|  |  |
| --- | --- |
| Gerb-BMSTU_01 | **Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  **Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  **высшего образования**  **«Московский государственный технический университет**  **имени Н.Э. Баумана**  **(национальный исследовательский университет)»**  **(МГТУ им. Н.Э. Баумана)** |

ФАКУЛЬТЕТ \_\_\_\_\_\_\_\_\_РЛ\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

КАФЕДРА \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_РЛ-1\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**

***К КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ***

***НА ТЕМУ:***

***Зеркальная антенна для абонентского терминала системы спутниковой связи\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_***

***\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_***

***\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_***

***\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_***

***\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_***

***\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_***

Студент РЛ1-61\_\_\_\_\_\_\_\_\_ **\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_С.А. Чекановский\_**

(Группа) (Подпись, дата) (И.О.Фамилия)

Руководитель курсового проекта **\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_В.А. Вечтомов\_\_\_\_\_**

(Подпись, дата) (И.О.Фамилия)

Консультант **\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

(Подпись, дата) (И.О.Фамилия)

*2021 г.*

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**

**высшего образования**

**«Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана**

**(национальный исследовательский университет)»**

**(МГТУ им. Н.Э. Баумана)**

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(Индекс)

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(И.О.Фамилия)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение курсового проекта**

по дисциплине \_\_\_\_Устройства СВЧ и антенны\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Студент группы \_РЛ1-61\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_Чекановский Сергей Александрович\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(Фамилия, имя, отчество)

Тема курсового проекта:

Зеркальная антенна для абонентского терминала системы спутниковой связи

Направленность КП (учебный, исследовательский, практический, производственный, др.)

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Источник тематики (кафедра, предприятие, НИР) \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

График выполнения проекта: 25% к \_\_\_ нед., 50% к \_\_\_ нед., 75% к \_\_ нед., 100% к \_\_\_ нед.

***Задание:*** Разработать на уровне технического предложения приемо-передающую антенну типа Кассегрена или АДЭ приема для системы спутниковой связи (земная станция или абонентский терминал). Антенна должна удовлетворять следующим основным требованиям:

* рабочая частота на прием: 7,9…8,4 ГГц;
* коэффициент усиления не менее 39 дБ;
* поляризация принимаемых сигналов – на прием и передачу линейные, ортогональные;
* уровень боковых лепестков не выше -22 дБ.
* Рабочая частота на передачу: 7,1…7,7 ГГц

***Оформление курсового проекта:***

Расчетно-пояснительная записка на \_\_\_\_\_ листах формата А4.

Перечень графического (иллюстративного) материала (чертежи, плакаты, слайды и т.п.)

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Дата выдачи задания « 24 » февраля 2021 г.

**Руководитель курсового проекта**  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ В.А. Вечтомов\_\_\_\_\_

(Подпись, дата) (И.О.Фамилия)

**Студент \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_**С.А. Чекановский**\_**

(Подпись, дата) (И.О.Фамилия)

Примечание: Задание оформляется в двух экземплярах: один выдается студенту, второй хранится на кафедре.

**СОКРАЩЕНИЯ ТЕРМИНОВ, АББРЕВИАТУРЫ**

КУ – коэффициент усиления

ТЗ – техническое задание

ДН – диаграмма направленности

КИП - коэффициент использования площади раскрыва антенны

КНД-коэффициент направленного действия

КПД - коэффициент полезного действия

УБЛ – уровень боковых лепестков

Содержание

Сокращения терминов, аббревиатуры……………….……………………………..3

Оглавление…………………………………………………..………………….........4

Расчет геометрии антенны…………………………………………….…………….5

Расчет волновода………………………………………………..……………...........6

Определение размеров раскрыва рупора…………………….…………………….6

Расчет диаграммы направленности ……………………….……………………….7

Описание конструкции волноводного фланца…………….……………………..11

Литературные источники…………………………………………………………..12

**Расчет геометрии антенны**

Антенны типа Кассегрена относятся к классу двухзеркальных антенн.

Рабочую частоту примем равной середине диапазона, заданного в условии:

Тогда рабочая длинна волны:

Где с-скорость света в вакууме.

Для нашей антенны справедливо следующее [1]:

Где G - коэффициент усиления (КУ) по заданию (39 дБ)

D0 - диаметр большого зеркала

kисп – коэффициент использования поверхности раскрыва, примем его за -3 дБ

В итоге получим следующее:

# Так как величина диаметра должна быть стандартизованной, то:

Проверим выполнение условий ТЗ для этого диаметра, коэффициент усиления:

Получившийся КУ превышает требуемый на 0.723 дБ, что гарантирует выполнение требований ТЗ. Таким образом:

Так как гиперболоид софокусен параболоиду, мы можем получить остальные параметры кривых обоих зеркал. При этом нам необходимо дополнительно задать такие параметры как:

Предельный угол раствора параболы:

Угол облучения источником краев малого зеркала:

Для схемы Кассегрена справедливы следующие соотношения (f- фокусное расстояние гиперболы, F- фокусное расстояние параболы)

Эксцентриситет гиперболы:

Диаметр малого зеркала:

Фокусное расстояние большого зеркала

Расстояние до эквивалентного зеркала:

**Расчет волновода**

Так как в задании указан диапазон частот 7,1…7,7 ГГц, то по ГОСТ Р 55774-2013 подходящее сечение прямоугольного волновода составляет 19.0 х 9.5 мм. Проверим, выполняются ли условия распространения для волны H10:

Толщина стенок 1.5 мм. Таким образом, сечение волновода 19.0 х 9.5 мм подходит для конструкции антенны.

**Определение размеров раскрыва рупора**

Для облучения будем использовать пирамидальный рупор. Важным условием при выборе рупора является тот факт, что на краях эквивалентного зеркала значение ДН должно отличаться от максимального на -10дБ. Таким образом, мы знаем значение ДН рупора на уровне -10дБ, оно равна (угол облучения краев эквивалентного зеркала). Диаграмма направленности рупора в Е-плоскости [2]:

Диаграмма направленности рупора в Н-плоскости:

где и – обобщённые угловые координаты, А, В - размеры рупора:

На краях эквивалентного зеркала должно выполняться следующее условия:

Откуда:

Длину рупора возьмем равной:

Угол раскрыва в Е-плоскости:

Величина фазового набега:

Величина фазового набега меньше 45 градусов

Теперь можем построить ДН рупора в Е-плоскости (рисунок 1):

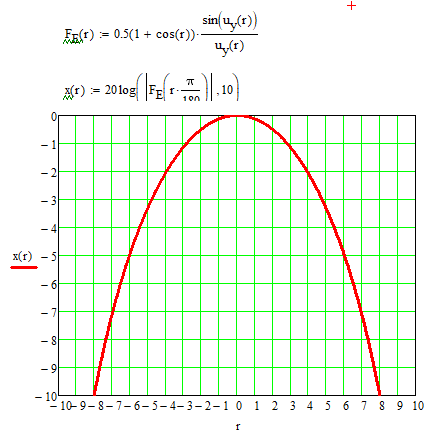


Рисунок 1. ДН рупора в Е-плоскости.

Уровню -10дБ соответствует угол, равный . ДН рупора в Н-плоскости имеет такую же форму и значению -10дБ также соответствуют углы в 8 и -8 градусов. (Рисунок 2)

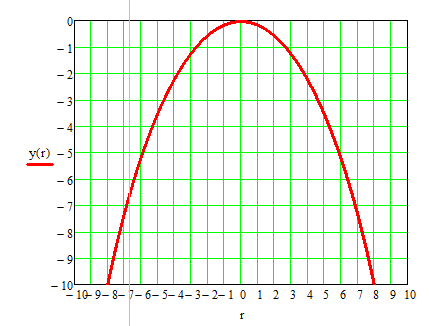


Рисунок 2. ДН рупора в Н-плоскости.

Расчет ДН антенны

С помощью радиуса эквивалентного зеркала (0.8м) и расстояния до него (6.078м) можем рассчитать ДН антенны с помощью подбора функции распределения амплитуд (Рисунок 2):

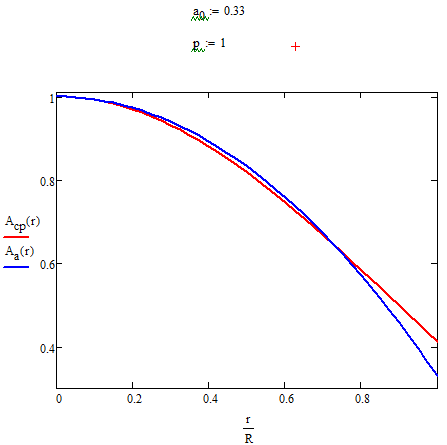


Рисунок 3. Подбор функции распределения амплитуд.

Итоговая ДН антенны построена с помощью функций Бесселя (Рисунок 3):

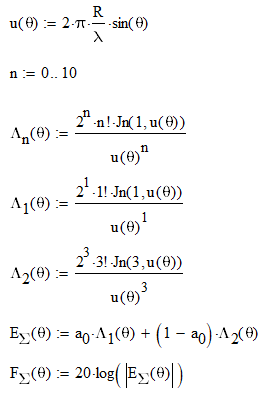


Рисунок 4. Функции Бесселя для построения суммарной ДН антенны.

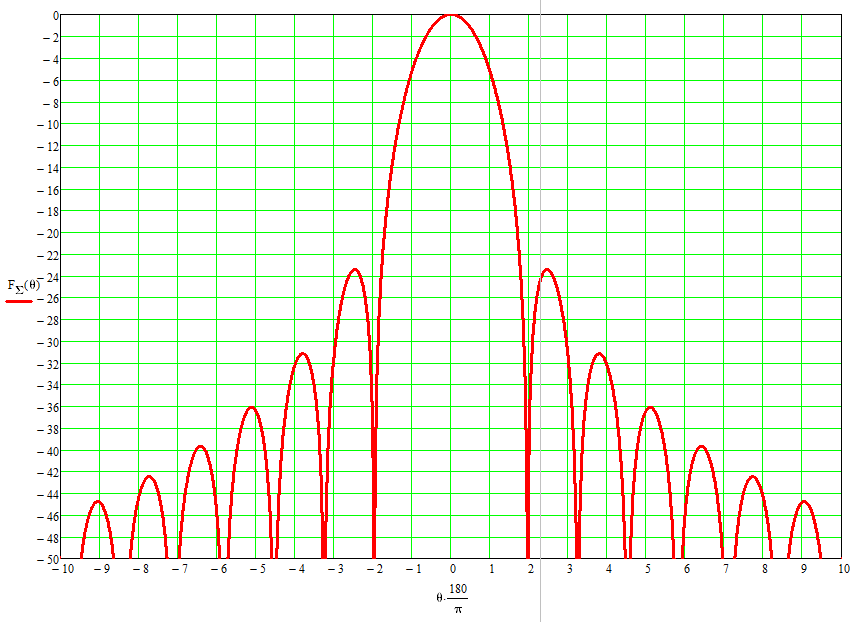
Она имеет следующий вид (Рисунок 4): 

Рисунок 4. Суммарная ДН антенны.

С помощью параметров аппроксимации рассчитаем КИП, КНД, КПД:

Ширина главного лепестка по уровню – 3 дБ:

Уровень боковых лепестков:

УБЛ не превышает значения -22 дБ, что удовлетворяет требованиям ТЗ.

**Литературные источники**

1. «Антенны УКВ» Под ред. Г.З. Айзенберга. В 2-х ч. Ч.2.М., «Связь», 1977. с.20
2. «Исследование характеристик устройств СВЧ и антенн» В.Л. Хандамиров и др.-Москва : Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018,с.29.
3. «Антенны УКВ» Под ред. Г.З. Айзенберга. В 2-х ч. Ч.1.М., «Связь», 1977, с.153