

Літальні апарати: аеродинаміка, силові установки, обладнання та озброєння

УДК 621.396.96

О.І. Сухаревський¹, В.О. Василюк¹, М.М. Колчигін², Я.О. Белевщук¹, А.В. Поляков¹

¹Харківський університет Повітряних Сил імені І. Кожедуба, Харків

²Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Харків

РОЗРАХУНОК РАДІОЛОКАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МОДЕЛІ СТРАТЕГІЧНОГО БОМБАРДУВАЛЬНИКА B52

Розроблена модель поверхні стратегічного бомбардувальника B52. Наведені основні співвідношення для розрахунку ефективної поверхні розсіяння об'єкту, що розглядається. Проведені розрахунки радіолокаційних характеристик (ефективної поверхні розсіяння, некогерентної ефективної поверхні розсіяння, середніх та медіанних значень ефективної поверхні розсіяння, щільності розподілу ймовірності) B52 для різних частотних діапазонів. Зроблені висновки відносно використання отриманих результатів.

Ключові слова: радіолокаційні характеристики, ефективна поверхня розсіяння.

Вступ

Постановка проблеми і аналіз літератури. B52 – американський стратегічний бомбардувальник (СБ). Знаходиться на озброєнні армії США. Як об'єкт військової техніки СБ B52 потребує знання його радіолокаційних характеристик (РЛХ).

Отриманню довідкових даних про РЛХ, зокрема ефективну поверхню розсіяння (ЕПР) СБ B52 у різних частотних діапазонах опромінення присвячена ця стаття.

Мета роботи – отримання РЛХ (ЕПР, некогерентної ЕПР (НЕПР), середніх та медіанних значень ЕПР) СБ B52.

Основний матеріал

Основною характеристикою, яка визначає властивості об'єкту, що відбиває електромагнітні хвилі, є ЕПР [1, 2]:

$$\sigma = \lim_{R \rightarrow \infty} 4\pi R^2 \frac{|\vec{p} \cdot \vec{E}^{np}(\vec{R}, \vec{r}^0)|^2}{|\vec{p} \cdot \vec{E}(\vec{R}^0)|^2}, \quad (1)$$

де R – відстань між передавачем і об'єктом;

$\vec{E}(\vec{R}^0)$ – вектор електричної напруженості плоскої електромагнітної хвилі, що поширюється у напрямі орта $-\vec{R}^0$;

$\vec{E}^{np}(\vec{R}, \vec{r}^0)$ – вектор електричної напруженості електромагнітної хвилі, що розсіяна об'єктом у напрямі орта \vec{r}^0 ;

\vec{p}^{np}, \vec{p} – орти поляризації приймальної і передавальної антен відповідно. Передбачається, що

зондування проводиться плоскою монохроматичною електромагнітною хвилею одиначної амплітуди.

Для розрахунку вторинного випромінювання об'єктів складної форми їх поверхня умовно розділяється на дві частини: „гладкі” ділянки і локальні ділянки розсіяння крайкового типу

$$\vec{E}^{np} = \vec{E}_{гн}^{np} + \vec{E}_{кр}^{np}. \quad (2)$$

Моделювання поверхні СБ B52. Зовнішній вигляд СБ B52 зображено на рис. 1. Перший політ відбувся у 1952 році.

Характеристики СБ B52 [3]:
розмах крила – 56,39 м,
довжина – 47,73 м,
висота – 14,64 м,
площа крила – 371,6 м²,
маса – 69750... 199000 кг,
тип двигуна – 8 ТРД J57-P-43WA,
крейсерська швидкість – 842 км/год,
бойовий радіус дії – 5875 км,
практична стеля – 15200 м.



Рис. 1. СБ B52

У відповідності з конструкцією СБ B52 для проведення розрахунків РЛХ (зокрема, ЕПР) була

побудована модель його поверхні, яка представлена на рис. 2.

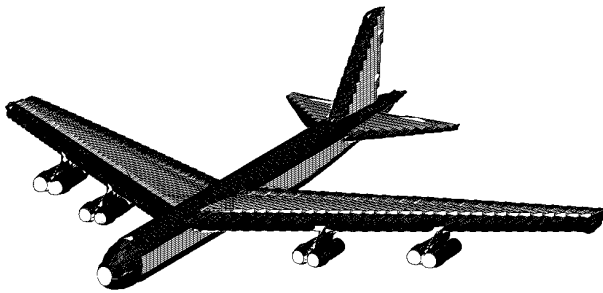


Рис. 2. Поверхня моделі СБ В52

При моделюванні гладка частина поверхні літака була апроксимована за допомогою ділянок 95 трьохвісних еліпсоїдів. Зломи поверхні були промодельовані за допомогою 7 прямих кромкових ділянок розсіяння.

ЛХ моделі СБ В52 при частоті опромінення 10ГГц (довжина хвилі 3см). Параметри опромінення: кут місця зондування -3 градуси відносно площини горизонту (зондування з нижньої напівсфери), крок зміни азимуту зондування 0,02 градуса, азимут відраховується в градусах від носового ракурсу (0 градусів – зондування в ніс, 180 градусів – зондування у хвіст).

На рис. 3 приведена кругова діаграма ЕПР моделі СБ В52.

На рис. 4 приведена кругова діаграма НЕПР моделі СБ В52.

начення НЕПР є доброю та достатньо стійкою оцінкою ЕПР в певному діапазоні зондуючих частот та ракурсів опромінення цілі. Значення ЕПР наведені в квадратних метрах.

Середня ЕПР моделі СБ В52 складає 347,63 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення БПЛА з ймовірністю 0,5) складає 8,83 м².

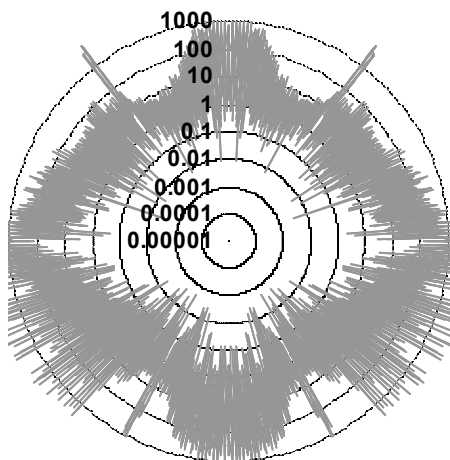


Рис. 3. Кругова діаграма ЕПР моделі СБ В52

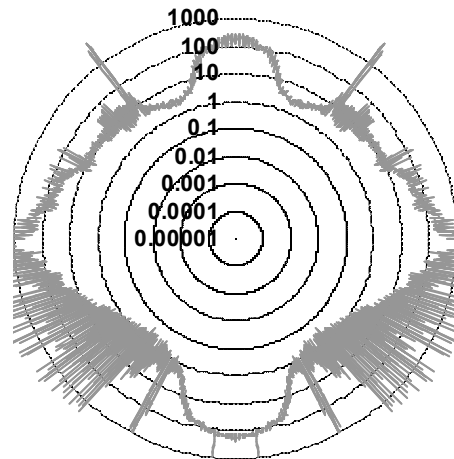


Рис. 4. Кругова діаграма НЕПР моделі СБ В52

На рис. 5, 6 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для діапазонів у 20 градусів. Значення ЕПР наведені в квадратних метрах.

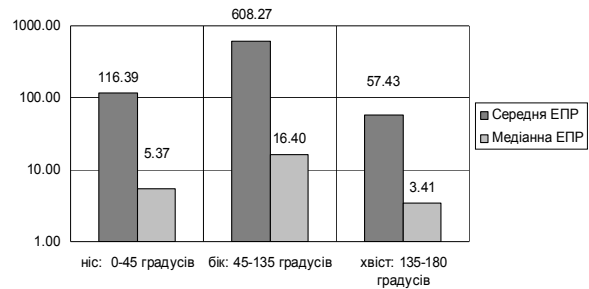


Рис. 5. Середні та медіанні ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст)

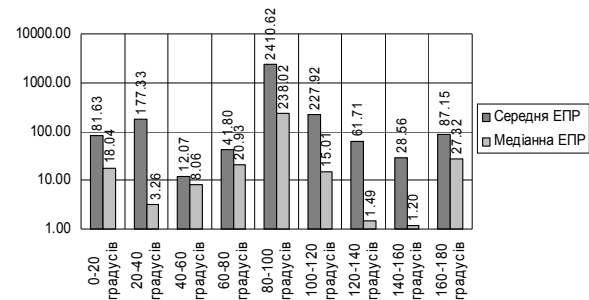


Рис. 6. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення

На рис. 7 наведена гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення -20...+20 градусів (бойові носові ракурси). Жирною лінією наведена функція щільності ймовірності розподілу, якою можна апроксимувати гістограму амплітудного множника. В даному випадку гістограма амплітудного множника може бути апроксимована за допомогою логнормального закону розподілу ймовірності з функцією щільності:

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} x\sigma} \exp\left(-\frac{(\log(x) - \mu)^2}{2\sigma^2}\right), \quad (3)$$

де $\mu = 1,382$; $\sigma = 1,035$.

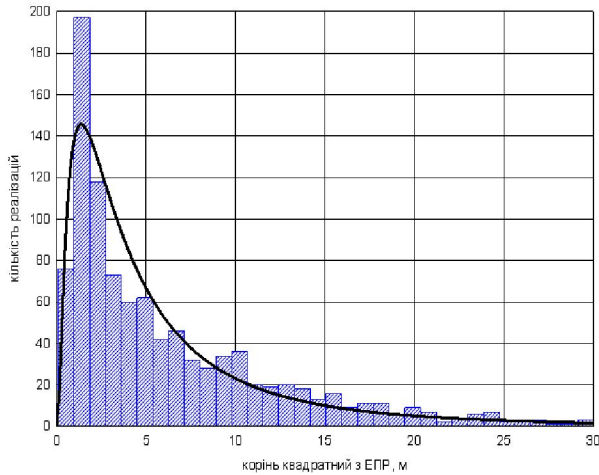


Рис. 7. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу

РЛХ моделі СБ В52 при частоті опромінення 1ГГц (довжина хвилі 30см). Параметри опромінення: кут місця зондування -3 градуси відносно площини крила (зондування з нижньої напівсфери), крок зміни азимуту зондування 0,02 градуса, азимут відраховується в градусах від носового ракурсу (0 градусів – зондування в ніс, 180 градусів – зондування у хвіст).

На рис. 8 приведена кругова діаграма ЕПР моделі СБ В52.

На рис. 9 приведена кругова діаграма НЕПР моделі СБ В52. Значення НЕПР є доброю та достатньо стійкою оцінкою ЕПР в певному діапазоні зондуючих частот та ракурсів опромінення цілі. Значення ЕПР наведені в квадратних метрах.

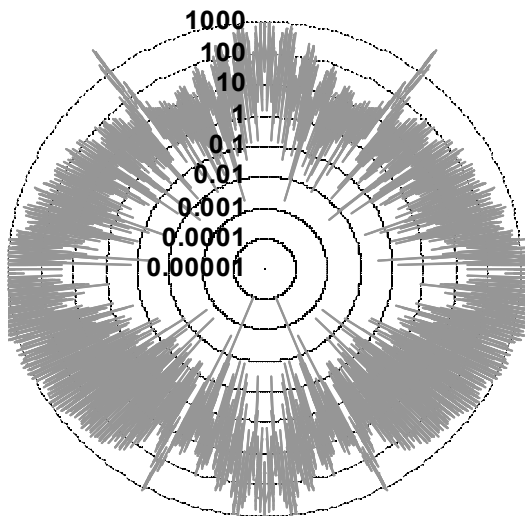


Рис. 8. Кругова діаграма ЕПР моделі СБ В52

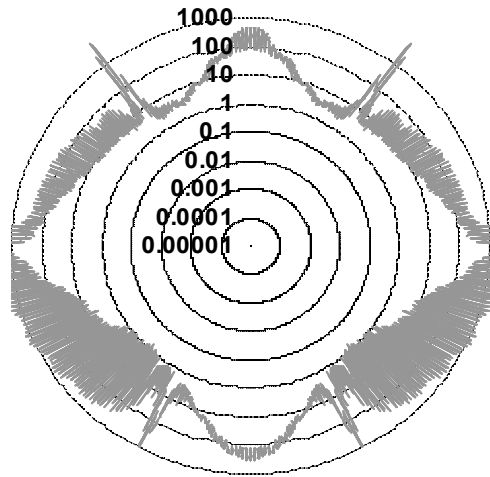


Рис. 9. Кругова діаграма НЕПР моделі СБ В52

Середня ЕПР моделі СБ В52 складає 338,04 м². Кругова медіанна ЕПР складає 14,70 м².

На рис. 10, 11 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення та для діапазонів у 20 градусів. Значення ЕПР наведені в квадратних метрах.

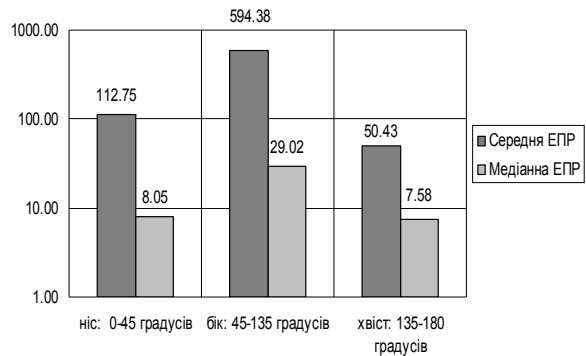


Рис. 10. Середні та медіанні ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст)

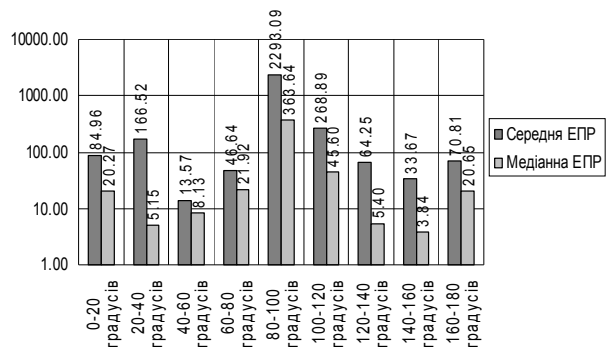


Рис. 11. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення

На рис. 12 наведена гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення - 20...+20 градусів (бойові носові ракурси). Жирною лінією наведена функція щільності ймовірності роз-

поділу, якою можна апроксимувати гістограму амплітудного множника. В даному випадку гістограма амплітудного множника може бути апроксимована за допомогою логнормального закону розподілу ймовірності з функцією щільності:

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \chi\sigma} \exp\left(-\frac{(\log(x) - \mu)^2}{2\sigma^2}\right), \quad (4)$$

де $\mu = 1,473$; $\sigma = 0,939$.

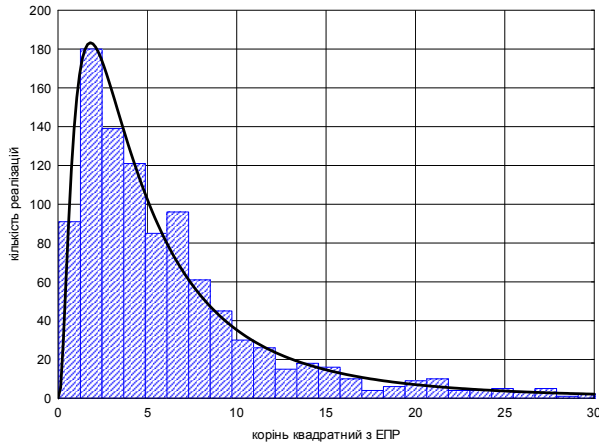


Рис. 12. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу

РЛХ моделі СБ В52 при частоті опромінення 166МГц (довжина хвилі 1,8 м). Параметри опромінення: кут місця зондування -3 градуси відносно площини крила (зондування з нижньої напівсфери), крок зміни азимуту зондування 0,02 градуса, азимут відраховується в градусах від носового ракурсу (0 градусів – зондування в ніс, 180 градусів – зондування у хвіст).

На рис. 13 приведена кругова діаграма ЕПР моделі СБ В52. На рис. 14 приведена кругова діаграма НЕПР моделі СБ В52.

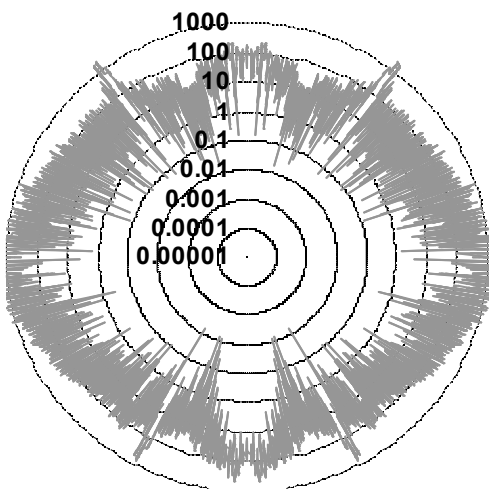


Рис. 13. Кругова діаграма ЕПР моделі СБ В52

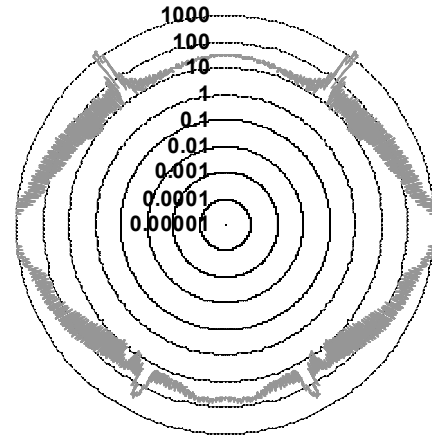


Рис. 14. Кругова діаграма НЕПР моделі СБ В52

Значення НЕПР є доброю та достатньо стійкою оцінкою ЕПР в певному діапазоні зондуючих частот та ракурсів опромінення цілі. Значення ЕПР наведені в квадратних метрах.

Середня ЕПР моделі СБ В52 складає 309,05 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення БПЛА з ймовірністю 0,5) складає 43,39 м².

На рис. 15, 16 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для діапазонів у 20 градусів. Значення ЕПР наведені в м².

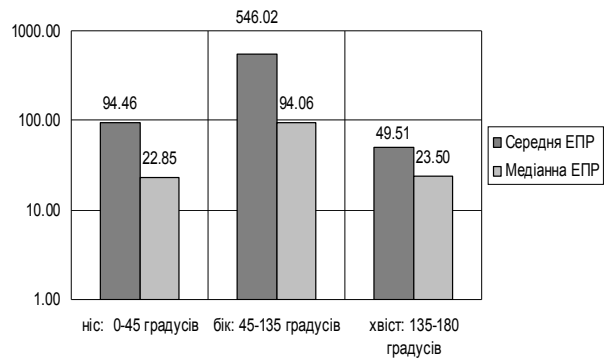


Рис. 15. Середні та медіанні ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст)

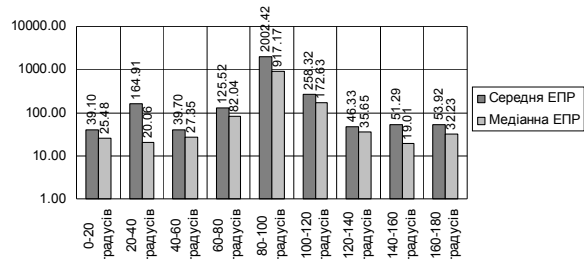


Рис. 16. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення

На рис. 17 наведена гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення -20...+20 градусів (бойові носові ракурси).

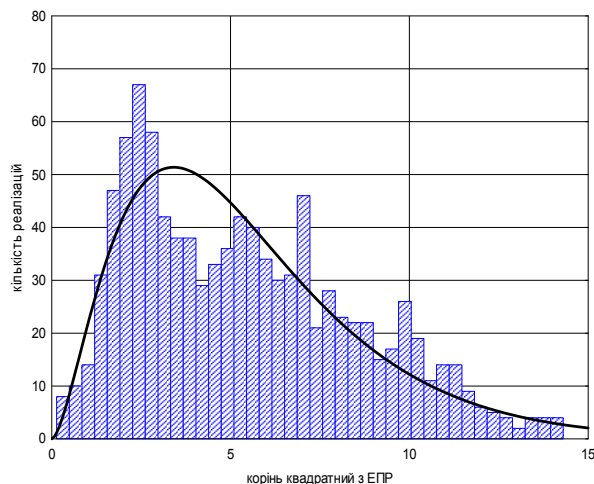


Рис. 17. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу

Жирною лінією наведена функція щільності ймовірності розподілу, якою можна апроксимувати гістограму амплітудного множника.

В даному випадку гістограма амплітудного множника може бути апроксимована за допомогою гамма закону розподілу ймовірності з функцією щільності:

$$F(x) = \left(\frac{x}{b}\right)^{c-1} \cdot \exp\left(-\frac{x}{b}\right) \cdot \frac{1}{b\Gamma(c)}, \quad (5)$$

де $b = 2,023$, $c = 2,677$.

Висновки

Наведенні данні показують, що середні ЕПР моделі БПЛА RQ-1 "Predator" знаходяться в діапазоні 309...347 м² в залежності від частоти зондуючого сигналу.

Отримані результати можуть бути використані на етапах проектування перспективних вітчизняних систем радіолокаційного виявлення з метою виявлення повітряних об'єктів схожого типу з більшою вірогідністю.

Список літератури

1. Рассеяние электромагнитных волн воздушными и наземными радиолокационными объектами: моногр. / О.И. Сухаревский, В.А. Василец, С.В. Кукобко [и др.]; под ред. О.И. Сухаревского. – Х.: ХУПС, 2009. – 468 с., ил.
2. Фундаментальные и прикладные задачи теории рассеяния электромагнитных волн / Ю.К. Сиренко, И.В. Сухаревский, О.И. Сухаревский, Н.П. Яшина / под ред. Ю.К. Сиренко. – Х.: Крок, 2000. – 344 с.
3. В-52А(Ф) Stratofortress: [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://airwar.ru/enc/bomber/b52.html>.

Надійшла до редколегії 25.10.2013

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.П. Лещенко, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

РАСЧЕТ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МОДЕЛИ СТРАТЕГИЧЕСКОГО БОМБАРДИРОВЩИКА В-52

О.И. Сухаревский, В.А. Василец, Н.Н. Колчигин, Я.А. Белевщук, А.В. Поляков

Разработана модель поверхности стратегического бомбардировщика В52. Приведены основные соотношения для расчета эффективной поверхности рассеяния рассматриваемого объекта. Проведены расчеты радиолокационных характеристик (эффективной поверхности рассеяния, некогерентной эффективной поверхности рассеяния, средних и медианных значений эффективной поверхности рассеяния, плотности распределения вероятности) В52 для различных частотных диапазонов. Сделаны выводы об использовании полученных результатов.

Ключевые слова: радиолокационные характеристики, эффективная поверхность рассеяния.

CALCULATION OF RADIO-LOCATION DESCRIPTIONS OF MODEL OF STRATEGIC BOMBER B-52

O.I. Sukharevskiy, V.A. Vasilec, M.M. Kolchigin, Ya.A. Belevschuk, A.V. Poland

The model of surface of strategic bomber B-52 is developed. Basic correlations are resulted for the calculation of effective surface of dispersion of the examined object. The calculations of radio-location descriptions (to the effective surface of dispersion, non-coherent effective surface of dispersion, mean and median values of effective surface of dispersion, closeness of distributing of probability) of B-52 are conducted for different frequency ranges. Conclusions are done about drawing on the got results.

Keywords: radio-location descriptions, effective surface of dispersion.