

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАССИВНЫХ ПОМЕХ В ВИДЕ ОТРАЖЕНИЙ ОТ ОБЛАКОВ ДИПОЛЬНЫХ ОТРАЖАТЕЛЕЙ

Среди искусственных маскирующих пассивных помех наибольшее распространение получили помехи, создаваемые дипольными противорадиолокационными отражателями. Как правило, они представляют собой полуволновые вибраторы из металлизированных бумажных лент, фольги, стеклянного и синтетического (капронового, нейлонового) волокна [1].

Дипольные отражатели обычно комплектуются в пачки. Раскрываясь после выбрасывания с летательного аппарата, такая пачка создает облако дипольных отражателей (ОДО), отраженный сигнал от которого наблюдается на экране индикатора в виде яркого пятна [2].

Рассмотрим модель сигнала пассивной помехи, обусловленной отражением зондирующего сигнала РЛС от облака дипольных отражателей, формируемого в пространстве после выброса пачки отражателей летательным аппаратом – постановщиком помех.

Будем полагать, что в момент сбрасывания форму облака дипольных отражателей можно представить в виде эллипсоида вращения уравнение которого в собственной системе координат $O_{cl}X_{cl}Y_{cl}Z_{cl}$ имеет вид (здесь cl – **cloud**):

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} = 1,$$

где a, b, c - полуоси эллипсоида соответственно по осям X, Y, Z .

Положение ОДО в СК $O_gX_gY_gZ_g$ будем определять положением радиус – вектора его центра (**center**)

$$\vec{R}_c^{cl} = \vec{R}_c^{cl}(x_c^{cl}, y_c^{cl}, z_c^{cl})$$

или набором координат

$$R_c^{cl} = (x_c^{cl} \quad y_c^{cl} \quad z_c^{cl})^T$$

Тогда уравнение эллипсоида, имитирующего ОДО в земной СК $O_gX_gY_gZ_g$ будет иметь вид

$$\frac{(x - x_c^{cl})^2}{a^2} + \frac{(y - y_c^{cl})^2}{b^2} + \frac{(z - z_c^{cl})^2}{c^2} = 1.$$

После сбрасывания динамика облака дипольных отражателей определяется такими процессами как:

- перемещение его центра в направлении и со скоростью ветра \vec{V}^w ;

- перемещение его центра в направлении и со скоростью $\vec{V}^{cl}(t)$, обусловленной скоростью постановщика помех в момент сброса пачки отражателей;

- увеличение его размеров (разбухание облака), что обусловлено процессами в атмосфере, связанными с перемещением воздушных масс;

- снижение под действием силы тяжести со скоростью \vec{V}^g .

Положение центра облака дипольных отражателей для любого момента времени в СК $O_g X_g Y_g Z_g$ будет определяться выражением:

$$\vec{R}_c^{cl}(t) = \begin{cases} \vec{R}_{c0}^{cl} + (\vec{V}^w + \vec{V}^g)t + \left(\vec{V}_0^{cl}t + \frac{\vec{a}^{cl}t^2}{2} \right), & \text{при } t \leq t^0, \\ \vec{R}_c^{cl}(t^0) + (\vec{V}^w + \vec{V}^g)t, & \text{при } t > t^0, \end{cases}$$

где

$$\vec{R}_c^{cl}(t^0) = \vec{R}_{c0}^{cl} + (\vec{V}^w + \vec{V}^g)t^0 + \left(\vec{V}_0^{cl}t^0 + \frac{\vec{a}^{cl}(t^0)^2}{2} \right),$$

$$\vec{R}_{c0}^{cl} = \vec{R}_{c0}^{cl}(x_{c0}^{cl}, y_{c0}^{cl}, z_{c0}^{cl}) -$$

радиус-вектор центра облака в момент сбрасывания; t^0 – момент времени, отсчитываемый от момента возникновения облака, когда скорость облака в направлении \vec{V}_0^{cl} становится равной нулю; \vec{a}^{cl} – ускорение (отрицательное) облака в направлении вектора \vec{V}_0^{cl} .

Выражение для скорости центра ОДО для момента времени t будет иметь вид

$$V_c^{cl}(t) = \begin{cases} \vec{V}^w + \vec{V}^g + \vec{V}^{cl} = \vec{V}^w + \vec{V}^g + (\vec{V}_0^{cl} + \vec{a}^{cl}t), & \text{при } t \leq t^0, \\ \vec{V}^w + \vec{V}^g, & \text{при } t > t^0, \end{cases}$$

где \vec{V}_0^{cl} – начальная скорость облака.

Пусть сигнал, излученный антенной РЛС в направлении ОДО, имеет вид [3]

$$\begin{aligned} s(t) &= A_0 U(t) g_f(\Delta\theta_\beta, \Delta\theta_\varepsilon) e^{j(\omega_0 t + \varphi_0)} = U(t) \sqrt{P_0} g_f(\Delta\theta_\beta, \Delta\theta_\varepsilon) e^{j(\omega_0 t + \varphi_0)} = \\ &= U(t) g_f(\Delta\theta_\beta, \Delta\theta_\varepsilon) s_0(t), \end{aligned}$$

где $A_0 = \sqrt{P_0} = const$, $\omega_0 = 2\pi f_0$ и φ_0 соответственно амплитуда, частота и начальная фаза излучаемого сигнала, P_0 – мощность радиопередающего устройства РЛС, $g_f(\theta_\beta, \theta_\varepsilon)$ – функция, описывающая ДНА БРЛС, $\Delta\theta_\beta, \Delta\theta_\varepsilon$ – рассогласование по углу между направлением

максимума ДНА РЛС и направлением на центр ОДО соответственно в азимутальной и угломестной плоскостях,

$$s_0(t) = \sqrt{P_0} e^{i(\omega_0 t + \varphi_0)},$$

$U(t)$ – закон модуляции зондирующих импульсов [3].

Для принятой модели ОДО, когда отраженный сигнал существует на промежутке времени $t_{\min} \leq t \leq t_{\max}$, можно записать

$$Z^{cl}(t) = A^{cl}(t) e^{i[\psi_c^{cl}(t_{\min}) + \omega_D^{cl}(t_{\min})(t - t_{\min})]}, \quad t_{\min} \leq t \leq t_{\max},$$

где $A^{cl}(t)$ – мгновенная амплитуда отраженного сигнала, $\psi_c^{cl}(t)$ – фаза отраженного сигнала, $\omega_D^{cl}(t)$ – частота Доплера.

В представленном выражении для отражённого от ОДО сигнала под переменной t следует понимать внутрипериодное время, т.е. время внутри одного периода зондирующего сигнала, которое отсчитывается от начала периода зондирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Радиоэлектронные системы: Основы построения и теория. Справочник. Изд. 2-е, перераб. и доп. / Под ред. Я.Д. Ширмана. – М.: Радиотехника, 2007. – 512с.

2. Куприянов А.И., Сахаров А.В. Теоретические основы радиоэлектронной борьбы: Учебн. пособие / А.И. Куприянов, А.В. Сахаров. – М.: Вузовская книга, 2007.

3. Охрименко А.Е. Основы радиолокации и РЭБ. Часть 1. Основы радиолокации. – М.: Воениздат, 1983.

УДК 004.43

М.Ф. Кудлацкая, ст. преп., канд. техн. наук (БГТУ, г. Минск)

ВОЗМОЖНОСТИ JAVASCRIPT В 3D МОДЕЛИРОВАНИИ

Появление в 2011 году технологии WebGL значительно расширило возможности использования JavaScript в 3d моделировании. Трёхмерные объекты не только эффектно смотрятся на сайте, но и позволяют разработать интерфейс удобный для пользователя.

Одно из преимуществ WebGL это то, что приложения формируются как веб-страницы, а это значит, что они будут успешно выполняться на разных устройствах [1]. В настоящий момент WebGL поддерживается всеми десктопными и мобильными браузерами.

Преимущества использования WebGL [2]:

– кроссбраузерность и отсутствие привязки к определенной платформе;