

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОЙ ПЛОЩАДИ РАССЕЯНИЯ МАЛООТРАЖАЮЩИХ ОБЪЕКТОВ

Моряков С.И.

2 ЦНИИ МО РФ

При современном уровне развития измерительных средств наиболее точные и достоверные результаты исследований эффективной площади рассеяния (ЭПР) малоотражающих объектов и основных отражательных элементов их конструкций, с учетом габаритных размеров, могут быть получены с использованием радиолокационных измерительных комплексов (ИК) открытого типа.

Исследование малоотражающих объектов с уровнями отражений 0,01...0,001 м² и менее показало необходимость выявления доминирующих источников ошибок измерения и причин их возникновения.

Целью данной работы являлось повышение точности измерения ЭПР малоотражающих объектов на радиолокационном измерительном комплексе открытого типа.

Суммарная погрешность Δ (граница суммарной погрешности) измерения ЭПР на радиолокационном комплексе определяется суммой не исключенной систематической и случайной составляющих погрешности как [1]:

$$\Delta = \sqrt{\frac{\theta^2}{3} + \delta^2}, \quad (1)$$

где θ – систематическая составляющая погрешности;

δ – случайная составляющая погрешности.

Случайную составляющую при этом можно записать как:

$$\delta = \sqrt{\delta_1^2 + \delta_2^2 + \delta_3^2 + \delta_4^2}, \quad (2)$$

где δ_1 - составляющая случайной погрешности, обусловленная неравномерностью амплитудно-фазового распределения поля в рабочей зоне комплекса; δ_2 - составляющая случайной погрешности, обусловленная остаточным некомпенсированным фоном; δ_3 - составляющая случайной погрешности, обусловленная нестабильностью энергетического потенциала измерительных установок (ИУ) комплекса; δ_4 - составляющая случайной погрешности, обусловленная другими неучтенными факторами.

В свою очередь, на величину составляющей погрешности δ_2 непосредственно влияет ряд факторов, таких как наличие переотражений от подстилающей поверхности, от механизма вращения и системы крепления объекта в рабочей зоне, а также наличия собственных шумов приемных устройств (ПУ) ИУ. Вопросы оценки вклада каждой из составляющих и минимизации влияния подстилающей поверхности рассмотрены в работе [2].

Совершенствование измерительных средств является не менее важной задачей решаемой в интересах повышения точности измерения ЭПР малоотражающих объектов.

Проведенные экспериментальные исследования показали, что после минимизации фоновых переотражений на комплексе, значительный вклад в составляющую погрешности при измерении малоотражающих объектов также вносят собственные шумы приемных устройств ИУ. Применение ряда технических решений, таких как установка в ИУ малошумящих усилителей промежуточной частоты, а также модернизация логарифмических усилителей, позволило добиться уменьшения внутреннего шума ПУ, что в свою очередь привело к снижению суммарного уровня фона с $(3...4) \times 10^{-4} \text{ м}^2$ до $(2...3) \times 10^{-5} \text{ м}^2$. На рисунке 1 приведены диаграммы обратного отражения металлической сферы, с уровнем собственных отражений $0,001 \text{ м}^2$, записанные до и после проведения работ по модернизации измерительного оборудования ИУ миллиметрового диапазона длин волн.

Границу систематической погрешности из соотношения (1) можно определить как:

$$\theta = \sqrt{\theta_1^2 + \theta_2^2 + \theta_3^2 + \theta_4^2 + \theta_5^2}, \quad (3)$$

где θ_1 - составляющая систематической погрешности, обусловленная рабочими мерами (эталоны); θ_2 - составляющая систематической погрешности, обусловленная остаточным некомпенсированным фоном; θ_3 - составляющая систематической погрешности, обусловленная поляризационной развязкой; θ_4 - составляющая систематической погрешности, обусловленная нелинейностью измерительного тракта; θ_5 - составляющая систематической погрешности, обусловленная другими неучтенными факторами.

В данном случае под θ_4 фактически понимается погрешность, обусловленная неточностями в сопоставлении мгновенных значений ЭПР исследуемого объекта, со значениями от заведомо известных простых объектов (эталонов). Особую сложность при построении калибровочной характеристики имеет та ее часть, которая близка к уровням собственных шумов приемника. Для ее построения применяются металлические сферы малых волновых размеров. При этом процесс калибровки является важнейшей частью эксперимента и непосредственно влияет на точность измерения ЭПР.

Внесение в схему приемного тракта ИУ калиброванного аттенюатора обеспечило возможность калибровки всего диапазона возможных значений ЭПР при помощи одного достаточно стабильного эталона, последовательно увеличивая степень затухания сигнала, и добиваясь максимально точного построения калибровочной характеристики для ИУ на уровнях $0,001 \text{ м}^2$ и менее. На рисунке 2 приведены графики калибровочных характеристик ИУ выполненные при помощи набора эталонов и калиброванного аттенюатора.

Таким образом, в результате принятых мер по повышению точности измерения ЭПР малоотражающих объектов на радиолокационном измерительном комплексе составляющая случайной погрешности δ_2 была уменьшена на 5 дБ. Составляющая систематической погрешности при измерении сверхмалых уровней ЭПР θ_4 была снижена на $1...1,5$ дБ, суммарная погрешность измерения ЭПР при этом стала составлять не более 2 дБ.

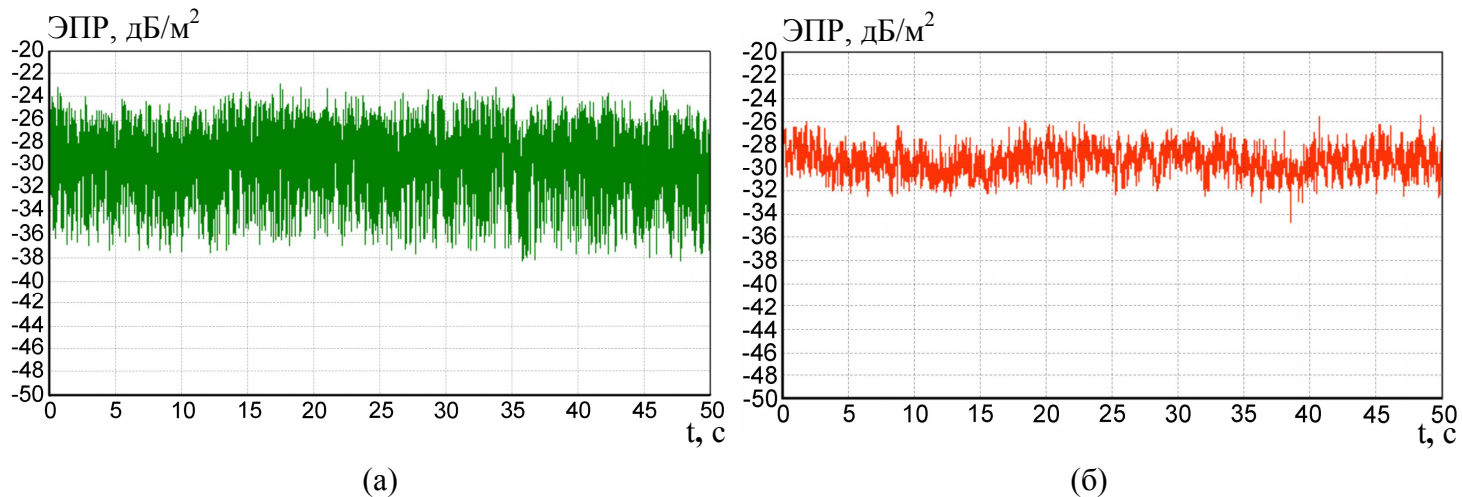


Рисунок 1 - Диаграмма обратного отражения металлической сферы с уровнем собственных отражений $0,001 \text{ м}^2$: а – до проведения работ; б – после.

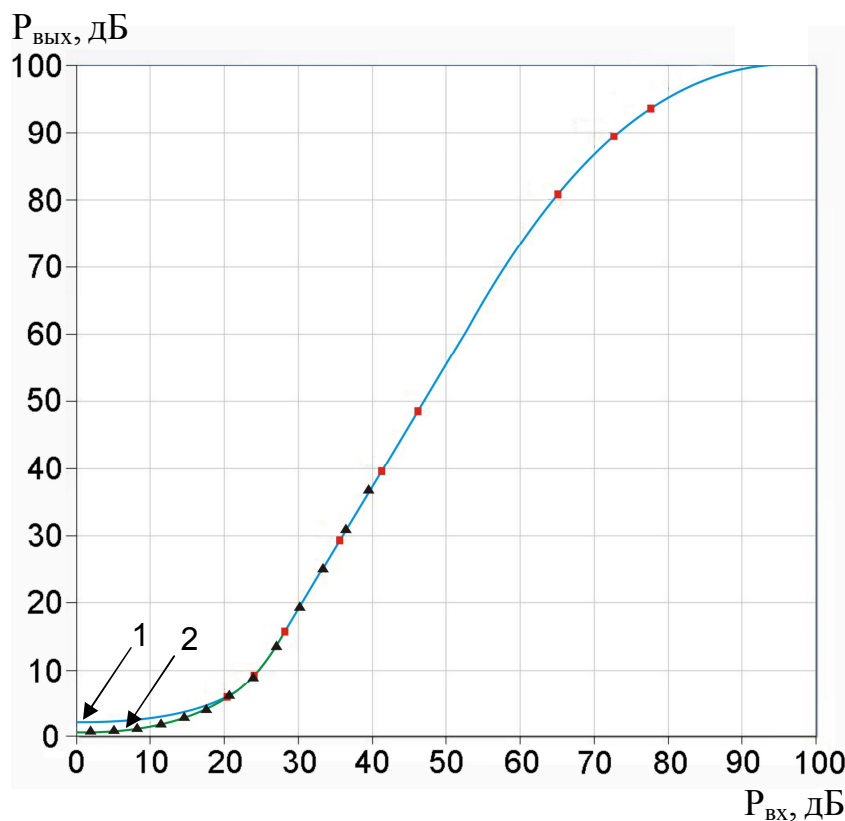


Рисунок 2 - Пример построенных калибровочных характеристик ИУ: 1 - при помощи набора эталонов; 2 - при помощи калиброванного аттенюатора.

Литература

1. ГОСТ 8.207-76. «ГСИ. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений» М.: Госстандарт России, 1976.

2. *Моряков С.И.* Метод оценки влияния подстилающей поверхности на результаты измерения радиолокационных характеристик летательных аппаратов. М: РЭ, №11, 2009.

3. *Кобак В.О.* Радиолокационные отражатели. М.: Сов. радио, 1975.