

Ю. О. Бабій¹

УДОСКОНАЛЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ВИЗНАЧЕННЯ ДАЛЬНОСТІ ВІЯВЛЕННЯ РАДІОЛОКАЦІЙНОЇ СТАНЦІЇ ПРИ ВПЛИВІ СЕЗОННОЇ МІНЛИВОСТІ ВИСОТИ ПЕРЕШКОД ТА КРИВИЗНИ ПОВЕРХНІ ЗЕМЛІ

¹Національна академія Державної прикордонної служби України
імені Богдана Хмельницького

Анотація

Об'єктом даного дослідження є метод оцінки дальності виявлення доплерівської радіолокаційної станції при розробці якого враховано сукупність таких факторів як вплив гідрометеорів, доплерівський зсув частоти, сезонні зміни висоти перешкод та кривизни поверхні землі при розрахунку дальності виявлення рухомого об'єкту – правопорушника кордону радіолокаційною станцією

Ключові слова: дальність виявлення, рухомий об'єкт, радіолокаційна станція

Abstract

The object of this study is the estimation method detection range of Doppler radar in the development which takes into account a set of factors such as the impact of hydrometeors, Doppler frequency shift, seasonal changes of curvature and height of obstacles in the calculation of the ground moving object detection range - the offender border radar station

Keywords: range detection, a moving object, radar

Важливими факторами впливу на дальність виявлення доплерівської радіолокаційної станції (РЛС) є кривизна поверхні Землі і наявність рослинності, інформація про яку потребує щорічної коректури. До того ж не враховується у цифрових картах місцевості, які застосовують у ДПСУ зміна висоти рослинності, зокрема листяного лісу, зі зміною пори року.

Зазначене потребує удосконалення моделі [1]. Сигнал від РЛС розповсюджуватиметься за умови [2]:

$$\varepsilon_k \geq \varepsilon_{k \min} , \quad (1)$$

де ε_k – кут місця лінії прямої радіовидимості; $\varepsilon_{k \min}$ – мінімально допустимий кут місця лінії прямої радіовидимості.

Кут місця лінії прямої радіовидимості визначається з виразу [2]:

$$\operatorname{tg} \varepsilon_k = \frac{H_k - \left[h_\alpha + \frac{D_k^2}{2R_e} \right]}{D_k}, \quad (2)$$

де R_e – еквівалентний радіус Землі, 6370 000 м; D_k – дальність виявлення РЛС при забезпеченні прямої радіолокаційної видимості; H_k – висота антени РЛС; h_α – висота цілі; R_e – еквівалентний радіус Землі, 6370 000 м;

Мінімально допустимий кут місця лінії прямої радіовидимості визначається з виразу:

$$\operatorname{tg} \varepsilon_{k \min} = \frac{H_{s \max} - h_\alpha}{D_s}, \quad (3)$$

де $H_{s \max}$ – висота максимальної наземної перешкоди в напрямку РЛС з урахуванням кривизни Землі; D_s – відстань від антени РЛС до найвищої наземної перешкоди.

Висота максимальної наземної перешкоди в напрямку РЛС з урахуванням кривизни Землі визначається з виразу [2]:

$$H_{s \max} = H_{0s} - \frac{D_s^2}{2R_e}, \quad (4)$$

де H_{0s} – абсолютна висота наземної перешкоди.

Тоді, з врахуванням попередніх викладок отримаємо удосконалену математичну модель визначення відстані від антени РЛС до найвищої наземної перешкоди. Виявлення цілі здійснюватиметься на дальності, яку можна отримати з рівняння:

$$\frac{-D_s}{2R_e} D_k^2 + \left(\frac{D_s^2}{2R_e} + h_\alpha - \delta H_{0s} \right) D_k + D_s [H_k - h_\alpha] = 0, \quad (5)$$

де δ – коефіцієнт зменшення абсолютної висоти наземної перешкоди, якою є листяний ліс, після того як опаде листя.

При складанні рівняння (5) припускаємо, що $\varepsilon_k = \varepsilon_{k \min}$. Вирішення рівняння дозволяє завчасно визначити відстань від РЛС до найвищої наземної перешкоди. Якщо такою перешкодою є ліс, особливо листяний, то значення H_{0s} абсолютної висоти наземної перешкоди може зменшуватися після того, як опаде листя, що може збільшити дальність. Удосконалена математична модель (5) дозволяє більш коректніше здійснювати прогнозування зон не виявлення системи оптико-електронного спостереження. Застосовуючи згортку показників, остаточно дальність виявлення рухомого об'єкту РЛС при впливі сукупності факторів визначається із системи нерівностей:

$$D = \begin{cases} D_{нз} & \text{при } D_K < D_{нз}, \\ D_K & \text{при } D_K > D_{нз}, \end{cases} \quad (6)$$

де D – дальність виявлення доплерівською радіолокаційною станцією з врахуванням впливу сукупності природно-кліматичних факторів і руху правопорушника державного кордону.

Врахування зазначених факторів приведе до збільшення приведеної вартості системи, що потребуватиме оцінки ефективності різних типів технічних засобів охорони для пошуку перспективних напрямків здійснення охорони сухопутного кордону, а розроблена модель (6) може бути використана у більш загальній оцінці ефективності застосування технічних засобів охорони кордону.

Отже, уперше розроблено метод оцінки дальності виявлення доплерівської радіолокаційної станції з врахуванням впливу сукупності природно-кліматичних факторів і руху правопорушника державного кордону. Сутність наукової новизни методу полягає у врахуванні сукупності таких факторів як вплив гідрометеорів, сезонних змін висоти перешкод, кривизни поверхні Землі та доплерівського зсуву частоти при оцінці дальності виявлення радіолокаційної станції за умови відомої дальності виявлення без впливу зазначених факторів. Метод відрізняється застосуванням функції Ламберта і згортки показників оцінки різних факторів, що дозволило отримати аналітично точне рішення рівняння дальності виявлення доплерівської РЛС при впливі зазначених факторів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гришин Ю. П. Радиотехнические системы: Учеб. для вузов по спец. «Радитехника» / Ю. П. Гришин, В. П. Ипатов, Ю. М. Казаринов. – М. : Высш. шк. 1990. – 496 с.
2. Теорія озброєння. Науково-технічні проблеми та завдання: монографія: Технічні засоби. Військові системи дистанційного моніторингу навколишнього простору щодо рухомих об'єктів: методологічні аспекти обґрунтування вимог / П. М. Сніцаренко, С. В. Лапицький, А. А. Гультяєв, О. О. Головін, А. Ю. Гупало. – К. : Видавничий дім Дмитра Бураго. 2016. – 480 с.

Бабій Юлія Олександрівна, кандидат технічних наук, доцент кафедри ЗАЗІ, Національна академія Державної прикордонної служби України ім. Б. Хмельницького, м. Хмельницький, e-mail: julscorpio@gmail.com

Yuliya Babiy, Ph. D., assistant professor of CAIS, The National Academy of State Border Guard Service of Ukraine named after Bohdan Khmelnytsky, Khmelnytsky, e-mail: julscorpio@gmail.com