

УДК 621.396.96

А.З. Сазонов

ОАО «АО Национальный исследовательский институт радиоизмерений», Харьков

## РАСЧЕТ ПОЛЯ, РАССЕЯННОГО МОДЕЛЮ 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 ближнезонных 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

$$\vec{E}^0(\vec{x}) = \vec{p}^0 \exp \left[ jk_0(\vec{R}^0 \cdot \vec{x}) \right], \quad (1)$$

$$\vec{H}^0(\vec{x}) = (\vec{R}^0 \times \vec{p}^0) \sqrt{\varepsilon_0/\mu_0} \cdot \exp \left[ jk_0(\vec{R}^0 \cdot \vec{x}) \right].$$

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

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

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

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.

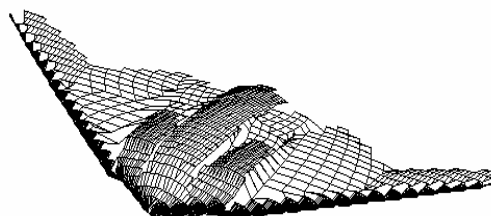


Рис. 1. Трехмерная модель поверхности стратегического бомбардировщика В-2

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

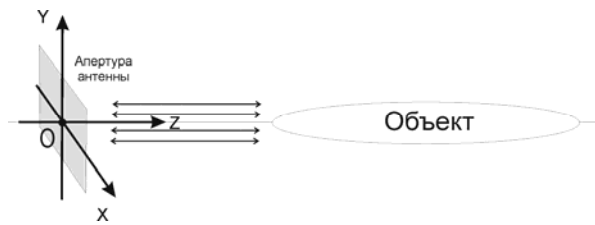


Рис. 2. Система координат, связанная с антенной ГСН ЗУР

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  $0^\circ$  и азимуту  $0^\circ$  (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.

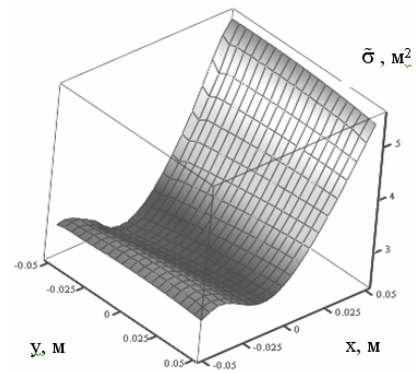
Орты поляризации  $\vec{p}$  и  $\vec{p}^0$  предполагались лежащими в плоскости крыла (горизонтальной).

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).

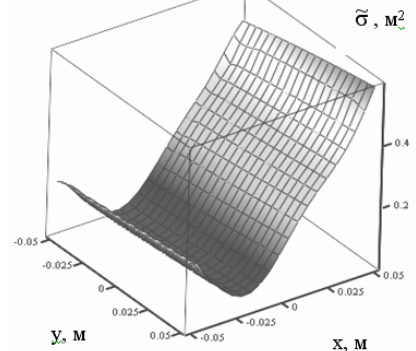
Анализируя рис. 3–5, можно увидеть, что средняя величина  $\tilde{\sigma}$  значительно изменяется от 0,3 (расстояние 75 м) до  $30 \text{ м}^2$  (расстояние 125 м) в связи с осциллирующим характером данной величины.

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 спадает 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  $30 \text{ м}^2$ , что связано с синфаз-

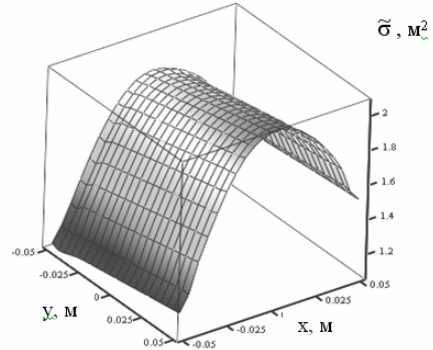


а

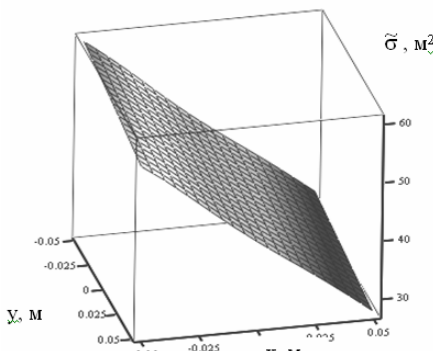


б

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



а



б

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

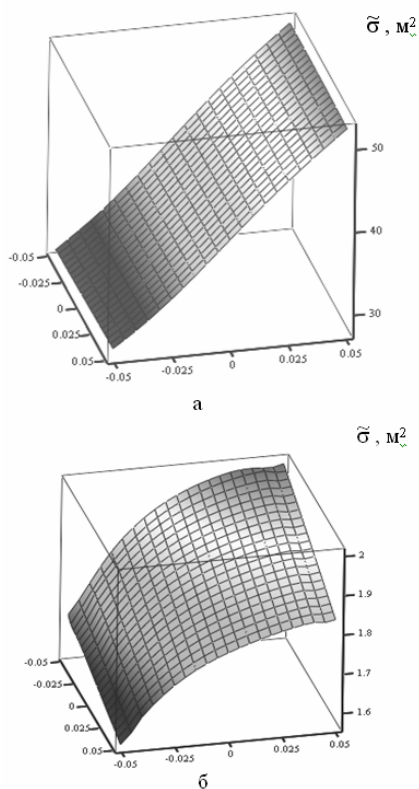


Рис. 5. Распределение  $\tilde{\sigma}$  для модели стратегического бомбардировщика В-2 покрытого РПП, в апертуре антенны (угол места  $0^\circ$ , азимут  $0^\circ$ ) на различных дальностях а – 150 метров, б – 200 метров

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., Важинский 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 информации.* – Х.: НАНУ, ПАНМ, ХВУ, 2003. – Вып. 3. – С. 52-58.
3. Сухаревский О.И., Иванов В.К., Сазонов А.З., Нечитайло С.В., Рябоконт 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.