

УДК 355.58

С.Ю. Гогонянц, С.В. Поліщук

*Національний університет оборони України імені Івана Черняховського, Київ*

## МОДЕЛЬ РАДІОЛОКАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БОЙОВИХ ДІЙ УГРУПОВАННЯ СИЛ І ЗАСОБІВ ПРОТИПОВІТРЯНОЇ ОБОРОНИ В ОПЕРАЦІЯХ

*В статті проведено змістовий опис процесу радіолокаційного забезпечення бойових дій сил і засобів протиповітряної оборони, описано маневр, як складову процесу радіолокаційного забезпечення, визначені функціональні стани мобільного радіолокаційного комплексу, отримані аналітичні вирази ймовірностей усіх можливих станів мобільного радіолокаційного комплексу в загальному вигляді на основі математичної моделі процесу радіолокаційного забезпечення.*

**Ключові слова:** ефективність, радіолокаційне забезпечення, мобільний радіолокаційний комплекс, бойові дії сил і засобів протиповітряної оборони.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Досвід воєнних конфліктів сучасності свідчить, що успіх будь-якої операції залежить від ефективності протиповітряної оборони (ППО) військ і об'єктів [1, 2], для чого створюється угруповання сил і засобів ППО [1].

В умовах проведення будь-якої операції від угруповання сил і засобів ППО вимагається постійна готовність до відбиття раптових ударів засобів повітряного нападу (ЗПН) противника, що не можливо без якісної і точної інформації про повітряну обстановку.

Основним джерелом інформації про повітряну обстановку є угруповання радіотехнічних військ (РТВ), яке здійснює радіолокаційне забезпечення (РЛЗ) бойових дій угруповання сил і засобів ППО.

Досвід воєнних конфліктів останніх десятиліть [2] свідчить, що противник завжди виділяє частину сил і засобів для придушення та виведення з ладу сил і засобів розвідки з метою зриву інформаційного забезпечення бойових дій сил і засобів ППО. Це призводить до того, що вже на початковому етапі ведення операції втрати РТВ можуть становити 30-50% від загальної кількості. Наслідком цього є зниження ефективності РЛЗ бойових дій угруповання сил і засобів ППО до рівня, при якому завдання прикриття військ і об'єктів виконати не можливо.

Такий стан справ формує гостру необхідність пошуку шляхів підвищення ефективності РЛЗ бойових дій угруповання сил і засобів ППО в операціях, що не можливо здійснити без застосування відповідного наукового підходу.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій** [3 – 6] свідчить про недосконалість математичних моделей, що покладені в основу науково-методичного апарату дослідження ефективності РЛЗ бойових дій угруповання сил і засобів ППО. Зокрема в них не описується маневр радіотехнічних підрозді-

лів (РТП) із складу угруповання РТВ в ході бойового застосування, що призводить до зниження об'єктивності дослідження. Це породжує невирішене завдання в теорії та вимагає її певного удосконалення а також урахування впливу маневру радіотехнічних підрозділів на результати РЛЗ бойових дій угруповання сил і засобів ППО.

Виходячи із зазначеного вище **метою даної статті** є опис моделі радіолокаційного забезпечення бойових дій угруповання сил і засобів ППО в операціях з урахуванням маневру радіотехнічних підрозділів, що отримала подальший розвиток.

### Викладення основного матеріалу

В загальному випадку радіолокаційне забезпечення сил і засобів ППО – це комплекс заходів, спрямованих на забезпечення їх пунктів управління радіолокаційною інформацією про повітряну обстановку. Якщо представити процес радіолокаційного забезпечення як перебіг будь-якого явища, послідовної зміни станів, стадій розвитку [3], то можна стверджувати, що РЛЗ бойових дій угруповання сил і засобів ППО в операціях є сукупністю узгоджених і взаємопов'язаних за метою, завданням, простором і часом дій військових частин і підрозділів РТВ, які направлені на виконання бойових завдань із добування та своєчасного забезпечення сил і засобів ППО розвідувальною та бойовою РЛІ про повітряну обстановку у взаємодії із силами і засобами радіолокаційної розвідки інших родів військ і видів збройних сил за єдиним замислом і планом у повітряному та космічному просторі, із зосередженням зусиль на визначених напрямках під єдиним керівництвом в межах відповідальності угруповання військ [4, 8].

В інтересах досягнення мети статті проведемо декомпозицію РЛЗ бойових дій угруповання сил і засобів ППО. Представимо процес РЛЗ, як сукупність субпроцесів за матеріальною і функціональною ознаками (рис. 1).

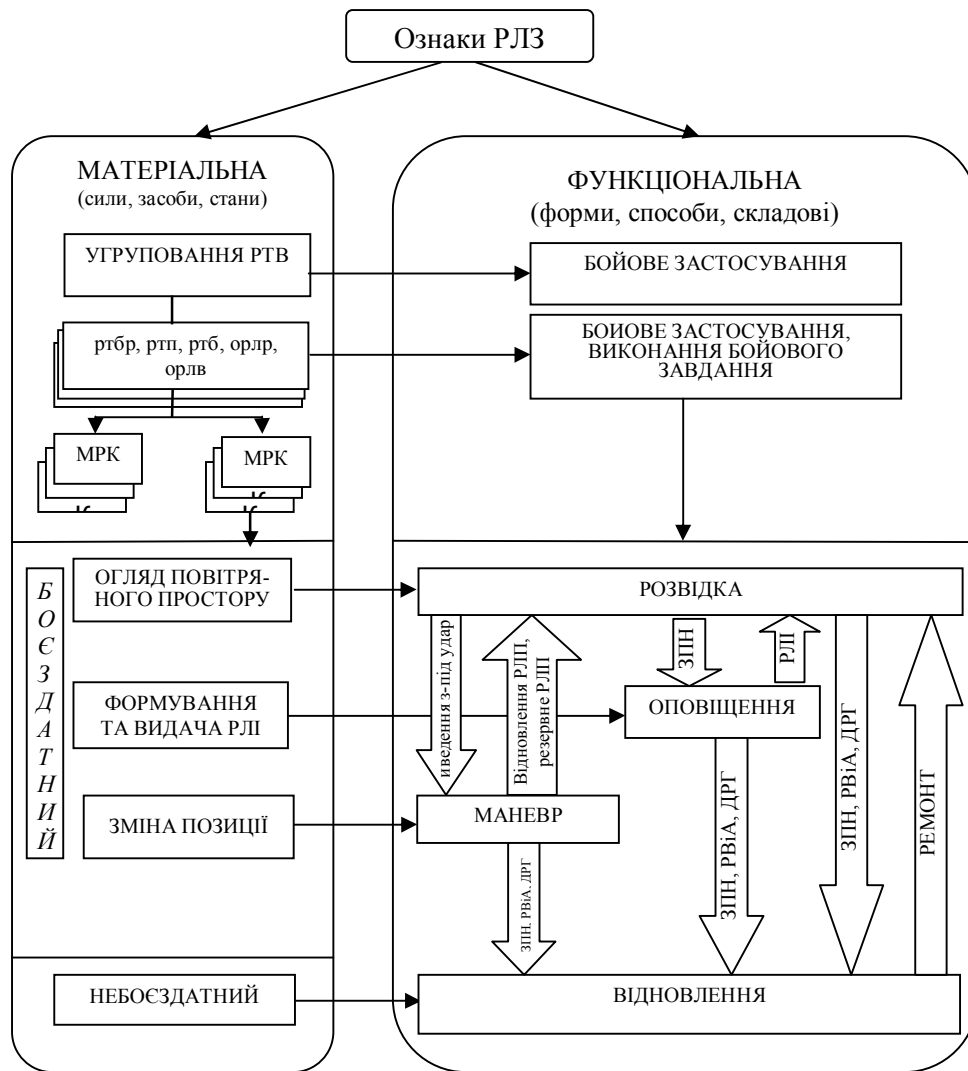


Рис. 1. Декомпозиція радіолокаційного забезпечення

РЛЗ бойових дій сил і засобів ППО в залежності від масштабу та об'єму завдань може здійснюватись угрупованням, військовою частиною або підрозділом РТВ у формах бойового застосування або виконання бойового завдання відповідно. Тому можна стверджувати, що елементарною одиницею, яка спроможна виконувати завдання РЛЗ бойових дій сил і засобів ППО, є радіотехнічний підрозділ, що озброєний мобільним радіолокаційним комплексом (МРК). Під МРК в статті розуміється сукупність функціонально пов'язаних радіолокаційних засобів, засобів передачі даних та переміщення (транспортування).

Таким чином елементарний процес РЛЗ включає розвідку повітряного противника, обробку і видачу радіолокаційної інформації про виявлені ЗПН на визначені пункти управління сил і засобів ППО, а також маневр РТП.

На початок виконання завдання РЛЗ бойових дій угруповання сил і засобів ППО МРК може знаходитись в станах "боездатний" і "небоездатний". В стані "боездатний" МРК здійснює "огляд повітряно-

го простору", веде розвідку повітряного противника. За умови неуразнення ЗПН, вогнем ракетних військ і артилерії (РВіА) або диверсійно-розвідувальними групами (ДРГ) противника, МРК може виявити ЗПН, та перейти у стан "формування та видача радіолокаційної інформації" або бути ураженим і перейти у стан "небоездатний". При цьому, за умови не ураження, МРК може провести обробку РЛІ про повітряну ціль та видати її на пункт управління (ПУ) сил і засобів ППО, звільнитись та перейти у стан "огляд повітряного простору", або бути ураженим і перейти у стан "небоездатний". До або після видачі РЛІ про повітряну ціль, з метою створення більш вигідних умов для ведення радіолокаційної розвідки, виведення з-під удару, відновлення або нарощування радіолокаційного поля МРК може перейти у стан "зміни позиції", здійснити маневр на запасну позицію та, за умови його успіху, розгорнутись на новій позиції і перейти в стан "огляд повітряного простору".

В стані "небоездатний" МРК не спроможний виконувати завдання РЛЗ, проводяться заходи щодо

відновлення його боездатності і, у разі успіху, може повернутись у стан “огляд повітряного простору”.

Зміна функціональних станів МРК відбувається під впливом потоків подій. Особливості зміни станів можна описати лише на основі результатів аналізу реальних бойових дій та поглядів провідних воєнних фахівців [1, 4].

Для забезпечення придушення системи ППО та недопущення або зменшення своїх втрат в ході нальоту, ЗПН противника змушені інтенсивно маневрувати і тому не можуть зберегти початковий бойовий порядок, інтервали, дистанції між одиночними і груповими цілями, їх склад порушується та носить випадковий характер.

Розглянуті особливості підтверджуються отриманими результатами обробки даних реальних бойових дій [2, 4]. Зокрема при підльоті повітряного противника до рубежів РЛЗ сил і засобів ППО та зон їх дії, найбільш несуперечливим виявляється експоненціальний закон [4], що відрізняється відсутністю післядії, мінімальною “передбачуваністю” і, таким чином, враховує найбільш важкі умови виконання завдань РЛЗ бойових дій угруповання сил і засобів ППО.

Таким чином можна визначити, що фізичний зміст РЛЗ полягає в послідовній зміні функціональних станів МРК під впливом зовнішніх і внутрішніх факторів в інтересах виявлення ЗПН противника та видачі РЛІ про них на визначені ПУ в умовах активної вогневої і радіоелектронної протидії як повітряного, так і наземного противника.

Як показує досвід розробки моделей [4, 8] для побудови моделей процесів основним питанням є вибір головного параметра, а якщо такий параметр виявився випадковою величиною, то оцінка закону її розподілу. Головним вважається такий параметр, вилучення якого зупиняє розвиток процесу. Вид закону розподілу випадкової величини головного параметра визначає можливість застосування відповідного математичного апарату для побудови моделі та повинен оцінюватися за результатами спостережень реального процесу або із фізичних розумінь [4].

Для процесу РЛЗ бойових дій угруповання сил і засобів ППО, що розвивається у часі, таким параметром є інтервали часу між сусідніми однорідними подіями, що фіксують цей розвиток, наприклад, між входами ЗПН противника в радіолокаційне поле угруповання РТВ, між моментами виявлення ЗПН і видачі інформації про них на ПУ сил і засобів ППО.

Аналіз причинно-наслідкових зв'язків показує, що результат і тривалість процесу РЛЗ випадкові. При цьому закінчення процесу РЛЗ може відбутися в результаті різних подій: виходу повітряної цілі із радіолокаційного поля угруповання РТВ, знищення цілі засобами ППО, ураження МРК, втрати повітряної цілі. Кожна з перерахованих подій може повто-

рюватися в ході РЛЗ неодноразово і таким чином створює "потік" подій. Сума цих потоків і визначає тривалість елементарного процесу РЛЗ.

Оскільки ні один із перерахованих потоків подій априорі не має переваги, у тому числі і по інтенсивності, то, відповідно до теореми про формування найпростішого потоку, інтервали часу в сумарному потоці можна вважати розподіленими за експоненціальним законом із достатньою для практики точністю [4]. Згідно експоненціального закону розподілу інтервалів часу ( $\Delta t$ ) між однорідними подіями, щільність розподілу випадкової величини  $\Delta t$  має вигляд

$$f(\Delta t) = I \cdot e^{(-I\Delta t)},$$

де  $I$  – інтенсивність потоку подій.

Експоненціальний закон розподілу випадкових часових інтервалів між поодинокими та груповими цілями в ударах і експоненціальний закон розподілу часу РЛЗ дозволяють будувати модель РЛЗ бойових дій сил і засобів ППО в класі Марковських процесів із безперервним часом і дискретними станами [4, 8]. Таким чином можна застосувати метод аналітико-стохастичного моделювання.

Метою застосування моделі є отримання ймовірнісних показників ефективності РЛЗ бойових дій сил і засобів ППО та забезпечення оперативної, повної і об'єктивної оцінки бойових можливостей угруповання РТВ.

В теорії бойового застосування РТВ факти використання методу аналітико-стохастичного моделювання авторам не відомі, проте даний метод широко використовується в теорії бойового застосування зенітних ракетних військ.

Тому для опису моделі РЛЗ бойових дій угруповання сил і засобів ППО пропонується застосувати принципи, що розроблені у роботі [4] та знайшли свій подальший розвиток у роботі [8].

Виходячи із вищенаведеного можна стверджувати, що РЛЗ бойових дій угруповання сил і засобів ППО можна представити у формі графу (рис. 2), в якому МРК угруповання РТВ будуть знаходитись в станах  $C_{skz}$ .

На рис. 2 позначено:  $I_{зпн}$  – інтенсивність зайняття нової позиції, переводить МРК із стану “зміна позиції” у стан “огляд повітряного простору” за умови його не ураження під час здійснення маневру;

$I_{ур}^b$  – інтенсивність ураження МРК при умові не виявлення ЗПН противника, вогнем РВіА або ДРГ, інтенсивність переходу РТП із стану “огляд повітряного простору” у стан “небоездатний”;

$I_{ур}$  – інтенсивність ураження МРК під час обробки і видавання РЛІ, або вогнем РВіА, або ДРГ, інтенсивність переходу МРК із стану “формування та видача радіолокаційної інформації” у стан “небоездатний”;

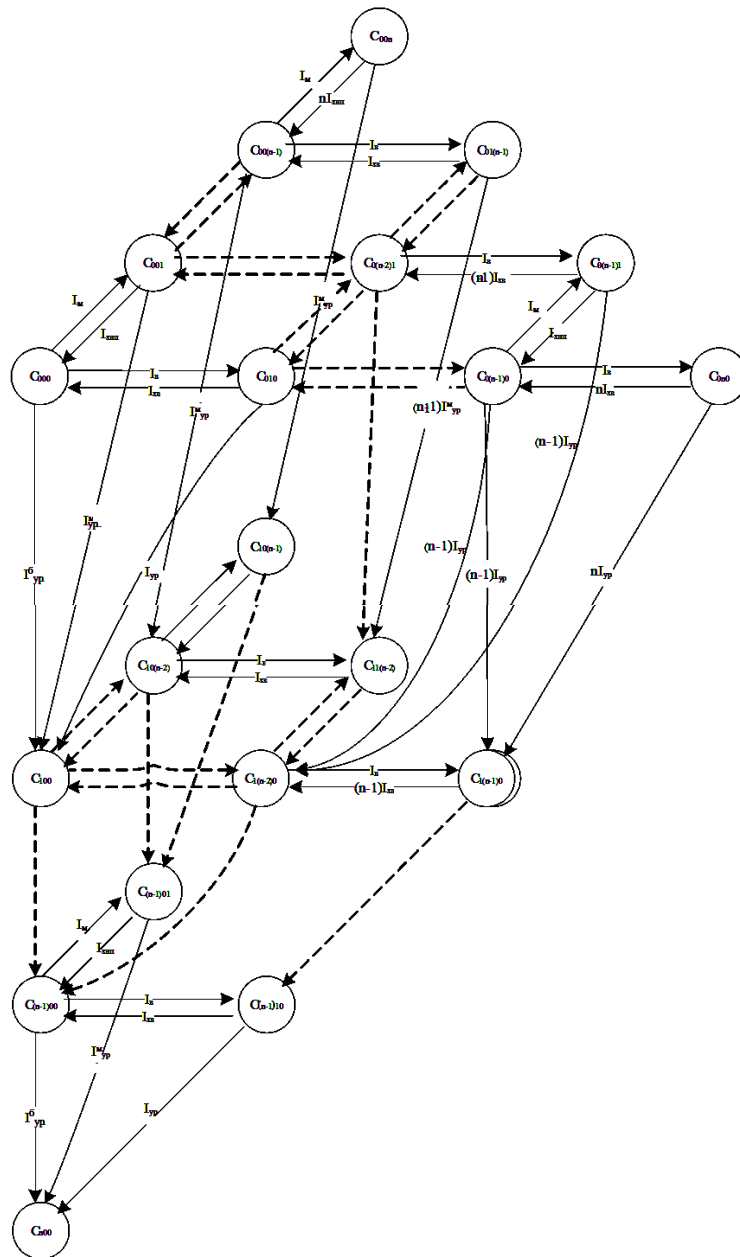


Рис. 2. Граф процесу радіолокаційного забезпечення

$I_{yp}^M$  – інтенсивність ураження МРК під час маневру, переводить МРК із стану “зміна позиції” у стан “небездатний”.

Таким чином, функціональні стани МРК угруповання РТВ під час виконання завдання РЛЗ та отриманні інтенсивності їх зміни дозволяють описати процес РЛЗ бойових дій угруповання сил і засобів ППО. Враховуючи Марковський характер процесу РЛЗ, скористаємось правилом контурів і запишемо систему диференціальних рівнянь для визначення ймовірностей станів мобільного радіолокаційного комплексу угруповання РТВ під час радіолокаційне забезпечення бойових дій угруповання сил і засобів ППО, враховуючи, що умова нормування ймовірностей має вигляд:

$$P_{000}(t) + P_{001}(t) + \dots + P_{00(n-1)}(t) + \dots + P_{n00}(t) = 1:$$

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{dP_{000}(t)}{dt} &= -(I_M + I_B + I_{yp}^{\alpha}) P_{000}(t) + I_{3B} P_{010}(t) + \\ &+ I_{3HP} P_{001}(t); \\ &\vdots \\ \frac{dP_{00(n-1)}(t)}{dt} &= -(I_M + I_B + I_{yp}^M) P_{00(n-1)}(t) + \\ &+ I_{3B} P_{01(n-1)}(t) + n I_{3HP} P_{00n}(t); \\ &\vdots \\ \frac{dP_{(n-1)00}(t)}{dt} &= -(I_M + I_B + I_{yp}^{\alpha}) P_{(n-1)00}(t) + \\ &+ I_{3HP} P_{(n-1)01}(t) + I_B P_{(n-1)10}(t); \\ \frac{dP_{n00}(t)}{dt} &= I_{yp}^{\alpha} P_{(n-1)00}(t) + I_{yp}^M P_{(n-1)01}(t) + \\ &+ I_{yp} P_{(n-1)10}(t). \end{aligned} \right.$$

У загальному вигляді рішення системи диференціальних рівнянь для визначення ймовірностей станів РТП угруповання РТВ є математичною моделлю РЛЗ та має вигляд:

$$\begin{aligned} P_{000}(t) &= A_{000}e^{\lambda_1 t} + \dots + Z_{000}e^{\lambda_n t}; \\ &\vdots \\ P_{00(n-1)}(t) &= A_{00(n-1)}e^{\lambda_1 t} + \dots + Z_{00(n-1)}e^{\lambda_n t}; \\ &\vdots \\ P_{(n-1)00}(t) &= A_{(n-1)00}e^{\lambda_1 t} + \dots + Z_{(n-1)00}e^{\lambda_n t}; \\ P_{n00}(t) &= A_{n00}e^{\lambda_1 t} + \dots + Z_{n00}e^{\lambda_n t}. \end{aligned}$$

### Висновки

Таким чином в статті представлено опис процесу РЛЗ бойових дій угруповання сил і засобів ППО на прикладі РТП угруповання РТВ, в ході якої сформульовано положення щодо змісту РЛЗ бойових дій угруповання сил і засобів ППО як сукупності функціональних станів МРК з урахуванням маневру МРК. Представлено аналітичні вирази ймовірностей можливих станів РЛЗ бойових дій сил і засобів ППО в загальному вигляді, що по суті є математичною моделлю процесу РЛЗ. Застосування даної моделі дозволить визначити ймовірнісні показники ефективності РЛЗ бойових дій угруповання сил і засобів ППО, а також описати вплив на їх значення маневру радіотехнічних підрозділів. Реалізація моделі у методиках дослідження ефективності РЛЗ дозволить визначити важливі для практики показники, а саме: математичне сподівання кількості повітряних цілей, про які радіолокаційна інформація може бути видана на ПУ військових частин і підрозділів зенітних ракетних військ та винищувальної авіації за визначений час; інтенсивність здійснення маневру МРК; математичне сподівання втрат радіотехнічних підрозділів.

На думку авторів подальшим напрямком дослідження є удосконалення методики оцінювання ефективності способів РЛЗ та з її допомогою обґрунтування рекомендацій щодо підвищення ефективності РЛЗ в операціях.

### Список літератури

1. Ярош С.П. Теоретичні основи побудови та застосування розвідувально-управляючих інформаційних систем протиповітряної оборони: монографія / С.П. Ярош; за ред. І.О.Кириченка. – Х.: ХУПС, 2012. – 512 с
2. Протиповітряна оборона у локальних війнах і збройних конфліктах / В.Г. Радецький, І.С. Руснак, П.В. Щипанський та ін. – НАОУ – К, 2007. – 254 с.
3. Городнов В.П. Методики прогноза ефективності групувань родов військ ПВО / В.П. Городнов. – Х.: ХВУ, 1999. – 32 с.
4. Моделювання бойових дій військ (сил) протиповітряної оборони та інформаційне забезпечення процесів управління ними (теорія, практика, історія розвитку). Монографія / В.П. Городнов, Г.А. Дробаха, М.О. Єрмошин, Є.Б. Смірнов, В.І. Ткаченко. – Х.: ХВУ, 2004. – 409 с.
5. Сніцаренко П.М. Методологічні основи створення і розвитку радіолокаційних систем ППО / П.М. Сніцаренко // Наука і оборона. – 1998. – № 1. – С. 39-42.
6. Теорія і практика боротьби з малорозмірними низьколітніми цілями (оцінка можливостей, тенденції розвитку засобів протиповітряної оборони). Монографія / [І.С. Романченко, О.М. Загорка, С.Г. Бутенко, О.В. Дейнега]. – Житомир: "Полісся", 2011. – 344 с.
7. Тактика радіотехнічних військ: навчальний посібник / [Б. В. Бакуменко, В. І. Боровий, В. В. Ковкін та ін.]; під ред. Б. В. Бакуменка. – Х.: ХУПС, 2007. – 228 с.
8. Гогоянці С.Ю. Удосконалена аналітико-стохастична модель протиповітряного бою зенітного ракетного комплексу / С.Ю. Гогоянці, В.П. Городнов // Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. – К.: НУОУ, 2010. – № 2 (8) – С. 47 – 54.

Надійшла до редколегії 23.02.2016

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.В. Барабаш, Державний університет телекомунікацій, Київ.

### МОДЕЛЬ РАДИОЛОКАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ БОЕВЫХ ДЕЙСТВИЙ ГРУППИРОВКИ СИЛ И СРЕДСТВ ПРОТИВОВОЗДУШНОЙ ОБОРОНЫ В ОПЕРАЦИЯХ

С.Ю. Гогоянці, С.В. Полищук

В статье проведено описание процесса радиолокационного обеспечения боевых действий сил и средств противовоздушной обороны, описан маневр, как составная часть процесса радиолокационного обеспечения, определены функциональные состояния мобильного радиолокационного комплекса, получены аналитические выражения вероятностей всех возможных состояний мобильного радиолокационного комплекса в общем виде на основании математической модели процесса радиолокационного обеспечения.

**Ключевые слова:** эффективность, радиолокационного обеспечения, мобильный радиолокационный комплекс, боевые действия сил и средств противовоздушной обороны.

### THE MODEL OF RADIOLOCATIONAL COMBAT SUPPORTING GROUP OF AIR DEFENCE FORCES AND MEANS IN OPERATIONS

S.J. Gogonants, S.V. Polishchuk

In the article is described the process of the radiolocational combat supporting of air defence forces and means and maneuver as part of the process of radiolocational supporting, defined the functional states of the mobile radar complex, received the analytical expressions of probabilities of all possible states of a mobile radar complex in general are based on a mathematical model of the process radiolocational supporting.

**Keywords:** efficiency, radiolocational supporting, mobile radar complex, combat of air defense forces and means.