УДК 620.171.35

**ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА МЕШАЮЩИХ ОТРАЖЕНИЙ ОТ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА ВХОДЕ УСТРОЙСТВ ГСН РАКЕТ «ВОЗДУХ-ЗЕМЛЯ»**

**М.С. Вершилев**

**Рецензент**

*Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова,*

*г. Санкт-Петербург*

*Автором рассмотрена проблема выделения цели на фоне интенсивных ПП различного происхождения. Показано, что для селекции целей необходимо существование различий параметров цели и отражений от земной поверхности (ОЗП). Анализ таких различий показал, что в настоящее время наиболее перспективными являются скоростные (частотные) методы защиты от помех. Приведены особенности расчета мешающих отражений от земной поверхности на входе устройств ГСН ракет «воздух-земля».*

Целью является автомобиль, движущийся навстречу ракете. ГСН наблюдает на земной поверхности цель на фоне мешающих отражений (земли). Размеры цели гораздо меньше размеров сечения зоны видимости ГСН. Цель можно считать точечной, т.к размер зоны видимости гораздо больше размеров антенны.

Задача выделение цели на фоне интенсивных ПП различного происхождения (отражений от подстилающей поверхностей, метеообразований, облаков диполей и т.д.) является одной из важнейших проблем современной радиолокационной техники. Эту задачу решают радиолокационные станции (РЛС), оснащенные устройствами селекции движущихся целей (СДЦ). Обнаружение целей возможно при наличии различных параметров отраженного сигнала от цели и ОЗП.

Отсюда возникает необходимость:

1) Анализа возможных различий параметров сигналов и помех;

2) Обоснования способов подавления помех сигналов и выделения сигналов целей.

Для выделения полезных сигналов на фоне помех используются объек­тивно существующие между ними детерминированные различия по одному или одновре­менно нескольким параметрам. В процессе обработки осущест­вляется подавле­ние (режекция) помеховых колебаний в многокоординатном пространстве па­раметров и накопление энергии оставшейся (не подавленной вместе с помехой) части сигнала.

Трудности защиты СРЛ от различных видов пассивных помех свя­заны с довольно большой "схожестью" последних с сигналом, то есть с малыми отличиями их параметров от параметров сигнала.

Основные классы параметров, по которым различают сигналы и помехи: энергетические, временные, поляризационные, скоростные (частотные). Этим и объясняется существование различных методов селекции целей на фоне помех: амплитудные, временные, поляризационные, скоростные (частотные), и так далее.

Использование энергетических различий между сигналом цели и помехи невозможно т.к. интенсивность отражения от земной поверхности больше сигнала от цели, что хорошо видно на рисунке 1.

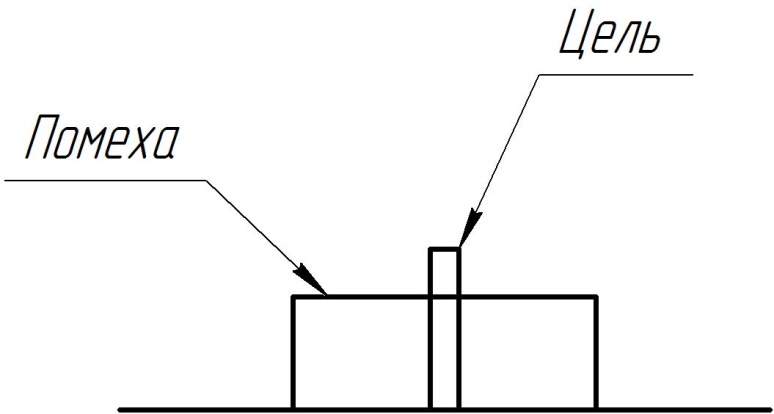


Рисунок 1 – Спектр полезного сигнала и сигнала помехи

ОЗП имеют большую протяженность по времени, цель всегда наблюдается на их фоне, поэтому разделить по времени сигнал цели и ОЗП нельзя.



Рисунок 2 – Спектр полезного сигнала и ПП

При попадании помехи по главному лепестку наиболее эффективной является поляризационная селекция, а при попадании помехи по боковым лепесткам ДН - пространственная селекция. В целом пространственно-поляризационная селекция в наибольшей степени может удовлетворять требованиям по подавлению помех и защите полезного сигнала от подавления, на основе комплексного учета различий их пространственных и поляризационных параметров. Как показано в [] использовать поляризационные различия между помехами и сигналом можно, но есть ряд вопросов без решения которых, такой метод селекции представляется невозможным.

При решении задачи селекции полезных сигналов на фоне пассивных помех в настоящее время основное внимание уделяется скоростным (частотным) и углоскоростным (пространственно-временным) методам помехозащиты как наиболее эффективным. Другие методы в этом смысле обладают меньшими возможностями и могут использоваться как дополнительные.

Знание методов защиты от помех и потенциальных возможностей помехозащитной аппаратуры позволит правильно оценить возможности радиолокационного вооружения в сложной помеховой обстановке, максимально использовать его боевые возможности. Наиболее широкое распространение в настоящее время получили устройства скоростной селекции, основанные на использовании скорост­ных (частотных) различий сигналов и помех. При таком методе защиты от ПП сигнал отраженный от точечной цели отличается от зондирующего сигнала задержкой по времени на величину и сдвинут по частоте из-за эффекта Доплера , где – радиальная скорость сближения ГСН и Ц и она равна:

(1)

отсюда

(2)

Таким образом, математическая модель сигнала имеет вид:

(3)

Размеры цели гораздо меньше размеров сечения зоны видимости ГСН. Покажем это на рисунке 3.

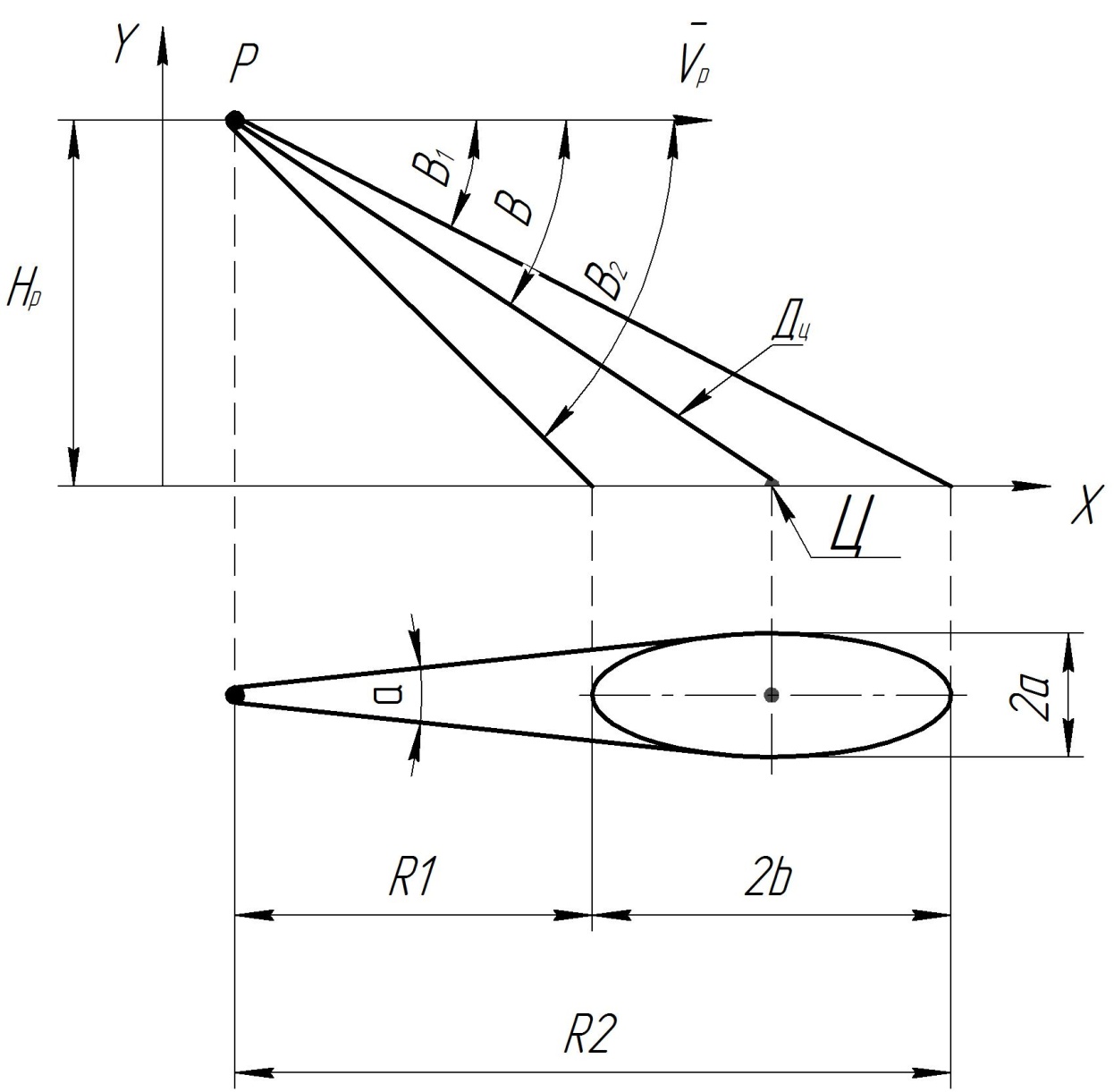


Рисунок 3 – ДНА ракеты, направленная на цель

Спектр отраженного сигнала от цели имеет лепестковый характер. Огибающая вида . Спектр отраженного сигнала аналогичен спектру зондирующего сигнала, но сдвинут по частоте на Fдц. Первые нули в спектре расположены на частотах Ширина спектральных составляющих

(4)

Принимаем, что земля - это смешанная пересеченная местность, почва сухая, поляризация горизонтальная. Тогда ЭПР одного квадратного метра земной поверхности будет равно:

(5)

Отметим, что мощность сигнала прямо пропорциональна ЭПР , т.е. Рпр ~ . Поэтому для расчета сигналов от земли нужно определить ЭПР участка земли создающих сигнал на входе приемника. Одновременно сигнал принимается из точек пространства, имеющих одинаковую дальность от антенны. Эти участки находятся на сферической поверхности в центре которой находится ГСН. Пересечение сферы с поверхностью земли представляет собой окружность центр которой совпадает с её проекцией на землю. Ширина окружности связана с длительностью зондирующего сигнала и углом падения.

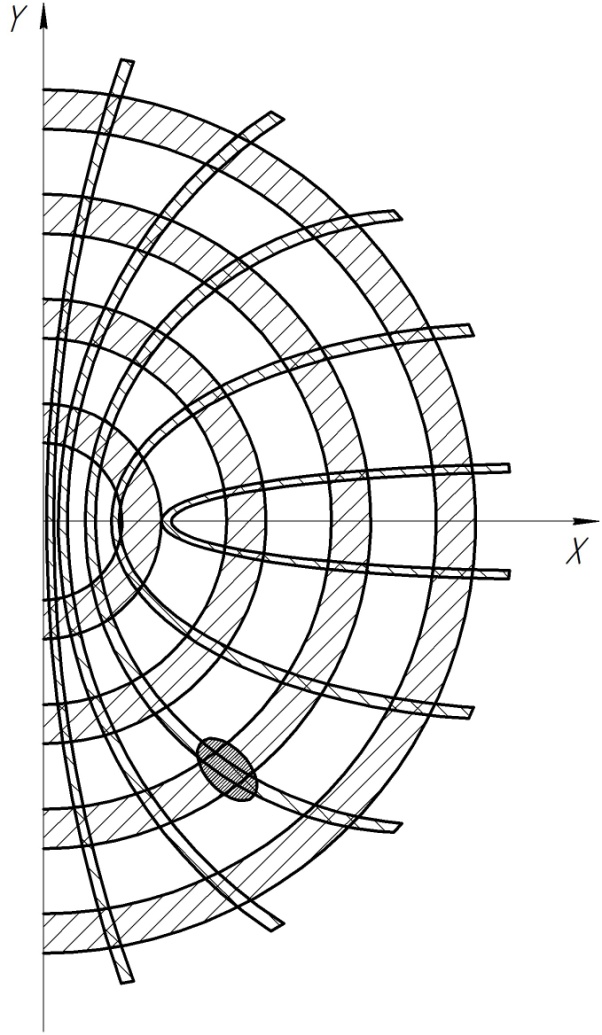


Рисунок 4 –

Разрешающая способность по дальности может быть вычислена следующим образом:

(6)

(7) (7)

где - угол между перпендикуляром к фронту волны и земной поверхностью,

- это ширина кольца на поверхности земли.

Участки земли попавшие в главный лепесток зоны видимости очевидно дают максимальные отражения. Примем уровень боковых лепестков антенны 25 дБ, т.е. сигнал от остальных участков в 300 раз слабее.

Оценим размеры области подсвеченной главным лепестком антенны.

Этот участок представляет собой эллипс, вытянутый вдоль радиуса из центра окружности. Малая полуось эллипса Размеры эллипса вдоль радиуса (b) можно найти, зная ширину ДНА в вертикальной плоскости

(8)

(9)

(10)

Рассмотрим частотный состав отражений от земной поверхности (ОЗП). Участки земли, имеющие одинаковую доплеровскую поправку (т.е. одинаковую радиальную скорость) находятся на пересечении конической поверхности с заданным углом и поверхностью земли. Эти линии пересечения представляют собой параболу при условии, что ракета летит параллельно земле (горизонтально). Если задать частоту Доплера на границах полосы пропускания доплеровских фильтров (элементов разрешения по частоте, которые соответствуют ширине спектра их сигналов), то отражения от участков земли между параболами соответствующих частот будут попадать в один доплеровский фильтр. Таким образом, участки земли, находящиеся на кольце отражения будут иметь разную частоту Доплера.

В один доплеровский фильтр попадут ОЗП от двух участков кольца, симметричных относительно направления полета ракеты. Мощность сигналов попавших в один фильтр пропорциональна ЭПР этих участков земли. Таким образом, задача расчета спектра сводится к задаче нахождения геометрических размеров участков и их ЭПР. ЭПР участков земли, отражения от которых попадают в один доплеровский фильтр суммируются. В общем случае энергетический спектр может быть определен на основе соотношения

(11)

где

– удельная ЭПР участков, отражения от которых попадают в заданный фильтр

- геометрическая площадь этих участков

. Участки земли, попавшие в главный лепесток, будут иметь ЭПР в 300 раз больше.

**Выводы**

1) Анализ методов выделения цели на фоне ПП показал, что в настоящее время наиболее перспективными являются скоростные (частотные) методы защиты от пассивных помех.

2) Показано, что задача расчета спектра сводится к нахождения геометрических размеров участков и их ЭПР.

3) Приведены основные расчетные формулы для определения геометрических размеров ЭПР.

**Список литературы**

1. Румянцев Владимир Львович, Барановский Николай Михайлович Оценка эффективности пространственно-поляризационной селекции // Известия ТулГУ. Технические науки. 2014. №9-1.
2. П.А. Бакулев, В.М. Степин Методы и устройства селекции движущихся целей. – М:Радио и связь, 1986.-288с.
3. Статья относится к разделу «Боеприпасы и взрыватели».
4. Краткое описание статьи, которое будет помещено в конец сборника:

Автором рассмотрена проблема выделения цели на фоне интенсивных ПП различного происхождения. Показано, что для селекции целей необходимо существование различий параметров цели и отражений от земной поверхности (ОЗП). Анализ таких различий показал, что в настоящее время наиболее перспективными являются скоростные (частотные) методы защиты от помех. Приведены особенности расчета мешающих отражений от земной поверхности на входе устройств ГСН ракет «воздух-земля».

1. Сведения об авторах:
2. Вершилев Михаил Сергеевич, студент кафедры Е6 «Автономные информационные и управляющие системы» Балтийского государственного технического университета «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова. E-mail: [sir.ivaroma@yandex.ru](mailto:sir.ivaroma@yandex.ru). Тел.: 8-911-972-40-96.
3. Сведения о рецензентах: