

УДК:355.45

С.П. Лещенко<sup>1</sup>, О.М. Колеснік<sup>1</sup>, С.І. Бурковський<sup>1</sup>, Л.В. Бейліс<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Харківський університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба

<sup>2</sup>Командування Повітряних Сил, Вінниця

## **НАПРЯМКИ СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ БОЙОВОГО ЗАСТОСУВАННЯ РАДІОТЕХНІЧНИХ ЧАСТИН І ПІДРОЗДІЛІВ**

*Створення системи імітаційного моделювання бойового застосування радіотехнічних частин і підрозділів потребує розробки нових підходів до проведення моделювання функціонування системи радіолокаційної розвідки та оцінки її ефективності на навчаннях. Обговорюються послідовність вибору раціонального варіанту побудови бойового порядку та оцінки очікуваної ефективності бойового застосування угруповання РТВ на навчаннях за результатами імітаційного моделювання.*

**Ключові слова:** моделювання, радіолокаційна розвідка, бойове застосування, навчання.

### **Вступ**

Зміни, що відбуваються, в умовах застосування сучасних збройних сил пред'являють високі вимоги до якості рішення завдань управління військами та силами ППО. Об'єм і складність цих завдань продовжують безупинно зростати. Тому управління війсь-

ками в сучасних умовах повинно ґрунтуватися на всебічному обліку факторів, що впливають на бойові дії, спиратися на глибоку оцінку обстановки, на точні розрахунки, обґрунтовані рішення, ретельне планування і достовірну оцінку очікуваних результатів на основі моделювання бойових дій.

Підтвердженням цієї вимоги є зріст залежності результатів бойових дій військ від досягнутої ними інформаційної переваги й загострення інформаційного протиборства у військовій сфері [1].

Вже сьогодні в США практично реалізована прийнята на початку 90-х років концепція побудови розподілених мереж імітації та моделювання, яка об'єднала в рамках єдиного замислу різноманітні моделі, тренажерні комплекси та реально діючі системи озброєння, максимально наближаючи при цьому бойову обстановку, яка моделюється, до реальної просторово-часовому розмаху та кількості сил і засобів, що залучаються.

До основних тенденцій методологічного плану, що характерні для розвитку математичних моделей оцінки бойових дій у МО США відносяться [1]:

– створення ієрархічних моделей на основі єдиної методології та інформаційної бази;

– пошук можливостей збільшення кількості процесів і факторів, що описуються в моделі, як основний напрямок підвищення адекватності моделей реальним бойовим діям;

– значне підвищення деталізації опису процесів прийняття рішень та підвищення вимог щодо чутливості моделі до прийнятих рішень;

– удосконалення опису місцевості, погодних умов, часу року й доби та інших факторів, що впливають на хід бою, а також описів елементарних процесів, властивих бойовим діям;

– удосконалення математичного апарату на основі більш коректного та повного опису процесів бою, з одного боку, та відмови від необґрунтованого ускладнення математичного апарату з метою досягнення точності, що значно перевищує можливі похибки вихідних даних.

Планування бойового застосування радіотехнічних військ Повітряних Сил також потребує проведення етапу оперативно-тактичних розрахунків та оцінки ефективності обраних варіантів бойового застосування військових частин і підрозділів РТВ на основі моделювання.

**Метою статті є** обґрунтування напрямків створення системи імітаційного моделювання бойового застосування радіотехнічних частин і підрозділів.

**Постановка завдання.** Діяльність командирів та штабів при виробленні рішення на бойові дії об'єктивно сполучається із застосуванням методів кількісного аналізу, математичного прогнозування ефективності прийнятих рішень і плану бойового застосування, які розробляються. Розглянемо існуючі методи і моделі для оцінки показників бойових можливостей радіотехнічних частин і підрозділів. Також розглянемо можливий варіант послідовності вибору раціонального варіанту побудови бойового порядку та оцінки очікуваної ефективності бойового застосування угруповання радіотехнічних військ (РТВ). Визначимо можливі напрямки створення сис-

теми імітаційного моделювання бойового застосування радіотехнічних частин і підрозділів.

## Основна частина

Ефективність бойового застосування угруповання радіотехнічних військ в чималому ступені залежить від варіанту побудови його бойового порядку, що впливає на значення показників бойових можливостей. Порядок проведення оперативно-тактичних розрахунків, оцінки ефективності та визначення раціонального варіанту побудови бойового порядку військ (сил) може бути зведений до таких етапів [2]:

– визначення базових варіантів побудови бойового порядку.

На цьому етапі за результатами оцінки конкретної обстановки (оцінки противника, своїх військ) на підставі проведення оперативно-тактичних розрахунків показників бойових можливостей – параметрів радіолокаційного поля для угруповання РТВ (нижня, верхня межа, розмір по фронту та у глибину) визначається необхідний склад та декілька варіантів оперативного шиккування угруповання для виконання задач в оперативній зоні;

– виключення малоефективних варіантів побудови бойового порядку на підставі оцінки їх ефективності за результатами проведення оперативно-тактичних розрахунків просторових показників бойових можливостей.

На цьому етапі здійснюється оцінка ефективності ведення радіолокаційної розвідки для можливих варіантів побудови бойового порядку угруповання РТВ. Для кількісної оцінки ефективності ведення радіолокаційної розвідки на цьому етапі можливо використовувати просторові показники бойових можливостей – параметри радіолокаційного поля та відношення потрібних рубежів і рубежів з видачі розвідувальної та бойової інформації, що реалізуються. Обираються 2...3 найбільш раціональних варіантів побудови бойового порядку угруповання з урахуванням очікуваної якості виконання поставлених завдань;

– оцінка ефективності попередньо обраних варіантів побудови бойового порядку шляхом імітаційного моделювання у ситуації, яка найбільш близька до реальних умов функціонування системи радіолокаційної розвідки, яку створює угруповання РТВ.

На цьому кінцевому етапі вибору раціонального бойового порядку угруповання РТВ здійснюється імітаційне моделювання бойового застосування для прогнозованих варіантів дій засобів повітряного нападу противника. Оцінюється значення показника ефективності бойового застосування для обраних на попередньому етапі варіантів побудови бойового порядку. Ефективність бойового застосування угру-

повання РТВ може оцінюватися по кількості повітряних цілей для яких було отримано радіолокаційну інформацію з заданою якістю, відносно загальної кількості цілей, які приймали участь у нальоті засобів повітряного нападу та діяли в межах радіолокаційного поля угруповання РТВ.

В автоматизованих угрупованнях радіотехнічних військ для оцінки ефективності використовують так званий коефіцієнт проводки, який характеризує відношення загального часу супроводження дійсних трас цілей до суми часу знаходження дійсних цілей в зоні відповідальності підрозділу та часу існування хибних та дублюючих трас, які були сформовані КЗА. Він знаходиться в результаті натурних і півнатурних випробувань або за результатами моделювання з формули [3]:

$$\hat{E}_{\Gamma\delta} = \frac{\sum_j^N \sum_i^n \Delta t_i^{\delta\delta} \Delta t_j^{\delta\delta}}{\sum_j^N \Delta t_j^{\delta\delta} + \sum_l^L \Delta t_l^{\delta\delta\delta} + \sum_k^K \Delta t_k^{\delta\delta\delta}} \quad (1)$$

де  $i=1 \dots n$  – номер відрізка часу супроводження дійсної траси цілі;  $j=1 \dots N$  – номер дійсної траси цілі ( $N$  – загальна кількість дійсних трас цілей);  $l = 1 \dots L$  – номер хибної траси цілі;  $k=1 \dots K$  – номер дублюючої траси цілі;  $\Delta t_i^{\delta\delta}$  – інтервал часу супроводження дійсної траси цілі;  $\Delta t_j^{\delta\delta}$  – інтервал часу знаходження дійсної траси цілі в радіолокаційному полі підрозділу;  $\Delta t_l^{\delta\delta\delta}$  – інтервал часу супроводження хибно зав'язаної траси;  $\Delta t_k^{\delta\delta\delta}$  – інтервал часу супроводження дублюючої траси.

Цій показник може характеризувати результат автоматизованої обробки радіолокаційної інформації угрупованням (підрозділами) радіотехнічних військ за результатами імітаційного моделювання бойового застосування. При відомих параметрах нальоту засобів повітряного нападу з використанням показника  $K_{\text{пр}}$  може бути розрахований внесок радіотехнічних військ у бойову ефективність угруповання ППО.

Таким чином, запропонована послідовність дій базується на теоретико-ігровому підході до досліджень складних систем, який припускає послідовний пошук раціонального рішення:

- визначення базових варіантів на основі аналізу факторів, суттєвих для системи;
- виключення малоефективних варіантів на підставі оцінки їхньої ефективності за результатами проведення оперативно-тактичних розрахунків;
- деталізацію обраного рішення та його експериментальну перевірку шляхом проведення імітаційного моделювання у ситуації, найбільш близькій до реальних умов функціонування системи.

Взагалі при побудові моделей бойових дій використовують наступні методи моделювання: імітаційні (статистичні), аналітичні, стохастичні, комбіновані та штучного інтелекту. При цьому математичні моделі повинні відповідати основним вимогам щодо достовірності результатів, оперативності отримання результатів, системності та модульності при побудові моделі, відповідності ступеня деталізації рівню моделювання, вхідній інформації, точності і формі представлення даних [2, 3].

В практиці радіотехнічних військ найбільше поширення отримали математичні моделі побудовані за графоаналітичними та аналітичними методиками розрахунків показників бойових можливостей (наприклад, інформаційно-розрахункова система (ІРС) «Поле»). В основу графоаналітичної методики розрахунку просторових бойових можливостей частин і підрозділів РТВ покладається розрахунок параметрів зон виявлення окремих радіолокаційних засобів з урахуванням затінюючих властивостей рельєфу місцевості та поєднання окремих зон виявлення у радіолокаційне поле. Також в ІРС розраховуються потрібні та реалізовані рубежі видачі розвідувальної та бойової інформації за відомими аналітичними виразами [3]. В результаті проведення графоаналітичних розрахунків ІРС забезпечує оперативну оцінку значення просторових показники бойових можливостей системи радіолокаційної розвідки. Кількісна оцінка показників бойових можливостей при цьому не залежить від випадкових подій, які трапляються в процесі протиповітряного бою, таких як флуктуації ефективної поверхні розсіяння цілі при руху по трасі, зміни потужності та просторового положення джерел перешкод, вплив на радіоелектронну техніку (РЕТ) авіаційних засобів ураження та інше.

При використанні інформаційно-розрахункових систем побудованих на графоаналітичних методиках та моделях, за рахунок обмеження деталізації при проведенні розрахунків, отримують потрібну оперативність розрахунків просторових показників бойових можливостей РТВ. Але результати таких розрахунків не дозволяють оцінити інформаційні можливості та вклад угруповання РТВ в ефективність бойових дій угруповання ППО, не враховують динаміку та характер дій повітряного противника, що є суттєвим недоліком, який можливо виправити лише при використанні методу імітаційного моделювання.

#### **Приклад створення системи імітаційного моделювання бойового застосування РТВ.**

Розглянемо напрямки створення системи імітаційного моделювання бойового застосування РТВ. В імітаційних моделях використовується принцип копіювання процесу, що моделюється, зі зберіганням логічної послідовності, структури й зв'язків окре-

мих їхніх елементів. Імітаційне моделювання бойового застосування системи радіолокаційної розвідки реалізує метод статистичного моделювання (метод Монте-Карло) при цьому повинна розроблятися математична модель процесу виявлення кожної повітряної цілі радіолокаційними засобами з урахуванням тактико-технічних можливостей РЛС, впливу рельєфу місцевості, бойових порядків, впливу активних перешкод, ракурсу польоту цілі, умов обстановки.

На основі аналізу випадкових факторів бойової обстановки визначаються характеристики виявлення повітряних цілей, складається алгоритм статистичного моделювання процесу виявлення і супроводження повітряних цілей. Бойове застосування системи радіолокаційної розвідки при цьому повинно моделюватися за часом, враховуватися готовність та стан радіолокаційних засобів, вплив авіаційних засобів ураження та інше.

Проведення імітаційного моделювання шляхом розіграшу дій на навчаннях є заключним етапом побудови замислу на бойове застосування та вибору і оцінки ефективності варіанту побудови бойового порядку угруповання.

Розглянемо особливості побудови алгоритму та програмної реалізації імітаційної моделі бойового застосування угруповання РТВ в складі системи розіграшу дій на навчаннях.

Система імітаційного моделювання бойового застосування угруповання РТВ є складовою частиною комп'ютерної системи розіграшу бойових дій, яка створюється для забезпечення процесу завчасної підготовки застосування Повітряних Сил. До основних завдань, які можуть бути вирішені на етапі підготовки та проведення імітаційного моделювання на автоматизованому робочому місці (АРМ) начальника РТВ, яке входить до складу імітаційної системи розіграшу дій, можливо віднести:

- розробка замислу на бойове застосування та варіантів побудови бойового порядку радіотехнічних військ;
- оцінка результатів імітаційного моделювання бойового застосування та очікуваних показників бойових можливостей радіотехнічних військ (просторових, інформаційних);
- підготовка органів військового управління к діям в динамічній обстановці;
- відпрацювання взаємодії в реальному часі з іншими родами військ.

Управління діями підрозділів радіотехнічних військ здійснюється тільки під час проведення розіграшу, та з'єднанні з сервером повітряної обстановки системи розіграшу дій. При завчасній підготовці розіграшу дій здійснюється побудова бойового порядку угруповання РТВ. За результатами внесення до бази даних АРМ начальника РТВ інформації про

координати підрозділів, їх підпорядкованість, типи та поточний стан бойової готовності РЕТ формується електронна робоча карта. Зовнішній вигляд позначки підрозділу на електронній робочій карті характеризує його тип (батальйон, рота чи взвод), а також наявність в ньому пункту наведення авіації. Створення або редакція бойового порядку угруповання здійснюється за допомогою інструментів редактору угруповання.

Параметрами бойового порядку угруповання є координати командних пунктів підрозділів та їх тип. Основними об'єктами імітаційного моделювання є зразки радіоелектронної техніки і озброєння підрозділів, для яких вносяться початкові дані (рис. 1):

- ступінь бойової готовності зразків радіолокаційного озброєння та КЗА;
- висота гірки для зразків радіолокаційних станцій (РЛС);
- запаси палива у підрозділах;
- кількість засобів ППО підрозділів;
- початок сектору відповідальності підрозділу;
- кількість індивідуальних ремкомплектів та наявність майстерень з ремонту та технічного обслуговування у підрозділі;
- кількість та тип складів палива та матеріально-технічного майна;
- кількість сідельних та бортових тягачів у підрозділі;
- ступень навченості (підготовленості) особового складу підрозділу.

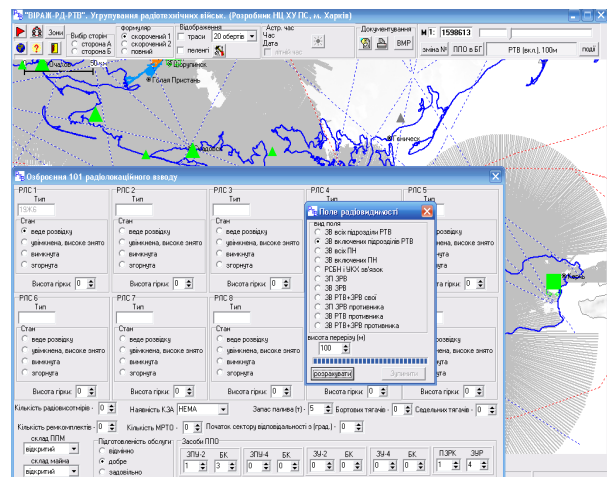


Рис. 1. Редагування складу угруповання РТВ

Інформація про кількість засобів ППО, типи складів майна закладається для проведення розрахунків про втрати майна при нанесенні ударів по підрозділам.

Інформація про наявність та кількість тягачів закладається для розрахунку можливостей щодо здійснення маневру підрозділами.

Ступень навченості та наявність КЗА в підрозділах впливає на інформаційні можливості (кіль-

кість супроводжуваних цілей) та можливість створення триангуляційних комірок в радіотехнічних батальйонах.

Моделювання бойового застосування угруповання РТВ передбачає моделювання виявлення повітряних цілей та їх супроводження на АРМ начальника РТВ.

До основних дій, які виконуються програмним забезпеченням АРМ начальника РТВ для кожної цілі, координати та просторове положення якої передається з серверу повітряної обстановки є:

- перевірка принципової можливості виявлення цілі (перевірка умов наявності прямої радіовидимості з урахуванням впливу рельєфу місцевості, знаходження цілі в межах зони виявлення РЛС);
- рішення задачі оцінки імовірності виявлення цілі (цілі виявляється РЛС з імовірністю, яка оцінюється з урахуванням її віддалення від РЛС, впливу постановників активних перешкод та ракурсу польоту [4]);
- рішення задачі оцінки факту виявлення цілі. Рішення про факт виявлення цілі приймається шляхом статистичного моделювання по методу Монте-Карло з урахуванням значення імовірності виявлення.

Якщо цілі виявлені та супроводжується хоча б одним радіотехнічним підрозділом, то вона супроводжується на АРМ начальника РТВ та її координати і ознаки видаються користувачам через сервер повітряної обстановки системи розіграшу дій.

При невиявленні відмітки цілі програмне забезпечення АРМ імітує екстраполяцію траси цілі на протязі трьох обзорів.

Потрібно відмітити, що програмне забезпечення системи розіграшу дій на навчаннях:

- не враховує реальних помилок у ототожнюванні відміток повітряних цілей при проведенні третиної обробки на КЗА та КП підрозділів РТВ;
- не імітує супроводження хибних траєкторій повітряних цілей;
- не імітує групування цілей при перевищенні інформаційних можливостей підрозділів на командних пунктах при проведенні третиної обробки РЛІ.

Оцінка зниження якості РЛІ при впливі цих факторів не входить в завдання системи імітаційного моделювання розіграшу дій на навчаннях. Крім того в програмі робочого місця начальника РТВ закладено обмеження на зав'язку трас постановників активних перешкод (ПАП) а саме:

- траса зав'язується при умові радіовидимості та формування на ПАП пеленгів з трьох підрозділів одного радіотехнічного батальйону, які оснащені КЗА;
- у підрозділах імітується робота радіолокаційних станцій одного діапазону хвиль (сантиметрового або метрового), які мають пеленгаційну апаратуру (рис. 2).

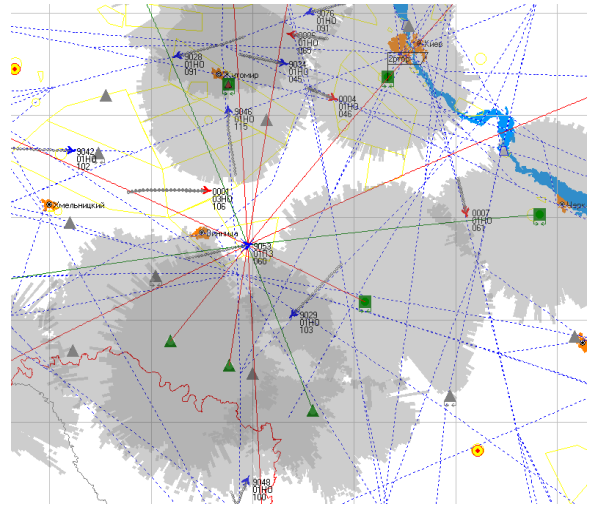


Рис. 2. Приклад імітації супроводження ПАП угрупованням РТВ та відображення параметрів радіолокаційного поля

Система розіграшу дій забезпечує врахування потрібних часових інтервалів на зав'язку трас цілей, розгортання, згортання, включення та виключення зразків озброєння, наявність та залишок палива та його витрату в процесі роботи радіоелектронної техніки. Також в системі враховано наявність в підрозділах індивідуальних ремкомплектів для відновлення слабких ушкоджень озброєння та часу на відновлення слабких та середніх ушкоджень озброєння за участю ремонтних бригад.

Для аналізу результатів імітаційного моделювання бойового застосування угруповання РТВ, оцінки втрат ОВТ та об'єктів на позиціях підрозділів РТВ [5], розрахунку статистичних характеристик та відтворення записаного файлу реєстрації дій, який автоматично записується на АРМ начальника РТВ розроблено окрему програму. Загальний картографічний фон та відображення повітряної обстановки в цій програмі здійснюється аналогічно автоматизованому робочому місцю начальника РТВ (рис. 3).

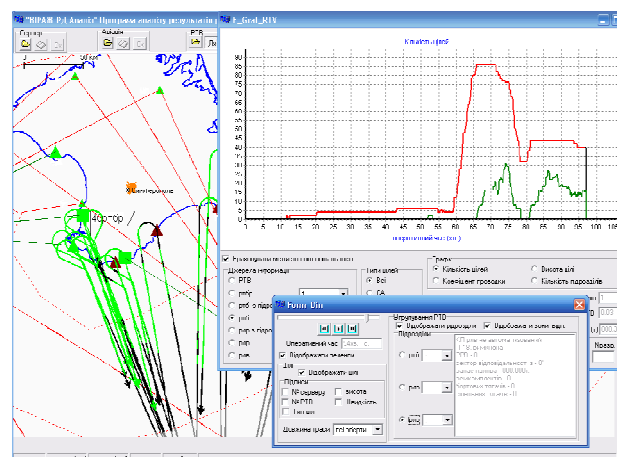


Рис. 3. Відображення результатів супроводження повітряних цілей угрупованням РТВ

Кожна траса цілі відображається трьома кольорами: зеленим (якщо вона супроводжувалася), сірим (не супроводжувалася та знаходилася за межами зон відповідальності угруповання) та чорним (не супроводжувалася, але знаходилася в межах зони відповідальності угруповання РТВ).

Програма забезпечує відображення (відтворення) анімації польоту повітряних цілей на фоні цифрової робочої карти та відображення статистичних даних для підрозділів, з прив'язкою до оперативного часу (рис. 3).

Забезпечується відображення стану озброєння та запасів палива у підрозділах за оперативним часом в ході моделювання, у тому числі ступеню ураження озброєння та об'єктів на позиції за результатами вогневого впливу.

Розрахунок та відображення статистичних характеристик і показників (графіку проводки цілей, значення коефіцієнту проводки, згідно (1)) дозволяє проводити аналіз результатів імітаційного моделювання удару засобів повітряного нападу по частинах і підрозділах радіотехнічних військ і оцінювати ефективність їх бойового застосування.

### Висновок

Таким чином, в існуючий час розроблено приклад системи імітаційного моделювання бойового застосування угруповання радіотехнічних військ, яка може використовуватися в складі системи розіграшу дій Повітряних Сил на навчаннях.

### Список літератури

1. *Моделювання бойових дій військ (сил) протиповітряної оборони та інформаційне забезпечення процесів управління ними (теорія, практика, історія розвитку): монографія / В.П. Горднов, Г.А. Дробаха, М.О. Єрмошин, Є.Б. Смірнов, В.І. Ткаченко. – Х.: ХВУ, 2004. – 465 с.*
2. *Єрмошин М.О. Оцінка ефективності бойових дій зенітних ракетних військ: навчальний посібник / М.О. Єрмошин, Г.А. Дробаха. – Х.: ХВУ, 2004. – 258 с.*
3. *Довідник з протиповітряної оборони / А.Я. Горопчин, І.О. Романенко, Ю.Г. Даник, Р.Е. Пащенко та ін. – К.: МО України, Х: ХВУ, 2003. – 368 с.*
4. *Батурицький М.П. Оцінювання впливу стану обуреності атмосфери на показники якості виявлення аеродинамічних об'єктів засобами активної радіолокації / М.П. Батурицький // Системи озброєння і військова техніка. – 2008. – № 3 (15). – С.24-26.*
5. *Поляков А.В. Моделювання виконання авіаційного удару по позиції підрозділу ЗРВ в інтересах створення системи розіграшу бойових дій з метою відпрацювання варіантів замислу операції / А.В. Поляков, М.П. Батурицький, Д.Ю. Свистунов // Системи озброєння і військова техніка. – 2010. – № 2(22). – С.10-12.*

Надійшла до редколегії 14.12.2010

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. О.І. Сухаревський, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба.

### НАПРАВЛЕНИЯ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ БОЕВОГО ПРИМЕНЕНИЯ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ ЧАСТЕЙ И ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ

С.П. Лещенко, А.Н. Колесник, С.И. Бурковский, Л.В. Бейлис

*Создание системы имитационного моделирования боевого применения радиотехнических частей и подразделений требует разработки новых подходов к проведению моделирования функционирования системы радиолокационной разведки и оценки эффективности на учениях. Обсуждаются последовательность выбора рационального варианта построения боевого порядка и оценки ожидаемой эффективности боевого применения группировки РТВ на учениях по результатам имитационного моделирования.*

**Ключевые слова:** моделирование, радиолокационная разведка, боевое применение, учения.

### DIRECTIONS OF SIMULATION MODELING SYSTEM FOR RADIOENGINEERING UNITS AND SUBDIVISIONS COMBAT APPLICATION

S.P. Leshchenko, A.N. Kolesnik, S.I. Burkovsky, L.V. Bejlis

*Creation of simulation modeling system of radioengineering units and subdivisions combat application requires the creation of new approaches to construction of radar intelligence system operation modeling and efficiency estimation during the maneuvers. The sequence of a rational variant choice of a battle order construction and the estimation of RET grouping battle application expected efficiency during the maneuvers by the results of simulation modeling are discussed.*

**Keywords:** modeling, radar intelligence, battle application, maneuvers.