**Содержание пояснительной записки**

Исходные данные для расчета

[Сравнительный анализ антенных устройств](#_Toc42265336)

1) Вибраторные антенны

[2) Щелевые антенны](#_Toc42265338)

3) Волноводно-рупорные антенны

[4) Антенны поверхностных волн](#_Toc42265340)

5) Спиральные и логопериодические антенны

[6) Линзовые антенны](#_Toc42265342)

7) Зеркальные антенны

[А) Однозеркальные антенны](#_Toc42265344)

Б) Двухзеркальные антенны

[Выбор типа антенны](#_Toc42265346)

Выбор конструкции антенны

[Расчет конструкции антенны](#_Toc42265348)

1) Расчет волновода

[2) Расчет элемента антенной решетки](#_Toc42265350)

Расчет параметров и характеристик антенны

[Выбор схемы и конструкция устройства питания антенны](#_Toc42265352)

Выводы

[Использованная литература](#_Toc42265354)

# Исходные данные для расчета

Орбита спутникового ретранслятора (СР) – геостационарная (ее высота над экватором Земли 35875 км)

Эквивалентная изотропно излучаемая мощность – 44,7 кВт

Средняя частота излучения СР – 16,4 ГГц

Ширина спектра излучения СР – 18 МГц

Поляризация излучения СР – линейная

Угол места СР – 21°

Мощность сигнала на выходе антенны – 0,3 пВт

#

# Сравнительный анализ антенных устройств

**1) Вибраторные антенны** (наиболее просты в изготовлении, вследствие чего наиболее распространены, особенно на частотах метрового и дециметрового диапазонов. Вследствие низкого КНД используются в основном как приемные. Легко может быть реализована как линейная, так и круговая поляризация (турникетные антенны). При использовании специальной конструкции могут быть достаточно широкополосные (диполь Надеенко) – полоса до 50%. Входные сопротивления могут изменятся в большом диапазоне значений в зависимости от конструкции):

а) Полуволновой вибратор:

Форма ДН – тороидальная

Ширина ДН – 

Достижимый КНД – 1,64

Диапазон волн – МВ, ДМВ, СМВ

Коэффициент перекрытия диапазона – 1,3…1,5

Поляризация – линейная, однако, два перпендикулярных вибратора, питаемых со сдвигом фаз могут работать с полем эллиптической поляризации

б) Петлевой вибратор Пистолькорса:

Форма ДН – тороидальная

Ширина ДН – 

Достижимый КНД – 1,64

Диапазон волн – МВ, ДМВ

Коэффициент перекрытия диапазона – 2…2,5

Поляризация – линейная, однако, два перпендикулярных вибратора, питаемых со сдвигом фаз могут работать с полем эллиптической поляризации

в) Волновой вибратор:

Форма ДН – тороидальная

Ширина ДН – 

Достижимый КНД – 2,5

Диапазон волн – МВ, ДМВ

Коэффициент перекрытия диапазона – 1,35

Поляризация – линейная, однако, два перпендикулярных вибратора, питаемых со сдвигом фаз могут работать с полем эллиптической поляризации

г) Вибратор с линейным пассивным рефлектором:

Форма ДН – приблизительно кардиоида вращения

Ширина ДН – 

Уровень боковых (задних) лепестков – не менее -15 дБ

Достижимый КНД – 4…6

Диапазон волн – МВ, ДМВ, СМВ

Коэффициент перекрытия диапазона – 1,35

Поляризация – линейная, однако, два перпендикулярных вибратора, питаемых со сдвигом фаз могут работать с полем эллиптической поляризации

д) Вибратор с плоским рефлектором:

Форма ДН – приблизительно кардиоида вращения

Ширина ДН – 

Уровень боковых (задних) лепестков – не менее -16,5…-9 дБ

Достижимый КНД – до 7

Диапазон волн – МВ, ДМВ, СМВ

Коэффициент перекрытия диапазона – 1,3…1,5

Поляризация – линейная, однако, два перпендикулярных вибратора, питаемых со сдвигом фаз могут работать с полем эллиптической поляризации

е) Директорная антенна:

Форма ДН – игольчатая, без учета влияния Земли

Ширина ДН – 

Уровень боковых (задних) лепестков – -15…-10,5 дБ

Достижимый КНД – 40

Диапазон волн – МВ, ДМВ

Коэффициент перекрытия диапазона – 1,1…1,35

Поляризация – линейная, однако, два перпендикулярных вибратора, питаемых со сдвигом фаз могут работать с полем эллиптической поляризации

ж) Многовибраторная синфазная антенна с пассивным рефлектором:

Форма ДН – игольчатая или веерная

Ширина ДН – до 

Уровень боковых (задних) лепестков – -15…-9 дБ

Достижимый КНД – ограничивается лишь конструктивными особенностями

Диапазон волн – МВ, ДМВ

Коэффициент перекрытия диапазона – 1,15…1,35

Поляризация – линейная, однако, два перпендикулярных вибратора, питаемых со сдвигом фаз могут работать с полем эллиптической поляризации

**2) Щелевые антенны** (ввиду отсутствия выступающих частей излучающая поверхность может быть совмещена с внешними обводами корпуса летательного аппарата; распределение поля в раскрыве может выбираться в широких пределах за счет изменения связи излучателя с волноводом; имеет сравнительно простое возбуждающее устройство; проста в эксплуатации; имеет ограниченный диапазон свойств):

а) Одиночная односторонняя щель в плоском экране бесконечных размеров:

Форма ДН – широкий однонаправленный лепесток

Ширина ДН – 

Уровень боковых (задних) лепестков – четко выраженных боковых лепестков нет

Достижимый КНД – 3…3,5

Коэффициент перекрытия диапазона – 1,1

Поляризация – линейная

б) Кольцевая щель:

Форма ДН – воронкообразная

Ширина ДН – ненаправленная в плоскости щели

Уровень боковых (задних) лепестков – четко выраженных боковых лепестков нет

Достижимый КНД – несколько единиц

Коэффициент перекрытия диапазона – 1,5

Поляризация – линейная

в) V-образная щель

Форма ДН – воронкообразная

Ширина ДН – ненаправленная в плоскости щели

Уровень боковых (задних) лепестков – четко выраженных боковых лепестков нет

Достижимый КНД – несколько единиц

Коэффициент перекрытия диапазона – 1,4

Поляризация – линейная

г) Крестообразная щель:

Форма ДН – широкий однонаправленный осесимметричный лепесток

Ширина ДН – по θ-му компоненту и  по ϕ-му

Уровень боковых (задних) лепестков – четко выраженных боковых лепестков нет

Достижимый КНД – 3,5…4

Коэффициент перекрытия диапазона – 1,1

Поляризация – эллиптическая

д) Двухщелевой облучатель:

Форма ДН – широкий однонаправленный осесимметричный лепесток

Ширина ДН – 

Уровень боковых (задних) лепестков – четко выраженных боковых лепестков нет

Достижимый КНД – 7…8

Коэффициент перекрытия диапазона – 1,1

Поляризация – линейная

е) Одиночная многощелевая антенна:

Форма ДН – веерная

Ширина ДН – 

Уровень боковых (задних) лепестков – более -25 дБ

Достижимый КНД – 400

Коэффициент перекрытия диапазона – 1,1

Поляризация – линейная или эллиптическая

ж) Плоская решетка:

Форма ДН – игольчатая

Ширина ДН – до 

Уровень боковых (задних) лепестков – более -25 дБ

Достижимый КНД – 3500…4500

Коэффициент перекрытия диапазона – 1,1

Поляризация – линейная или эллиптическая

**3) Волноводно-рупорные антенны** (наиболее простые антенны, являющиеся частью питающего волновода. Имеют высокий КПД порядка 100%, являются широкополосными устройствами, однако для достижения высокого КНД необходимо увеличивать ширину раскрыва рупора. При этом ухудшается его согласование с волноводом, так что нужно увеличивать длину рупора пропорционально квадрату увеличения его поперечных размеров. Для обеспечения круговой поляризации необходимо вводить дополнительные элементы в раствор рупора, либо применять пару рупоров с взаимным смещением фаз 900):

а) Открытый конец волновода:

Форма ДН – однонаправленный широкий лепесток

Ширина ДН – 

Уровень боковых (задних) лепестков – четко выраженных боковых лепестков нет

Достижимый КНД – 2…5

Диапазон волн – СМВ

Коэффициент перекрытия диапазона – 2,6…2,9

Поляризация – линейная (нетрудно получить круговую)

б) Секториальные плоскостные оптимальные рупоры:

Форма ДН – веерная

Ширина ДН – в плоскости расширения 

Уровень боковых (задних) лепестков – -14…-9 дБ (уровень бокового излучения взят для направления, соответствующего первому боковому лепестку)

Достижимый КНД – 6…50

Диапазон волн – СМВ

Коэффициент перекрытия диапазона – 2,6…2,9

Поляризация – линейная

в) Коробчатый рупор:

Форма ДН – веерная

Ширина ДН – 

Уровень боковых (задних) лепестков – 

Достижимый КНД – 2…40

Диапазон волн – СМВ

Коэффициент перекрытия диапазона – 2,6…2,9

Поляризация – линейная

г) Пирамидальный и конический оптимальные рупоры:

Форма ДН – однонаправленный узкий лепесток

Ширина ДН – 

Уровень боковых (задних) лепестков –  (уровень бокового излучения взят для направления, соответствующего первому боковому лепестку)

Достижимый КНД – 10…400

Диапазон волн – СМВ

Коэффициент перекрытия диапазона – 2,6…2,9

Поляризация – линейная (нетрудно получить круговую)

**4) Антенны поверхностных волн** (обладают малыми поперечными размерами, хорошими диапазонными свойствами по диаграмме направленности и входному сопротивлению. Технология их изготовления достаточно проста. Однако у данного типа антенн уровень боковых лепестков по сравнению с другими типами антенн большой, КПД – низкий (за счет поглощения в диэлектрике или переотражения от металлических рёбер)):

а) Стержневые диэлектрические антенны:

Форма ДН – осесимметричная коническая

Ширина ДН –

Уровень боковых (задних) лепестков – -3…-4 дБ при постоянном замедлении вдоль структуры, до -17 дБ при специально выбранном замедлении вдоль структуры

Достижимый КНД – 20…120

Диапазон волн – (0,5…30) см

Коэффициент перекрытия диапазона – до 2

Поляризация – линейная или эллиптическая

б) Стержневые ребристые антенны:

Форма ДН – осесимметричная коническая

Ширина ДН – 

Уровень боковых (задних) лепестков – -3…-4 дБ при постоянном замедлении вдоль структуры, до -17 дБ при специально выбранном замедлении вдоль структуры

Достижимый КНД – 20…120

Диапазон волн – (3…300) см

Коэффициент перекрытия диапазона – 1,3…1,5

Поляризация – линейная или эллиптическая

в) Стержневые модулированные антенны:

Форма ДН – коническая

Ширина ДН – 

Уровень боковых (задних) лепестков – -3…-4 дБ при постоянном замедлении вдоль структуры, до -17 дБ при специально выбранном замедлении вдоль структуры

Достижимый КНД – 20…30

Диапазон волн – (3…30) см

Коэффициент перекрытия диапазона – до 1,5

Поляризация – линейная вертикальная

г) Плоские диэлектрические антенны:

Форма ДН – осесимметричная веерная

Ширина ДН – 

Уровень боковых (задних) лепестков – -3…-4 дБ при постоянном замедлении вдоль структуры, до -17 дБ при специально выбранном замедлении вдоль структуры

Достижимый КНД – до 150

Диапазон волн – (0,5…30) см

Коэффициент перекрытия диапазона – до 2

Поляризация – линейная или эллиптическая

д) Плоские ребристые антенны:

Форма ДН – осесимметричная веерная

Ширина ДН – 

Уровень боковых (задних) лепестков – -3…-4 дБ при постоянном замедлении вдоль структуры, до -17 дБ при специально выбранном замедлении вдоль структуры

Достижимый КНД – до 150

Диапазон волн – (3…30) см

Коэффициент перекрытия диапазона – 1,3…1,5

Поляризация – линейная вертикальная

е) Плоские модулированные антенны:

Форма ДН – осесимметричная веерная

Ширина ДН – 

Уровень боковых (задних) лепестков – -3…-4 дБ при постоянном замедлении вдоль структуры, до -17 дБ при специально выбранном замедлении вдоль структуры

Достижимый КНД – до 300

Диапазон волн – (3…30) см

Коэффициент перекрытия диапазона – до 1,5

Поляризация – линейная вертикальная

ж) Дисковые диэлектрические антенны:

Форма ДН – коническая

Ширина ДН – 

Уровень боковых (задних) лепестков – -3…-4 дБ при постоянном замедлении вдоль структуры, до -17 дБ при специально выбранном замедлении вдоль структуры

Достижимый КНД – 25…30

Диапазон волн – (0,5…30) см

Коэффициент перекрытия диапазона – до 2

Поляризация – линейная или эллиптическая

з) Дисковые ребристые антенны:

Форма ДН – коническая

Ширина ДН – 

Уровень боковых (задних) лепестков – -3…-4 дБ при постоянном замедлении вдоль структуры, до -17 дБ при специально выбранном замедлении вдоль структуры

Достижимый КНД – 20…30

Диапазон волн – (3…30) см

Коэффициент перекрытия диапазона – 1,3…1,5

Поляризация – линейная вертикальная

**5) Спиральные и логопериодические антенны** (основное преимущество – легкость обеспечения поляризации ЭМВ, близкой к круговой без введения дополнительных элементов, простота конструкции. Однако для получения высоконаправленной антенны её длина должна быть недопустимо большой (не выполняется условие механической прочности)):

а) Цилиндрические спиральные антенны:

Форма ДН – с увеличением частоты, ДН сужается

Ширина ДН – 

Уровень боковых (задних) лепестков –  до 30%

Достижимый КНД – 5…25

Коэффициент перекрытия диапазона – 10…20

Поляризация – эллиптическая или управляемая

б) Частотно-независимые эквиугольные спиральные антенны:

Форма ДН – ДН является периодической функцией логарифма рабочей частоты

Ширина ДН – 

Уровень боковых (задних) лепестков –  до 20%

Достижимый КНД – 2…10

Коэффициент перекрытия диапазона – 10…20

Поляризация – эллиптическая или управляемая

в) Частотно-независимые логопериодические антенны:

Форма ДН – ДН является периодической функцией логарифма рабочей частоты

Ширина ДН – 

Уровень боковых (задних) лепестков –  до 10%

Достижимый КНД – 4…15

Коэффициент перекрытия диапазона – 10…20

Поляризация – линейная (может быть получена эллиптическая и управляемая с помощью двух крестообразно расположенных логопериодических антенн)

г) Квазичастотно-независимые плоские архимедовы спиральные антенны:

Форма ДН – зависит от закона изменения угла намотки по длине антенны

Ширина ДН – 

Уровень боковых (задних) лепестков – почти отсутствует

Достижимый КНД – 3…6

Коэффициент перекрытия диапазона – до 5

Поляризация – эллиптическая или управляемая

д) Квазичастотно-независимые спиральные антенны на телах вращения:

Форма ДН – зависит от закона изменения угла намотки по длине антенны

Ширина ДН – 

Уровень боковых (задних) лепестков –  до 30%

Достижимый КНД – 2…15

Коэффициент перекрытия диапазона – 2,5…5

Поляризация – эллиптическая или управляемая

**6) Линзовые антенны** (обеспечивают высокую направленность излучения/приема, однако по сравнению с зеркальными менее требовательны к точности изготовления поверхности, имеют 3 степени свободы (2 поверхности преломления и закон распределения коэффициента преломления) для придания антенне дополнительных свойств (широкоугольное качание диаграммы направленности, требуемое распределения амплитуды и фазы поля по раскрыву). Также отсутствует затенение раскрыва облучателем. Существенными недостатками являются большая масса, узкополосность и потери в веществе линзы):

а) Замедляющие линзы – сплошной диэлектрик:

Форма ДН – различная

Ширина ДН – 

Уровень боковых (задних) лепестков – -20 дБ

Достижимый КНД – 100…1000

Диапазон волн – (0,1…10) см

Коэффициент перекрытия диапазона – 1,8

Поляризация – линейная и круговая

б) Замедляющие линзы – искусственный диэлектрик:

Форма ДН – различная

Ширина ДН – 

Уровень боковых (задних) лепестков – -20 дБ

Достижимый КНД – 1000…10000

Диапазон волн – (3…20) см

Коэффициент перекрытия диапазона – 1,8

Поляризация – линейная и круговая

в) Ускоряющие линзы:

Форма ДН – различная

Ширина ДН – 

Уровень боковых (задних) лепестков – -20 дБ

Достижимый КНД – 100…1000

Диапазон волн – (1…10) см

Коэффициент перекрытия диапазона – 1,8

Поляризация – линейная

г) Геодезические линзы:

Форма ДН – различная

Ширина ДН – 

Уровень боковых (задних) лепестков – -20 дБ

Достижимый КНД – 1000…10000

Диапазон волн – (1…10) см

Коэффициент перекрытия диапазона – 1,8

Поляризация – линейная

д) Линзы с переменным коэффициентом преломления:

Форма ДН – различная

Ширина ДН – 

Уровень боковых (задних) лепестков – -20 дБ

Достижимый КНД – 100…10000

Диапазон волн – (1…10) см

Коэффициент перекрытия диапазона – 1,8

Поляризация – линейная и круговая

**7) Зеркальные антенны** (легко обеспечивают высокую направленность, широкополосны, имеют сравнительно простую конструкцию. При высоких частотах требования к точности изготовления очень жесткие (отклонения порядка ). Круговая поляризация обеспечивается конструкцией облучателя или введением дополнительных элементов, что усложнит и утяжелит конструкцию.):

**А) Однозеркальные антенны:**

а) Парабола – параболоид вращения осесимметрический:

Форма ДН – различная

Ширина ДН – 

Уровень боковых (задних) лепестков – 

Достижимый КНД – до 1000000

Диапазон волн – ММВ, СМВ, ДМВ

Коэффициент перекрытия диапазона – до 7,8

Поляризация – определяется облучателем (может быть любой в широком диапазоне частот)

б) Парабола – параболоид вращения усеченный:

Форма ДН – различная

Ширина ДН – 

Уровень боковых (задних) лепестков – 

Достижимый КНД – до 1000000

Диапазон волн – ММВ, СМВ, ДМВ

Коэффициент перекрытия диапазона – до 7,8

Поляризация – определяется облучателем (может быть любой в широком диапазоне частот)

в) Парабола – круглая или квадратная внеосевая несимметричная вырезка из параболоида вращения:

Форма ДН – различная

Ширина ДН – 

Уровень боковых (задних) лепестков – 

Достижимый КНД – до 1000000

Диапазон волн – ММВ, СМВ, ДМВ

Коэффициент перекрытия диапазона – до 7,8

Поляризация – определяется облучателем (может быть любой в широком диапазоне частот)

г) Парабола – параболический симметричный цилиндр:

Форма ДН – различная

Ширина ДН –  (в плоскости профиля)

Уровень боковых (задних) лепестков –  (в плоскости профиля)

Достижимый КНД – до 1000000

Диапазон волн – ММВ, СМВ, ДМВ

Коэффициент перекрытия диапазона – до 7,8

Поляризация – определяется облучателем (может быть любой в широком диапазоне частот)

д) Профиль – окружность, зеркало – сферическое:

Форма ДН – различная

Ширина ДН – 

Уровень боковых (задних) лепестков – 

Достижимый КНД – до 1000000

Диапазон волн – ММВ, СМВ, ДМВ

Коэффициент перекрытия диапазона – до 7,8

Поляризация – определяется облучателем (может быть любой в широком диапазоне частот)

е) Профиль – окружность, зеркало – круглоцилиндрическое:

Форма ДН – различная

Ширина ДН –  (в плоскости профиля)

Уровень боковых (задних) лепестков –  (в плоскости профиля)

Достижимый КНД – до 1000000

Диапазон волн – ММВ, СМВ, ДМВ

Коэффициент перекрытия диапазона – до 7,8

Поляризация – определяется облучателем (может быть любой в широком диапазоне частот)

**Б) Двухзеркальные антенны:**

а) Большое зеркало – параболоид, малое зеркало – гиперболоид:

Форма ДН – различная

Ширина ДН – 

Уровень боковых (задних) лепестков – 

Достижимый КНД – до 100000000

Диапазон волн – ММВ, СМВ, ДМВ

Коэффициент перекрытия диапазона – до 7,8

Поляризация – определяется облучателем (может быть любой в широком диапазоне частот)

б) Двухзеркальная апланатическая система:

Форма ДН – различная

Ширина ДН – 

Уровень боковых (задних) лепестков – 

Достижимый КНД – до 100000000

Диапазон волн – ММВ, СМВ, ДМВ

Коэффициент перекрытия диапазона – до 7,8

Поляризация – определяется облучателем (может быть любой в широком диапазоне частот)

в) Большое зеркало – сферическое, малое зеркало – специального профиля:

Форма ДН – различная

Ширина ДН – 

Уровень боковых (задних) лепестков – 

Достижимый КНД – до 100000000

Диапазон волн – ММВ, СМВ, ДМВ

Коэффициент перекрытия диапазона – до 7,8

Поляризация – определяется облучателем (может быть любой в широком диапазоне частот)

# Выбор типа антенны

Нужно спроектировать антенну для системы спутникового непосредственного телевизионного вещания. Вследствие этого к ней должны предъявляться такие требования:

* Надежность
* Устойчивость к агрессивному влиянию внешней среды
* Дешевизна
* Простота эксплуатации
* Возможно меньшие габариты и масса

Перечисленному списку хорошо удовлетворяет волноводно-щелевая антенна.

Т.к. эта антенна состоит из металлических волноводов, то чтобы ее повредить требуется большое усилие. В свою очередь ее конструкция проста, что означает маловероятную поломку. Отсюда следует вывод о большой надежности антенны.

При покрытии волноводов антикоррозийными материалами или их изготовлении из коррозостойких металлов предотвращает разрушение антенны из-за атмосферных осадков. Ветер, падение деревьев и т.п. должны иметь большую разрушительную силу, чтобы повредить антенну. Т.е второй пункт также выполняется.

Простота конструкции и деталей, дешевизна материалов, простота изготовления – все это приводит к небольшой стоимости антенны по сравнению, например, с зеркальными.

Обслуживание антенны не требует значительных усилий.

Т.к. антенна, в основном, состоит из металлических частей, то она имеет довольно большую массу при сравнительно небольших габаритах.

Как видим, выбранный тип антенны удовлетворяет большинству требований, предъявленных выше.

В свою очередь она реализовывает оптимальную ДН, что приводит к хорошим усилительным свойствам антенны.

По условию проектируемая антенна узкополосная – это исключает такой недостаток волноводно-щелевой антенны как отклонение луча в пространстве от заданного направления при изменении частоты.

Исходя из приведенных доводов, волноводно-щелевую антенну можно применять для систем спутникового телевидения и использовать при предложенных исходных данных.

#

# Выбор конструкции антенны

волноводная антенна щелевая спутниковое вещание

Принцип антенны вращающейся поляризации в виде комбинации двух антенн линейной поляризации используется во многих типах антенн, таких как: турникетные антенны, рупорные антенны, диэлектрические стержневые антенны и другие.

Наиболее распространенными являются рупорные антенны. Они представляют собой совмещенную комбинацию двух антенн с перпендикулярными линейными поляризациями. При этом амплитуды полей в раскрыве одинаковы, а фазы сдвинуты между собой на . Это обеспечивается поляризатором, что усложняет конструкцию и расчет антенны. Эти антенны широкополосные, имеют малые потери, большую пропускную мощность (из недостатков – большие габариты). Применяются, в основном, в СМ диапазоне и части ММ диапазона. Используются как в качестве одиночного излучателя, так и в качестве решетки рупоров. Могут выступать в качестве облучателей других антенн (например, зеркальных или линзовых). Применяются и для наземной, и для спутниковой связи, но в основном для наземной связи.

В данной курсовой работе необходимо рассчитать волноводно-щелевую антенну для частоты ГГц.

Для проектирования необходимой антенны рассчитаем сначала некоторые параметры, которые будут влиять на размеры и конструкцию антенны.

Определим общую длину трассы луча и длину трассы в пределах слоя тропосферы.

Расположение спутника и Земли:

По теореме косинусов запишем:



Для расчета затухания в атмосфере воспользуемся той же формулой, но вместо h подставим высоты расположения дождя, водяных паров и кислорода.

Известно, что дождевые облака не поднимаются выше 6 – 8 км, водяные пары и кислород находятся в тропосфере не выше 15 км. Примем:







Тогда:







Решив эти уравнения, получим:







Множитель ослабления определим по формуле:

 (дБ),

где , , - погонные поглощения в парах воды, кислороде и осадках.

На частоте 16,4 ГГц эти параметры имеют следующие значения:





 – для умеренного дождя.

Выберем 

Получаем:



Переведя в разы, получим:

раза

Определим вектор Пойнтинга – плотность потока мощности, которую создает в точке приема спутниковый ретранслятор:



где  – эквивалентная изотропно-излучаемая мощность СР.



С помощью вектора Пойнтинга рассчитаем коэффициент усиления антенны:

, где  – коэффициент направленного действия антенны

 – коэффициент полезного действия антенны

, где эффективная площадь антенны

, где  **–** длина волны



Тогда:



Подставив численные значения величин, получим:



Определим КНД антенны:

,

где GА – коэффициент усиления антенны

ηА – коэффициент полезного действия антенны

Коэффициент полезного действия волноводно-щелевых антенн с поглощающей нагрузкой на конце при большом количестве щелей довольно высок и имеет значение близкое к единице. Возьмем . Тогда:



Из того, что мы знаем  найдем количество щелей, которые смогут обеспечить прием заданной мощности:

, где n – количество щелей



Необходимо, чтобы габариты антенны были минимальными – это ведет к снижению массы антенны. Поэтому оптимальным вариантом будет плоскостная решетка, состоящая из волноводов с прорезанными в них щелями, где количество щелей по длине и ширине будет удовлетворять:

Следовательно: мы рассчитываем плоскостную решетку волноводно-щелевых антенн.

#

# Расчет конструкции антенны

Расчет конструкции антенны ведется по следующему алгоритму:

1. Расчет волновода
2. Расчет элемента антенной решетки

## **1) Расчет волновода**

Для расчета данного вида волноводно-щелевой антенны используется прямоугольный волновод с воздушным заполнением. Требуется, чтобы по волноводу распространялся только основной тип волны – .

Так как рассчитывается резонансная антенна

,

то все вычисления будем проводить для средней частоты: отклонения для минимальной и максимальной частоты будут незначительны.

Критическая длина волны для любого типа волны равна:

,

где – тип волны, распространяющейся по волноводу

а – ширина волновода

b – длина волновода

В частности для волны :



Оптимальным для волны считается волновод, если 

Тогда:



Исходя из полученного a выбираем ближайший стандартный волновод с внутренними размерами: a =15,8 мм b = 7,9 мм

Затухание в волноводе обусловлено в основном электрическими потерями в металле. Значит необходимо выбрать металл с хорошей удельной проводимостью. Возьмем алюминий – относительно дешевый и легкий материал с хорошей проводимостью. Тогда:



 – удельная проводимость алюминия.

Вычислим длину волны в волноводе:



##

## **2) Расчет элемента антенной решетки**

Рассчитываемая антенна является резонансной. Поэтому, согласно [1, стр.119] ее длина равна . В свою очередь ширина щели зависит от ее длины и может быть определена так:

,

где P – подводимая к антенне мощность

N – количество излучателей

 – внешняя проводимость щели



Исходя из этого выражения предельная ширина щели очень мала и мы можем брать нужную конструктивных соображений. Возьмем ширину щели равную .

Следующим этапом расчета элемента есть определение его смещения относительно продольной оси волновода. Максимальное возбуждение продольных щелей волновода имеет место при смещении .

Согласно [1, рис 5.2], чтобы продольная щель имела резонансную длину близкую к  смещение х не должно превышать . Тогда:



Расстояние между центрами двух щелей равно , причем расположены они в шахматном порядке:

Таким образом, мы получаем плоскую решетку из щелевых излучателей размерами 43 щели 43 щели. Длина волновода вычисляется с учетом количества щелей и короткозамкнутого четвертьволнового отрезка волновода:



где n – количество щелей плоскостной решетки

Ширина антенной решетки:



Здесь а – внешняя стенка волновода (а = 16,3 мм)

Толщина антенной решетки определяется внешней толщиной волновода:

b = 8,4 мм

# Расчет параметров и характеристик антенны

Определим добротность антенны:

,

где GА – коэффициент усиления антенны

ТА – шумовая температура антенны

В рассчитываемом диапазоне



влияние внешних источников (внешних шумов) пренебрежимо мало. Поэтому ТА определяется тепловым движением электронов в самой антенне:



Также учитывается шумовая температура, обусловленная атмосферой и тепловым излучением Земли:



Тогда:



Подставляя численные значения в формулу для определения добротности, получаем:



Рассчитаем теперь общее затухание спроектированной антенны:

,

где  – количество щелей плоскостной решетки

 – длина одного волновода

 – затухание в одном волноводе

Подставляя численные значения, получаем:



Рассчитаем теперь диаграмму направленности плоскостной антенной решетки, т.е. рассмотрим эквидистантную дискретную систему излучателей, образующих плоскостную антенную решетку.

Диаграмму направленности в продольной плоскости для продольной щели можно определить с помощью выражения:





Распределение по раскрыву дискретной линейной решетки излучателей экспоненциальное. Тогда:



Здесь – величина, характеризующая неравномерность амплитудного распределения по раскрыву

d – постоянная затухания

 – длина волновода

– обобщенная координата

 – отклонение главного максимума ДН от нормали к линии расположения излучателей



Тогда:



Нормированная ДН линейной решетки имеет вид:

,

Следовательно:



(Рисунки после списка литературы)

Ширина ДН по мощности при экспоненциальном распределении:



# Выбор схемы и конструкция устройства питания антенны

Принятую антенной мощность необходимо отводить от антенны. Для этого используется устройство питания.

Сложность в том, что рассчитываемая антенна состоит из большого количества волноводов.

Реализовать суммирование мощности с помощью волноводных мостов нерационально, т.к. приведет к громоздкости и большой массе конструкции. Поэтому суммирование будет проводиться с помощью змеевидного волновода.

Питающий волновод имеет форму змеевика, изгибаясь по узким стенкам. В его широкой стенке прорезаются круглые отверстия согласно топологии решетки.

При изготовлении устройства питания необходим изгиб питающего волновода под углом в 90° для компенсации отражений. Для этого применим простой уголок с компенсацией. Подбором расстояния d всегда можно добиться компенсации отражений.

Таким образом, схема и конструкция устройства питания были выбраны с учетом требований минимизации массы и габаритов, простоты реализации и относительной дешевизны.

# Выводы

В данной курсовой работе была спроектирована волноводно-щелевая приемная антенна для системы спутникового непосредственного телевизионного вещания. Эта антенна обладает такими параметрами и характеристиками:

* коэффициент усиления антенны 
* коэффициент направленного действия 
* коэффициент полезного действия 
* ширина ДН по половине мощности 
* добротность 
* размеры антенной решетки 
* количество элементов 1740
* смещение элемента относительно продольной оси волновода 4,5 мм
* внутренние размеры прямоугольного волновода 
* материал волновода: алюминий

Спроектированная антенна полностью удовлетворяет исходным данным.

Для этой антенны наилучшим применением является использование в авиационных радиоустройствах, где необходима обтекаемость. Это и есть одним из основных достоинств этой антенны, а также небольшие потери из-за почти полной согласованности щелей.

Волноводно-щелевая антенна проста в эксплуатации, имеет сравнительно простое питающее устройство.

Следует заметить, что все применяемые в антенне и питающем устройстве волноводы имеют одинаковые внутренние размеры, что позволяет идеально согласовать питающее устройство с антенной.