

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

кандидата технических наук Елизарова Сергея Валерьевича
на кандидатскую диссертацию Журавлева Сергея Юрьевича
«Термостойкие радиопоглощающие композиционные материалы на основе
тонкопленочных наноструктурированных углеродных покрытий»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.16.09 - Материаловедение (Машиностроение)

Цель диссертационной работы заключается в разработке термостойкого радиопоглощающего материала стойкого к воздействию мощных электромагнитных импульсов и исследовании зависимостей структурных, адгезионных и физико-химических свойств углеродных частиц и формируемых из них покрытий на нагревостойкость, термостойкость и радиофизические характеристики многослойного радиопоглощающего композиционного материала.

Работа построена по схеме, традиционной для кандидатских диссертаций по техническим наукам, материал изложен последовательно и методически грамотно.

Диссертационная работа Журавлева Сергея Юрьевича состоит из введения, 8 глав, общих выводов, списка использованных источников и двух приложений. Диссертация изложена на 189 страницах, содержит 29 таблиц, 82 рисунка, 20 формул. Список использованной литературы содержит 88 источников.

Актуальность диссертационной работы

Диссертационная работа Журавлева Сергея Юрьевича посвящена решению актуальной для авиакосмической техники и приборостроения задачи

разработки новых композиционных материалов с улучшенными свойствами. Актуальность диссертационной работы обосновывается как практической необходимостью защиты современной электроники летательных аппаратов (ЛА) от источников импульсных излучений средств электронного воздействия, так и фундаментальной научной значимостью вопросов структурной организации углеродного вещества, решающим значением создания термостойких радиопоглощающих композитных материалов с улучшенными эксплуатационными и радиофизическими характеристиками с целью разработки и производства техники для экстремальных условий эксплуатации.

Практический интерес представляют авторские исследования влияния физических, химических и структурных характеристик углеродных частиц на электрофизические свойства и термостойкость графитовых покрытий. Результат работы в виде термостойкого радиопоглощающего материала является особо значимым ввиду отставания темпов развития этой области материаловедения, как и технологической базы данных по производству подобных материалов для электронных и антенных систем.

Научная новизна и практическая значимость работы

Результаты диссертационной работы заключаются в изложении новых научно обоснованных технических, технологических решений и разработок по созданию многослойных термостойких радиопоглощающих материалов, основанных на нанесении углеродных покрытий на минеральные волокнистые материалы методами активации графитовых препаратов, пропиткой этими препаратами минеральных матов и комбинированию из них слоев с различными электрофизическими характеристиками в конструкцию, обеспечивающую эффективное радиопоглощение электромагнитной энергии в широком диапазоне длин волн.

Наиболее значимыми результатами работы Журавлева С.Ю. представляются:

- разработка способа активации графитовых препаратов с целью расщепления слоистой структуры частиц графита до толщин 5-8 нм без увеличения условного диаметра частиц;

- разработка способов нанесения углеродных покрытий на минеральные подложки с высокими электрофизическими и адгезионными характеристиками;

- создание модели термостойкого многослойного радиопоглощающего материала, изготовлении на её основе изделий с проведением испытаний на воздействие импульсных излучений.

Перспективным с точки зрения практического результата применения является разработка термостойкого многослойного радиопоглощающего композиционного материала.

Результаты диссертационной работы способствовали развитию расчетных методик и алгоритмов, используемых для создания эффективного многослойного радиопоглощающего материала посредством вариации электрофизических параметров отдельных слоев по градиентному принципу. На основании методики расчета приведенной в диссертационной работе изготовлены изделия из радиопоглощающих материалов, проведены натурные радиофизические измерения коэффициентов отражения изделий, которые обладают достаточно высокой сходимостью с расчетными данными, полученными в программном продукте.

Автором исследованы достаточно широкие классы углеродных и минеральных материалов для обоснования выбора оптимальных параметров при изготовлении изделий. Среди новых результатов, полученных автором, научный и практический интерес вызывают следующие установленные закономерности:

- 1) закономерность изменения термостойкости и радиофизических характеристик радиопоглощающего материала от структурных характеристик частиц графита;

- 2) закономерность изменения структурных характеристик частиц графита от условий активации в кислотной среде и ультразвукового воздействия высокодисперсного препарата графита; при этом ценным выводом является установление того факта, что мокрый размол графита с последующей обработкой водной дисперсии ультразвуком в режиме кавитации и в присутствии гидроокиси аммония, а также перекиси водорода, обеспечивает расщепление по слоям и активацию частиц графита;
- 3) закономерность изменения термостойкости, теплостойкости и радиофизических характеристик радиопоглощающих материалов и электрофизических характеристик углеродных покрытий от концентраций пропиточных растворов в условиях ультразвукового воздействия.

Достоверность результатов работы

Достоверность положений диссертации определяется, прежде всего, использованием корректных математических и физических моделей, а также применением математического аппарата, апробированного и хорошо показавшего себя в аналогичных задачах.

Обоснованность установленных в работе закономерностей не вызывает сомнений, поскольку автором тщательно и на современном методическом уровне определены закономерности влияния условий химической активации высокодисперсного графита на структуру частиц, структуры частиц на электрофизические и адгезионные свойства покрытий и в дальнейшем на термостойкость совместно с радиофизическими характеристиками радиопоглощающих материалов, обеспечивающими стойкость к мощным электромагнитным излучениям, что подтверждено тремя патентами на изобретение. Экспериментальные результаты верифицированы разными методами и обладают достаточной сходимостью. Результаты диссертационной работы про-

шли широкую апробацию в том числе и на международных конференциях и симпозиумах с опубликованием материалов в сборниках трудов. Результаты диссертационной работы использованы в деятельности НПП «Радиострим», что подтверждено актом об использовании и реализованы в изделии для ЗАО «КИА Системы» с внесением результатов внедрения в акт, акты включены в приложения к диссертационной работе. Основные результаты работы можно признать достоверными, а выводы обоснованными.

Замечания по диссертации

- В диссертационной работе отмечено, что при построении модельных ЭКМ предполагается, что электрофизические свойства слоев являются изотропными. Однако в тексте диссертации отсутствует экспериментальное подтверждение указанного факта.
- На многих экспериментальных графиках не указаны границы погрешностей измерений (в том числе для коэффициента отражения).
- В цели работы указана защита от импульсов высокой энергии, при этом не конкретизируются параметры импульсов, в том числе длительность импульсов. Указанное в работе время экспериментального воздействия высоких мощностей на РПМ не позволяет отнести упомянутое воздействие к «импульсному».
- Несмотря на то, что в литературном обзоре проведен анализ требований по термостойкости, в работе недостаточно четко сформулирован критерий оценки термостойкости образцов.
- Хотя основной новацией в рассмотрении диссертантом совокупности радиопоглощающих и термостойких свойств материала является структура графитовых частиц, в работе не приводится описание процесса формирования углеродных покрытий в зависимости от особенностей структуры частиц.
- Диссертант не привел сравнение градиентного способа улучшения радиофизических характеристик многослойных радиопоглощающих материа-

лов с другими подходами по созданию эффективных радиопоглощающих конструкций.

- Следует заметить, что некоторые специальные термины и сокращения в тексте диссертации вводятся без должных уточняющих пояснений, как например БЭК, РЛС, без дополнительных пояснений возникает вопрос о корректности использования в работе терминов «коэффициент абсорбции» и «коэффициент отражения над нагрузкой».

Тем не менее, автором проведен большой объем исследований, указанные замечания не влияют на качество работы и не принижают ее значимости. Работа выполнена с использованием современного оборудования, методического материала и программного обеспечения. Результаты исследований прошли широкую апробацию и в достаточном количестве опубликованы, изложены в 9 научных публикациях, защищены 3 патентами. В работе содержатся научно обоснованные технические решения, касающиеся получения новых термостойких радиопоглощающих материалов методами активации и нанесения графитовых препаратов на минеральные волокнистые материалы.

Заключение

Диссертация Журавлева Сергея Юрьевича является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно-обоснованные технические, технологические решения и разработки в плане создания многослойных термостойких радиопоглощающих материалов на основе тонкопленочных наноструктурированных углеродных покрытий, предназначенных для использования в условиях воздействия электромагнитных излучений высоких мощностей.

В целом диссертационная работа выполнена на высоком научном уровне и отвечает всем требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям (в части п.п. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней). Автореферат и опубликованные работы отражают основное содержание диссертации.

Автор диссертации «Термостойкие радиопоглощающие композиционные материалы на основе тонкопленочных наноструктурированных углеродных покрытий» Журавлев Сергей Юрьевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 - «Материаловедение (Машиностроение)».

Официальный оппонент

Начальник сектора антенных измерений
ПАО «Радиофизика»,
кандидат технических наук

30.11.2018г 

Елизаров С.В.

Адрес: 125363, г. Москва, ул. Героев Панфиловцев, 10.
Электронная почта else044@gmail.com
телефон 8-985-224-92-71

Подпись официального оппонента кандидата технических наук,
Елизарова Сергея Валерьевича удостоверяю.

Ученый секретарь
ПАО «Радиофизика»



Смольникова О.Н.

«30» ноября 2018 г.