



Изготовление отражающей поверхности зеркальных антенн из композитных материалов

**Н.А.Дугин, А.М.Фончиков,
Б.М.Зиньковский**

**НИРФИ ННГУ им. Н.И. Лобачевского
ЧП ADS, ФГБОУ ВО ВГУВТ, ОКБ МЭИ**

При создании рефлекторов зеркальных антенн крайне важной задачей является достижение предельно малого среднеквадратичного отклонения поверхности (СКО) от расчетной и его возможно более слабой зависимости от температурных и весовых деформаций.

Эта проблема особенно актуальна для крупных полноповоротных радиотелескопов, особенно, при работе в диапазонах миллиметровых и субмиллиметровых длин волн.

Одним из путей достижения данных результатов является применение в антенной технике углепластиковых и композитных материалов с металлизацией поверхности и непосредственно углекомпозитных материалов (УКМ), имеющих определенную проводимость.

Композитные материалы дают создаваемым антенным конструкциям преимущество в весе, нечувствительность к перепадам температуры, высокую устойчивость к коррозии, долговечность и т.д.

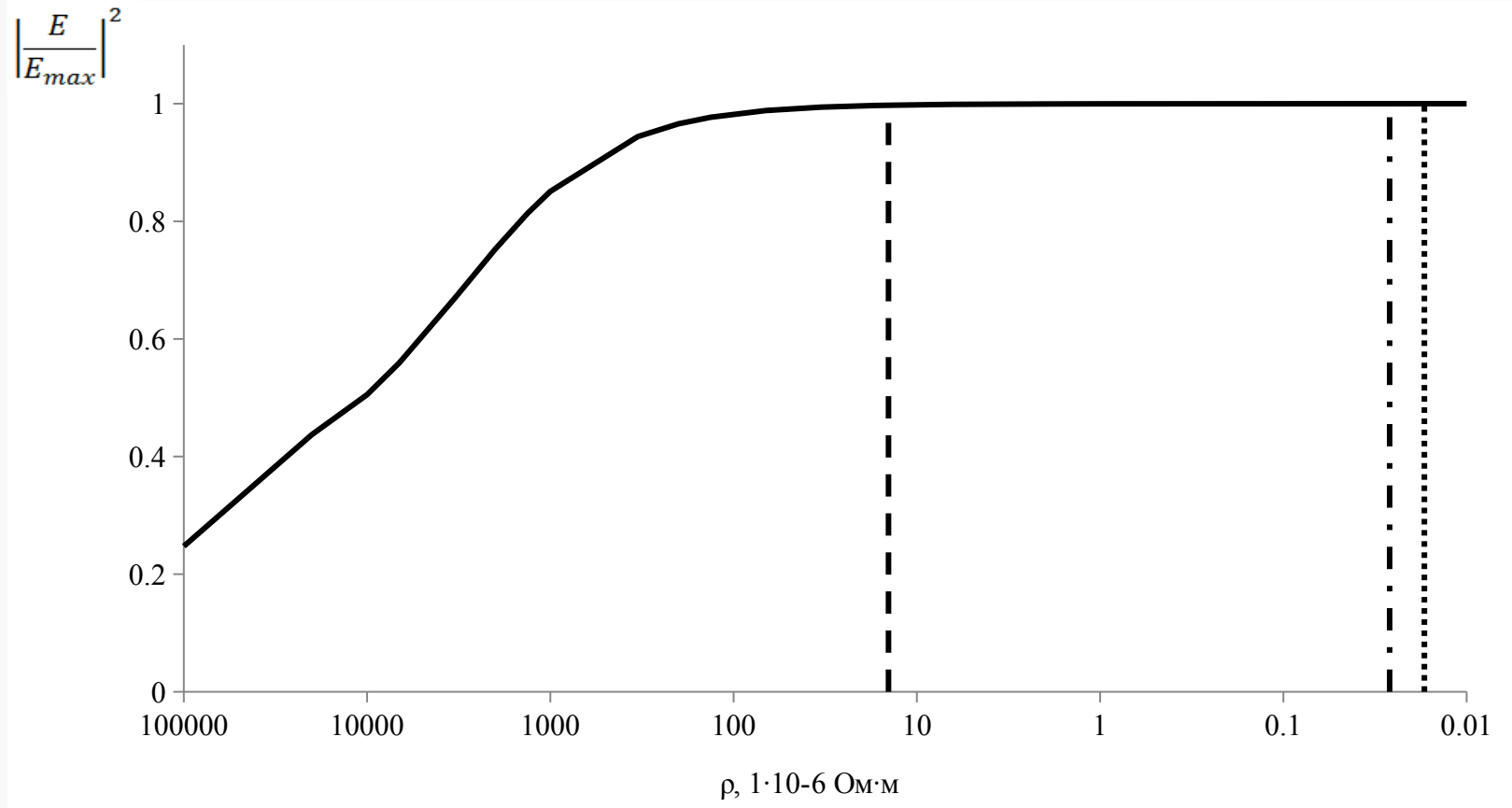
Металлизация поверхности непроводящих материалов может нивелировать эти преимущества.

ОСОБЕННОСТИ И ПРЕИМУЩЕСТВА МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДА

Углеродное волокно – материал, состоящий из тонких нитей диаметром от 5 до 15 мкм, обладающих электропроводностью (УКМ марки Zoltek PX35).



Моделирование зависимости КУ от удельного сопротивления материала антенны



Характеристика зависимости КУ от проводимости материала на примере рупорной антенны С- диапазона

Штриховой линией указано значение проводимости (ρ) для нити РХ35, штрихпунктирной линией – для алюминия, а точечной – для меди.

Изготовлены и исследованы рупорные антенные устройства из УКМ



Модельные образцы рупорных антенных устройств
L- и С- диапазонов.

РТ-15 РАО НИРФИ «Зименки»

В новом варианте с углекомпозитным (УКМ)
облучателем (1.6 ГГц)



Изготовление рефлекторов дипольных антенн из УКМ

Было апробировано 2 способа изготовления рефлектора:
из углеродной нити, с параллельной укладкой волокон и
из ткани, сплетенной из углеродной нити.



Т.о. применение УКМ, обычно имеющих достаточно низкую проводимость, для создания антенн на частотах до 5 ГГц показало их эффективность, однако, для работы на более высоких частотах требуются исследования возможного падения коэффициента усиления (КУ) антенн.

УКМ антенны на частотные диапазоны 0,2 — 5 ГГц изготавливались в лабораторных условиях.

Предполагалось, что применение промышленных технологий улучшит их характеристики.

**Далее: переход к изготовлению антенн
миллиметрового и субмиллиметрового диапазонов
из композитных материалов.**

**В качестве аналога была выбрана зеркальная антенна
диаметром 58 см, которую применяют для работ в частотном
диапазоне 34 - 100 ГГц. Для придания необходимой
жесткости корпус рефлектора выполнен из толстой
латунной заготовки с полировкой отражающей стороны.**

**Основная цель: отработать методы нанесения отражающих
элементов из алюминиевой фольги и УКМ на композитную
подложку при большой кривизне поверхности рефлектора.**

**В ЧП ADS (г.Владимир) отработана технология создания отражающих щитов антенных систем:
на композитную подложку наносится тонкий слой алюминия (фольга).**

**А.М.Фончиков. Металлопластиковая параболическая антенна.
Патент на изобретение № RU 208536 U1, МПК H01Q 15/16(2006.01).
Заявка:2021119579, 2021.07.05. Опубликовано: 2021.12.23**

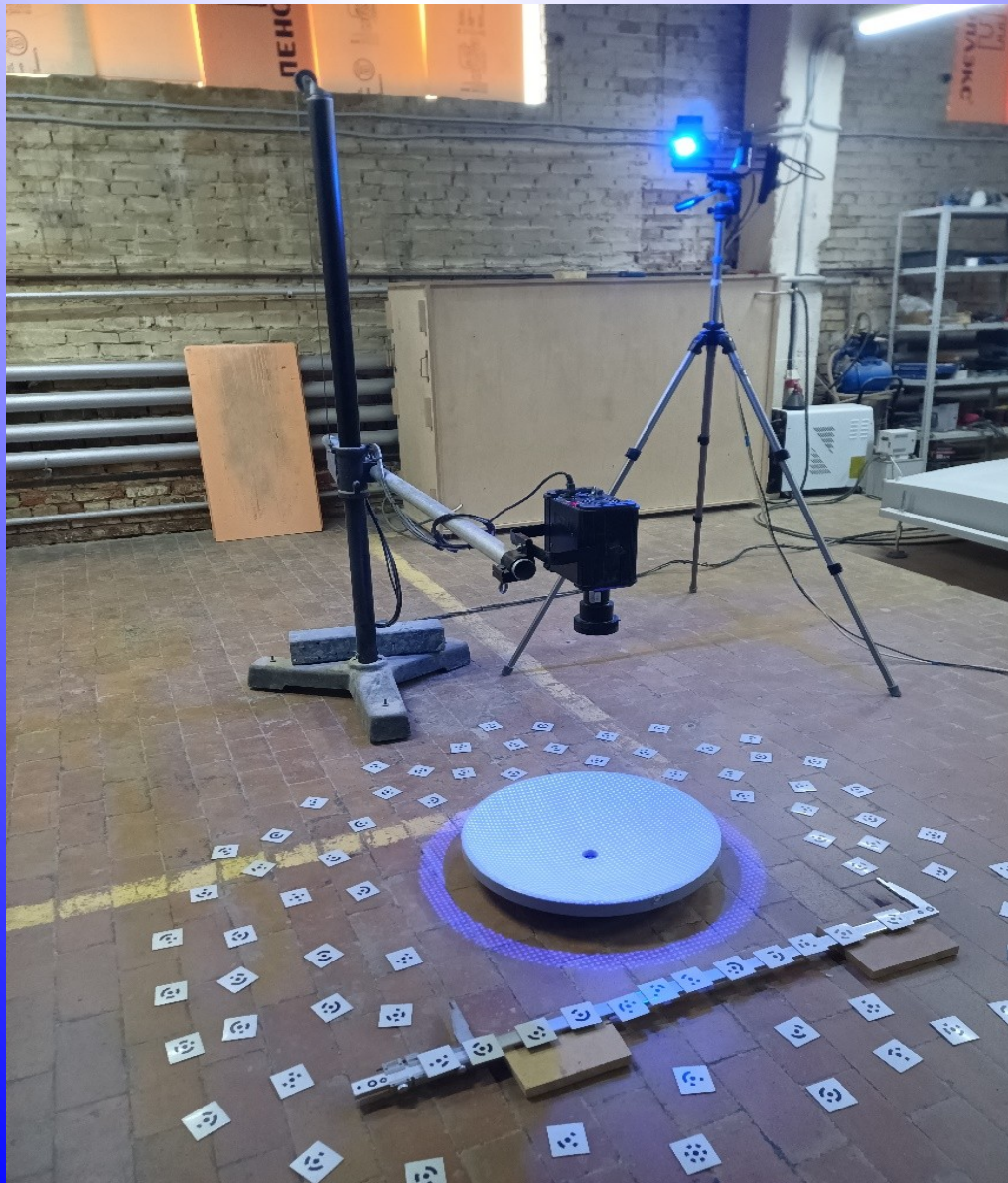
Тыльная сторона щита



Отражающая поверхность



Система измерений.

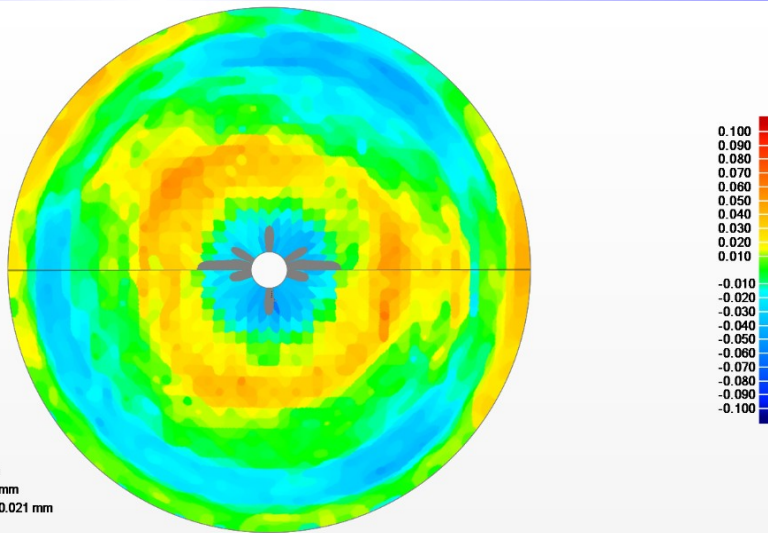


Для контроля отражающих поверхностей применяется принцип фотограмметрии, который позволяет получать координаты измеряемых точек с высокой точностью (5 мкм, + 5 мкм/метр).

Были изготовлены варианты «глубокой» антенны миллиметрового диапазона как по отработанной технологии с нанесением алюминия на композит, так и непосредственно из УКМ марки Zoltek PX35 (ткань), из которого изготавливались и успешно прошли испытания дипольные и рупорные антенны частотных диапазонов 0,2-5 ГГц



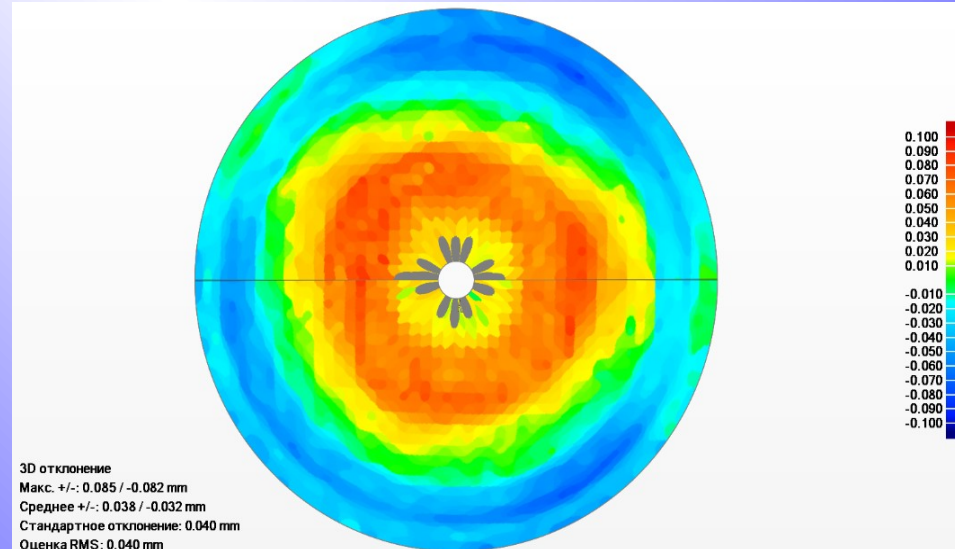
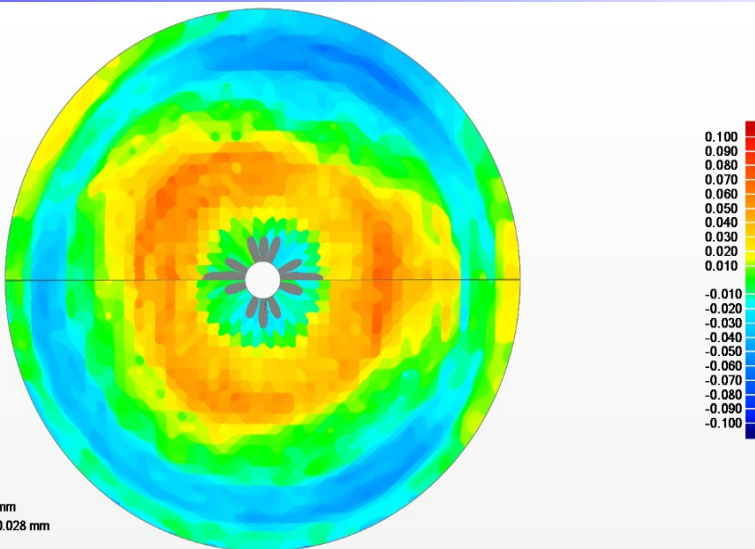
СКО поверхности металлической антенны в зависимости от температуры



T = +20 СКО 21 мк

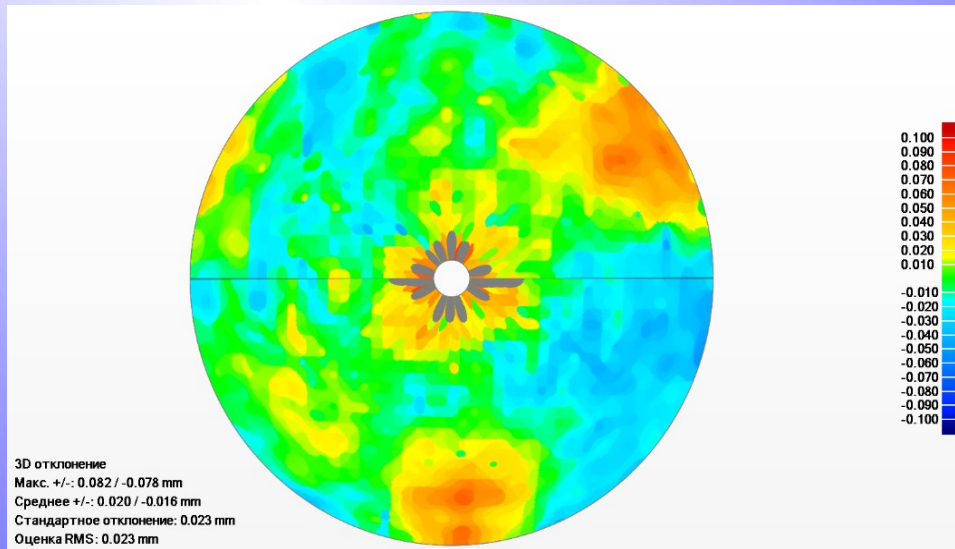
T = +5 СКО 28мк

T = +35 СКО 40мк

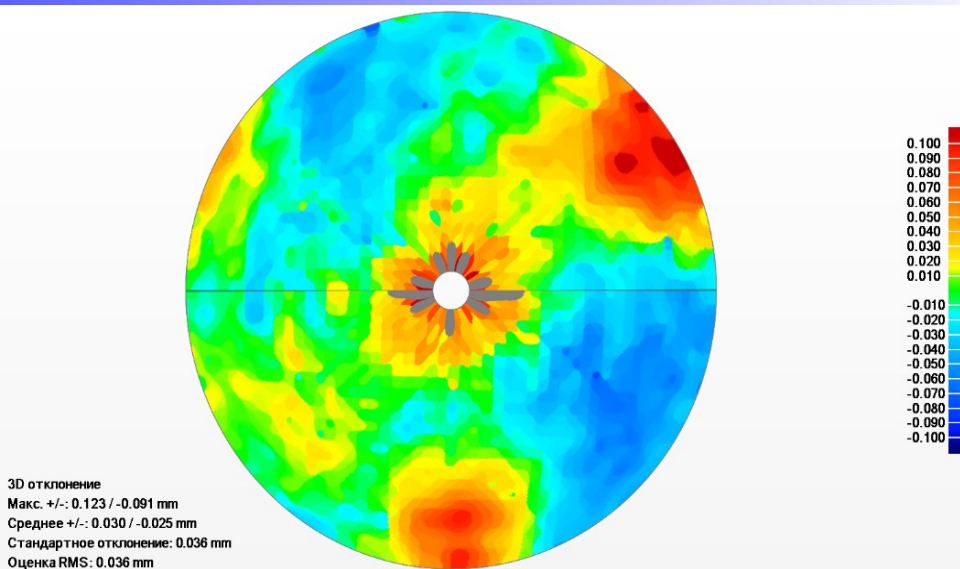


СКО поверхности металлокомпозитной антенны в зависимости от температуры

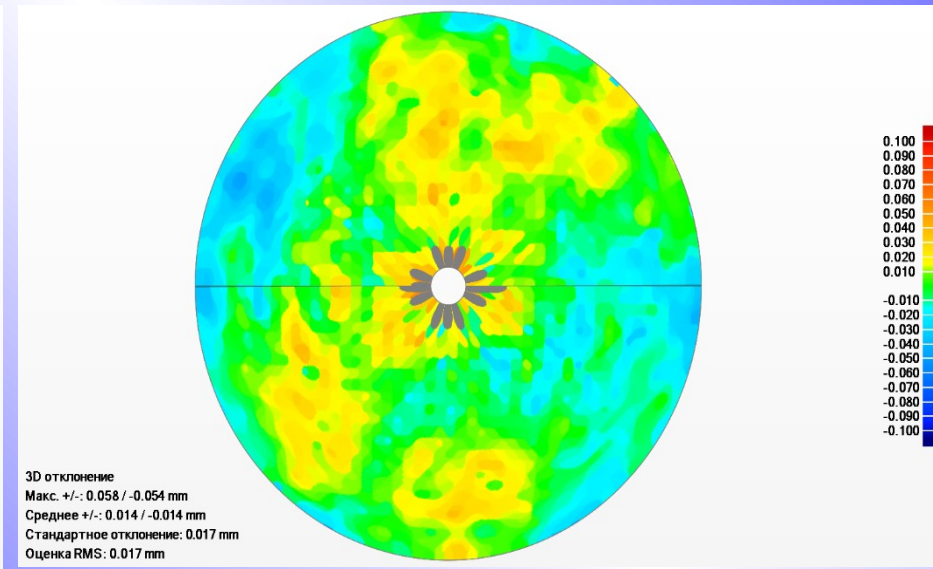
$T = +20$ СКО 23мк



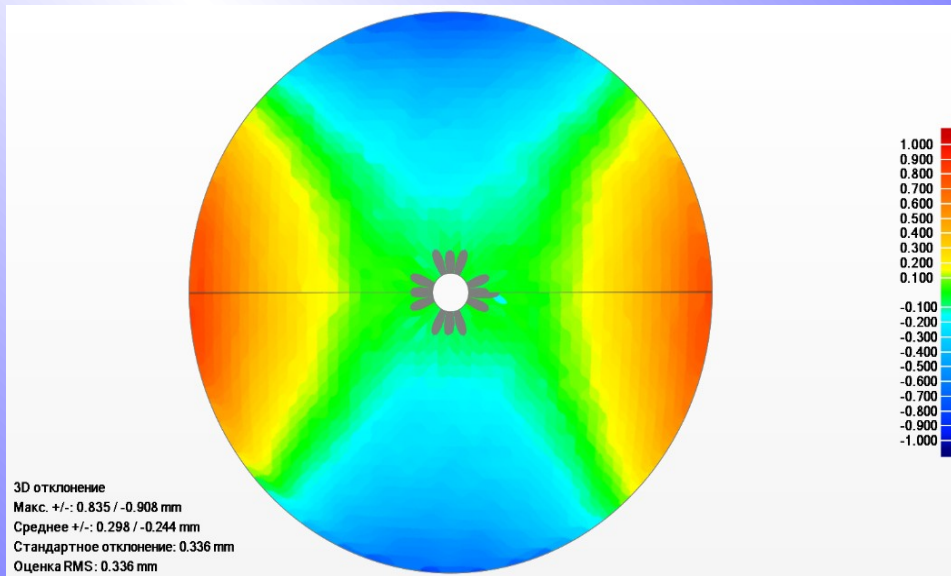
$T = +5$ СКО 36мк



$T = +35$ СКО 17мк

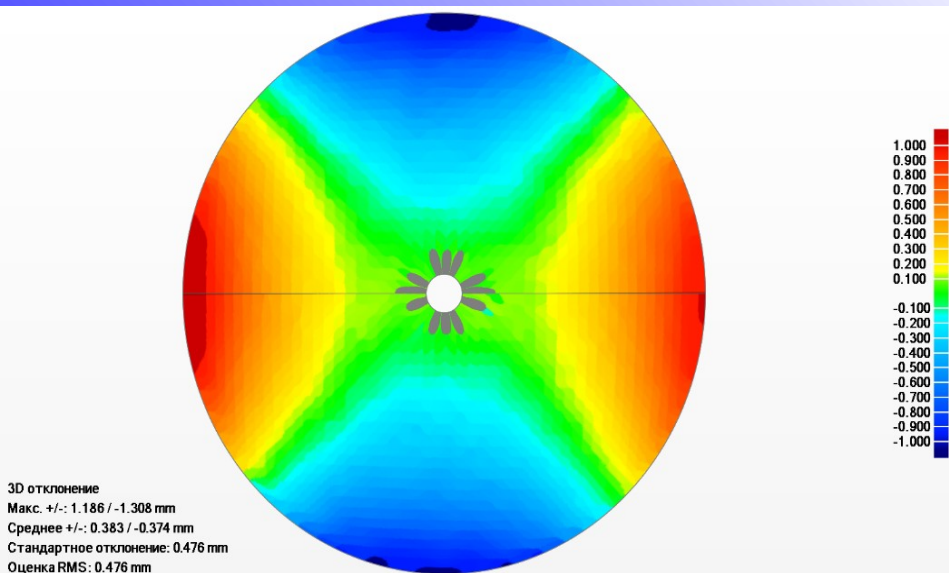


СКО поверхности углекомпозитной антенны в зависимости от температуры

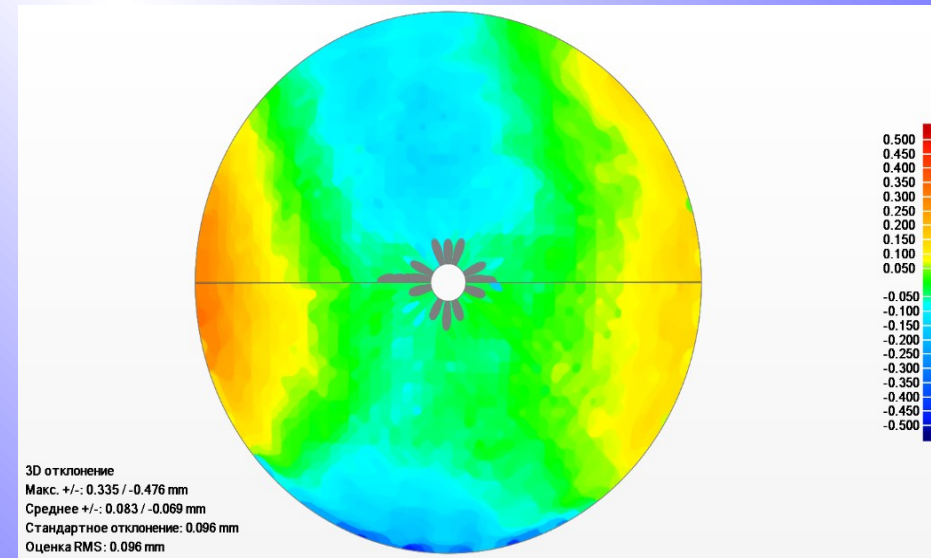


T = +20 СКО 336 мк

T = +5 СКО 476 мк



T = +35 СКО 96 мк



Анализ

1.СКО поверхности металлической антенны минимально при средней комнатной температуре и возрастает как с уменьшением, так и с увеличением температуры зеркала.

2.СКО поверхности металлизированной и УКМ антенн уменьшается с возрастанием температуры.

Этот эффект скорее всего вызван выбором композитного материала, а не покрытием.

Т.е. необходимо подбирать материал не только покрытия, но и композиционной основы зеркала.

В ИПФ РАН на установке В.В.Паршина исследовался образец УКМ, сформированного из нити в плоскую поверхность вакуумным формованием.

Частота – 260 ГГц

Показано, что проводимость поперек волокон в 2 раза ниже проводимости вдоль волокон, при которой отражение все равно мало отличается от металла.



План дальнейших исследований

- 1. Измерение КУ изготовленных антенн на частотах 34 и 100 ГГц.**
- 2. Отработка технологии нанесения УКМ ткани на композитную подложку для получения «гладкой» поверхности.**
- 3. Выбор композитного материала для подложки, более устойчивого к изменению температуры.**
- 4. Освоение способа вакуумного формования отражающих поверхностей антенн из УКМ нити. Проект промышленной установки вакуумного формования УКМ, подбор оборудования.**

Выводы

Применение промышленных технологий изготовления отражающей поверхности зеркальных антенн СВЧ диапазона из композитных и углекомпозитных материалов показало практическую возможность достижения среднеквадратичного тклонения поверхности от заданной порядка (20-40) микрон. Такая точность поверхности позволяет использовать описанные в работе технологии для производства антенн миллиметрового и субмиллиметрового диапазонов.

Причем, такие преимущества композитных материалов как небольшой вес, прочность, независимость от перепадов температуры, коррозионная устойчивость дают возможность изготовления космических антенных устройств и крупных наземных зеркальных антенн облегченной конструкции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дугин Н.А., Заборонкова Т.М., Беляев Г.Р., Мясников Е.Н. Применение углекомпозитных материалов с анизотропной проводимостью для создания антенн СВЧ диапазона. Изв.ВУЗов «Радиофизика», 2021, т.64, №12, С.983-993.
N.A.Dugin, T.M.Zaboronkova, G.R.Belyaev, E.N. Myasnikov. Use of carbon-based composite materials with anisotropic conductivity for creating microwave antennas. Radiophysics and Quantum Electronics , Vol. 64, No.12, May, 2022, P.884-892.
DOI 10.1007/s11141-022-10186-z.
2. А.М.Фончиков. Металлопластиковая параболическая антенна. Патент на изобретение № RU 208536 U1, МПК H01Q 15/16(2006.01). Заявка:2021119579, 2021.07.05. Опубликовано: 2021.12.23
3. Н.А.Дугин, Т.М.Заборонкова, Е.Н.Мясников, В.В.Чугурин. Антенно-фидерное СВЧ устройство из углекомпозитного материала и способ его изготовления. Патент на изобретение № 2577918 (RU 2 577 918 C1), заявка № 2014136727/28 от 09.09.2014, опубл. 20.03.2016, Бюлл. № 8 : ил.
4. Н.А.Дугин, А.В.Калинин, Ю.В.Тихомиров, В.В.Петров, Г.Б.Бузик, В.О.Медянников, В.В.Шишкина. Сравнение возможностей оптических и радиоастрономических методов измерения параметров крупных антенн. С-Петербург, Труды ИПА РАН, 2019, т.48, С.41-49.