

### **Определение сигнатур акусто-электромагнитных портретов объектов техники на основе их оптических портретов**

В.И. Луценко<sup>1</sup>, И.В. Луценко<sup>1</sup>, А.В. Соболяк<sup>2</sup>, Ло Иян<sup>3</sup>, Цзян Гуо (Qiang Guo)<sup>4</sup>, Юн Джин (Yu Zheng)<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Институт радиофизики и электроники им. А.Я. Усикова НАН Украины, Украина, 61085, Харьков, ул. Ак. Проскуры, 12, e-mail: lutsenko@ire.kharkov.ua

<sup>2</sup>ГП Харьковское конструкторское бюро по машиностроению им. А.А. Морозова, Украина, 61001, Харьков, ул.Плехановская,126, e-mail: sobolyak@ukr.net

<sup>3</sup>Харьковский аэрокосмический университет им.Н.Е.Жуковского «ХАИ», Украина, 61070, Харьков, ул. Чкалова, 17, e-mail: yiyangluo@163.com

<sup>4</sup>Harbin Engineering University, Ministry of Industry and information from the People's Republic of China, China, Heilongjiang Province, Harbin, Nangang District, Nantong Street, 145, e-mail: guoqiang@hrbeu.edu.cn

<sup>5</sup>School of Electronics and Information Engineering of Qingdao University, P.R. of China, Rd. Ningxia 308, Qingdao, Prov. Shandong, P.R. of China, e-mail: [cucecc@mail.ru](mailto:cucecc@mail.ru)

*Рассмотрены информативные признаки, которые могут служить основой при распознавании воздушных и наземных объектов техники. Разработана методика получения сигнатур акусто-электромагнитных портретов объектов техники на основе их оптических изображений. Сопоставлены сигнатуры, полученные расчетным путем и при проведении экспериментальных исследований в натурных и лабораторных условиях.*

*Information signs that can serve as a basis for recognition of air and ground objects of technology are considered. A technique for obtaining signatures of acousto-electromagnetic portraits of equipment objects based on their optical images is developed. The signatures obtained by calculation and in conducting experimental studies in full-scale and laboratory conditions are compared.*

#### **Введение**

Разработка систем распознавания связана с решением ряда задач. Первая состоит в максимально подробном изучении распознаваемых объектов. Целью является уяснение, какие их особенности являются общими или отличают их друг от друга. Основное в этой задаче — выбор надлежащего принципа классификации. Выбор принципа классификации, как правило, определяется требованиями, предъявляемыми к системе распознавания, которые, в свою очередь, зависят от того, какие решения могут в принципе приниматься на основе результатов распознавания неизвестных объектов и явлений.

Следующая задача — составление словаря признаков, используемого как для априорного описания классов, так и для апостериорного описания каждого неизвестного объекта или явления подлежащего распознаванию.

При практической реализации второй задачи сталкиваются, как правило, с трудностями, обусловленными ограниченными знаниями характеристик объектов. Наиболее доступными являются оптические изображения объектов новой техники, а также акустические шумы. В настоящей работе рассмотрены информативные признаки, которые могут служить основой при распознавании воздушных и наземных объектов техники, получение которых может основываться на их видео и аудио портретах.

#### **Распознавание воздушных объектов типа самолет, вертолет, БПЛА**

Видеосъемка объектов техники позволяет оценить их габаритные размеры, а также скорость движения. Габаритные размеры могут использоваться для получения оценок

ЭПР объектов. При этом необходимо разделять рассеяние от объектов в резонансной и высокочастотной областях. В резонансной области размеры объекта соизмеримы с длиной волны облучающего поля и рассеяние носит резонансный характер. Как было показано в работах [1,2] ЭПР воздушных объектов в этой области соизмеримо с ЭПР полуволнового (на горизонтальной поляризации), либо четвертьволнового (на вертикальной поляризации) заземленного диполя. В высокочастотной области длина волны существенно меньше размеров объекта и его ЭПР, в первом приближении, определяется площадью освещаемой поверхности [3].

При решении задач радиолокационного распознавания воздушных целей (ВЦ) часто используются достаточно информативные спектральные составляющие, содержащиеся в отраженном сигнале и обусловленные отражениями от вращающихся элементов конструкции наблюдаемого летательного аппарата [4-7]. Использование таких модуляционных признаков позволяет распознавать классы ВЦ, различающиеся конфигурацией и размерами вращающихся структур таких, как лопасти воздушных винтов вертолета и винтового самолета, лопасти компрессора или турбины двигателя турбореактивного самолета. В этом случае распознавание должно строиться с учетом особенностей конкретных вращающихся конструкций. Так, в [7, 8] предложен метод распознавания ВЦ класса «самолет с турбореактивным двигателем», основанный на анализе соотношения количества лопаток на первых двух ступенях компрессора двигателя. Развивая данное направление, целесообразно рассмотреть возможность классификации воздушных целей, оснащенных винтовым двигателем (ВД), с целью разработки алгоритма распознавания воздушной цели класса «самолет с винтовым двигателем или вертолет», основанного на использовании модуляционного признака.

Спектр сигнала, отраженного от самолета с ВД, характеризуется наличием спектральных составляющих, расположенных симметрично относительно планерной компоненты в узлах периодической сетки частот. Данные составляющие имеют ширину, обратную времени когерентного накопления сигнала  $t_c$ , и характеризуются спектральной амплитудой  $A_f$  и частотой  $F_i = 1, \dots, i$  где  $i$  - количество спектральных составляющих. Причем модуляционные компоненты расположены на частотной оси с периодом  $F_0$ , равным произведению количества лопастей на частоту их вращения.

При радиолокационном распознавании основная проблема состоит в определении пространства информативных признаков. Отсутствие или крайняя ограниченность данных о характеристиках рассеянных вертолетами различных классов и типов сигналов является основной трудностью при создании информационных признаков пространств для их распознавания. Поэтому на первый план выступают расчетные методы и методики формирования информативных признаков поляризационно-спектральных портретов вертолетов. Как правило, из литературных источников доступны габаритные размеры вертолетов, длины и количество лопастей, как несущего, так и рулевого винтов, максимальная скорость полета. Методика получения информативных признаков должна базироваться на использовании этих ограниченных, но общедоступных характеристик.

Максимальная скорость полета  $V_0$  позволяет оценить максимальное значение доплеровского смещения частоты отраженного от вертолета сигнала  $f_D = \frac{2V_0}{\lambda}$ , где  $\lambda$  - длина волны облучающего вертолет поля.

Частота вращения лопастей винтов вертолета, как правило, отсутствует среди приводимых справочных данных. Однако она очень важна как его характерная сигнатура. Все современные вертолеты по количеству несущих винтов можно разделить на одновинтовые и двухвинтовые. В свою очередь, двухвинтовые можно разделить на вертолеты соосной, продольной и поперечной схем. Скорость вертолѐта

ограничена предельными условиями работы лопасти несущего винта вертолёта. Конеч наступающей лопасти не должен двигаться быстрее звука (рекордный предел - 0,96 М), а та часть отступающей лопасти, что находится ближе к оси воздушного винта, не должна слишком уж безобразным образом резать воздух задней кромкой. Обычно круговая скорость конца лопасти висящего вертолёта равна приблизительно 0,75 скорости звука. При горизонтальном движении вертолёта скорость обтекания потоком наступающей лопасти складывается из окружной скорости, например, её конца и скорости вертолёта. В это время скорость потока на каждом участке отступающей лопасти равна разности окружной скорости того участка и скорости вертолёта. В это время скорость потока на каждом участке отступающей лопасти равна разности окружной скорости того участка и скорости вертолёта. Лопасть вертолёта на марше испытывает за период оборота винта переменную подъёмную силу и поэтому подвержена всевозможным циклическим деформациям с частотой оборотов винта. Она совершает маховое движение на своём горизонтальном шарнире. Вследствие этого циклически меняется её угол атаки. Желательно уменьшать это движение и, соответственно, нежелателен большой угол атаки отступающей лопасти.

Исходя из линейной скорости конца лопасти в три четверти скорости звука ( $\frac{3}{4}c = 340 \times 0,75 = 255$  м/сек), можно рассчитать частоту модуляции вращающимися лопастями винта следующим образом [8]:

$$F_{\text{ВВ}}[\text{Гц}] = \left(\frac{3}{4}c\right) / (d_{\text{В}} \cdot \pi \cdot n_{\text{Л}} \cdot n_{\text{В}}) \quad (1)$$

где  $c$  - скорость звука,

$d_{\text{В}}$  - диаметр винта;

$n_{\text{Л}} \cdot n_{\text{В}}$  - количество лопастей и количество винтов.

В квазирезонансной области, когда длина волны облучающего поля соизмерима с размерами конструкции в целом или отдельных ее элементов этом возможно резонансное возрастание ЭПР [1, 2]. Для расчета ЭПР вертолета можно использовать трехосный эллипсоид в качестве модели его корпуса, горизонтальных и вертикальных вращающихся диполей как моделей для его несущих и рулевых винтов. Корпус вертолета может в первом приближении описываться трехосным эллипсоидом, для которого ЭПР в резонансной области, используя результаты работы [10] по аналогии с шаром можно записать:

$$\sigma = 3.65\pi ab = 3,65\sigma_m, \quad (2)$$

при  $k\sqrt{ab} \approx 1$  или  $\lambda_0 \approx 2\pi\sqrt{ab}$ , где  $\sigma_m = \pi ab$  - площадь поперечного сечения эллипсоида.

В случае, когда форма близка к сферической, т.е.  $a \approx b$  имеем:  $\sigma = 3.65\pi a^2 = 3,65\sigma_m$ , при этом резонансная длина волны  $\lambda_0 \approx \pi a$ .

С другой стороны, можно рассматривать корпус вертолета как четвертьволновой вибратор, для которого несущий винт выполняет роль, как бы заземления. Тогда, как было показано в [1, 2] ЭПР такой конструкции будет примерно на 6...7дБ ниже, чем у резонансного полуволнового диполя. Другими словами, если высота вертолета  $h = \frac{\lambda}{4} \approx b$ , то представляя его корпус, как четвертьволновый заземленный диполь, получим значение ЭПР:

$$\sigma = 0,86 * \frac{1}{4}(4h)^2 = 3,44h^2, \quad (3)$$

для резонансной длины волны  $\lambda_0 = 4h$ .

Рассматривая корпус как сфероид с осями  $a, b$ , при резонансной длине волны для сферы  $\lambda_0 \approx \pi h$  - ЭПР при резонансе:  $\sigma = 3,65\pi h^2 = 11,46h^2$ , т.е. примерно на 5дБ больше, чем у четвертьволнового вибратора и примерно такая же, как у полуволнового резонансного диполя. При этом резонансная частота, на которой реализуется эта ЭПР в 4 и  $\pi$  раз больше вертикального размера для четвертьволнового заземленного диполя и сферы соответственно  $\sigma = 3,65 * \pi h^2$ .

Лопастей, как несущие, так и рулевые могут рассматриваться как вращающиеся с соответствующими частотами диполи. В случае, когда длина лопасти  $l$  будет равна половине длины волны облучающего поля  $l \approx \lambda/2$ , она будет рассеивать как резонансный полуволновый диполь с максимальным значением ЭПР [3]  $\sigma_0 \approx 0,86\lambda^2 = 0,86(2l)^2$ , тогда ЭПР лопастей и корпуса в резонансной области можно оценить [1]:  $\sigma_{x(y)} \approx 3,44l_{x(y)}^2$ , а ЭПР в коротковолновой области [3]:  $\sigma_0 \approx \alpha l_x l_y$ , где  $l_x, l_y$  - горизонтальный и вертикальный размеры конструкции,  $\sigma_{x(y)}$  - ЭПР на горизонтальной и вертикальной поляризациях, а  $\alpha$  - параметр, зависящий от формы объекта. Для шара и эллипсоида составляет,  $\alpha = \pi/4 \approx 0,77$  При практических расчетах обычно  $\alpha \approx 0,5 \dots 0,3$ .

Если лопасти, а также корпус вертолета изготовлены не из металла, а из композиционных материалов то коэффициент отражения от них  $R_S$  будет меньше:

$$R_S \approx \left| \frac{n-1}{n+1} \right|^2 \quad (4)$$

где  $n = \sqrt{\varepsilon}$  - коэффициент преломления материала,

$\varepsilon$  - его диэлектрическая проницаемость, которая для композитных материалов на основе многостенных углеродных нанотрубок [9] составляет  $\varepsilon = 4 \dots 7$ .

При изготовлении вертолета и его лопастей из композитных материалов приведенные в табл. 1 значения ЭПР для случая лопастей и корпуса изготовленных из металла, как видно из (4), необходимо уменьшить на 7...10дБ.

Аналогично и для корпуса вертолета, хотя при этом необходимо понимать, что металлические части, например, двигатели, все равно будут присутствовать. При вращении лопасти с частотой  $\Omega = 2\pi f_0$  будет происходить с такой же частотой и изменение ее углового положения. Это означает, что в рассеянном сигнале будут наблюдаться отклики на частоте вращения и ее гармониках.

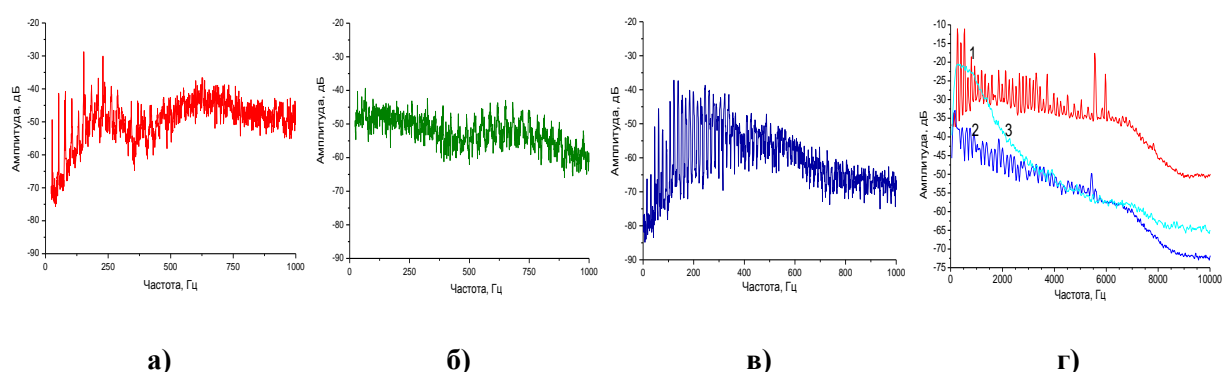
Следует отметить, что скорость движения кромки несущего винта для эффективного его использования всегда стараются реализовывать максимально возможной. Для рулевого винта это условие не является столь жестким, поэтому получаемые с использованием приведенных выше соотношений частоты вращения рулевого винта дают верхнюю оценку, когда воздушный поток является еще дозвуковым. В резонансной области ЭПР корпуса вертолета на вертикальной поляризации меньше, чем на горизонтальной. Разница может достигать 10дБ. ЭПР корпуса и несущего винта в резонансной области на горизонтальной поляризации примерно одинаковы. Различия не превышают 3 дБ. Разница ЭПР в резонансной и коротковолновой областях частот для большинства вертолетов различных типов менее 6дБ. В тоже время частоты модуляции несущим винтом для различных типов вертолетов могут отличаться в 3...4 раза. Еще больше отличия в частотах модуляции рулевым винтом. Отличия могут достигать 10...15 раз.

Приведенные в (2-4) соотношения можно использовать и для оценки ЭПР самолетов и БПЛА. Из полученных данных видно, что резонансные частоты для крупных самолетов (СБ, ГП, Т, П, РО) составляют 3...6МГц и ниже, чем у вертолетов (10...20МГц) и истребителей (10...17МГц). Поскольку ЭПР в резонансной области

определяется значением резонансной частоты (2), то ЭПР крупных самолетов (СБ, ГП, Т, П, РО) может достигать 40дБ/м<sup>2</sup>, в то время как для вертолетов и небольших самолетов не превышает 30дБ/м<sup>2</sup>, хотя типовые значения 23...27дБ/м<sup>2</sup>.

Таким образом, разные типы вертолетов различных стран отличаются как частотами модуляции рассеянного сигнала, вращающимися лопастями, так и резонансными ЭПР и частотами. Эти параметры и могут служить набором информативных признаков, используемых для распознавания их типов. Наиболее устойчивыми являются признаки, основанные на использовании частот модуляции. Признаки, основанные на использовании интенсивности рассеянного сигнала от поляризации и частоты в большей степени подвержены изменениям вследствие изменения ракурса наблюдения вертолета и курсового угла его движения.

Анализ показал, что более информативны для решения задачи распознавания частоты модуляции, чем интенсивность рассеянного сигнала. Для проверки предложенной методики оценки частоты вращения винтов и частот модуляции, использующей их оптические портреты, были использованы записи акустических шумов вертолетов. Примеры их спектров приведены на рис. 1а-в.



**Рис.1- Спектры акустического шума объектов техники: а- Bell-429: частота модуляции несущего винта 26 Гц; б- McDonnell Douglas MD 900 Explorer: частота модуляции несущего винта 36 Гц; в- Ка-32К: частота модуляции несущего винта 16 Гц; г- БПЛА: 1- БПЛА самолетного типа, 2.-БПЛА мультироторного типа, 3- порыв ветра.**

Видна линейчатая структура спектра, причем разность частот определяется частотами модуляции несущими и рулевыми лопастями. Сравнение этих частот с расчетными значениями, приведенными в табл. 1 показывает на их удовлетворительное соответствие, ошибка расчета не превышает 10%. Для акустических и радиолокационных спектров малоразмерных аэродинамических объектов- беспилотных летательных объектов (БПЛА) характерны те же особенности, связанные с частотой вращения двигателя, которая для них имеет величину 7000...11000 об/мин.- рис. 1 г. Там же приведен акустический спектр шумов ветра, который затрудняет акустическое обнаружение объектов. Режекция низкочастотной области шумов (от 0 до 2...3кГц) позволяет существенно (на 5...25дБ) улучшить соотношение сигнал/шум.

### **Вычисление частоты модуляции при помощи кепстра.**

Под кепстром  $C_S(q)$  понимают энергетический спектр функции  $\ln|S(w)|^2$ , определяемый выражением:

$$C_S(q) = \int_{-\infty}^{\infty} \ln|S(w)|^2 \exp(-iqw)dw \quad (7)$$

Другими словами, кепстр определяет последовательность коэффициентов разложения функции  $\ln|S(w)|^2$  в ряд Фурье. Аргумент  $q$  имеет размерность времени, но

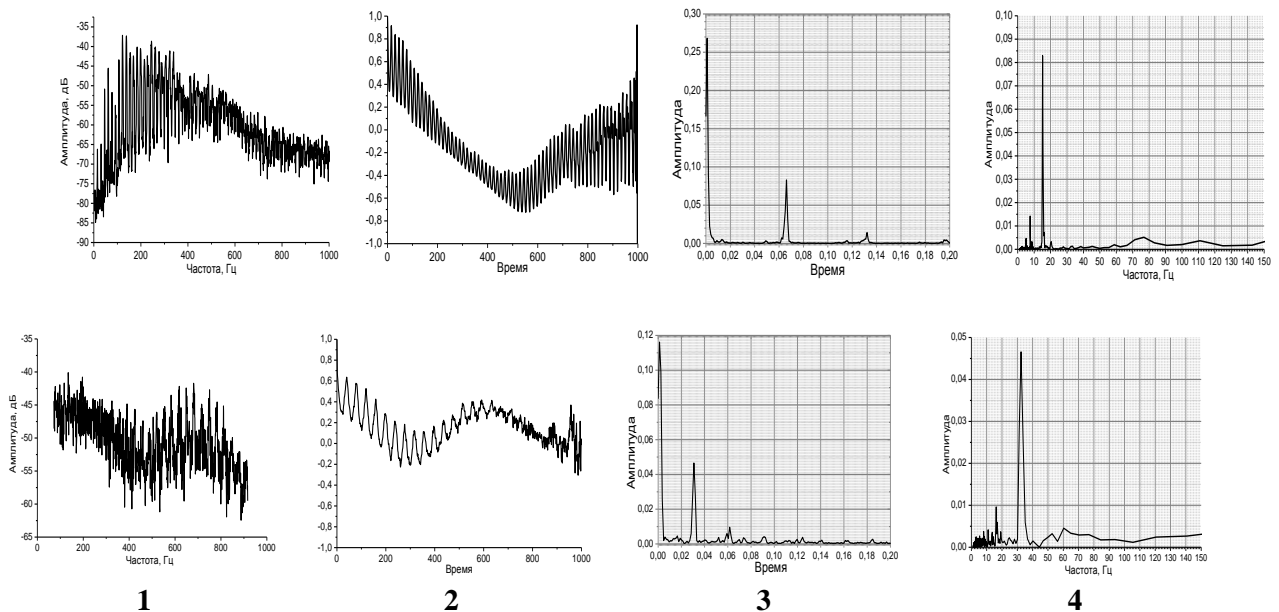
это особое, кепстральное время, поскольку  $C_s(q)$  в любой момент  $q$  зависит от  $s(t)$  исходного сигнала со спектральнозаданной на интервале  $-\infty < t < \infty$ . Иногда  $q$  называют «сачтота» или «кьюфренси» (анаграммы от русского *частота* или английского *frequency*). В английском языке есть два аналога этого понятия — *kepstrum* и *cepstrum* [11].

Пример использования кепстральной обработки для выделения модуляционных частот связанных с вращением винтов вертолетов приведен на рис. 2.

По исходной записи сигнала акустического шума с использованием преобразования Фурье получался спектр  $S(i\omega) = F(S(t))$ , затем от логарифма модуля спектра вычисляют корреляционную функцию  $R(\Delta\omega) = \int_0^\infty \ln(|S(\omega)|) \ln(|S(\omega + \Delta\omega)|) d\omega$ , после чего от полученной корреляционной функции вычисляется преобразование Фурье, которое будет являться кепстром исходного процесса-  $C(\tau) = F(R(\Delta\omega))$ , где  $F(*) = \int_0^\infty (*) \exp(-i\omega t) dt$  – преобразование Фурье.

Логарифмирование спектра позволяет подчеркнуть низкоинтенсивные спектральные компоненты, а вычисление взаимно корреляционной функции выделить периодичность в спектре, связанную с модулирующими эффектом винтов. Преобразование Фурье от корреляционной функции обеспечивает получение кепстра, в котором максимумы спектральной плотности будут соответствовать периоду модуляции винтами.

Видно, что в спектрах акустических шумов различных типов вертолетов (для нашего примера К-32 и McDonnell Douglas MD 900) прослеживаются гармоники модулирующей частоты вращения винтов (рис.2.1). Следует отметить, что у выбранных типов вертолетов есть только несущие винты. Это приводит к тому, что в корреляционной функции, рассчитанной по логарифму спектра, прослеживается, связанная с этим периодичность (рис.2.2). Фурье преобразование от корреляционной функции (кепстр – рис.2.3) имеет отклик соответствующий кьюфренси (сачкоте) периоду модуляционной функции, которая как видно имеет величину примерно 15Гц и 30Гц соответственно (рис.2.4).



**Рис.2- Спектры(1), атокорреляционные функции - АКФ (2), БПФ от АКФ- кепстры (3) и периодограмма от кепстров( 4) для различных вертолетов: а- Ка-32; в- McDonnell Douglas MD 900.**

Результаты оценки модулирующих частот винтов для нескольких типов вертолетов приведены в табл. 1.

**Таблица 1. Экспериментальные и расчетные значения частот модуляции несущего и рулевого винтов.**

Тип вертолета	Частота модуляции несущего винта, Гц			Частота модуляции рулевого винта, Гц		
	Эксперимент		Расчет	Эксперимент		Расчет
	Спектр	Кепстр		Спектр	Кепстр	
McDonnell Douglas MD 900 Explorer	36	32,4	39,3	-		-
Камов Ка-32К	16	15,1	15,3			
КВЗ-АНСАТ		24,1	21,1		70,3	96,6
Bell-210	11		11	56		62
Bell-429	26		29	-		98
Ми-8АТМШ		15	15,3			41,5
Ми-8АМТ			19,1			62,3

Сопоставление частот модуляции, полученных расчетным методом, с частотами акустического и радиолокационного портрета показывает в большинстве случаев на их удовлетворительное соответствие.

Аналогичные особенности характерны и для вторичных полей. В спектре сигнала УКВ вещательной станции, рассеянного вертолетом прослеживаются частоты, обусловленные наличием вращающихся элементов. Они видны как в корреляционной функции, вычисленной от логарифма спектра, так и в ее Фурье преобразовании (кепстре).

### Заключение

1. Интенсивность рассеянного вертолетами сигнала является слабо информативным признаком. ЭПР различных типов вертолетов отличается не более чем на 6дБ в резонансной области и 4 дБ в коротковолновой, причем большие значения ЭПР имеют транспортные вертолеты - меньшие - ударные.. Одинаковые типы вертолетов (транспортные, ударные, многоцелевые) различных производителей, разных стран имеют несущественные различия по ЭПР как в резонансной так и коротковолновой областях.

2. В тоже время частоты модуляции рассеянного сигнала несущими и рулевыми винтами для различных типов вертолетов и стран производителей отличаются весьма существенно, что может использоваться для их различения. Частоты вращения винтов вертолета могут быть определены по их габаритным размерам и акустическим шумам.

3. Акустические портреты воздушных и наземных объектов техники позволяют по частоте модуляции лопастями для вертолетов винтов и для самолетов с пропеллеров определить обороты двигателя, которые также проявляются в отраженных радиолокационных сигналах в вибрации корпуса объектов техники и модуляции - пропеллерной, винтовой и турбинной рассеянного сигнала.

4. Увеличение количества оборотов двигателя приводит не только к возрастанию частоты, но и уровня вибраций, наиболее сильно при режимах максимальных оборотов. Резкое увеличение амплитуды частоты вибрации может служить признаком работы двигателя в режиме форсажа.

5. В спектрах отражений от аэродинамических объектов с винтовым движителем при временах наблюдения превышающих период вращения винта наблюдаются спектральные компоненты с частотами кратными частоте вращения с кратностью, определяемой количеством винтов и лопастей.

б. Акустические портреты и оптические изображения объектов техники могут служить основой для определения сигнатур в их радиолокационных портретах.

### Литература

1. Lutsenko V.I., Khomenko S.I. Frequency Dependences of Target RCS at Decameter Wave lengths / «Telecommunications and radio engineering», 1997, N4, pp.67-74
2. Lutsenko V. I., Tolstel S. Y. Frequency Dependences of Scattering Matrices in the Resonance Domain // Telecommunication and Radio Engineering. - 2001. - V. 55, № 4. - P. 33-39.
3. Радиоэлектронные системы: основы построения и теория. Справочник/ Ширман Я.Д., Лосев Ю.И., Минервин Н.Н., Москвитин С.В., Горшков С.А., Леховицкий Д.И., Левченко Л.С. / под. ред. Я.Д.Ширмана. – М.: ЗАО «МАКВИС», 1998. – 828с.
4. В. Г. Небабин, В. В. Сергеев Методы и техника радиолокационного распознавания. - М.: Радио и связь, 1984. - 152 с.
5. Обнаружение и распознавание объектов радиолокации. Коллективная монография / Под ред. А.В.Соколова. – М.: «Радиотехника, 2006. – 176 с.
6. С.Р. Гейстер, В.И. Курлович, С.В. Шаляпин Экспериментальные исследования спектральных портретов винтовых и турбореактивных самолетов в радиолокаторе обзора с непрерывным зондирующим сигналом // Радиолокация и радиометрия, № 2, Радиолокационное распознавание и методы математического моделирования, Вып. III. 2000.
7. Черных М.М., Васильев О.В., Богбанов А.В., Савельев А.Н., Макаев В.Е. Экспериментальные исследования информационных свойств когерентных радиолокационных сигналов // Радиотехника.- 2000, № 3.
8. Вертолеты / Электронный ресурс <http://www.ukamina.com/books/vertoleti.html>
9. Е.В. Емельянов, Г.А. Дорофеева Диэлектрическая проницаемость композиционных материалов на основе многостенных углеродных нанотрубок, измеренная методом открытого квазиоптического резонатора // Электроника, измерительная техника, радиотехника и связь, Доклады ТУСУРа, № 2 (22), часть 2, декабрь 2010 С38-40.
10. Кобак В. О. Радиолокационные отражатели. - М.: Советское радио.- 1975. – 348с.
11. В. Р. Bogert, M. J. R. Healy, and J. W. Tukey: "The Quefreny Alanysis of Time Series for Echoes: Cepstrum, Pseudo Autocovariance, Cross-Cepstrum and Saphe Cracking". Proceedings of the Symposium on Time Series Analysis (M. Rosenblatt, Ed) Chapter 15, 209-243. New York: Wiley, 1963.