

УДК 621.396.96

Я.О. Белевщук, К.І. Ткачук, О.О. Шкіренко

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

## ЗНИЖЕННЯ РАДІОЛОКАЦІЙНОЇ ПОМІТНОСТІ РАДІОЛОКАТОРУ ПІДСВІТУ ТА НАВЕДЕННЯ 30Н6 ЗА РАХУНОК ЗМІНИ ПОЛОЖЕННЯ ЙОГО ОКРЕМИХ ЕЛЕМЕНТІВ

*Розроблена модель поверхні радіолокатора підсвіту та наведення 30Н6 зенітного ракетного комплексу С300ПС із зміненим положенням щогли системи телекодового зв'язку. Проведено порівняння результатів розрахунків ефективної поверхні розсіяння поверхні розсіяння вказаної моделі радіолокатора з результатами розрахунків ефективної поверхні розсіяння моделі радіолокатора з щоглою, покритою радіопоглинаючим матеріалом. Показана можливість ефективного зниження радіолокаційної помітності військової техніки за рахунок зміни форми її поверхні.*

**Ключові слова:** ефективна поверхня розсіяння, радіолокаційна помітність.

### Вступ

#### Постановка проблеми і аналіз літератури.

Одним із способів маскування військової техніки (ВТ) на етапі проведення розвідувальних заходів є зниження її радіолокаційної помітності (РЛП). Для досягнення низької РЛП ВТ в основному застосовуються радіопоглинаючі матеріали (РПМ), які наносяться на корпус об'єкту, а також змінюється форма окремих елементів його поверхні [1, 2].

У ряді статей [3 – 7], присвячених даній тематиці, наводяться результати розрахунків ефективної поверхні розсіяння (ЕПР) моделей ВТ, що свідчать про помітне зниження їх РЛП у разі застосування РПМ. Наприклад, в роботі [7], присвяченій розрахунку ЕПР моделі радіолокатора підсвіту і наведення (РПН) 30Н6, було показано, що істотний внесок в розсіяне радіолокатором поле вносить щогла системи телекодового зв'язку (СТЗ). Покриття щогли РПМ показало істотне зниження ЕПР РПН у всьому азимутному діапазоні для всіх розглянутих кутів місця зондування.

Проте, використання РПМ і технологія їх нанесення на корпус зразка ВТ є дорогим і трудомістким способом зниження РЛП [2]. Тому, зміна форми окремих елементів поверхні об'єкту, що вносять істотний внесок у рівень розсіяного поля, може стати ефективним і менш витратним способом зниження його РЛП, що є актуальним завданням.

У статті пропонується змінити просторове положення ідеально відбиваючої щогли СТЗ, що дозволить понизити РЛП всієї моделі РПН 30Н6.

**Мета роботи** – розробка моделі РПН 30Н6 із зміненим положенням щогли СТЗ, розрахунок ЕПР отриманої моделі і порівняння результатів даних розрахунків з оцінками пониженої ЕПР моделі цього ж об'єкту із застосуванням РПМ.

### Основний матеріал

Значний внесок до ЕПР моделі РПН 30Н6 вносять елементи поверхні його корпусу, що орієнтовані ортогонально підстилаючій поверхні і які створюють разом з нею куткові відбивачі, що забезпечують перевідбиття хвиль у напрямі зондування.

Щогла СТЗ є набором циліндрів, орієнтованих ортогонально підстилаючій поверхні. Створюючи циліндрів разом з підстилаючою поверхнею утворюють куткові відбивачі у всьому азимутальному діапазоні і для всіх кутів місця зондування. Зміна кута нахилу щогли приводить до руйнування даного куткового відбивача, тим самим виключаючи перевідбиття хвиль у напрямі зондування (рис. 1).

Для проведення розрахунків ЕПР РПН 30Н6 із зміненим положенням щогли СТЗ використовується розроблена в [7] математична модель його поверхні. Щогла СТЗ моделюється під нахилом в  $5^\circ$  і  $10^\circ$  щодо нормалі до підстилаючої поверхні по напрямку руху машини згідно рис. 1.

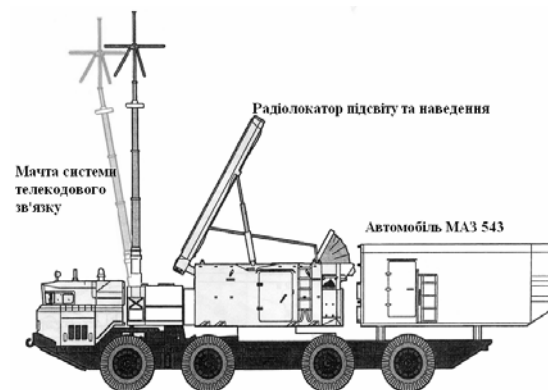


Рис. 1. Радіолокатор підсвіту та наведення 30Н6

Розрахунок ЕПР проводиться з використанням методу, що враховує найбільш значущі шляхи розповсюдження електромагнітних хвиль, розсіяних системою «об'єкт - земна поверхня» [1]. Частота випромінювання зондуючого сигналу складає 10ГГц (довжина хвилі 3см), кути зондування  $\gamma$  відносно підстилаючої поверхні  $1^\circ$ ,  $10^\circ$ ,  $30^\circ$ . Підстилаюча поверхня імітується напівпростором з параметрами сухого суглинку (відносна діелектрична проникність  $\epsilon = 3 + j0,4$ ). Крок зміни азимута зондування  $1^\circ$ , азимут відлічується від

носового ракурсу ( $0^\circ$  – зондування з фронту,  $180^\circ$  – зондування з тилу), поляризація - горизонтальна.

**Результати розрахунків.** На рис. 2 – 4 наведені гістограми усередненої в 15-градусних азимутальних секторах некогерентної ЕПР (НЕПР) [6] моделі РПН 30Н6 в логарифмічному масштабі. Стовпці сірого кольору відповідають НЕПР моделі РПН 30Н6 з щоглою СТЗ, покритою РПМ [7] (модель 1), заштриховані стовпці відповідають НЕПР моделі РПН 30Н6 з щоглою СТЗ, нахиленою на  $5^\circ$  (модель 2).

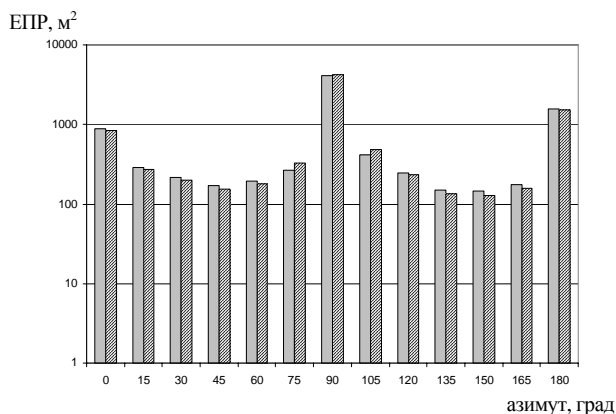


Рис. 2. Усереднена НЕПР моделі 30Н6,  $\gamma = 1^\circ$

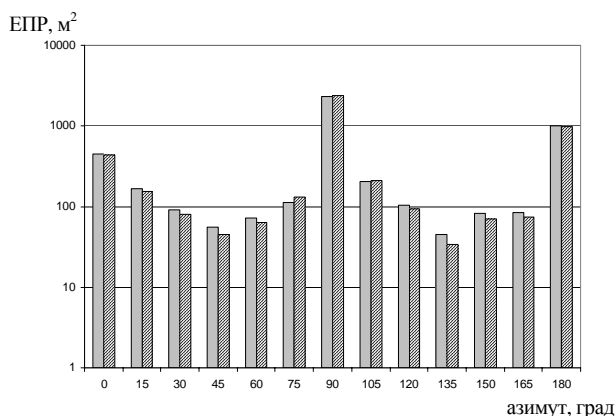


Рис. 3. Усереднена НЕПР моделі 30Н6,  $\gamma = 10^\circ$

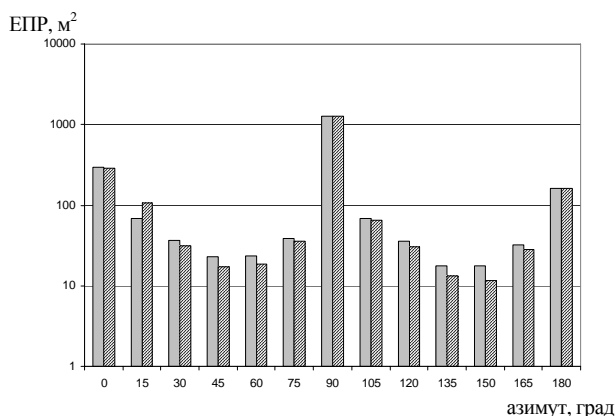


Рис. 4. Усереднена НЕПР моделі 30Н6,  $\gamma = 30^\circ$

Аналіз гістограм показує, що у всьому азимутальному діапазоні для всіх розглянутих кутів місяця значення НЕПР моделі 1 і моделі 2 практично рівні. Так, при куті місяця зондування  $\gamma = 1^\circ$  середнє значення НЕПР моделі 1 складає  $675,24 \text{ м}^2$ , моделі 2 -

$682,11 \text{ м}^2$ , при  $\gamma = 10^\circ$  – відповідно  $368,73 \text{ м}^2$  і  $367,14 \text{ м}^2$ , при  $\gamma = 30^\circ$  – відповідно  $160,84 \text{ м}^2$  і  $160,14 \text{ м}^2$ . Порівняння результатів розрахунків свідчить, що зміни не перевищують 1% і, таким чином, нахил ідеально відбиваючої щогли СТЗ на  $5^\circ$  забезпечив рівень значень НЕПР моделі 2 практично ідентичним рівню значень НЕПР моделі 1.

На рис. 5 – 7 наведені діаграми НЕПР моделі РПН 30Н6 з ідеально відбиваючою щоглою СТЗ. Тонка лінія відповідає НЕПР моделі РПН 30Н6 з щоглою СТЗ в початковому, верикальному положенні (модель 3), жирна лінія відповідає НЕПР моделі 2, пунктирна лінія відповідає НЕПР моделі РПН 30Н6 з нахилом щогли на  $10^\circ$ .

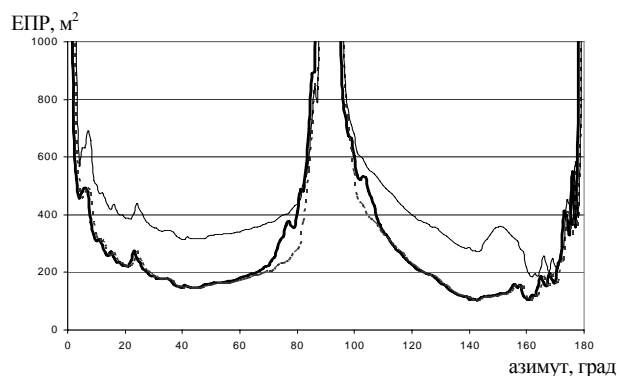


Рис. 5. НЕПР моделі 30Н6,  $\gamma = 1^\circ$

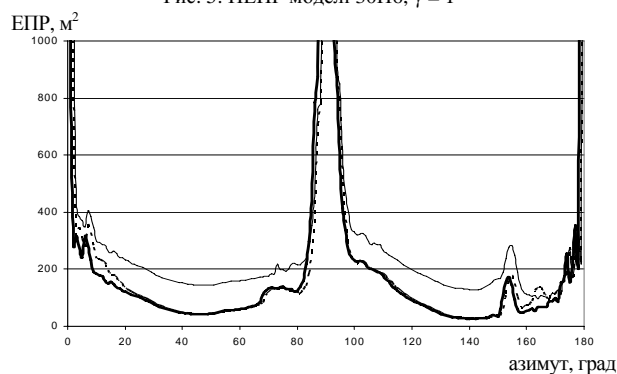


Рис. 6. НЕПР моделі 30Н6,  $\gamma = 10^\circ$

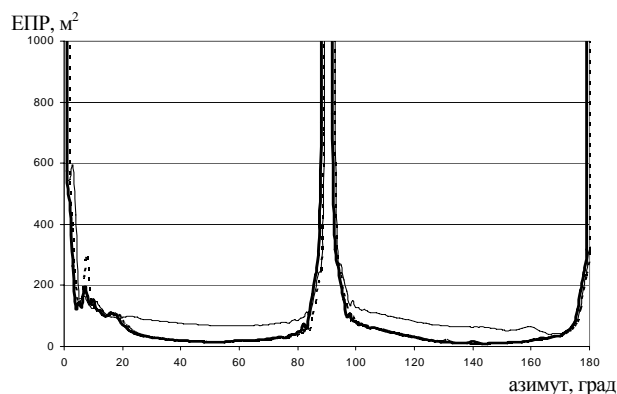


Рис. 7. НЕПР моделі 30Н6,  $\gamma = 30^\circ$

Аналіз діаграм показує, що в широкому діапазоні азимутальних кутів (окрім напрямів  $0^\circ$ ,  $90^\circ$  і  $180^\circ$ ) для всіх розглянутих кутів місяця зондування значення НЕПР при нахилах щогли на  $5^\circ$  і  $10^\circ$  не мають істотних відмінностей. Лише для кута місяця зондування  $1^\circ$  існують два азимутальні напрями в околиці кутів  $75^\circ$  і

105°, де спостерігаються відмінності в значеннях в середньому у 1,3 рази. У решті діапазону азимутальних кутів різниця коливається на рівні сотих доль відповідних значень НЕПР. Нахил щогли призводить до істотного зниження значень НЕПР відповідних моделей. Так, при куті місця зондування  $\gamma = 1^\circ$  середнє значення НЕПР моделі 2 знижується в 1,7 рази у порівнянні з середнім значенням НЕПР моделі 3, при  $\gamma = 10^\circ$  – відповідно у 2,2 рази, при  $\gamma = 30^\circ$  – відповідно у 2,8 рази. Що стосується азимутальних напрямів зондування  $0^\circ$ ,  $90^\circ$  і  $180^\circ$ , відповідних напрямам зондування «в лоб», «в бік» і «в корму» об'єкту, то на даних ракурсах випромінювання зондуючого сигналу знаходяться досить великі протяжні ділянки поверхні корпусу об'єкту, які розташовані ортогонально зондуючому сигналу. Тому зниження НЕПР моделі в результаті нахилу щогли не є таким відчутним на даних напрямках.

### Висновки

1. Розроблена модель поверхні РПН 30Н6 із зміненням положенням щогли СТЗ.
2. Проведені розрахунки ЕПР отриманої моделі поверхні РПН 30Н6 для всього азимутального діапазону і кутів місця зондування  $\gamma = 1^\circ$ ,  $\gamma = 10^\circ$ ,  $\gamma = 30^\circ$ .
3. Результати розрахунків показали, що при куті місця зондування  $\gamma = 1^\circ$ , середні значення НЕПР моделі РПН 30Н6 з щоглою СТЗ, покритою РПМ і нахиленою на  $5^\circ$  ідеально відбтвальною щогли практично рівні і відрізняються для кута місця  $\gamma = 1^\circ$  на 0,95%, для  $\gamma = 10^\circ$  і  $30^\circ$  – на 0,42%. Порівняльний аналіз значень НЕПР моделі РПН 30Н6 з ортогонально розташованою щоглою СТЗ і цієї ж моделі з щоглою, нахиленою на  $5^\circ$  показав, що, залежно від кута місця зондування, середня НЕПР знижується від 1,7 до 2,8 рази.
4. Аналіз отриманих результатів показав, що зміна положення щогли СТЗ РПН 30Н6 дозволяє добитися практично ідентичного зниження рівня розсіяного ним поля, як у разі використання РПМ на поверхні даної щогли. При цьому, порівняльний аналіз результатів розрахунків НЕПР моделі РПН 30Н6 з нахилом щогли СТЗ на  $5^\circ$  і  $10^\circ$  показав, що для істотного зниження РЛЗ даного об'єкту достатнім є нахил щогли СТЗ на  $5^\circ$ .

Даний кут нахилу зможе забезпечити більший опір щогли СТЗ вітровим і ваговим навантаженням.

Приведені результати розрахунків показують, що альтернативним і не менш ефективним способом зниження РЛП зразка ВТ є зміна положення його окремих елементів, що вносять істотний внесок до рівня розсіяного ним поля. Такий підхід дає можливість забезпечувати ефективне радіолокаційне маскування і дозволяє піти від дорогого способу зниження РЛП ВТ із застосуванням РПМ.

### Список літератури

1. *Рассеяние электромагнитных волн воздушными и наземными радиолокационными объектами: монография / О.И. Сухаревский, В.А. Василец, С.В. Кукобо и др.; под ред. О.И. Сухаревского. – Х.: ХУ ПС, 2009. – 468 с.*
2. *Львова Л.А. Радиолокационная заметность летательных аппаратов / Л.А. Львова. – Снежинск: РФЯЦ – ВНИИТФ, 2003. – 232 с*
3. *Эффективная поверхность рассеяния объектов с неидеально отражающей поверхностью, имеющей изломы / О.И. Сухаревский, В.А. Василец, С.А. Горельишев, С.В. Нечитайло и др. // Зарубежная радиоэлектроника. – 2001. – № 6. – С. 41-48.*
4. *Василец В.А. Снижение средней эффективной поверхности рассеяния объекта сложной формы при оптимальном распределении ограниченного количества радиопоглощающего материала на его поверхности / В.А. Василец // Радиотехника: – 2002. – Вып. 129. – С. 69-72.*
5. *Василец В.А. Оптимизация использования радиопоглощающих материалов при снижении эффективной поверхности рассеяния самолета // Збірник наукових праць. – Х.: ХВУ, 2002. – Вып. 1 (39). – С. 72-74.*
6. *Белевицук Я.О. Розрахунок ефективної поверхні розсіяння бойової машини зенітного гарматно-ракетного комплексу «Тунгуска» з використанням радіопоглинаючих матеріалів та інженерних устаткувань позицій / Я.О. Белевицук // Системи управління, навігації та зв'язку. – К.: ЦНДІ НУ, 2009. – № 1 (9). – С. 32-35.*
7. *Белевицук Я.О. Застосування ідеально відбиваючих панелей і радіопоглинаючих покриттів для зниження радіолокаційної помітності наземної техніки / Я.О. Белевицук // Системи обробки інформації: зб. наук. пр. – Х.: ХУ ПС, 2009. – Вып. 3 (77). – С. 6-9.*

Надійшла до редколегії 8.06.2009

Рецензент: д-р техн. наук, с.н.с. В.О. Василець, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

### СНИЖЕНИЕ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ ЗАМЕТНОСТИ РАДИОЛОКАТОРА ПОДСВЕТА И НАВЕДЕНИЯ 30Н6 ЗА СЧЕТ ИЗМЕНЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЯ ЕГО ОТДЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Я.А. Белевицук, К.И. Ткачук, А.А. Шкиренко

*Разработана модель поверхности радиолокатора подсвета и наведения 30Н6 зенитного ракетного комплекса С300ПС с измененным положением мачты системы телекодовой связи. Проведено сравнение результатов расчетов эффективной поверхности рассеяния указанной модели радиолокатора с результатами расчетов эффективной поверхности рассеяния модели радиолокатора с мачтой, покрытой радиопоглощающим материалом. Показана возможность эффективного снижения радиолокационной заметности военной техники за счет изменения формы ее поверхности.*

**Ключевые слова:** эффективная поверхность рассеяния, радиолокационная заметность.

### DECREASE RADAR-TRACKING VISIBILITY AND ILLUMINATION RADAR AND PROMPTINGS 30N6 AT THE EXPENSE OF CHANGE OF POSITION OF ITS SEPARATE ELEMENTS

Y.A. Belevshchuk, K.I. Tkachuk, A.A. Shkirenko

*The model of a surface of a illumination radar and promptings 30N6 the antiaircraft rocket complex S300PS with the changed position of a mast of system of telecode communication is developed. Comparison of results of calculations of an effective surface of dispersion of the specified model of a radar with results of calculations of an effective surface of dispersion of model of a radar with a mast covered with the radio absorbing material is spent. Possibility of effective decrease radar-tracking visibility the military technics at the expense of change of the form of its surface is shown.*

**Keywords:** an effective surface of dispersion, radar-tracking visibility.