

# МОДЕЛИРОВАНИЕ ИМПУЛЬСНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИ ОБРАТНОМ РАССЕЯНИИ ОТ ОБЪЕКТА СЛОЖНОЙ ФОРМЫ

Бондаренко А.С.

*Волгоградский государственный университет  
Волгоград, Россия*

Импульсная характеристика радиолокационного объекта несет информацию о форме объекта и других его параметрах и может использоваться для распознавания. Эта характеристика определяет линейную интегральную зависимость между зондирующим и отраженным сигналом, которая задается соотношением типа свертки:

$$Y(t) = \int_{-\infty}^{\infty} X(t)h(t-t) dt .$$

Здесь  $X(t)$  – зондирующий сигнал,  $Y(t)$  – принятый сигнал,  $h(t)$  – импульсная характеристика отраженного объекта (реакция тракта распространения на дельта-импульс). Для оценки импульсной характеристики объекта рассмотрим два метода.

Первый метод основан на аппроксимации сигналов во временной области экспоненциально затухающими колебаниями [1]. Этому представлению в спектральной области соответствуют функции, содержащие полюса первого порядка. Подобная аппроксимация используется в обобщенном методе Прони [2]. Модель сигнала, представимую таким образом, называют полюсной моделью, а функции, аппроксимирующие сигнал, полюсными [1]. Входной сигнал представляет собой суперпозицию затухающих колебаний и может быть представлен выражением:

$$X(t) = \sum_{m=1}^M \hat{Q}(t - t_m^x, C_m^x, q_m^x, T_m^x) . \quad (1)$$

Импульсная характеристика объекта при этом имеет вид:

$$h(t) = \sum_{k=1}^K \hat{Q}(t - t_k^h, C_k^h, q_k^h, T_k^h) , \quad (2)$$

где  $C$  – линейный коэффициент системы,  $q(t)$  – функции включения. Таким образом, зная набор полюсов входного и выходного сигнала, можно определить полюсное представление импульсной характеристики.

Второй метод базируется на применении модели линейной фильтрации сигнала. На основе соотношений, приведенных в работе П.Я.Уфимцева [3], получено следующее выражение для импульсной характеристики:

$$\hat{H}(t) = \sum_{n=0}^{N-1} \hat{H}(f_n) e^{j2\pi n \frac{k}{N}} = \frac{\sqrt{4pR^2}}{F_i F_s} \sum_{n=0}^{N-1} \Sigma_i^s(f_n) e^{j2\pi n \frac{k}{N}} , \quad (3)$$

где  $P$  – мощность входного сигнала,  $R$  – расстояние между условной точкой сцены и фазовым центром антенны,  $F_i(F_s)$  – значение функции направленности передающей (приемной) антенны в направлении на условную точку сцены.

На рис.1 представлены импульсные характеристики идеально проводящей сферы диаметром  $d=20см$ , построенные вышеупомянутыми методами:

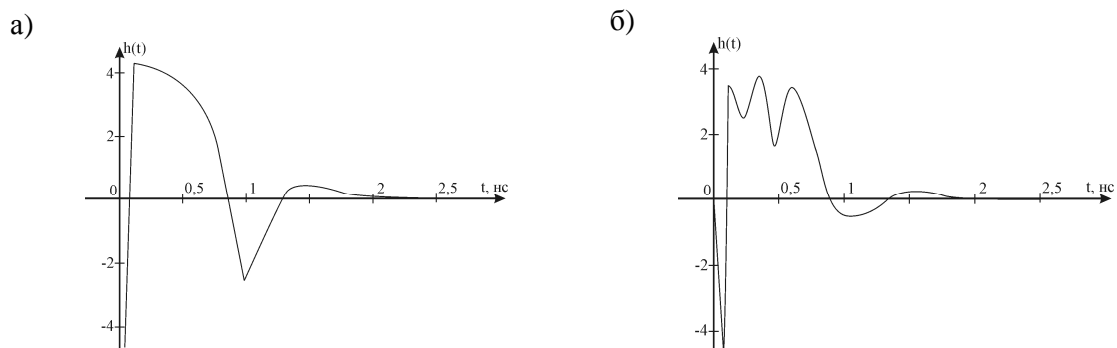


Рис.1. Импульсные характеристики сферы, полученные на основе метода Прони (а) и метода линейной фильтрации (б).

Сравнение полученных характеристик с известными из литературы [4], дает погрешность в пределах 1.5–2%, что свидетельствует об адекватности построенной модели.

В качестве объекта сложной формы приведена модель самолета-истребителя [5]. По имеющимся данным в программной среде создана модель, состоящая из плоских элементов и элементов поверхности второго порядка. Импульсная характеристика объекта при фронтальном облучении волной вертикальной поляризации представлена на рис.2.

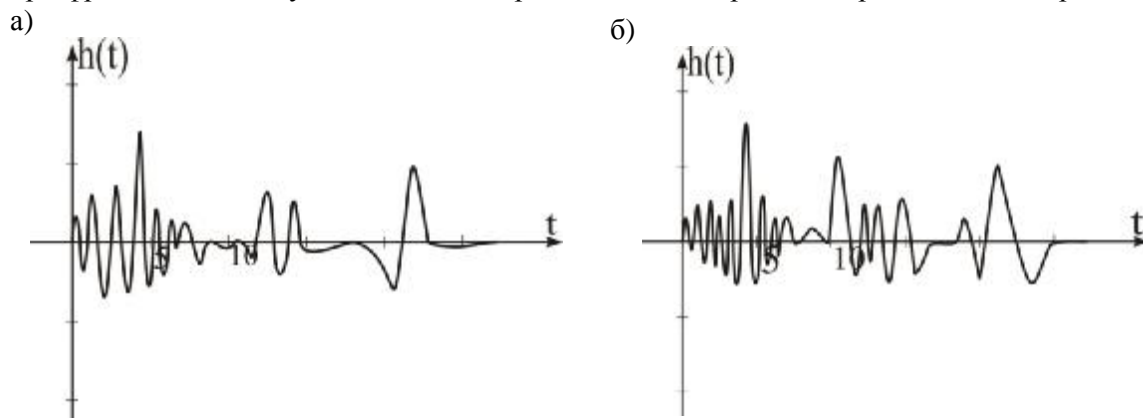


Рис.2. Импульсные характеристики самолета McDonnell Douglas F/A-18, полученные на основе метода Прони (а) и метода линейной фильтрации (б).

При свертке полученной импульсной характеристики со сверхразрешающим сигналом ( $\tau_u = 3$  нс,  $f_0 = 9.375$  МГц,  $\lambda = 3.2$  см) получен радиолокационный портрет цели (McDonnell Douglas F/A-18), представленный на рис.3.

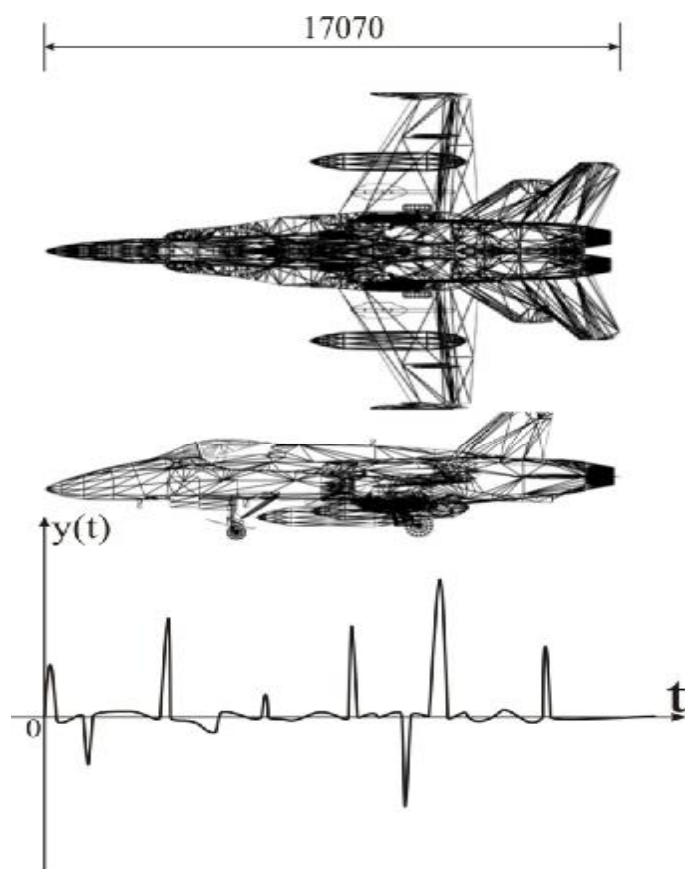


Рис.3. Радиолокационный портрет McDonnell Douglas F/A-18 Hornet

Таким образом, в работе исследован вопрос, связанный с анализом обратного рассеяния электромагнитных волн на телах сложной формы. На основе временного анализа предложен подход для оценивания импульсных характеристик сложных объектов, который может быть использован в задачах распознавания.

*Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (гранты № 08-07-00175а, № 10-07-97012р).*

#### Список литературы

1. Кошелев В.И., Сарычев В.Т., Шипилов С.Э. Полюсная модель сверхширокополосных сигналов и импульсных характеристик на основе принципа максимума энтропии. «Журнал радиоэлектроники», № 17, 2002.
2. Марпл-мл. С. Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения / Пер. с англ. - М.: Мир, 1990.
3. Уфимцев П.Я. Метод краевых волн в физической теории дифракции. – М.: Сов. радио, 1962. -240 с.
4. Кенно Е.М, Моффат Д. Л. Аппроксимация переходных и импульсных переходных характеристик ТИИЭР. 1965. Т. 53 . № 8. С. 1025.
5. [http://en.wikipedia.org/wiki/F/A-18\\_Hornet](http://en.wikipedia.org/wiki/F/A-18_Hornet)