Оглавление

[Техническое задание](#_Toc278819323)

[Расчет требуемого отношения сигнал шум](#_Toc278819324)

[Объект пеленгации](#_Toc278819325)

[Среда распространения](#_Toc278819326)

[Оптическая система](#_Toc278819327)

[Модулятор анализатор изображения](#_Toc278819328)

[Приемник излучения](#_Toc278819329)

[Расчет реализуемого отношения сигнал шум](#_Toc278819330)

[Анализ полученных результатов](#_Toc278819331)

## Техническое задание

Рассчитать реализуемое отношение сигнал-шум на выходе сканирующей оптико-электронной системы обнаружения, обеспечивающей максимальную дальность действия  при условной вероятности правильного обнаружения  и условной вероятности ложной тревоги . Излучающая поверхность объекта обнаружения плоская диффузная круглой формы, температура поверхности , площадь , коэффициент излучения . Положение объекта в пространстве характеризуется горизонтальным направлением нормали к поверхности излучения. Обнаружение должно осуществляться при положении линии визирования относительно нормали к излучающей поверхности в диапазоне углов .

Фон представляет собой облачную структуру. Дисперсия яркости фона , угловой радиус корреляции фона .

Объектив сканирующей ОЭС имеет следующие параметры: фокусное расстояние линзового объектива , диаметр входного зрачка . НКФР ОИзС аппроксимируется двумерной гауссоидой при кружке рассеяния .

В качестве ПИ используется охлаждаемый до 195 [K] фоторезистор из сернистого свинца. Паспортная интегральная чувствительность, измеренная по АЧТ (500К), , постоянная времени .

Просмотр углового поля осуществляется засчет строчно-кадрового сканирования с перекрытием строк, равным 1/3 ширины строки. Линейная скорость сканирования . Угловая скорость поворота оптической оси в направлении строки

.

## Расчет требуемого отношения сигнал шум

Поскольку в ТЗ заданы величины **** и , то в проектируемой ОЭС предполагается использовать правило решения на основе критерия Неймана - Пирсона. В этом случае требуемое ОСШ определяется следующим образом:









## Объект пеленгации

Объектом пеленгации является "точечный" излучатель, имеющий температуру 1000 К и находящийся на расстоянии 10 км. При таких условиях относительная функция яркости представляет собой функцию Дирака: . Пространственный спектр излучателя в таком случае будет функция: 



## Среда распространения

Оптический сигнал от объекта распространяется в атмосфере. Зависимость коэффициента пропускания атмосферы от длины волны аппроксимируется следующей функцией:

.



Передаточная функция слоя пространства выглядет следующим образом:







## Оптическая система

Объектив сканирующей ОЭС имеет следующие характеристики:

фокусное расстояние 120мм

диаметр входного зрачка 100мм

интегральный коэффициент пропускания 

радиус кружка рассеяния мм

Оптическая передаточная функция оптической системы аппроксимируется двумерной гауссоидой.





## Модулятор анализатор изображения

МАИ представляет собой диафрагму размером 1 х 1 мм.

Передаточная функция такого МАИ выглядит следующим образом:





## Приемник излучения

В качестве ПИ используется охлаждаемый до 195 К фоторезистор из сернистого свинца. Паспортная интегральная чувствительность по АЧТ (500 К) . Постоянная времени . Относительная спектральная чувствительность:

**Относительная спектральная характеристика фоторезистора PbS с рабочей температурой Тпи = 195 К.**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| λ, мкм | So (λ) | λ, мкм | So (λ) |
| 1.00 | 0.26 | 2.40 | 0.98 |
| 1.10 | 0.30 | 2.50 | 1.00 |
| 1.20 | 0.35 | 2.60 | 0.99 |
| 1.30 | 0.40 | 2.70 | 0.94 |
| 1.40 | 0.45 | 2.80 | 0.83 |
| 1.50 | 0.52 | 2.90 | 0.70 |
| 1.60 | 0.58 | 3.00 | 0.53 |
| 1.70 | 0.64 | 3.10 | 0.36 |
| 1.80 | 0.70 | 3.20 | 0.21 |
| 1.90 | 0.76 | 3.30 | 0.10 |
| 2.00 | 0.82 | 3.40 | 0.03 |
| 2.10 | 0.87 | 3.50 | 0.01 |
| 2.20 | 0.91 | 3.60 | 0.00 |
| 2.30 | 0.96 | 3.70 | 0.00 |



При анализе частотных свойств ПИ его рассматривают как апериодическое звено с постоянной времени . В этом случае модуль его временной ПФ равен:





## Расчет реализуемого отношения сигнал шум

Для полихроматического потока излучения, учитывая, что ПИ осуществляет интегрирование излучения по длинам волн λ, при апериодическом движении МАИ получим:



При линейном сканировании МАИ вдоль оси O’x’ функцию  можно записать в следующем виде:



После подстановки и преобразований получим:

,

где 

- интегральная сила излучения объекта вдоль линии визирования, приведенная к плоскости чувствительного слоя ПИ;



- интегральная чувствительность ПИ по отношению к полезному сигналу (т.е. по отношению к потоку излучения от объекта обнаружения, попадающему на ПИ в условиях его работы в ОЭС.

При измерении паспортных характеристик ПИ в качестве стандартного излучателя использовалось АЧТ, имеющее температуру . Тогда



В таком случае выражение  будет выглядеть следующим образом:



Будем считать, что объект является диффузным излучателем. В этом случае



 - интегральная сила излучения объекта по нормали к его излучающей поверхности;

 - интегральная яркость излучения объекта;

 - угол между линией визирования и нормалью к излучающей поверхности;

 - постоянная Стефана - Больцмана;

 - площадь и температура излучающей поверхности;

 - коэффициент излучения поверхности;

 - относительная спектральная плотность излучения АЧТ, имеющего температуру .

Окончательно имеем:



Интегралы в полученном выражении будем вычислять численно. Для этого воспользуемся функцией относительной энергетической светимости, приведенной к одной переменной:

Moeo (λ,T) = y (x),

где x=λ/λмакс; λмакс = 2898/T,





Значения функции y (x) приводятся в справочных таблицах.

 

     





 

  





Подставляя полученные значения в исходное выражение, получим:



Передний апертурный угол:





Окончательно:







Перейдем к определению энергетического ЧВС фоновой помехи на выходе ПИ.





Энергетический ЧВС суммарной помехи на выходе ПИ:



где  - энергетический ЧВС внутреннего шума ОЭС, приведенного к выходу ПИ. В данном случае это собственный шум приемника. Однако в общем случае он может включать в себя помимо шума ПИ шум элементов ЭС и шум от излучающих элементов конструкции.









Функцию  в соответствии с рисунком 6.2 [1] аппроксимируем следующей функцией:





В таком случае энергетический ЧВС суммарной помехи на выходе ПИ можно записать следующим образом:





Теперь определим реализуемое отношение сигнал шум на выходе ЭС, выполненной в виде оптимального частотно-временного фильтра:



Далее определим передаточную функцию оптимального фильтра:





Теперь возникает задача создания подоптимального фильтра, т.е. реального фильтра с МПФ, в той или иной степени близкой к оптимальной. Например, можно создать фильтр со следующей АЧХ:



Определим в этом случае отношение сигнал шум:



## Анализ полученных результатов

Расчеты показали, что реализуемое отношение сигнал помеха много меньше требуемого. Из выше сказанного вытекает ниже следующее: при данных условиях нельзя обнаружить исходный объект с заданными вероятностями правильного обнаружения и ложной тревоги.

Однако, изменив некоторые параметры ОЭС, можно достичь требуемого отношения сигнал помеха. Так, например, увеличение диаметра входного зрачка оптической системы в 2 раза приводит к почти двукратному увеличению ОСШ (засчет увеличения полезного сигнала). Возможен и другой вариант: увеличение фокусного расстояния в 2 раза (т.е. уменьшение заднего апертурного угла) приводит к повышению ОСШ практически на порядок! Это происходит за счет уменьшения влияния фоновой помехи. Также можно заменить приемник излучения на более чувствительный.

Если внесенные изменения не помогут достичь требуемого ОСШ или изменение этих параметров невозможно из конструктивных соображений, то следует пересмотреть техническое задание. Возможно, удастся смягчить требования к ОЭС: например, понизить вероятность правильного обнаружения или уменьшить дальность действия. Если это невозможно, то ОЭС сможет работать лишь в ночных условиях, когда влияние фоновой помехи пренебрежимо мало.