

УДК 621.396.96

А.З. Сазонов

ОАО «АО Национальный исследовательский институт радиоизмерений», Харьков

РАСЧЕТ ПОЛЯ, РАССЕЯННОГО МОДЕЛЬЮ СТРАТЕГИЧЕСКОГО БОМБАРДИРОВЩИКА В-2, В АПЕРТУРЕ АНТЕННЫ ГОЛОВКИ САМОНАВЕДЕНИЯ

На базе разработанного метода расчета рассеянных полей в ближней зоне проведено их математическое моделирование для объектов сложной формы с неидеально проводящей поверхностью. Приведены результаты расчетов ближнезональных полей, рассеянных моделью бомбардировщика В-2, с радиопоглощающим покрытием.

рассеянное поле, ближняя зона, объект сложной формы, радиопоглощающее покрытие

Введение

Когда зенитная управляемая ракета (ЗУР) оказывается в ближней зоне аэродинамического объекта, суперпозиция полей отдельных локальных центров рассеяния создает в апертуре антенны пеленгатора волну с неплоским фронтом и весьма изрезанным амплитудным рельефом. Это приводит, в конечном счете, к заметным ошибкам пеленга, а иногда и к срыву сопровождения. Наличие априорной информации о распределении поля в апертуре пеленгатора для различных взаимных конфигураций ракеты, цели и направления подсвета позволит оценить возможные ошибки пеленга для финальной стадии полета ракеты. В работах [1 – 2] изложен метод расчета ближних полей и проведено моделирование процесса пеленгации в ближней зоне для идеально проводящего объекта сложной формы. Наличие же радиопоглощающих покрытий на объекте либо просто неотражающих композитных материалов, из которых изготовлены отдельные части аэродинамического объекта, а также использование технологии "Стелс", в свою очередь, приводит к существенному изменению рассеянного поля вблизи объекта.

В настоящей статье приводятся результаты математического моделирования рассеянных полей для модели стратегического бомбардировщика В-2, снабженного радиопоглощающим покрытием, в апертуре антенны головки самонаведения.

Основные расчетные соотношения

Пусть на объект с поверхностью S падает плоская волна

$$\begin{aligned} \vec{E}^0(\vec{x}) &= \vec{p}^0 \exp \left[jk_0(\vec{R}^0 \cdot \vec{x}) \right], \\ \vec{H}^0(\vec{x}) &= (\vec{R}^0 \times \vec{p}^0) \sqrt{\varepsilon_0/\mu_0} \cdot \exp \left[jk_0(\vec{R}^0 \cdot \vec{x}) \right]. \end{aligned} \quad (1)$$

Используя разработанный автором в [3] метод, учитывающий как большие электрические размеры и малые кривизны объекта, так и наличие радиопоглощающего покрытия, получим

$$\vec{p} \cdot \vec{E}^{\text{рас}}(\vec{x}_0) = \frac{1}{j4\pi k_0} \int_{S_0} \left\{ \left[\frac{2(1 - jk_0 r)}{r^2} \cdot \vec{p}^{\parallel} + (k_0^2 + \right.$$

$$\begin{aligned} &\left. \frac{jk_0 r - 1}{r^2} \right] \cdot \vec{p}^{\perp} \right\} \cdot \left[\vec{n} \times (\vec{R}^0 \times \vec{p}^0) + \vec{n} \times (\vec{R}^1 \times \vec{p}^1) \right] - \\ &\left((k_0^2 r + jk_0) / r \right) \cdot \vec{p} \cdot \left(\left[\vec{n} \times (\vec{p}^0 + \vec{p}^1) \right] \times \vec{r}^0 \right) \Bigg\} \times \\ &\times \exp \left(jk_0 \left(r + (\vec{R}^0 \cdot \vec{x}) \right) \right) / r \, ds. \end{aligned} \quad (2)$$

Полученное выражение (2) является общим интегральным представлением для проекции рассеянного объектом поля на произвольное направление (с ортом $\vec{p}$).

Результаты расчета поля, рассеянного моделью бомбардировщика В-2, в апертуре антенны головки самонаведения

В статье приведены результаты математического моделирования поля, рассеянного моделью стратегического бомбардировщика В-2, выполненного по технологии «Стелс», в апертуре антенны головки самонаведения ЗУР.

Поверхность объекта была составлена из участков 26 эллипсоидов. Модель поверхности стратегического бомбардировщика приведена на рис. 1. Модель предполагалась имеющей радиопоглощающие покрытия из материала с относительными проницаемостями $\varepsilon' = 20 + j0,1$; $\mu' = 1,35 + j0,8$ и толщиной 1,3 мм.

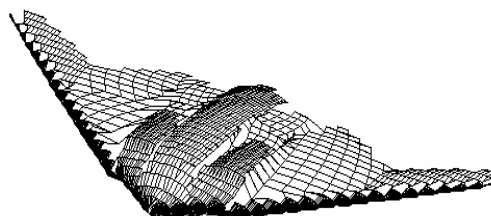


Рис. 1. Трехмерная модель поверхности стратегического бомбардировщика В-2

Апертура антенны представляла собой квадрат со сторонами 5 см. Система координат, связанная с апертурой антенны, приведена на рис. 2.

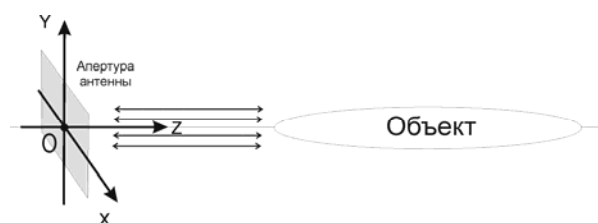


Рис. 2. Система координат, связанная с антенной ГСН ЗУР

Взаимное расположение апертуры антенны и модели объекта может быть произвольным. В данном случае рассматривается ситуация совмещенного приема. При этом носовой ракурс облучения (приема) соответствует углу места 0° и азимуту 0° (рис. 2). Предполагается, что апертура антенны всегда ортогональна направлению приема.

Мерой уровня энергии рассеянного поля служит величина, аналогичная значению ЭПР для дальней зоны рассеивателя:

$$\tilde{\sigma} = 4\pi R^2 \left| \vec{p} \cdot \vec{E}_{\text{рас}} \right|^2 / \left| \vec{p}^0 \cdot \vec{E}^0 \right|^2, \quad (3)$$

где R – расстояние от рассеивателя до приемника; $\vec{E}^0$ – напряженность электрического поля падающей на цель плоской волны; $\vec{p}$ – орт поляризации приемника; $\vec{p}^0$ – орт поляризации передатчика.

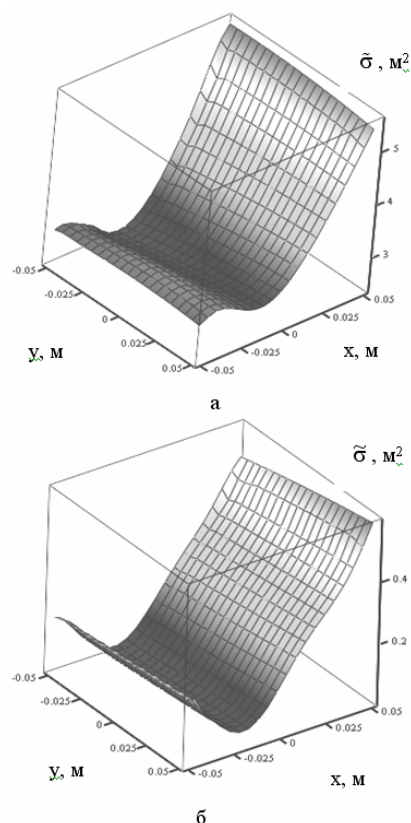
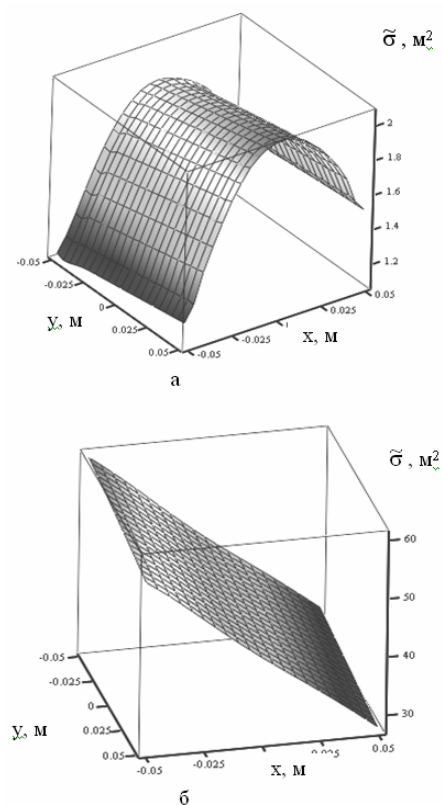
Орты поляризации $\vec{p}$ и $\vec{p}^0$ предполагались лежащими в плоскости крыла (горизонтальной).

На рис. 3–5 приведены зависимости $\tilde{\sigma}$ для модели В-2, покрытой радиопоглощающим материалом, на различных расстояниях (от 50 до 200 м) при облучении с носового ракурса объекта. Геометрические размеры апертуры антенны откладываются по осям x, y (нижняя плоскость куба).

Анализируя рис. 3–5, можно увидеть, что средняя величина $\tilde{\sigma}$ значительно изменяется от 0,3 (расстояние 75 м) до 30 м^2 (расстояние 125 м) в связи с осциллирующим характером данной величины.

Конструктивные особенности планера В-2, такие как заглаженные формы и отражение волны в заднюю полусферу, оказывают влияние и на геометрическую форму распределения поля в ближней зоне. На расстоянии 75 и 100 метров (рис. 3, б, 4, а) распределение поля имеет наименьшие значения. Это обусловлено тем, что в этих точках суперпозиция отраженных полей от локальных центров рассеяния поверхности объекта происходит практически в противофазе. Однако на этих графиках мы видим значительные отличия по форме распределения. На рис. 3, б наблюдается спадение величины $\tilde{\sigma}$ в центре апертуры антенны и возрастания к краям. На расстоянии 75 метров (рис. 4, а) процесс противоположенный – поле падает к краям апертуры.

На расстоянии 125 и 150 метров (рис. 4, б, 5, а) форма распределения $\tilde{\sigma}$ имеет уже другую структуру (практически наклонную плоскость) и ее средняя величина увеличивается до 30 м^2 , что связано с синфаз-

Рис. 3. Распределение $\tilde{\sigma}$ для модели стратегического бомбардировщика В-2 покрытого РПП, в апертуре антенны (угол места 0° , азимут 0°) на различных расстояниях: а – 50 метров, б – 75 метровРис. 4. Распределение $\tilde{\sigma}$ для модели стратегического бомбардировщика В-2 покрытого РПП, в апертуре антенны (угол места 0° , азимут 0°) на различных расстояниях: а – 100 метров, б – 125 метров

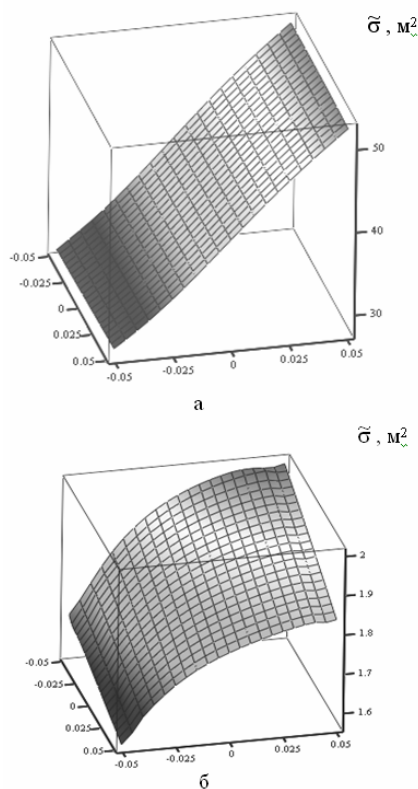


Рис. 5. Распределение $\tilde{\sigma}$ для модели стратегического бомбардировщика В-2 покрытого РПП, в апертуре антенны (угол места 0° , азимут 0°) на различных дальностях а – 150 метров, б – 200 метров

ным сложением полей, отраженных от различных локальных центров рассеяния. Основной вклад покрытия заключается в снижении величины $\tilde{\sigma}$ в среднем в 1,5 раза относительно величины распре-

деления поля для идеально проводящей модели для всех расстояний.

Выводы

На основе разработанной ранее методики расчета вторичного излучения аэродинамического объекта сложной формы получены результаты расчета энергетической характеристики рассеяния для модели стратегического бомбардировщика В-2. Указанная характеристика рассчитывалась в апертуре антенны головки самонаведения. Полученные результаты могут быть использованы для оценки ошибки пеленга при наведении ракеты на цель.

Список литературы

1. Бархударян Н.В., Ваджинский С.Э., Сазонов А.З., Василец В.А., Сухаревский О.И. Математическое моделирование процесса пеленгации в ближней зоне сложного протяженного объекта // Радиофизика и астрономия. – 2003. – Т. 8, № 2. – С. 217-223.
2. Бархударян Н.В., Сазонов А.З., Сухаревский О.И. Амплитудно фазовое распределение поля в апертуре антенны и его влияние на определение угловых координат объекта // Системы обработки інформації. – Х.: НАНУ, ПАНМ, ХВУ, 2003. – Вып. 3. – С. 52-58.
3. Сухаревский О.И., Иванов В.К., Сазонов А.З., Нечитайло С.В., Рябоконь Е.А. Метод расчета ближнего поля зеркальной антенны // Збірник наукових праць ІПМЕ. – К.: ІПМЕ, 2004. – Вып. 25. – С. 48-55.

Поступила в редколлегию 29.11.2007

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.И. Сухаревский, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.