

УДК 621.396.67

ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ПОЛЕЙ РАССЕЯНИЯ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ОБЪЕКТОВ Алешкевич Н.Н., Гринчук А.П., Громыко А.В., Кныш В.П.

НИУ «Институт прикладных физических проблем имени А.Н.Севченко» БГУ
Минск, Республика Беларусь

Аннотация. В работе приведены методика измерения эффективной поверхности рассеяния крупногабаритных объектов и результаты экспериментального исследования макета беспилотного летательного аппарата.

Ключевые слова: эффективная поверхность рассеяния, беспилотный летательный аппарат.

FEATURES OF MEASURING FIELDSCATTERING OF LARGE OBJECTS Aleshkevich N., Grinchuk A., Gromyko A., Knysh V.

A.N. Sevchenko Scientific-Research Institute of Applied Physics Problems of BSU
Minsk, Republic of Belarus

Annotation. The paper presents a technique for measuring the effective scattering surface of large objects and the results of an experimental study of an unmanned aerial vehicle model.

Key words: effective scattering surface, unmanned aerial vehicle.

Адрес для переписки: Кныш В.П., ул. Курчатова 7, 220045, Минск, Республика Беларусь.
e-mail: lperfp@bsu.by

Измерение эффективной поверхности рассеяния (ЭПР) любого объекта предполагает размещение его в поле плоской волны. Распространенным способом получения нужного распределения поля является выбор такого расстояния от приемно-передающей антенны, на котором поле в зоне объекта можно было бы считать квазиплоским. Для крупногабаритных объектов это расстояние может быть таким большим, что измерения с трудом реализуемы даже в полигонных условиях [1].

Существует методика расчета ЭПР тела сложной формы расчленением его на элементы, которую, в принципе, можно применить для измерения ЭПР [2].

Методика измерений ЭПР заключается в формировании в зоне расположения объекта пятна с квазиплоским распределением поля. В зависимости от размеров пятна объект разбивается на n фрагментов, которые последовательно помещаются в зону пятна и фиксируется их ЭПР σ_n для получения ЭПР всего объекта.

Существует несколько методов объединения величин ЭПР отдельных фрагментов в [1]:

- метод относительной фазы;
- метод случайной фазы;
- метод аддитивных средних ЭПР;
- метод дисперсии.

В ряде задач необходимо предварительно оценить хотя бы максимально возможную ЭПР объекта. В этом случае сигналы от всех фрагментов приходят в приемную антенну синфазно, а ЭПР объекта, состоящего из N фрагментов имеющих ЭПР σ_n можно оценить как

$$\sigma \left(\sum_{n=1}^N \sqrt{\sigma_n} \right)_{\max}^2. \quad (1)$$

Так, например, для объекта из двух фрагментов:

$$\sigma_{\max 2} = \left(\sqrt{\sigma_1} + \sqrt{\sigma_2} \right)^2 = \sigma_1 + \sigma_2 + 2\sqrt{\sigma_1\sigma_2}, \quad (2)$$

из трех:

$$\sigma_{\max 3} = \left(\sqrt{\sigma_1} + \sqrt{\sigma_2} + \sqrt{\sigma_3} \right)^2 = \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 + 2\sqrt{\sigma_1\sigma_2} + 2\sqrt{\sigma_1\sigma_3} + 2\sqrt{\sigma_2\sigma_3}. \quad (3)$$

То есть ЭПР объекта может быть больше суммы ЭПР фрагментов. В то же время просто сумма ЭПР σ_n довольно близка по своему значению к среднему значению ЭПР σ_{cp} :

$$\sigma_{cp} = \sum_n \sigma_n \quad (4)$$

Именно этот критерий был выбран в данной работе для оценки ЭПР макета беспилотного летательного аппарата (БЛА). Корпус БЛА имел диаметр 0,2 м и длину 1,5 м. Отсоединяемые крылья имели длину по 1,3 м.

Из-за больших размеров БЛА пришлось проводить фрагментальные обмеры корпуса и крыла макета отдельно и последующей оценкой суммарной ЭПР с учетом затенения крылом корпуса.

Измерение ЭПР объектов проводилось в безэховой камере размерами 2,5×3,5×6,5 м³, покрытой ПЭВ ТОРА 25. В качестве приемно-передающей антенны была использована измерительная антенна П6-23М, которая подключена к векторному анализатору MS4642В.

Объект устанавливался на пенопластовую подставку рис. 1, которая в свою очередь размещалась на поворотном столике с возможностью

перемещения вдоль задней стенки камеры. Расстояние до антенны – 5 м.

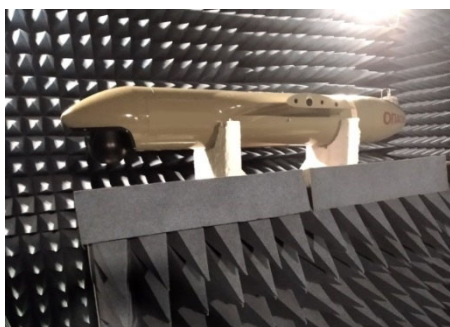


Рисунок 1 – Корпус БЛА в зоне измерений

Первоначально выбиралась рабочая зона установки объекта и в центр ее юстировалась антенна П6-23М. Во всем рабочем диапазоне 8–12 ГГц спад амплитуды поля менее 3 дБ и разностью хода меньше полдлины волны на краях рабочей зоны был при ее размерах 60×60 см². Такой размер рабочей зоны предполагает разбиение корпуса и крыла макета в зависимости от ракурса на 1–3 фрагмента

С помощью векторного анализатора MS4642B осуществляется компенсация принятого антенной сигнала, обусловленного КСВ антенны, и внешним шумовым фоном камеры. Обычно в экранированной камере помеховый сигнал после компенсации не превышает уровня в от –80 до –90 дБ.

Калибровка измерительного тракта осуществлялась с помощью эталонного диска диаметром 2а = 140 мм при СВЧ излучении с длиной волны λ, ЭПР которого описывается формулой [3, 4]:

$$\sigma_0 = \frac{2\pi}{a^2} \left(\frac{2\pi}{\lambda^2} \right)^2. \quad (5)$$

Для этого в рабочую зону помещается и юстируется диск и фиксируется частотная зависимость принятого сигнала $S_{эт}$.

Далее в рабочую зону помещается объект и для каждого его ракурса и фрагмента фиксируется в частотном диапазоне отраженный сигнал $S_{об}$. При фиксировании отраженных сигналов в децибелах ЭПР σ вычисляется:

$$\sigma = \sigma_0 \cdot 10^{\Delta/10} \quad (6)$$

где $\Delta = S_{об} - S_{эт}$.

В соответствии с приведенной методикой макет БЛА был исследован в горизонтальной плоскости при углах поворота БЛА от оси симметрии 0°–180° в частотном диапазоне 8–16 ГГц и горизонтальной поляризации вектора E падающей волны. Весь диапазон принимаемых сигналов в рамках исследования был в диапазоне от –65 до –35 дБ, что позволяет не учитывать уровни некомпенсированного сигнала. На рис. 2 приведены зависимости ЭПР макета от угла поворота для частот 8, 12 и 16 ГГц.

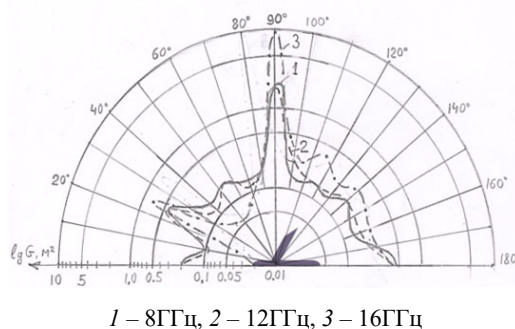


Рисунок 2 – Зависимость ЭПР БЛА от угла поворота для частот

Ожидаемо максимумы ЭПР наблюдаются при 90° (падение волны перпендикулярно корпусу) и 25° (падение волны перпендикулярно кромке крыла).

Следует отметить, что макет изготовлен из стеклопластиковых и металлических частей и никаких мер по коррекции ЭПР не проводилось. Основной задачей макета было соответствие аэродинамическим требованиям.

Что касается вида частотной зависимости реальной ЭПР, то в силу наличия нескольких центров рассеяния он имеет довольно изрезанный характер, анализировать который в полной мере невозможно.

Литература

1. Майзельс, Е. Н. Измерение характеристик рассеяния радиолокационных целей / Е. Н. Майзельс, В. А. Торгованов. – М. «Сов. радио», 1972. – 235 с.
2. Штагер, Е. А. Рассеяние волн на телах сложной формы. / Е. А. Штагер, Е. В. Чаевский. – М.: «Сов. Радио», 1974. – 240 с.
3. Кобак, В. О. Радиолокационные отражатели / В. О. Кобак. – М.: «Сов. радио», 1975. – 248 с.
4. Методы исследования радиолокационных характеристик объектов. Монография / Под ред. С. В. Ягольникова. – М.: Радиотехника, 2012. – 296 с.