

2. Майоров, С.А. Основы теории вычислительных систем / С.А. Майоров, Г.И. Новиков, Т.И. Алиев. – М.: Высшая школа, 1978. – 320 с.

3. Рыщук, А.С. К оценке трудоемкости имитационных моделей / А.С. Рыщук // Современные информационные технологии в образовании и научных исследованиях (СИТОНИ-2012): материалы 3-й Международной НТК студентов и молодых ученых. – Донецк: ДонНТУ, 2012. – С. 340-344.

УДК 621.391: 621.396.91/.96

## ОБ ОДНОМ СПОСОБЕ ЗАЩИТЫ РЛС ОТ ПАССИВНЫХ ПОМЕХ

**Стрибук А.М., Лапич С.В.**

*Брестский государственный технический университет, г. Брест*

*Научные руководители: Поляков В.И., к.т.н., доцент; Дереченник С.С., к.т.н., доцент*

### Введение

В настоящее время для защиты радиолокационных станций (РЛС) от пассивных помех (ПП) – отражений зондирующего сигнала от мешающих отражателей (земной и морской поверхности, гидрометеоров и др.) – используются либо устройства череспериодного вычитания (ЧПВ), либо низкочастотные режекторные фильтры (НЧ РФ) [1, 2].

Недостатком первого способа является низкое качество подавления ПП. Второй способ позволяет повысить коэффициент подавления ПП, однако при этом НЧ РФ одновременно с помехой «вырезает» сигналы от целей, летящих с малыми радиальными скоростями [1, 3].

В работе описывается новый способ подавления ПП, в котором не используются ни устройства ЧПВ, ни режекторные фильтры.

### Анализ алгоритма обработки сигнала на фоне пассивных помех

Анализ предлагаемого способа защиты РЛС от ПП проведем в частотной области. Для этого рассмотрим возможные виды частотных спектров полезных сигналов и пассивных помех при использовании импульсных зондирующих сигналов.

В этом случае в обзорных РЛС отраженные (переизлученные) когерентные сигналы представляют собой пачки радиоимпульсов. Вид частотных спектров таких когерентных пачек зависит от огибающих одиночных импульсов пачки и огибающей всей пачки. На практике ни огибающая одиночного импульса, ни огибающая всей пачки не поддаются точному аналитическому описанию, поэтому для оценочных расчетов остановимся на аппроксимациях огибающих [3, 4].

Допустим, что огибающая импульса имеет прямоугольную, треугольную или колокольную форму, а огибающая пачки – соответствует форме диаграммы направленности (ДН) антенны РЛС, принимая форму функций  $\sin x / x$ ,  $\sin^2 x / x^2$ , или колокольную форму. В наиболее простом варианте положим, что одиночный импульс имеет прямоугольную огибающую, а форма ДН соответствует функции  $\sin x / x$ . Тогда в соответствии с преобразованием Фурье спектральная мощность напряжения полезного сигнала:

$$G(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} U(t) \cdot e^{-j2\pi ft} dt, \quad (1)$$

а энергетический спектр (ЭС) помехи:

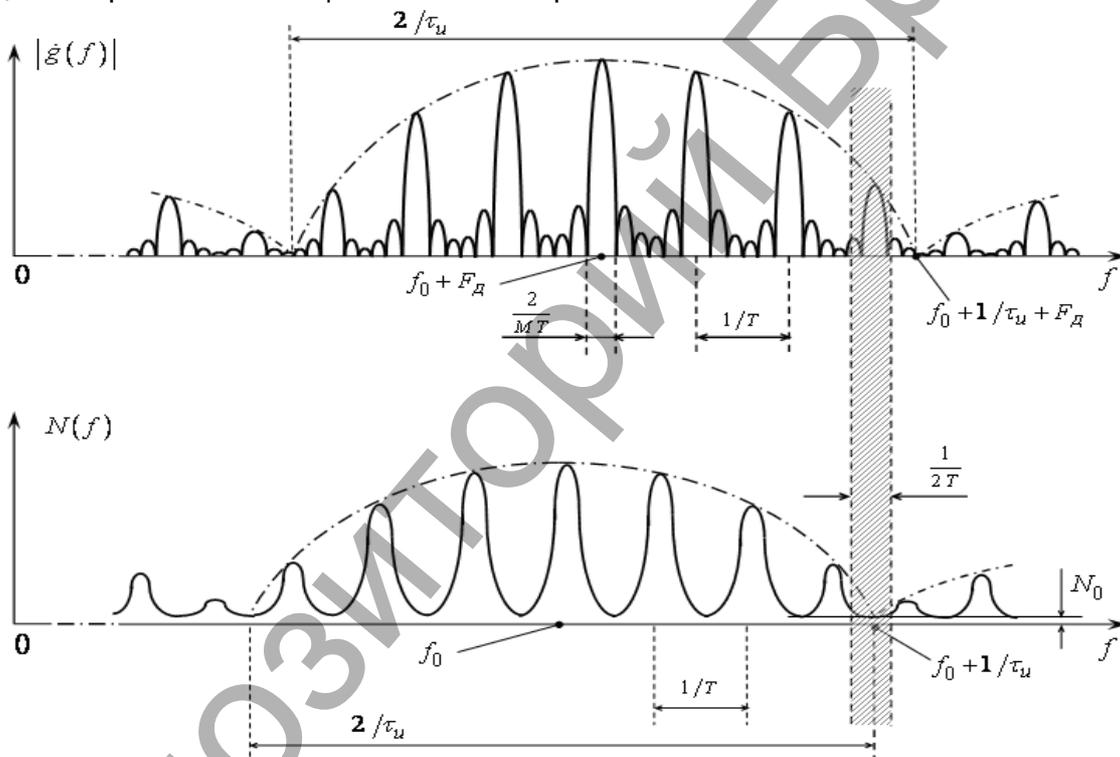
$$N(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} R(\tau) \cdot e^{-j2\pi f\tau} d\tau. \quad (2)$$

Форма ЭС пассивной помехи зависит от вида ее корреляционной функции (КФ):

$$R(\tau) = \int_{-\infty}^{+\infty} u(t) u(t-\tau) dt. \quad (3)$$

Поскольку  $u(t)$  – напряжение, соответствующее пачке радиоимпульсов, отраженных от мешающих объектов, то вид КФ представляет собой пачку тех же импульсов.

Для анализа возможностей защиты РЛС от ПП приведем спектры полезного сигнала и пассивных помех при наличии различий в радиальных скоростях движения (рис. 1). Пусть РЛС излучает когерентную пачку из  $M$  прямоугольных импульсов длительностью  $\tau_u$  каждый с периодом следования  $T$ . Если радиальная скорость цели не равна нулю, то максимум спектра полезного сигнала будет соответствовать частоте  $f_0 + F_d$  (верхняя диаграмма на рисунке), где  $F_d$  – доплеровская частота, определяемая из радиальной скорости цели  $v_{ц}$ , скорости света  $c$  и несущей частоты  $f_0$ :  $F_d = 2f_0 v_{ц}/c$ . Если отражатели, формирующую помеху, неподвижны, максимум спектра помехи будет соответствовать несущей частоте  $f_0$  (нижняя диаграмма на рисунке). Кроме того, при целочисленном значении скважности  $T/\tau_u$  один из гребней спектра сигнала (как и помехи) попадает в провал огибающей своего спектра.



**Рисунок 1 – Соотношение спектров полезного сигнала и помехи при различиях в скоростях движения цели и мешающих отражателей**

При наличии скоростных различий между целью и мешающим объектом провалы огибающих спектров сигнала и помехи смещаются друг относительно друга. Как видно из рисунка, наибольшее отношение сигнал/помеха наблюдается в полосе вблизи частоты  $f_0 \pm 1/\tau_u$ , где ЭС помехи уменьшается до нуля (точнее, до уровня  $N_0$  внутренних шумов приемника). Полезный сигнал при этом также уменьшается, но не до нуля. В случае отсутствия различий в радиальных скоростях цели и отражателей помехи наблюдаются (как и для других известных способов) «слепые» скорости.

Отношение сигнал/помеха будет зависеть от конкретной аппроксимации ДН антенны, огибающей радиоимпульса, а также КФ ПП, которая может изменяться от гауссовской до экспоненциальной. Кроме того, важным является выбор полосы пропускания

полосового фильтра с центральной частотой  $f_0 \pm 1/\tau_u$ . Ширина полосы не превышает  $1/T$  и может варьироваться с шагом  $1/MT$  (соответствующим ширине гребня).

### Вывод

Предложен альтернативный способ защиты радиолокационных устройств от пассивных помех, основанный на выявлении различий в радиальных скоростях цели и мешающего объекта и заключающийся в узкополосной фильтрации смеси сигнала и помехи в области высоких частот. Для оптимизации ширины полосы пропускания фильтра необходимо математическое моделирование энергетических спектров для различных огибающих одиночных импульсов, различных ДН антенн (огибающих пачки импульсов), а также параметров формирования сигнала помехи (пассивных отражателей).

### Список цитированных источников

1. Радиэлектронные системы. Основы построения и теория: справочник / Под ред. Я.Д.Ширмана – М.: Радиотехника, 2007.
2. Ширман, Я.Д. Теоретические основы радиолокации. – Харьков: ВИРТА, 1984.
3. Дереченник, С.С. Радиэлектронная системотехника / С.С.Дереченник, В.И.Поляков. – Брест: БрГТУ, 2011.
4. Чердынцев, В.А. Радиотехнические системы. – Мн.: Выш. школа, 1988.

УДК 004.942

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА В ПАКЕТЕ ANSYS

**Суша О.Н.**

*Белорусский государственный технологический университет, г. Минск*

*Научный руководитель: Карпович Д.С, доцент*

При конструировании нового режущего элемента в настоящее время возможно использование современных компьютерных пакетов, предназначенных для моделирования поведения дереворежущего инструмента. Одним из таких пакетов является ANSYS.

В данной программе был промоделирован процесс резания круглой пилой и представлено сравнение полученных результатов в зависимости от генерации конечно – элементарной сетки. Создание сетки является неотъемлемой частью процесса компьютерного инженерного моделирования (CAE). Качество сеточной модели влияет на точность, сходимость и скорость получения решения. Поэтому качественные и более автоматизированные инструменты построения сетки дают лучший результат. Технологии ANSYS предлагают совокупность методов построения сетки, различных по сложности алгоритмов и трудоемкости построения. Обладая такой возможностью, можно расположить сетку нужного типа в требуемой зоне модели и убедиться в том, что расчет модели будет выполнен точно.

Инструменты для создания сеток от компании ANSYS позволяют генерировать сеточные модели, для разных типов анализа. Каждый из сеточных методов удовлетворяет специфическим требованиям той или иной области. Данная процедура выполняется в модуле симуляции Mechanical. Сетка генерируется на геометрической модели и является основной для составления и решения системы уравнений в матричном виде.

Существует два способа генерации сетки:

1. Автоматическая генерация сетки с установками по умолчанию при запуске на решение. При этом имеется возможность предварительно просмотреть сетку до запуска на расчет, чтобы оценить ее соответствие поставленной задаче (рисунок 1а).