

## МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ "ЕШЕЛОН-2000" ТА ЇЇ ВИКОРИСТАННЯ В МЕРЕЖІ ПЕОМ

к.в.н. В.І.Ткаченко, к.т.н. Г.А. Дробаха, Є.Б. Смірнов  
(подав д.т.н., проф. В.І. Карпенко)

У статті розкриваються основні принципи, які закладені в розроблену програму для інформаційно-розрахункового забезпечення процесів прийняття рішення на протиповітряну оборону та дозволяють отримати результати тривалого прогнозу бойових дій.

### ***1. Призначення моделі, основні обмеження та допущення***

При дослідженні складних систем інколи потрібне детальне моделювання та докладний аналіз умов їх функціонування, виявлення тенденцій розвитку процесів, властивих таким системам, оперативне отримання оцінок показників бойових можливостей військ [1, 2]. При цьому умовою використання моделей є їх адекватність дійсності у рамках прийнятих менш жорстких припущень.

Програма "Ешелон-2000" реалізує аналітико-стохастичну та детерміновану імітаційно-статистичну моделі системи протиповітряної оборони (ППО), які призначені для автоматизації розрахунків при прийнятті рішення на протиповітряну оборону та для прогнозу можливої динаміки розвитку бойових дій при відбитті ударів з повітря за конкретними реалізаціями угруповань сил і замислу дій сторін.

У режимі дослідження просторово-часових параметрів зон дій засобів ППО відображається електронна карта місцевості, на яку автоматично наносяться умовні позначки по елементах угруповання. У інтерактивному режимі ці дані можуть змінюватись з метою уточнення параметрів угруповання та вибору потрібного варіанта, оцінки його статичних параметрів.

*Основні обмеження і припущення моделі зведені до наступного.*

З метою підвищення оперативності розрахунків, що проводяться, ряд факторів (рельєф місцевості, метеоумови, радіогоризонт і ін.) у розрахункових задачах і моделях *враховуються побічно*. Тому результати дозволяють судити, головним чином, про граничні можливості системи ППО. Такий підхід дозволяє проводити *оперативну оцінку варіантів побудови та структури системи ППО*, яку потім доцільно уточнювати з використанням більш детальних моделей і задач.

*Основні обмеження реалізованої бази даних моделі*, в основному, визначаються розміром оперативної пам'яті *мінімальної комплектації ПЕОМ* (до 8 Мб), на якій може бути реалізована програма моделі.

*Програма реалізована* алгоритмічною мовою Паскаль за допомогою компілятора *TMT-Pascal*. Розмір коду програми моделі на алгоритмічній мові Паскаль – 642 Кб. Розмір коду програми моделі, відтрансльованої та підготовленої до використання, – 530 Кб. Ємність пам'яті для зберігання бази даних та електронної топокарти на НМД у мінімальному варіанті – до 6 Мб, ємність пам'яті для зберігання електронної топокарти високої якості – 32 Мб.

Потрібний *комплект обчислювальних засобів* для реалізації можливостей програми моделі - IBM-сумісна ПЕОМ за продуктивністю типу "Pentium-2" або вище з об'ємом оперативної пам'яті не менш 64 Мб. Відеокарта - SVGA з розрізняювальною спроможністю не менш 1024x768 пікселів та ємністю відеопам'яті 8 Мб, яка підтримує VESA – режими.

## **2. Алгоритми відображення інформації та документування**

Алгоритми підсистеми відображення інформації та документування призначені для виведення або реєстрації на НМД ПЕОМ текстових і графічних форм у ході розрахунків, моделювання та при узагальненні результатів чергового прогону моделі по його закінченні.

Згідно з алгоритмами *блоку реєстрації результатів моделювання та розрахунків* у ході роботи моделі забезпечується відбір і запам'ятовування даних, необхідних для наступної обробки по закінченні моделювання (прогону моделі), а також вихідних даних моделі, що далі можуть використовуватись як окремі документи.

Згідно з алгоритмами *відображення інформації* здійснюється підготовка та видача на екран ПЕОМ текстових і графічних форм з результатами розрахунків та моделювання, до основних з яких відносяться:

- електронні топографічні карти з нанесеною обстановкою при вводі даних;
- електронні контурні карти з нанесеною обстановкою для швидкого відображення результатів проміжних розрахунків та редагування даних;
- електронні контурні карти та схеми для відображення обстановки за тактами роботи імітаційної моделі бойових дій;
- тривимірні карти та гістограми для відображення зон дії засобів ППО в просторі, оперативної щільності об'єктів у межах відповідальності та кратності перекриття зон дій у просторі;
- вертикальні перерізи зон дії засобів ППО і зон досяжності по ТТХ засобах повітряного нападу (ЗПН);
- умовні позначки, що використовуються для нанесення обстановки;
- текстові форми відображення результатів розрахунку ефективності протиповітряної оборони;
- текстові форми відображення даних у ході моделювання бойових дій;
- текстові і графічні форми відображення даних при редагуванні баз даних.

### *3. Алгоритми забезпечення діалогового режиму та управління обчислювальним процесом*

Комплекс алгоритмів підсистеми забезпечення діалогу та управління моделлю призначений для організації введення вхідних даних, управління прогоном моделі та видачею результатів моделювання, реалізації програми збору даних за результатами моделювання.

Алгоритм *блоку введення даних та команд управління моделлю* забезпечує прийом даних від оператора (з клавіатури ПЕОМ та через графічний маніпулятор) та представлення їх у пам'яті ПЕОМ у вигляді, необхідному для подальшого використання.

Алгоритми *управління базою даних моделі* призначені для організації огляду баз даних та введення даних згідно з завданням на моделювання та розрахунки. Основні *інформаційні масиви моделі* зведені в низку груп, у кожній з котрих інформація об'єднується за смисловим змістом: оперативне шиккування, базування ЗПН, траєкторії ЗПН, тактико-технічні дані ЗПН, напрямки удару ЗПН, види озброєння ЗПН, тактико-технічні характеристики озброєння ЗПН, формуляри повітряних цілей, угруповання своїх військ та об'єктів, характеристики об'єктів прикриття, тактико-технічні характеристики радіотехнічних засобів та літаків винищувальної авіації, засоби управління, засоби автоматизації управління. При цьому база даних розроблена з орієнтацією на подальше розширення моделі та переліку розрахункових задач.

Для забезпечення *інформаційного зв'язку з іншими комплексами моделей та задач* передбачено створення спеціальних двонаправлених конверторів інформації, що переводять дані у форму, доступну для їх використання. Це дозволяє частково вирішити задачу забезпечення сумісності різних моделей та задач між собою, єдності обробки та сприймання інформації.

З метою забезпечення швидкого та зручного вводу і корекції даних передбачено декілька *редакторів*, серед яких слід виділити: *загальний редактор бази даних*, що забезпечує доступ до всіх даних у текстовому вигляді; редактор для *введення даних щодо оперативного шиккування* угруповань сил з використанням електронної топографічної карти; *редактори даних по угрупованнях, об'єктах і засобах ППО*, що забезпечують швидкий огляд та коригування даних угруповань сил, у тому числі з їх відображенням на фоні електронної контурної карти та корекцією координат точок базування (позиційних районів) засобів за допомогою графічного маніпулятора; редактор для огляду у графічному вигляді, вводу та коригування *параметрів апроксимації зон дії* засобів ППО і ЗПН; редактор *матриці управління* для оперативного введення даних щодо наявності інформаційного зв'язку між пунктами управління та засобами й оцінок величин затримки в проходженні інформації управління; редактор *матриці удару* для надання та коригування вхідних параметрів траєкторій руху ЗПН у складі масованого авіаційного удару; редактори *для коригування каталога файлів*.

#### ***4. Стандартні обчислювальні процедури і функції***

Стандартні процедури і функції можуть бути використані в будь-якому розрахунковому блоці моделі. Будь-яка стандартна процедура або функція також може використовувати будь-які стандартні процедури або функції даного блока. Але при включенні до блока нових процедур або функцій змінювати раніше налагоджені не допускається.

Основні стандартні процедури і функції забезпечують: коректний розрахунок часу для моделювання руху ЗПН; реалізацію розширених тригонометричних функцій; розрахунок радіуса Землі в точці із заданою широтою  $f$ ; розрахунок нормального прискорення на поверхні Землі на широті  $f$  та нормального прискорення на висоті  $h$ ; обчислення висоти точки над поверхнею Землі; розрахунок гострого кута з вершини на точки, які задані в прямокутній системі координат; розрахунок радіуса проекції на поверхню Землі перерізу стандартної зони дії засобу ППО на заданій висоті; розрахунок відстані між двома точками та синусу азимуту напрямку з однієї точки на іншу; розрахунок дальності прямої видимості цілі з урахуванням стандартної рефракції; розкладання вектора швидкості за напрямком руху; переведення систем координат (всього 12 процедур); розрахунок параметрів руху засобів повітряного нападу і балістичних ракет (всього 12 процедур); розрахунок досяжності ЗПН за дальністю дії (всього три процедури); відображення тривимірних зображень; розрахунок проекцій зон дій засобів ППО і засобів повітряного нападу; формування тривимірної електронної контурної карти; розрахунок ступеневої функції; розрахунок об'єму програми за довжиною програми та словником; розрахунок імовірності попадання цілі в коло заданого радіуса; розрахунок значень інтеграла імовірності і функції Лапласа; оцінку значень математичного сподівання та середнього квадратичного відхилення випадкової величини при невеликій кількості іспитів; розрахунок імовірності перевищення випадкової величини середнього значення при заданому її середньому квадратичному відхиленні; нестандартні роботи з відеоадаптером у SVGA-режимах, підтримку графічних меню, драйвера графічного маніпулятора, робіт з файлами формату "BMP", робіт з поширеним набором шрифтів, з клавіатурою, спеціальну обробку відеозображень та формування алфавітно-цифрових даних; реалізацію динамічної тривимірної графіки.

#### ***5. Спеціальні процедури і функції***

Спеціальні процедури і функції реалізують розрахункові і логічні співвідношення, властиві алгоритмам математичної моделі. При їхній розробці використовувались стандартні процедури і функції попереднього розділу. Основні спеціальні процедури і функції забезпечують: сервісне обслуговування моделі; обслуговування баз даних; відображення інформації та результатів розрахунків; реєстрацію інформації; систему меню; розрахунок поточних параметрів моделі та формування результатів.

## **6. Основні режими використання штабної математичної моделі й моделювання бойових дій з ППО**

*Редагування й перегляд каталогів даних про базування ЗПН, засоби ППО та об'єкти, що прикриваються.* У вказаному режимі здійснюється підготовка даних, необхідних для проведення розрахунків, відповідно до заданого угруповання ЗПН і своїх військ формуються масив засобів ППО і об'єктів, масив баз ЗПН і масиви їхніх характеристик.

*Редагування матриці управління та розрахунок характеристик системи управління силами й засобами.* Режим редагування матриці управління дозволяє вводити дані, які необхідні для пошуку величин *мінімальної та максимальної кратної затримки* інформації між ланками системи управління; для *обліку характеру розповсюдження інформації* від засобів розвідки при моделюванні функціонування системи ППО і визначенні проходження ЗПН через зони ураження засобів ППО; для *відображення структури системи управління* на фоні карти місцевості або у вигляді схеми; для проведення розрахунків *завантаженості системи управління ППО* і її елементів при відбиванні ударів ЗПН, *показників якості системи управління.*

*Моделювання одиночного удару ЗПН (групи ЗПН за напрямком).* Режим призначений для проведення *розрахунків траєкторії польоту одиночного ЗПН або групи ЗПН з одного напрямку* і визначення умов їхнього проходження через зони дії засобів ППО. Після вибору заданої бази ЗПН і об'єкта удару програма переходить у режим розрахунку траєкторії польоту ЗПН.

*Моделювання масованого авіаційного удару.* Режим призначений для проведення *розрахунків траєкторій польоту груп ЗПН за різноманітними напрямками* і визначення умов їхнього проходження через зони дії засобів ППО та оцінки значень показників ефективності протиповітряної оборони для заданого варіанта дій повітряного противника [1].

Результати розрахунків просторових показників системи ППО відображаються на фоні електронних карт.

## **ЛІТЕРАТУРА**

1. Городнов В.П. Моделирование боевых действий частей, соединенный и объединений Войск ПВО. – Харьков : ВИРТА ПВО, 1987. – 380 с.
2. Дробаха Г.А., Смірнов Є.Б. Інформаційне забезпечення процесів управління протиповітряною обороною // Зб. наук. пр. ЦНДІ озброєння та військової техніки ЗСУ. – К.: ЦНДІ ОВТ. – 2001. – Вип.10. – С.7 - 12.

*Надійшла до редколегії 10.09.2001*