



УДК 621.396.674.35

**Г.Р. Беляев**, аспирант, ФГБОУ «ВГУВТ»,  
603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

**В.Г. Лобастов**, аспирант, ФГБОУ «НГТУ им. Р.Е. Алексеева»  
603950, г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24

## ДИАГРАММА НАПРАВЛЕННОСТИ ДИПОЛЬНОЙ АНТЕННЫ ИЗ ГРАФЕНОСОДЕРЖАЩЕГО УГЛЕКОМПОЗИТНОГО МАТЕРИАЛА

*Ключевые слова: вибраторные антенны, диаграмма направленности, электромагнитные волны, углекомпозитные материалы*

*Приводятся результаты исследований электродинамических характеристик вибраторных (дипольных) антенн диапазона 600 МГц, изготовленных из углекомпозитных материалов с графеносодержащим связующим веществом. Показано, что в пределах ошибок измерений коэффициент стоячей волны и диаграмма направленности углекомпозитных дипольных антенн совпадают с характеристиками металлических антенн-аналогов.*

Основными преимуществами изделий из композитных материалов при применении их в антенной и радиотехнике являются: высокая прочность при низком удельном весе, практическое отсутствие коэффициента температурного расширения, большой диапазон значений проводимости, долговечность (не подверженность коррозии). Эти свойства позволяют эффективно использовать композитные материалы в создании наземных, самолетных и космических антенных конструкций.

Проведенные ранее исследования СВЧ-устройств, изготовленных из углекомпозитных материалов (УКМ) с графеносодержащим эпоксисвязующим веществом, показали принципиальную возможность создания нового поколения антенно-фидерных устройств. Было получено, что электродинамические характеристики рупорных УКМ антенн практически идентичны соответствующим характеристикам их металлических прототипов с аналогичными геометрическими параметрами [1—5].

Одновременно с разработкой рупорных антенн на основе круглых волноводов проводились работы по созданию вибраторных антенн на низкочастотные диапазоны для дальнейшей разработки облегченных антенных решеток. В настоящей работе приводятся результаты исследований электродинамических характеристик вибраторных (дипольных) антенн диапазона 600 МГц, изготовленных из углекомпозитных материалов с графеносодержащим связующим веществом. Показано, что в пределах ошибок измерений основные характеристики дипольных УКМ антенн (КСВ, ДН) совпадают с характеристиками металлических антенн-аналогов. В настоящей работе рассматриваются характеристики вибраторных антенн диапазона 600 МГц, излучающие элементы которых выполнены по разной технологии. Для модельных образцов УКМ антенн и их металлических аналогов измерялись коэффициенты стоячей волны (КСВ), диаграммы направленности (ДН).

Для изготовления элементов диполей УКМ антенн применялась углекомпозитная нить марки Zoltek Panex 35 (50К), для которой предполагалась, что проводимость вдоль

нити наибольшая. Использовались два способа нанесения УКМ: круговая намотка (и продольное крепление нити на стержни-держатели. Для придания соответствующих механических использовалось графеносодержащее эпоксисвязующее вещество (из эпоксидной смолы и графенового порошка), наносимое между слоями нити. Процесс изготовления диполей заключался в поочередном нанесении на заготовки эпоксидной смолы с графеновым порошком и углекомпонитной нити.

Для измерений параметров дипольных антенн применялись следующие приборы: векторный рефлектометр Caban R-140 для измерения КСВ, генератор сигналов R&S SMB100A для излучения сигналов на рабочей частоте диапазона 600 МГц, измеритель мощности Я2М-66 с термоэлектрическим преобразователем и излучающие дипольные антенны, аналогичные по конструкции исследуемым. Все дипольные антенны имели контррефлектор для создания направленного излучения.

Результаты измерений коэффициента стоячей волны для приемных антенн диапазона 600 МГц, приведены на рис. 1: с металлическими диполями – сплошная линия, с продольной укладкой на дюралевую основу – пунктир, с круговой намоткой на фторопластовую основу – штрих-пунктир, с круговой намоткой на дюралевую основу – длинный штрих-пунктир.

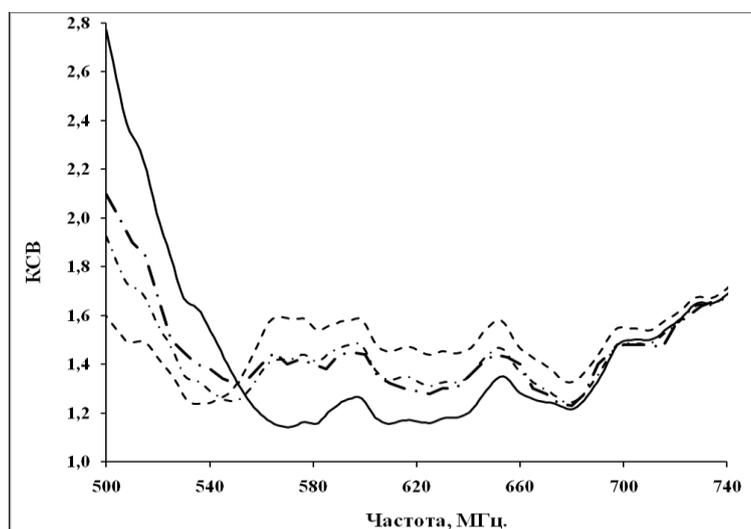


Рис. 1.

Видно, что качественно все кривые в рабочем диапазоне частот (525 – 700 МГц) достаточно хорошо совпадают.

Диаграммы направленности в лабораторных условиях измерялись для антенн диапазона 600 МГц. На рис.2 приведены ДН (главный максимум) для трех УКМ антенн и антенны-аналога: с металлическими диполями – сплошная линия, с продольной укладкой на дюралевую основу – пунктир, с круговой намоткой на фторопластовую основу – штрих-пунктир, с круговой намоткой на дюралевую основу – длинный штрих-пунктир. Видно практически полное совпадение результатов. Следует отметить, что для всех моделей рупорных УКМ антенн их ДН в пределах ошибок измерений также совпадают с ДН металлических аналогов.

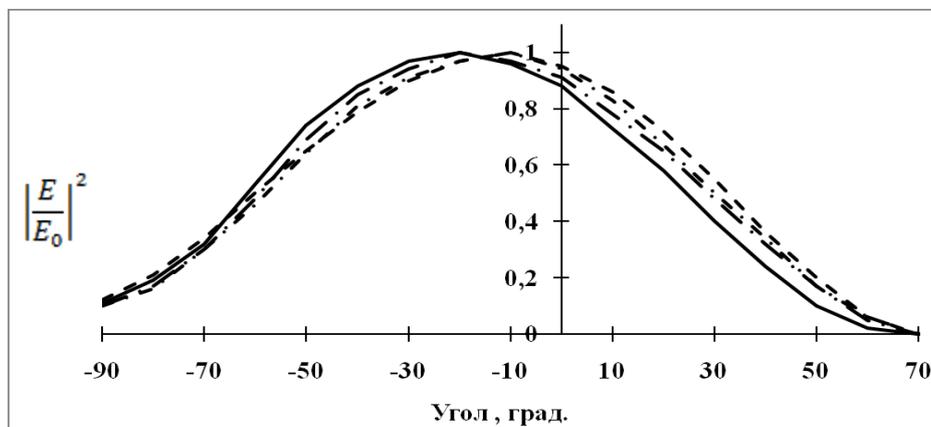


Рис.4

Таким образом, при исследованиях характеристик вибраторных антенн из углекомпозиционного материала получены следующие результаты:

- для всех рассматриваемых в статье моделей УКМ антенн их ДН в пределах ошибок измерений совпадают с ДН металлических аналогов;
- КСВ УКМ антенн в рабочей частотной зоне несколько хуже по сравнению с металлическим аналогом, что обусловлено, по-видимому, несовершенной технологией (в лабораторных условиях) сочленения УКМ с металлическими деталями, что ухудшило проводимость контакта;

#### Список литературы:

- [1]. Dugin N.A, Zaboronkova T.M., Chugurin V.V., Myasnikov E.N. // The 21 annual International conference on Advanced Laser Technologies (ALT'-13). 2013. P. 192.
- [2]. Дугин Н.А., Заборонкова Т.М., Мясников Е.Н., Чугурин В.В. Антенно-фидерное СВЧ устройство из углекомпозиционного материала и способ его изготовления // Патент на изобретение № 2577918 (RU 2 577 918 C1) от 20.03.2016. Бюлл. № 8.
- [3]. Zaboronkova T.M., Dugin N.A., Myasnikov E.N. // Proc. of the 9<sup>th</sup> European conference on Antennas and Propagation (EuCAP'2015). 2015. P. 72282201–1–7228220-2.
- [4]. Дугин Н.А., Заборонкова Т.М., Мясников Е.Н. // Письма в ЖТФ. 2016. Т. 42. Вып. 11. С. 91–96.
- [5]. Dugin N.A., Zaboronkova T.M., Myasnikov E.N. // Latvian Journal of Physics and Technical Sciences. 2016. V. 5. P. 17–23.

### RADIATION PATTERN OF DIPOLE ANTENNA MADE OF A GRAPHENE-CONTAINING CARBON COMPOSITE MATERIAL

Belyaev G.R., Lobastov V.G.

*Key words: vibratory antenna, radiation pattern, electromagnetic waves, carbon composite materials*

*The results of study of electrodynamic characteristics of dipole antenna operating at 600 MGz and made of graphene-containing carbon material are discussed. It is shown that the standing-wave ratio and radiation pattern of dipole antenna made of a carbon composite material has almost the same characteristics as its metal analog*