

Список использованных источников

1. Федоров В.К., Сергеев Н.П., Кондрашин А.А. Контроль и испытание в проектировании и производстве радиоэлектронных средств.- М.: Техносфера, 2005. 504с.

Столбинский Денис Владимирович, аспирант каф. КТЭСиУ, Denver7074@yandex.ru
Бем Павел Петрович, аспирант каф. КТЭСиУ.

Захаренко Никита Владиславович, аспирант каф. КТЭСиУ, kipres@ssau.ru

УДК 621.396.96

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ВЫРАЖЕНИЕ ЭПР ВЕРТОЛЕТА

Л.В. Симакова

«Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва», г. Самара

Эффективная площадь рассеяния – это площадь поперечного сечения такого воображаемого объекта, который рассеивает всю падающую на него мощность изотропно, то есть равномерно во все стороны, и при этом создает в месте расположения приемной антенны такой же сигнал, как и реальная цель.

По конфигурации цели делятся на элементарные (простые) и сложные. Элементарные цели имеют простую геометрическую форму, ЭПР таких тел может быть достаточно просто вычислена аналитически. Сложные цели имеют непростую форму; так что ЭПР рассчитать сложно. Часто ЭПР реальных целей определяется экспериментально.

Под ЭПР цели понимается соответствующим образом нормированное значение модуля вектора Умова-Пойнтинга, которое определяется следующим выражением:

$$\sigma = \lim_{R_0 \rightarrow \infty} 4\pi R_0^2 \frac{|\vec{S}_{отр}|}{|\vec{S}_{пад}|}, \quad (1)$$

где $|\vec{S}_{отр}|$ – плотность потока мощности отраженного поля в месте приема на расстоянии от R_0 тела;

$|\vec{S}_{пад}|$ – плотность потока мощности падающей плоской волны поля в месте расположения тела.

Средняя эффективная площадь рассеяния тела определяется по формуле:

$$\bar{\sigma} = \iint \sigma(\vartheta, \gamma) W(\vartheta, \gamma) d\vartheta d\gamma, \quad (2)$$

где $\sigma(\vartheta, \gamma)$ – эффективная площадь рассеяния тела, зависящая от углов наблюдения ϑ и γ соответственно в вертикальной и горизонтальной плоскостях;

$W(\vartheta, \gamma)$ – плотность распределения вероятности углов наблюдения, от

вида данной функции определяют пределы интегрирования.

Если углы наблюдения изменяются независимо друг от друга, то двукратный интеграл (2) распадается на два одноподобных интеграла вида (3):

$$\bar{\sigma} = \int \sigma(\vartheta)W(\vartheta)d\vartheta. \quad (3)$$

В большинстве случаев средняя эффективная площадь рассеяния тел простой формы определяется по формуле (3). Это вызвано тем, что тела простой формы используются в основном как эталонные отражатели, точный контроль за движением которых может быть осуществлен лишь при поворотах тела вокруг неподвижной оси. При равномерном изменении угла наблюдения в секторе $\pm\vartheta_0$ плотность распределения вероятности углов $W(\vartheta) = 1/2\vartheta_0$.

Если углы наблюдения изменяются по гармоническому закону со случайной начальной фазой и распределение этой фазы считается равномерным в интервале $\pm\pi$, то распределение вероятности углов $W(\vartheta) = 1/\sqrt{1-\vartheta^2}$. Углы наблюдения ϑ или γ могут рассматриваться как углы поворота тела относительно неподвижных осей, обычно в функции углов поворота записывается выражение для ЭПР тела простой формы, полученное точными или приближенными способами.

В качестве модели вертолета рассмотрим объемное тело, состоящее из эллипсоида вращения, как модели фюзеляжа, и трех цилиндров закрепленных одним концом в точке вращения и вращающихся с постоянной угловой скоростью, как модели несущих винтов вертолета. Такая модель позволяет показать основные особенности вторичной модуляции радиолокационных сигналов лопастями несущего винта. Фюзеляж вертолета представляет собой неизменяемую часть ЭПР вертолета. Аналитическое выражение для ЭПР фюзеляжа вертолета имеет вид [1]:

$$\sigma_{\phi} = \frac{4b^4}{a^2}, \quad (4)$$

где a - большая полуось эллипсоида, b - малая полуось эллипсоида.

Для аналитического выражения модели несущих лопастей сначала получим выражение ЭПР для одной лопасти, то есть одного цилиндра. Для нахождения средней ЭПР кругового цилиндра подставим в интеграл (3) значение его ЭПР, определенное в приближении физической оптики. Тогда:

$$\bar{\sigma} = kL^2R \int W(\vartheta) \frac{\sin^2(kL \sin \vartheta)}{(kL \sin \vartheta)^2} \cos \vartheta d\vartheta, \quad (5)$$

$k = 2\pi/\lambda$ - волновое число; $\lambda = c/f$ - длина волны.

Обозначения, принятые в выражении (5), ясны из рисунка 1.

Возьмем равномерный закон распределения углов наблюдения. Как указывалось выше, в этом случае функция $W(\vartheta) = 1/2\vartheta_0$, а пределы интегрирования в формуле следует выбирать от $-\vartheta_0$ до $+\vartheta_0$. С учетом сказанного средняя ЭПР кругового цилиндра при равномерном распределении углов наблюдения будет равна:

$$\bar{\sigma} = \frac{kL^2R}{2\vartheta_0} \int_{-\vartheta_0}^{\vartheta_0} \frac{\sin^2(kL \sin \vartheta)}{(kL \sin \vartheta)^2} \cos \vartheta d\vartheta \quad (6)$$

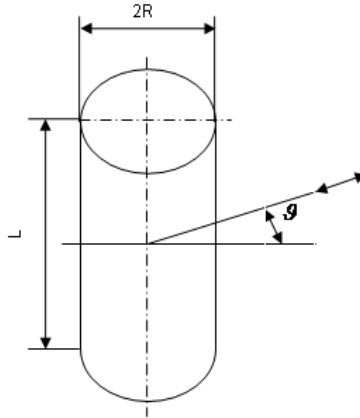


Рисунок 1 – Модель лопасти вертолета

Заменим $\sin \vartheta = \xi$ и допустим, что $kL \gg 1$, а $\vartheta \approx 0$, интеграл в выражении (6) приводится к виду:

$$I = \int_{-\vartheta_0}^{\vartheta_0} \frac{\sin^2 x}{x^2} dx = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\sin^2 x}{x^2} dx - 2 \int_{-\vartheta_0}^{\vartheta_0} \frac{\sin^2 x}{x^2} dx \quad (7)$$

Интеграл с бесконечными пределами равен π , во втором интеграле, сделаем замену

$$\sin^2 x = 1 - \frac{\cos 2x}{2}$$

получим интегральный синус. В результате имеем:

$$\bar{\sigma}_c = \frac{\pi LR}{2\vartheta_0} \left[1 - \frac{1}{\pi kL \sin \vartheta_0} + \frac{\cos(2kL \sin \vartheta_0)}{\pi kL \sin \vartheta_0} + \frac{2\text{Si}(2kL \sin \vartheta_0)}{\pi} \right] \quad (8)$$

Кроме того, что ЭПР лопасти вертолета зависит от угла облучения ϑ , сам угол облучения ϑ изменяется во времени по следующему закону:

$$\vartheta = \omega_B t = 2\pi f_B t, \quad (9)$$

где $f_b = \frac{190}{60} \approx 3,16$ об./с – скорость вращения несущих винтов вертолета.

Тогда выражение для ЭПР лопасти вертолета примет вид:

$$\bar{\sigma}_c = \frac{\pi LR}{2\omega_b t} \left[1 - \frac{1}{\pi kL \sin(\omega_b t)} + \frac{\cos(2kL \sin(\omega_b t))}{\pi kL \sin(\omega_b t)} + \frac{2\text{Si}(2kL \sin(\omega_b t))}{\pi} \right] \quad (10)$$

Поскольку у вертолетов больше чем одна лопасть, то необходимо учесть и вклад остальных лопастей. Выражения ЭПР для каждой лопасти будет одним и тем же, единственным отличием будет лишь то, что остальные лопасти будут иметь фазовые сдвиги, которые необходимо учесть. Рассмотрим это на примере вертолета с трехлопастным винтом, следовательно, лопасти винта разнесены не плоскости на 120 градусов. Полное выражение ЭПР модели вертолета с учетом ЭПР фюзеляжа примет вид:

$$\begin{aligned} \bar{\sigma}_b = & \frac{\pi LR}{2\omega_b t} \left[1 - \frac{1}{\pi kL \sin(\omega_b t)} + \frac{\cos(2kL \sin(\omega_b t))}{\pi kL \sin(\omega_b t)} + \frac{2\text{Si}(2kL \sin(\omega_b t))}{\pi} \right] + \\ & + \frac{\pi LR}{2(\omega_b t + \frac{2\pi}{3})} \left[1 - \frac{1}{\pi kL \sin(\omega_b t + \frac{2\pi}{3})} + \frac{\cos(2kL \sin(\omega_b t + \frac{2\pi}{3}))}{\pi kL \sin(\omega_b t + \frac{2\pi}{3})} + \frac{2\text{Si}(2kL \sin(\omega_b t + \frac{2\pi}{3}))}{\pi} \right] + \\ & + \frac{\pi LR}{2(\omega_b t + \frac{4\pi}{3})} \left[1 - \frac{1}{\pi kL \sin(\omega_b t + \frac{4\pi}{3})} + \frac{\cos(2kL \sin(\omega_b t + \frac{4\pi}{3}))}{\pi kL \sin(\omega_b t + \frac{4\pi}{3})} + \frac{2\text{Si}(2kL \sin(\omega_b t + \frac{4\pi}{3}))}{\pi} \right] + \sigma_\phi \end{aligned} \quad (11)$$

Полученная зависимость ЭПР вертолета от угла облучения, соответственно от времени, была промоделирована в математическом пакете MathCAD. Результаты моделирования приведены на рисунке 2.

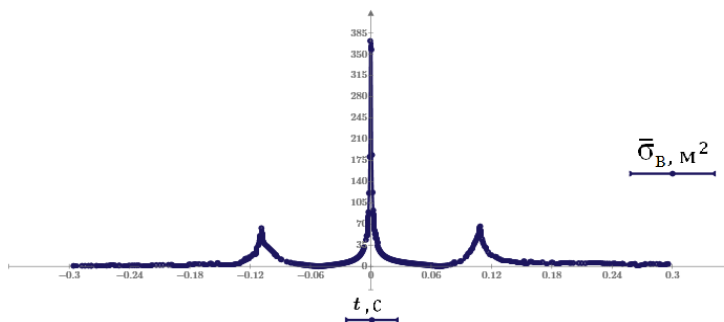


Рисунок 2 – Полученная зависимость ЭПР вертолета

Список использованных источников

1. Небабин, В.Г., Сергеев, В.В. Методы и техника радиолокационного распознавания [Текст]. – М.: Радио и связь, 1984. – 152 с., ил.

Симакова Лидия Владимировна, студент гр. 6271-110401D, simakova_lv@mail.ru

УДК 637.07

АНАЛИЗАТОР СОМАТИЧЕСКИХ КЛЕТОК В МОЛОКЕ

Е.В. Ильина

«Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва», г. Самара

Ключевые слова: молоко, анализатор молока, соматические клетки, цитометр.

На сегодняшний момент одной из самых актуальных проблем в молочном производстве является контроль качества молока. Чтобы молоко было высокого качества и были высокие показатели воспроизводства, коровы должны быть здоровыми. Болезни сокращают производство молока и требуют дорогостоящего ветеринарного лечения. Самым простым способом оценить здоровье коровы является анализ физико-химического состава молока. Наиболее важные показатели – жир, белок и содержание соматических клеток. Содержание жира и белка являются основными показателями сбалансированного питания животного. Содержание соматических клеток позволяет выявить начальную форму мастита и своевременно начать лечение [1].

Современные способы контроля не позволяют своевременно спрогнозировать заболеваемость коровы. Решение проблемы - это своевременный мониторинг состояния здоровья коровы, для чего