

Инновационные наноматериалы для эффективной маскировки и снижения радиолокационной заметности военной техники

Д.Н. ВЛАДИМИРОВ

*Полковник запаса В.Г. КЕРКОВ,
кандидат технических наук*

*Е.Н. ХАНДОГИНА,
кандидат физико-математических наук*

АННОТАЦИЯ: Рассмотрены вопросы применения радиопоглощающих наноматериалов для целей маскировки ВВСТ и снижения радиолокационной заметности летательных аппаратов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: радиопоглощающие материалы, маскировочные комплекты, наноструктурный ферромагнитный микропровод.

SUMMARY. The article discusses use of radar absorbing nanomaterials for masking armaments, military and special equipment and reducing aircraft radar visibility.

KEYWORDS: radar absorbing materials, camouflage kits, nanostructured ferromagnetic microwire.

ОДНИМ из ведущих направлений развития систем вооружения в России и за рубежом является совершенствование средств радиолокационной разведки наземного (надводного), воздушного и космического базирования в сторону увеличения дальности действия и повышения разрешающей способности. В этих условиях роль средств маскировки и снижения радиолокационной заметности образцов военной техники (ВТ), прежде всего бронетанковой и авиационной, в общем комплексе мер их защиты от средств разведки существенно возрастает¹. При этом цель применения указанных средств состоит в обеспечении условий эффективного применения подразделений радиоэлектронной борьбы (РЭБ) и других способов защиты.

Основу средств радиолокационной маскировки и снижения заметности составляют радиопоглощающие материалы и покрытия (РП МП), обладающие низкими коэффициентами отражения. На современном этапе основной тенденцией развития РП МП является наращивание их применения в широком диапазоне частот при одновременном улучшении эксплуатационных характеристик за счет внедрения инновационных технологий.

Ведущим предприятием ОПК России в области радиоэлектронного материаловедения вот уже более 45 лет является ОАО «Центральное конструкторское бюро специальных радиоматериалов» (ЦКБ РМ).

¹ Васильев В.В., Донсков Ю.Е., Керков В.Г. Снижение заметности вооружения и военной техники: проблемы и пути решения // Военная Мысль. 2006. № 10; Керков В.Г. Снижение заметности летательных аппаратов — от начала прошлого века и до наших дней // Сборник трудов всероссийской научно-практической конференции «Перспектива развития радиоэлектронных систем боевых авиационных комплексов и комплексов РЭБ». Воронеж, 2012. Ч. 5. С. 134—137.

Последние годы ЦКБ РМ занимается разработкой, изготовлением и исследованием различных наноструктурных материалов. С целью одинакового толкования введем некоторые ключевые определения.

Нанообъект — это элемент структуры объемного материала или конденсированная фаза, способная к самостоятельному существованию, с одним или несколькими нанометрическими ($1\text{ нм} = 10^{-9}\text{ м}$) размерами, при условии, что хотя бы одно из физических, химических или механических свойств объекта зависит от его размера.

Наноматериалы — материалы, состоящие целиком или содержащие нанообъекты в качестве структурных единиц, количество, размер и физико-химические свойства которых определяют их функциональную направленность и эксплуатационные характеристики.

Наноматериалы являются перспективной основой для высокоэффективных поглотителей электромагнитных волн. Помимо рассматриваемой задачи маскировки и снижения заметности военной техники нанотехнологии для поглотителей электромагнитных волн могут применяться в таких сферах, как:

- защита информации, т. е. предупреждение от несанкционированного съема данных по электромагнитному каналу;
- решение проблем электромагнитной совместимости радиоэлектронной аппаратуры (устранение влияния помех);
- решение проблем медико-биологической электромагнитной безопасности (защита персонала от вредного воздействия побочных излучений электронных приборов).

Нанотехнологии позволяют осуществлять манипуляции с веществом на уровне точности 1 нм , что означает возможность управления процессами в атомарном и молекулярном масштабе.

Нанометровый масштаб открывает новые свойства вещества. Для наноструктурированных материалов меняются параметры кристаллической решетки, ближнего порядка в расположении атомов, а следовательно, и физико-механические, химические и электрофизические характеристики.

ОАО «ЦКБ РМ» разработан сверхширокодиапазонный радиопоглощающий маскировочный материал на основе наноструктурного ферромагнитного микропровода (НФМП) в стеклянной изоляции (рис. 1).

Наноструктурный микропровод в стеклянной изоляции оказался уникальным магнитным материалом для создания на его основе тканых поглотителей электромагнитных волн различного назначения. Диаметр металлической жилы варьируется в диапазоне $10\text{—}18\text{ мкм}$ в зависимости от необходимых радиофизических параметров. Длина микропровода, намотанного на металлическую или пластиковую катушку, в зависимости от марки может быть от одного до пяти—семи километров.



Рис. 1. Наноструктурный ферромагнитный микропровод в стеклянной изоляции

Для придания механической прочности при сохранении негорючести наноструктурный микропровод в стеклянной изоляции дублируется стеклянной нитью, в результате чего получается комплексная электропроводящая нить КЭНАМ, из которой на ткацком оборудовании могут быть изготовлены поглотители электромагнитных волн.

Разработанный и выпускаемый в ОАО «ЦКБ РМ» поглотитель, изготовленный на основе НФМП, обладает коэффициентом отражения электромагнитных волн в диапазоне от 0,2 до 15 см менее 0,5 %. При этом дальность обнаружения замаскированной ВТ радиолокационными станциями (РЛС) разведки, а также РЛС управления оружием тактической авиации и ударных вертолетов снижается в 3,5—4 раза.

Применительно к РЛС AN/APY-3 системы «Джистарс»² разведывательно-ударного комплекса «Джисак» это означает снижение максимальной дальности обнаружения до 70—85 км. Учитывая, что удаление зоны барражирования самолета-носителя РЛС AN/APY-3 от линии соприкосновения войск (ЛСВ) составляет 50—90 км, маскировочный радиопоглощающий материал на основе НФМП обеспечит эффективную маскировку объектов ВТ в значительной части тактической зоны. Также существенно (до 30—40 км) могут быть снижены возможности РЛС управления оружием AN/APG-63, -77, -80, устанавливаемых на самолетах тактической авиации типа F-15, F-22, F-35³. Сокращение зоны применения оружия по замаскированной технике одновременно приведет к увеличению времени нахождения атакующих самолетов противника в зоне поражения наших средств ПВО.

Современные ударные вертолеты армии США AH-64D «Апач», оснащенные РЛС AN/APG-78 «Лонгбоу» миллиметрового диапазона длин волн⁴, способны обнаруживать незамаскированные объекты ВТ на дальности до 10 км. Снижение дальности обнаружения до 2,5—3 км существенно повысит возможности по поражению этих вертолетов отечественными маловысотными средствами ПВО, прежде всего зенитно-артиллерийскими комплексами типа «Панцирь-С» и «Тунгуска», а также переносными зенитными ракетными комплексами.

Впервые маскировочный радиопоглощающий материал на основе НФМП был применен в изделии МРПК-1Л (маскировочный радиопоглощающий комплект), принятом на снабжение МО РФ в 2006 году (рис. 2).



Рис. 2. Маскировочный радиопоглощающий комплект МРПК-1Л

² Меркулов В.И. и др. Система воздушной разведки наземных целей и управления «Джистарс» и ее бортовая РЛС // Успехи современной радиоэлектроники. 2014. № 7. С. 50—62.

³ Вершинин В.И. Разработки радиолокаторов для истребительной авиации. Иностранная печать об экономическом, научно-техническом и военном потенциале государств-участников СНГ и технических средствах его выявления. Серия «Вооруженные силы и военно-промышленный потенциал». 2008. № 6. С. 24—30.

⁴ Артемьев А.И. и др. Вертолетные радиолокационные системы // Успехи современной радиоэлектроники. 2011. № 10. С. 4—26.

В 2010 году на снабжение войск был принят защитно-маскировочный экран (ЗМЭ), также изготовленный на базе НФМП (рис. 3), предназначенный для скрытия от средств разведки противника и защиты военной техники от современных средств поражения, действующих из верхней полусферы, в том числе и высокоточного оружия.

Конструкция ЗМЭ позволяет снизить вероятность поражения ВТ, а также важных стратегических объектов военного и гражданского назначения (пункты управления, базы ВМФ, ВВС, склады вооружений, атомные электростанции и др.). Уникальность технического решения экрана состоит в обеспечении возможности создания укрытий различной формы и размера.



Рис. 3. Защитно-маскировочный экран

С 2011 года ЦКБ РМ производит и поставляет с нарастающим объемом в рамках Гособоронзаказа маскировочные комплекты для ракетных комплексов.

На предприятии разработаны новые пленочные и тканые поглотители, получаемые методом магнетронного напыления (рис. 4), радиотехническая конструкция которых позволяет эффективно поглощать или рассеивать падающую электромагнитную волну. Данные материалы с успехом демонстрировались на различных международных выставках и форумах и получили ряд престижных наград.



Рис. 4. Радиопоглощающие материалы

Проблема создания конструкционного радиопоглощающего материала достаточно давно стоит в современном военном авиастроении. Задача снижения заметности летательных аппаратов (ЛА) осложняется тем обстоятельством, что материал должен одновременно быть прочным, достаточно легким и поглощать электромагнитные волны в широком диапазоне частот. На наш взгляд, решить ее можно исключительно с помощью материалов, обладающих магнитными потерями в сверхвы-

сокочастотном диапазоне. Из известных на сегодня ферромагнетиков, обладающих магнитными потерями на сверхвысоких частотах (СВЧ) и большими значениями магнитной проницаемости перспективным представляется НФМП. Оценка максимальной СВЧ магнитной проницаемости этого микропровода показала, что для сплава на основе железа она составляет более 200⁵.

Таким образом, микропровод с ферромагнитной наноструктурной жилой в стеклянной изоляции является уникальным материалом, обладающим следующим сочетанием свойств:

наличие магнитных потерь в диапазоне СВЧ;

возможность простыми технологическими приемами изменять величину, частоту естественного ферромагнитного резонанса и регулировать погонное сопротивление микропровода;

возможность получать непрерывные, до нескольких километров, отрезки микропровода, обладающего заранее заданными характеристиками;

химическая инертность изоляции;

выигрышные массо-габаритные характеристики (масса одного километра микропровода менее одного грамма).

Для снижения заметности ЛА к реализации предлагается принципиально новый подход. Известно, что на каждый час полета самой известной «невидимки» В-2 приходится 55 часов технического обслуживания, при этом большая часть этого времени расходуется на восстановление маскирующего покрытия. Поэтому необходимо создать конструкционный радиопоглощающий материал. В ЦКБ РМ разработана основа для нового тонкослойного конструкционного стеклопластика, содержащего комплексную стеклоткань с НФМП. Поглощение радиоволн осуществляется благодаря уникальным магнитным свойствам наноструктурного микропровода, дублированной стеклянкой нитью, из которой делается стеклоткань, применяемая при изготовлении конструкционных стеклопластиков. В дальнейшем из этой комплексной электропроводящей нити (КЭНАМ) изготовили несколько типов стеклоткани, содержащей различное количество нитей КЭНАМ, определяемое как расчетным путем, так и результатами радиотехнических исследований на модельных образцах.

В результате многочисленных экспериментов удалось составить «пакет», который обеспечивает эффективное поглощение падающей электромагнитной волны и минимизацию отраженного сигнала в сантиметровом диапазоне длин волн на уровне 17 дБ, и этим снижает мощность отраженного сигнала в 50 раз.

Результирующая толщина типового конструкционного стеклопластика, состоящего из 20—25 слоев стеклоткани, не превышает 2—3 мм. Таким образом «пакет», обладающий свойством поглощения энергии падающей электромагнитной волны, может стать основой для изготовления стеклопластика по существующей стандартной технологии, сохраняя его физико-механические свойства. Такая основа для тонкослойного конструкционного радиопоглощающего материала предложена впервые⁶.

Применение разработанного конструкционного стеклопластика для снижения радиолокационной заметности ЛА позволит в 1,5—2 раза снизить дальности их обнаружения РЛС обнаружения, наведения и целеуказания, а также РЛС зенитно-ракетных комплексов и бортовыми

⁵ Acher O., Jacquart P.-M., Boshier C. IEEE Trans. on Magn. 1994. Vol. 30. № 6. P. 4542.

⁶ Патент на полезную модель №149393 «Конструкционное средство защиты от электромагнитного воздействия (варианты), 2014.

РЛС управления оружием самолетов тактической авиации противника, что существенно снизит возможности применения управляемого оружия по защищаемым ЛА.

Эффективность стеклопластика, снижающего радиолокационную заметность различных типов ЛА, может быть увеличена за счет установки на них таких средств РЭБ, как станции активных помех (САП). При этом если САП способна обеспечить эффективную защиту ЛА без применения дополнительных мер защиты, то снижение эффективной площади рассеяния ЛА за счет применения разработанного конструкционного стеклопластика позволит во столько же раз снизить требуемый энергетический потенциал САП и соответственно уменьшить ее массогабаритные характеристики. В свою очередь, это позволит создать резерв для дооснащения ЛА необходимым оборудованием или увеличить боекомплект, а применительно к беспилотным летательным аппаратам — увеличить время патрулирования воздушного пространства.

Все разработки ЦКБ РМ защищены патентами РФ на Изобретения и Полезные модели, которых за 2006—2014 годы — около 50. В 2013 году разработки предприятия были отмечены Почетной грамотой Начальника войск РЭБ «За профессионализм и высокое качество работы». В 2013 году разработки средств снижения заметности на основе наноструктурного ферромагнитного микропровода были награждены памятным знаком заместителя Министра обороны РФ «За заслуги в области развития и внедрения инновационных технологий».

В 2015 году разработка ЦКБ РМ, защищенная Патентом 2014 года, удостоена серебряной медали на конкурсе инновационных проектов и разработок Международного форума по интеллектуальной собственности. За экспозицию своих достижений на Международном военно-техническом форуме «Армия-2015» ЦКБ РМ награждено дипломом.

Таким образом, инновационные материалы, как показано в настоящей статье на примере наноструктурного ферромагнитного микропровода, разработанного ОАО ЦКБ РМ, являются перспективной основой для создания высокоэффективных средств маскировки и снижения радиолокационной заметности военной техники. Возможности применения таких материалов достаточно разнообразны. Так, на сегодняшний день уже приняты на снабжение Минобороны образцы маскировочных комплектов наземной ВТ с использованием НФМП в качестве поглощающего компонента, и продолжается активная работа по развитию этого направления. Что касается летательных аппаратов, то практическое применение разработанного конструкционного композиционного стеклопластика с наполнителем в виде НФМП может стать совершенно новым и долгосрочным направлением в области создания эффективных средств снижения их радиолокационной заметности.
