

Таким образом, определены механизмы генерации аэродинамических полей давления летательных аппаратов и экспериментально обнаружены инфразвуковые возмущения давления при взлете и пролете самолетов.

Список литературы:

- [1] Ганабов В.И., Власов Е.В., Ефимцев Б.М. и др. // *Авиационная акустика*. Машиностроение. М., 1973. 448 с.
- [2] Мунин А.Г., Самохин В.Ф., Шипов Р.А. и др. // *Авиационная акустика*. В 2-х ч. Ч. 1. Шум на местности дозвуковых пассажирских самолетов и вертолетов. Машиностроение. М., 1986. 248 с.
- [3] Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. *Гидродинамика*. – 3-е изд., перераб., – М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. 736 с.
- [4] *Теория турбулентных струй*// Абрамович Г.Н. и др.. Изд. 2-е, перераб. и доп/ Под ред. Г.Н. Абрамовича. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1984. 700 с.

Н.А. Дугин, Г.Р. Беляев
ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОЛНОВОДНЫХ СВЧ УСТРОЙСТВ ИЗ УГЛЕКОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Ключевые слова: углекомпози́тные материалы, волноводы, рупорная антенна

В данной статье представлены результаты исследований в области изготовления волноводных СВЧ-устройств из углекомпози́тных материалов.

В антенной технике и радиотехнике до настоящего времени углекомпози́тные материалы используются в основном для изготовления несущих конструкций, как непроводящие материалы. В данной работе ставилась задача использовать проводящие углекомпози́тные материалы для изготовления антенн и антенно-фидерных устройств.

Углекомпози́тные материалы обладают рядом преимуществ перед металлическими аналогами:

- нечувствительность к изменению температуры – малый коэффициент расширения,
- возможность создания требуемой проводимости за счет графеновых добавок,
- меньший вес.

Эти свойства углекомпози́тных материалов дают преимущества при создании антенн и могут быть использованы при разработке космических, а также крупных наземных зеркальных антенн, поскольку позволяют:

- создать антенны, нечувствительные к резким перепадам температур,
- облегчить конструкцию зеркала для уменьшения весовых нагрузок, что способствует увеличению жесткости конструкции,
- создать «гладкую» поверхность для расширения рабочего диапазона в миллиметровую область частот,
- увеличить проводимость поверхности зеркала антенны, т.е. довести КПД до предельно возможных значений,

Те же требования относятся к антенно-фидерным устройствам, которые используются в качестве облучателей зеркальных антенн и передающих трактов.

Было изготовлено три антенны С-диапазона из разных углекомпози́тных материалов и исследованы их радиочастотные характеристики:

- коэффициент стоячей волны,
- диаграмма направленности,
- коэффициент усиления.

В качестве образца была взята рупорная антенна на частоту 5 ГГц, созданная на основе круглого волновода.

Использовались два вида углекомпозитного материала:

- нить (проводимость вдоль нити)
- ткань (имеет изотропную проводимость).

В качестве связующего вещества применялась эпоксидная смола с добавками графена.

Сначала изготавливалась внутренняя заготовка-матрица волноводного элемента СВЧ-устройства, имеющая внутренние размеры, точно соответствующие размерам металлической антенны-образца.

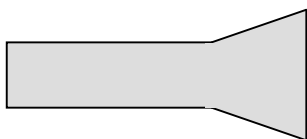


Рис. 1.

На заготовку-матрицу методом радиальной намотки наносилось требуемое число слоев углекомпозитной нити или ткани, после чего наносился закрепляющий слой эпоксисвязующей смеси для придания конструкции жесткости.

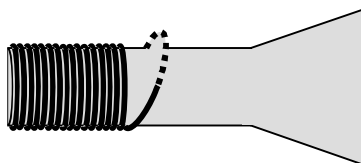


Рис. 2.

Исследование параметров антенны проводилось в лабораторных условиях; для измерения КСВН использовался векторный рефлектометр Caban R140, для измерения АЧХ и ДН использовался высокочастотный генератор компании Роде и Шварц, в качестве излучателя сигнала использовалась эталонная антенна П6-23А, для измерения уровня принимаемого сигнала использовался ваттметр с детекторной головкой.

Результаты измерений

Коэффициенты стоячей волны металлической антенны на двух поляризациях практически совпадают до частот 5,2 ГГц и имеют ярко выраженный резонансный характер (рис.3.1). Характеристика имеет два минимума с минимальным значением КСВ 1,13 на частотах 4,65 ГГц и 4,95 ГГц. Зависимость коэффициентов стоячей волны от частоты углекомпозитных антенн, выполненных из нити и ткани (рис. 3.2, 3.3), несколько отличается от металлической антенны более сглаженным характером и наличием только одного (рабочего) минимума с минимальным значением КСВ=1,2 на частоте примерно 4,9 ГГц.

Коэффициент усиления

Измерение зависимости амплитуды выходного сигнала от частоты проводилось в диапазоне от 4,3 ГГц до 5,5 ГГц. Графики качественно хорошо совпадают и различия в максимуме амплитуды сигнала невелико, что указывает на достаточно близкое значение КУ всех трех антенн (рис. 4).

Поляризационные свойства

Графики поляризационной зависимости сигнала от осевого угла поворота одной антенны относительно другой близки к синусоидальным, что свидетельствует о линейной поляризации принимаемого сигнала (возбуждается основная мода ТЕМ) (рис. 5).

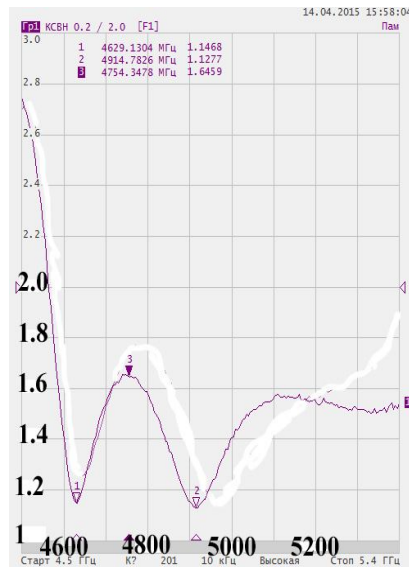


Рис. 3.1

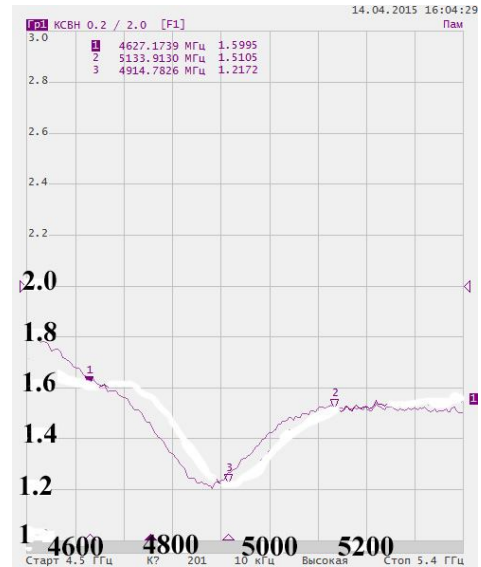


Рис. 3.2

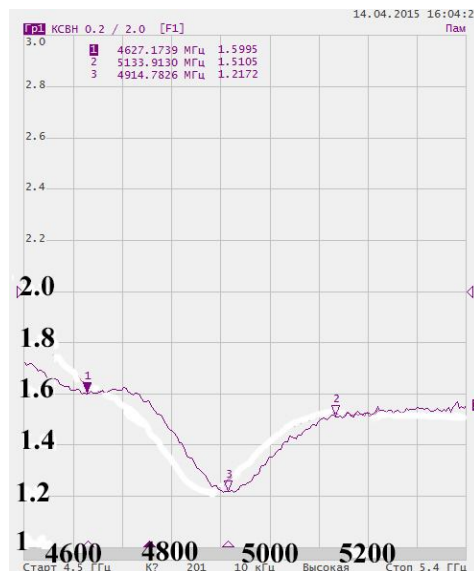


Рис. 3.3

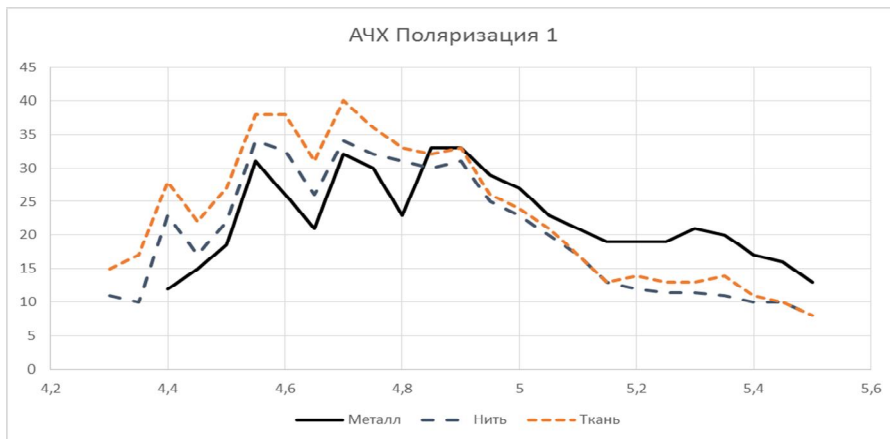


Рис. 4.

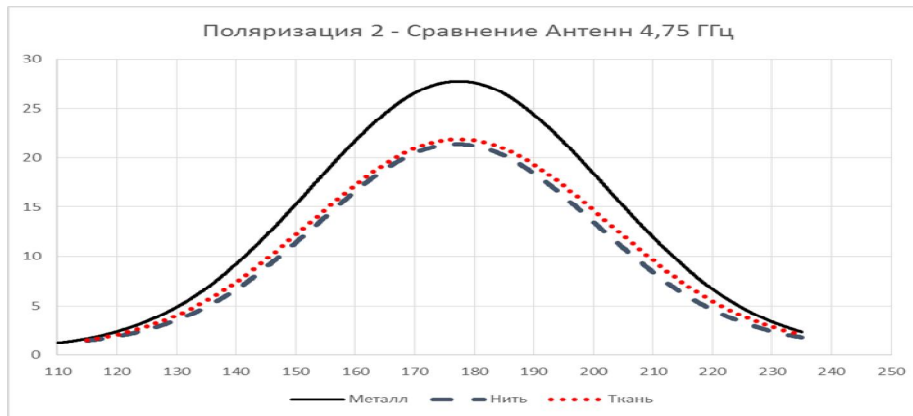


Рис. 5.

Диаграмма направленности

Влияние лабораторных условий измерений искажало результаты измерений диаграммы направленности, поэтому для получения достоверных данных была проведена аппроксимация измеренных значений функцией Гаусса. Ширина ДН для всех вариантов антенн примерно одинакова (рис. 6).

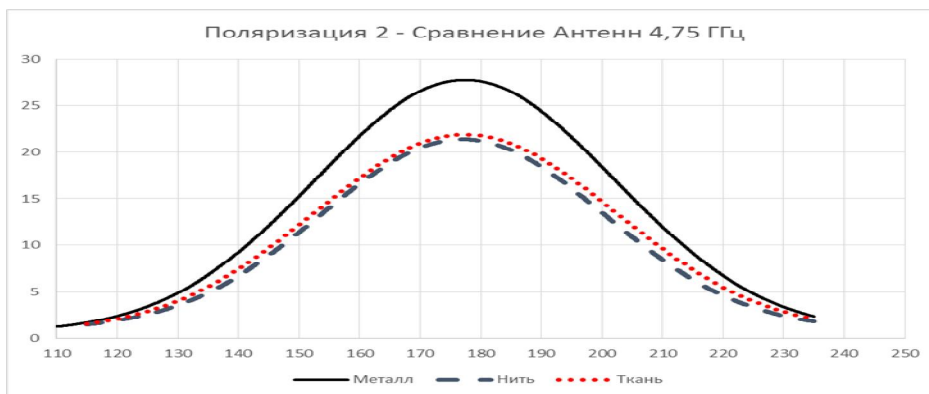


Рис. 6.

Вывод

По общим полученным результатам можно сделать вывод, что волноводные СВЧ-устройства из углекомпозитных материалов вполне работоспособны и при надлежащей технологии изготовления будут вполне конкурентоспособны с металлическими аналогами.

Список литературы

- [1] Дугин Н.А. Измерение параметров рупорной СВЧ-антенны : методическое пособие // Н.А. Дугин, Т.М. Заборонкова, Е.Н. Мясников. – Н. Новгород: Изд-во ФБОУ ВПО «ВГАВТ», 2011. – 67 с.
- [2] Марков Г.Т., Сазонов Д.М. // Антенны – М. : Изд-во Энергия, - 1975. – 523 с.
- [3] Сазонов Д.М. // Антенны и устройства СВЧ: Учеб. Для радиотехнич. спец. вузов // Д.М. Сазонов. – М. : Изд-во Высш. шк., - 1988. – 432 с.

Н.А. Дугин, Г.Р. Беляев
ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АНТЕНН ИЗ УГЛЕКОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ В РЛС ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Ключевые слова: графеносодержащие структуры, углекомпозитные материалы, антенны

В данной статье представлены результаты исследований и экспериментов в области изготовления дипольных антенн из углекомпозитных материалов.

Целью работы было изготовить дипольные антенны диапазонов 200 и 600 МГц из углекомпозитного материала, измерить их характеристики (диаграмма направленности, коэффициент стоячей волны, коэффициент усиления), а также сравнить полученные данные с параметрами дипольных антенн, изготовленных из металла. Сделать выводы о возможности применения углекомпозита для изготовления дипольных антенн.

Новизна предлагаемых решений заключается в использовании нового поколения материалов – углекомпозитов, для создания широкого класса антенно-фидерных устройств и систем. В антеннах и радиотехнике углекомпозитные материалы в настоящее время используются в несущих конструкциях, как непроводящие материалы. Нами ставится обратная задача: добавляя графен можно менять проводимость и доводить её до предельно высоких значений.

Изделия из углекомпозитных материалов долговечны (до 30 лет) и имеют рекордное соотношение прочности к весу, стабильны в широком диапазоне температур (от – 50 до +200 °С), большой диапазон значения проводимости. Проводимость их сравнима с проводимостью металлов, из которых изготавливаются антенны. Введение графеносодержащих структур в эпоксиматрицу приводит также к улучшению как конструктивных свойств углекомпозита, так и позволяет создавать новые материалы с заданными электромагнитными свойствами.

Например – при создании самолетных и вертолетных антенн, и в частности антенных решеток, крайне актуальна задача предельного уменьшения веса всей конструкции и обеспечение независимости параметров системы от внешних условий. В этом случае необходимо создать легкие радиочастотные (проводящие) элементы решетки, несущую конструкцию и внешние корпуса радиочастотной аппаратуры с раз-