

А.М. Печкін, Д.А. Гриб, В.О. Тютюнник, І.В. Гурєв

## МЕТОДИЧНИЙ ПІДХІД МОДЕЛЮВАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ НАЗЕМНИХ РАДІОЛОКАЦІЙНИХ ЗАСОБІВ

### Анотація

Запропоновано модель застосування наземних радіолокаційних засобів, що дозволило оцінити часові параметри ведення радіолокаційної розвідки.

**Ключові слова:** радіолокаційна розвідка, граф, застосування, радіолокаційні засоби, множина станів, перехідні процеси.

### Annotation

A model of the use of ground-based radar equipment was proposed, which made it possible to estimate the time parameters of conducting radar reconnaissance.

**Keywords:** radar reconnaissance, graph, application, radar means, set of states, transient processes.

Організація застосування наземних засобів ведення радіолокаційної розвідки (НРЛЗ) на гранично малих висотах (ГМВ) визначаються вимогами ведення радіолокаційної розвідки (РЛР) в зоні прямої видимості. В умовах масованого застосування російською федерацією бойової авіації на ГМВ проти України, виникає об'єктивна необхідність ведення РЛР на ГМВ в межах усією території країни, що вимагає використання значних ресурсів різного характеру.

Метою роботи є вдосконалення моделі застосування за призначенням наземних радіолокаційних засобів.

Ефективність застосування НРЛЗ залежить як від їх тактико-технічних, так і від організаційної структури РЛР. Розглядається сукупність множин станів НРЛЗ за наступними ознаками:

множина технічних станів **T**:  $T_1$  – боєздатний,  $T_2$  – не боєздатний,  $T_3$  – втрачений;

множина станів місця знаходження **M**:  $M_0$  – база зберігання,  $M_1$  – позиція застосування,  $M_2$  – резервна позиція,  $M_3$  – площадка технічного обслуговування,  $M_4$  – ремонтний орган,  $M_5$  – на марші;

множина станів використання **B**:  $B_0$  – не використовується,  $B_1$  – використовується за призначенням,  $B_2$  – згорнутий в резерві,  $B_3$  – розгорнутий в резерві,  $B_4$  – передислокування,  $B_5$  – технічне обслуговування,  $B_6$  – капітальний ремонт,  $B_7$  – відновлення.

Перетин  $M \cap B = C$  утворює множину можливих станів НРЛЗ, які мають фізичну інтерпретацію для їх подальшого аналізу приведені у таблиці 1.

Таблиця 1. Можливі стани НРЛЗ.

$M \cap B = C$		Номер елементів <b>B</b>							
		0	1	2	3	4	5	6	7
Номер елементів <b>M</b>	0	$C_{00}$	-	-	-	-	-	-	-
	1	-	$C_{11}$	$C_{12}$	$C_{13}$	-	$C_{15}$	-	$C_{17}$
	2	-	$C_{21}$	$C_{22}$	$C_{23}$	-	-	-	$C_{27}$
	3	-	-	-	-	$C_{34}$	$C_{35}$	-	$C_{37}$
	4	-	-	-	-	-	-	$C_{46}$	$C_{47}$
	5	-	$C_{51}$	-	-	-	-	-	-

Граф застосування НРЛЗ для визначених вище станів приведений на рис. 1.

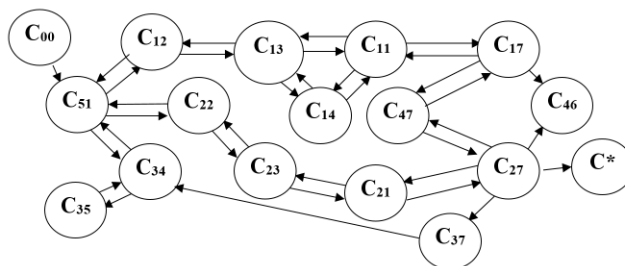


Рис. 1. Граф застосування НРЛЗ

Інтенсивність переходів з одного стану в інший визначається тактико-технічними характеристиками НРЛЗ, вибором варіанта організаційної структури і параметрів систем ремонту і ресурсного забезпечення застосування НРЛЗ. Для періодів підготовки, застосування і відновлення НРЛЗ можливо виключити окремі стани, на час аналізу цих періодів.

Аналіз застосування НРЛЗ в умовах вогневого впливу потребує визначення трьох станів:

$C_1 = C_{11}$  – на позиції, використовується за призначенням;

$C_2 = C_{13}$  – на позиції, розгорнутий в резерві;

$C_0 = C^*$  – втрачений.

Для цього випадку граф застосування НРЛЗ приведений на рис. 2.

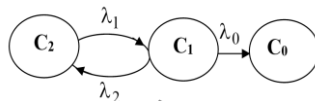


Рис. Спрощений граф застосування НРЛЗ

Процес застосування НРЛЗ у цьому випадку описується системою диференціальних рівнянь:

$$\begin{aligned} P_2(t) &= -\lambda_1 \cdot P_2(t) + \lambda_2 P_1(t); \\ P_1(t) &= -(\lambda_2 + \lambda_0) P_1(t) + \lambda_1 P_2(t); \\ P_0(t) &= \lambda_0 P_0(t). \end{aligned} \quad (1)$$

де  $\lambda_0$  – інтенсивність потоку бойових ушкоджень РЛЗ;

$\lambda_1$  – інтенсивність переводу РЛЗ в стан бойового застосування;

$\lambda_2$  – інтенсивність переводу РЛЗ в стан резерву;

$P_0(t), P_1(t), P_2(t)$  – функція залежності імовірності знаходження НРЛЗ в одному з станів – втрачений, бойового застосування і резерву відповідно.

На рис. 3 наведені результати розрахунків  $P_0(t), P_1(t), P_2(t)$  для наступних умов: , тривалість застосування НРЛЗ 10 хв., тривалість знаходження у резерві 30 хвилин, тривалість підготовки до застосування зброї противником по НРЛЗ 20 хв.

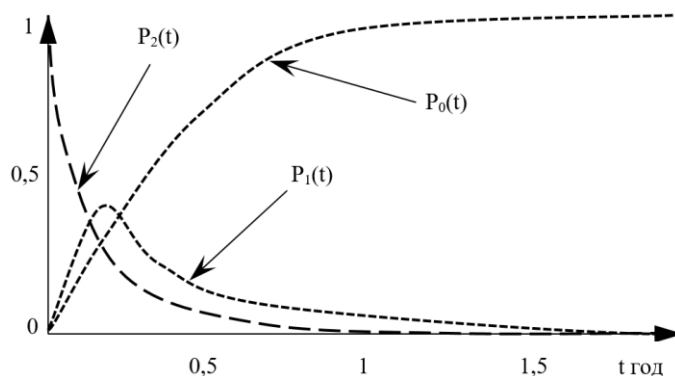


Рис. 3. Залежність зміни імовірності стану НРЛЗ

Аналіз результатів дослідження дозволяє зробити наступні висновки для організації управління угрупованнями НРЛЗ з урахуванням наведених умов застосування:

при перебільшенні часу застосування 50 хв., за результатами ударів противника НРЛЗ з імовірністю не менше 0,9 перейде до стану – втрачений;

відновлення втрачених НРЛЗ шляхом проведення ремонту або постачання нових НРЛЗ для вирішення оперативних завдань РЛР (протягом не більше доби) буде неможливим;

для забезпечення РЛР протягом тривалого часу необхідні резерви НРЛЗ, обмеження часу застосування на одній позиції, своєчасне здійснення маневру НРЛЗ.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Удосконалення методики розрахунку коефіцієнта стиснення зони виявлення цілей оглядовими РЛС за умов дії активних шумових завад / В. Й. Климченко, О. В. Белавін, В. О. Тютюнник, А. А. Лук'яничков // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. - 2019. - № 4. - С. 73-79.

2. Ярош С.П. Теоретичні основи побудови та застосування розвідувально-управляючих інформаційних систем протиповітряної оборони : монографія / С.П. Ярош ; за заг. ред. І.О. Кириченка. –Х. : ХНУПС, 2012. –512 с.

3. Демідов Б.О. Методологічні й системотехнічні аспекти інформаційного забезпечення управління системами військового призначення та діяльності в оборонній сфері : монографія / О.Ф. Велічко, Д.А. Гриб, Б.О. Демідов и др.; за ред. Б.О. Демідова, О.П. Коростельова. – Т. 1. – К. : Видавничий дім “Стілос”, 2021. –624 с.

**Печкін Андрій Миколайович** – канд. техн. наук, старший науковий співробітник, начальник науково-дослідного управління, Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків, e-mail: andrnic28@gmail.com

**Гриб Дмитро Анатолійович** – канд. військ. наук, доцент, головний науковий співробітник науково-дослідного управління, Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків, kncpc@i.ua

**Тютюнник Владислав Олександрович** – канд. техн. наук, старший науковий співробітник, начальник науково-дослідного відділу, Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків, e-mail: tvlad1970@gmail.com

**Гурєєв Іван Володимирович** – ад'юнкт, Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків, e-mail: sms5000sms@gmail.com

**Piechkin Andrii M.** — Candidate of Technical Sciences Senior Researcher Head of Research Department of Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Ukraine, email : andrnic28@gmail.com

**Grib Dmitry A.** — Candidate of Military Sciences Associate Professor Chief Research of Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Ukraine, email : kncpc@i.ua

**Tiutiunnyk Vladyslav O.** — Candidate of Technical Sciences Senior Research Chief of Research Department of Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Ukraine, email : tvlad1970@gmail.com

**Hurieiev Ivan V.** — Doctoral Student of Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Ukraine, email : sms5000sms@gmail.com