронной аппаратуры космических аппаратов от дестабилизирующего воздействия ионизирующего излучения космического пространства при сохранении, или не существенном изменении, массогабаритных характеристик конструкции.

Поставленная задача была успешно решена автором. В результате теоретических исследований и экспериментальных работ разработан новый композиционный материал на основе модифицированного силиката натрия и отвердителя – натрия кремнефтористого, а также наполнителей – вольфрама и нитрида бора.

Автором представлены результаты исследования характеристик применяемых материалов, физико-механических характеристик разработанного композиционного материала, радиационно-защитных свойств покрытий, выполненных из него.

Исследовано влияние объемной степени наполнения композитного материала порошками вольфрама и нитрида бора на его механическую прочность. Экспериментально показано, что наибольшие значения прочности композита достигаются при значениях объемной степени наполнения, меньших максимально возможных для каждого вида используемых наполнителей: для вольфрама  $\leq 0,86$ , для нитрида бора  $\leq 0,33$ .

Установлено, что эффективность композита повышается при использовании многослойной структуры: наружный слой с наполнителем нитридом бора, внутренние слои с наполнителем вольфрамом.

Проведено исследование радиационно-защитных свойств покрытий, выполненных из разработанного композиционного материала. Кратность ослабления рентгеновского излучения с энергией в диапазоне от 50 до 150 кэВ составила от 3,2 до 563 раз в зависимости от угла падения излучения на исследуемую поверхность.

Установлено, что наиболее водостойкие покрытия образуются при 10-15% дозировке (от массы жидкого стекла, входящего в состав модифицированного силиката натрия) натрия кремнефтористого, что демонстрирует возможность использования покрытия во влажных условиях, например, в составе аппаратуры морского базирования.

На основе анализа условий эксплуатации покрытий автором лично установлены требования к радиационно-защитным и прочностным свойствам разработанного покрытия, определен элементный состав и разработаны методы синтеза и испытаний покрытия, разработана методика модификации жидкостекольной матрицы покрытия. Радиационные испытания были проведены автором в соавторстве.

По мнению Акционерного общества «Государственный ракетный центр имени академика В.П. Макеева», диссертационная работа Ф.Е. Вилкова представляет собой законченное научно-техническое исследование, результаты которой обладают научной новизной и практической ценностью, отвечает требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата технических наук.

Заместитель генерального конструктора  
по технологическому обеспечению

Сергей Сергеевич Чернов

Начальник лаборатории  
технологии приборостроения

Рудаль Альфафович Кинзин

Главный ученый секретарь НТС, к.т.н.



Сергей Тимофеевич Калашников