

УДК. 629.7.017.0031

БОРОДІН О.Д., старший науковий співробітник, кандидат технічних наук,
старший науковий співробітник

ЛАГУТІН С.О., старший науковий співробітник

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ БОЙОВИХ ВЕРТОЛЬОТІВ АРМІЙСЬКОЇ АВІАЦІЇ

У статті приводиться математична модель для розрахунку часткових та узагальненого показників оцінювання ефективності застосування бойових вертольотів

Ключові слова: бойовий вертоліт; бойова ефективність; математична модель; показник ефективності; вихід на об'єкт; ураження цілі

Реалізація потреби Збройних Сил України у бойових вертольотах армійської авіації обумовлює необхідність вирішення ряду наукових завдань, зокрема оцінювання їх бойової ефективності (далі - БЕФ) у разі визначення варіанта, що найкраще задовольняє поставленим перед ним тактико-технічним вимогам.

Значний обсяг витрат, у порівнянні з льотним експериментом (льотними випробуваннями), та необхідність оцінювання БЕФ бойових вертольотів на відповідних етапах їх розроблення або модернізації схиляють до надання переваги у вирішенні зазначеного завдання математичному моделюванню з використанням певного виду математичних моделей [1, 2, 3, 4].

Аналіз науково-методологічного апарату, який використовується для оцінювання БЕФ бойових вертольотів, свідчить, що на сьогодні відсутні загальноприйняті показники та відповідні математичні моделі щодо їх розрахунку, які б дозволяли оцінювати бойову ефективність та здійснювати порівняльний аналіз наявних чи перспективних альтернативних варіантів указанного типу вертольотів. Здійснення порівняльного аналізу варіантів вертольотів за даними, наприклад, тільки їх тактико-технічних характеристик не надає повного уявлення про переваги одного варіанта над іншим. Потрібний комплексний підхід до вирішення поставленого завдання.

Тому, основною метою даної статті є визначення, відповідно до характеру та особливостей вирішуваних завдань, певних показників оцінювання ефективності застосування бойових вертольотів та математичних моделей для їх розрахунку [1, 2, 3, 4].

Показником оцінювання БЕФ бойових вертольотів [1, 2] може бути показник, який відповідно до призначення та виконуваних завдань вертольотами даного типу, характеризує, перш за все, їх бойову ефективність. Таким показником, як і у більшості випадків оцінювання ефективності застосування літальних апаратів

військового призначення, може бути ймовірність виконання бойового завдання.

Даний показник БЕФ є узагальненим і характеризує ефективність бойового вертольота за усіма етапами виконання поставленого бойового завдання. Цей показник є найбільш зручним для порівняння бойової ефективності різних варіантів бойових вертольотів і, згідно з цим, може бути прийнятий за показник БЕФ варіантів вертольотів при їх оцінюванні та порівнянні.

Ймовірність виконання бойового завдання $P_{\text{бз}}$, на підставі декомпозиції процесу виконання бойового завдання, пов'язаного з ураженням наземних об'єктів противника [1, 2], ймовірнісного характеру основних складових частин процесу виконання вказаного завдання та незалежності результатів випадкових подій, визначається як добуток часткових показників, а саме ймовірностей подолання бойовими вертольотами ППО противника $P_{\text{пто}}$, виходу вертольотів на об'єкт ураження $P_{\text{вих}}$ та ураження вертольотами цілі $P_{\text{ур}}$

$$P_{\text{бз}} = P_{\text{пто}} \cdot P_{\text{вих}} \cdot P_{\text{ур}} \quad (1)$$

Відповідно до (1) математична модель для розрахунку показників ефективності застосування бойових вертольотів має складатися з трьох підмоделей (рис. 1), які пов'язані з математичною формалізацією процесів подолання вертольотами протиповітряної оборони (ППО) противника при виконанні завдання, виходу вертольотів на об'єкт атаки та ураження цілі застосовуваними авіаційними засобами ураження (АЗУ).

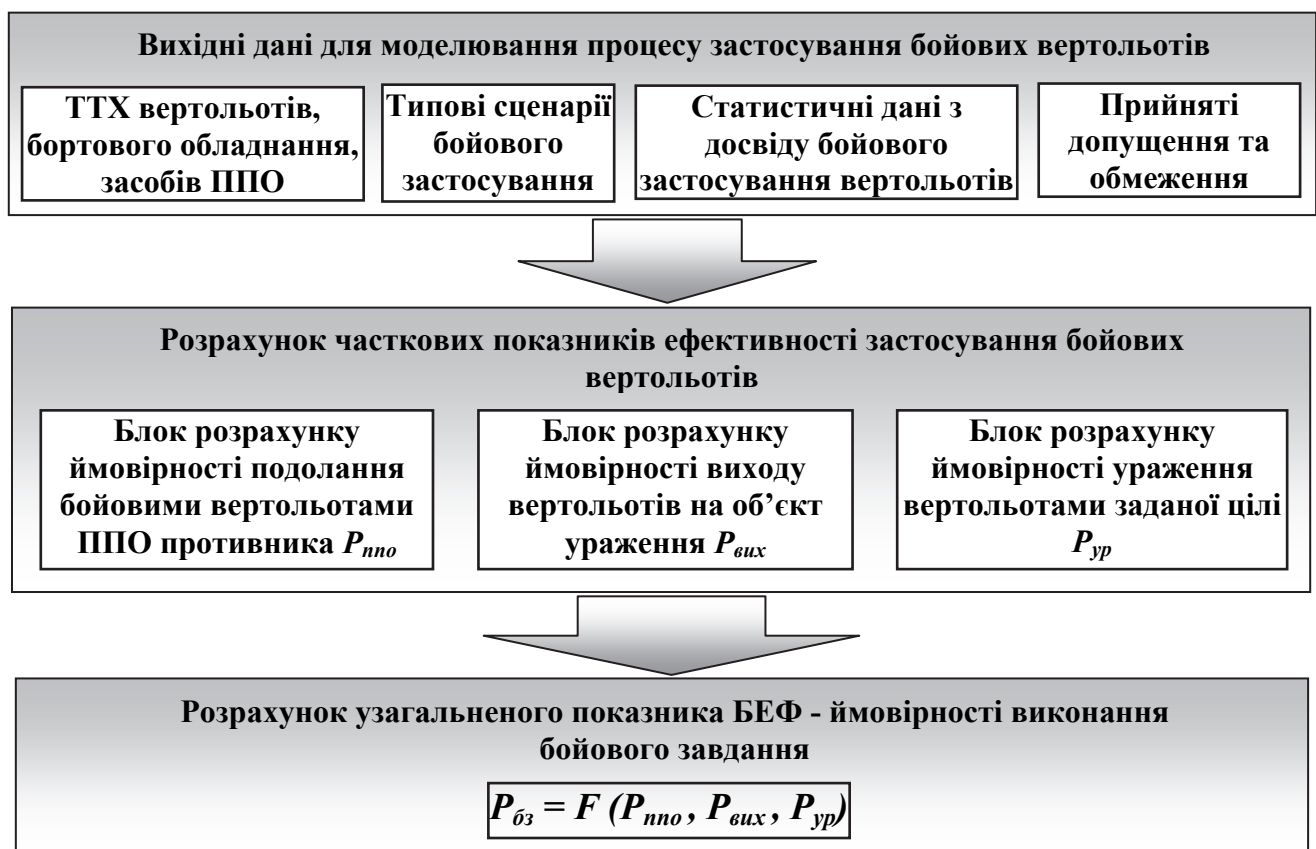


Рис. 1. Блок-схема моделі оцінювання ефективності застосування бойових вертольотів

Для розрахунку часткових показників ефективності застосування бойових вертольотів можуть використовуватися [1, 2, 3, 4] вже апробовані математичні методи (моделі), які розрізняють:

– у залежності від характеру представлення процесу застосування бойових вертольотів:

детерміновані (випадковістю зневажають);

стохастичні (випадковості враховуються, характеристики їх відомі в тому чи іншому вигляді, наприклад, закону розподілу або математичного сподівання чи середньоквадратичного відхилення тощо);

– у залежності від форми представлення об'єкту (процесу):

аналітичні; імітаційні; комбіновані.

Ймовірність подолання бойовими вертольотами ППО противника $P_{пто}$, визначається як добуток ймовірностей подолання протидії i -х зенітних ракетних комплексів (ЗРК) противника $P_{ЗРК i}$ загальною кількістю n

$$P_{пто} = \prod P_{ЗРК i}, i=1...n. \quad (2)$$

Ймовірність подолання протидії i -го ЗРК противника визначається в функції кількості вертольотів N_e , ймовірності ураження бойового вертольота однією зенітною керованою ракетою (ЗКР) $P_{ЗКР i}$, а також кількості ЗКР, що можуть бути випущені N_{pi}

$$P_{ЗРК i} = (1 - P_{ЗКР i} / N_e)^{N_{pi}}. \quad (3)$$

Кількість випущених ЗКР N_{pi} , в свою чергу, визначається з урахуванням середньої швидкості польоту вертольотів, дальності стрільби i -го комплексу ППО, верхньої та нижньої межі його зони ураження, курсового параметру вертольотів, довжини шляху, на якому вертольоти можуть бути обстріляні i -м комплексом ППО, часу знаходження вертольотів в його зоні ураження, тривалості циклу стрільби i -го комплексу ППО, кількості його циклів стрільби тощо [1, 2].

Ймовірність виходу вертольотів на об'єкт ураження $P_{вих}$, яка характеризує вихід вертольотів в область можливих атак та можливість здійснення атаки цілі [1, 2], визначається в функції дальності виявлення об'єкта D_e , мінімальної (встановленої) дальності стрільби (пуску) D_m застосованих засобів ураження, маневрених можливостей вертольотів (радіусу розвороту вертольота) r_p , типу та точносних характеристик навігаційно-прицільного обладнання встановленого на вертольоті (ймовірного відхилення вертольота від лінії заданого шляху при виході на ціль) E_z

$$P_{вих} = \hat{\Phi} \left(\frac{D_e^2 - D_m^2}{2 \cdot r_p \cdot E_z} \right), \quad (4)$$

де $\hat{\Phi}$ - приведена функція Лапласа.

Ймовірність ураження заданої наземної цілі $P_{ур}$, у разі застосування вертольотами керованих авіаційних ракет, у тому числі протитанкових, розраховується при таких положеннях моделі:

ціль апроксимується на горизонтальну площину у прямокутник зі сторонами lx , lz , які є габаритними розмірами (рис. 2). Сторони прямокутника lx , lz паралельні основним осям розсіювання при пусках ракет;

помилка влучення ракети в прямокутник, як випадкова величина, представляє

собою суму значної кількості елементарних помилок і описується нормальним законом розподілення;

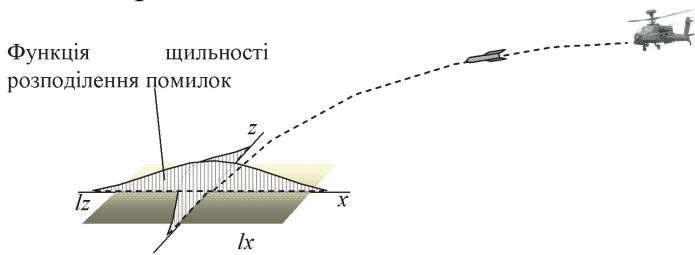


Рис. 2. Схема апроксимації та ураження вертольотом наземної цілі керованою авіаційною ракетою

задача визначення ймовірності ураження наземної цілі зводиться [3, 4] до визначення ймовірності w влучення ракети в прямокутник зі сторонами l_x , l_z (рис. 2) з урахуванням величин, що характеризують кількість середньоквадратичних відхилень σ_x і σ_z , які розміщуються в половині довжини l_x і ширини l_z прямокутника

$$w = 4 \cdot \Phi(l_x/2\sigma_x) \cdot \Phi(l_z/2\sigma_z), \quad (5)$$

де Φ - функція Лапласа.

Ймовірність ураження наземної цілі ракетами, що випущені з вертольотів, розраховується в функції імовірності влучення ракети в прямокутник та кількості випущених керованих авіаційних ракет

$$P_{yp} = 1 - (1 - w)^n, \quad (6)$$

де n – кількість керованих авіаційних ракет.

Ймовірність ураження заданої наземної цілі, у разі застосування вертольотами некерованих авіаційних засобів ураження (некерованих авіаційних ракет, авіаційних бомб) кількістю n , розраховується по методу статистичних випробувань, за результатами яких отримується позитивна частота попадань некерованого АЗУ (бомби, ракети) в контури приведеної зони ураження одиночної (рис. 2) або групової цілі з урахуванням двох груп помилок, що визивають групові та індивідуальні відхилення точок падіння бомб (ракет) від їх розрахункових положень [3, 4].

У даному випадку метод статистичних випробувань базується на таких положеннях [3, 4]:

границі елементарної цілі являють собою її приведену зону ураження відповідно до заданого ступеня (типу) ураження цілі;

попадання в ціль хоча би одного АЗУ приводить до ураження цього об'єкта по даному типу;

координати точок попадання (розривів) n АЗУ визначаються з урахуванням двох груп помилок: групових і індивідуальних. Вони викликають розсіювання АЗУ, що призводить до створення приведеної зони розльоту бомб (ракет);

в кожній реалізації співставляються координати розташування цілі та падіння кожного АЗУ, встановлюється факт влучення АЗУ у приведену зону ураження елементарної цілі, визначається кількість уражених елементарних цілей і частку ураження групової цілі. Для одиночної цілі в кожній реалізації встановлюється факт – попадання (ураження) або ні.

Ймовірність ураження одиночної або групової цілі визначається відповідно як частка попадань або середня частка уражених елементарних цілей із усієї сукупності реалізацій.

Наведений алгоритм дозволяє провести оцінювання ефективності застосування можливих альтернативних варіантів бойових вертольотів та більш

об'єктивно обрати його оптимальний варіант при вирішенні практичних питань, пов'язаних з визначенням можливих варіантів модернізації наявних зразків бойових вертольотів або при їх розробленні (закупівлі).

Прикладом реалізації зазначених положень щодо розроблення математичної моделі для оцінювання ефективності застосування бойових вертольотів армійської авіації, результатів оцінювання та порівняльного аналізу конкретних типів бойових вертольотів, що перебувають на сьогодні на озброєнні збройних сил України та інших країн світу, є звітні матеріали науково-дослідної роботи поточного року, шифр "Крук", спрямованої на розроблення таких моделей для оцінювання ефективності застосування перспективних (модернізованих) бойових вертольотів армійської авіації.

У подальшому [5, 6] повстає задача розробки (удосконалення) теорії та обчислювальних процедур визначення оптимального (раціонального) варіанта бойового вертольота з певної множини його альтернативних варіантів по комплексу показників якості.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гевелинг В.Н. Боевая эффективность летательных аппаратов. Учебник. – М.: ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 1963. – 220 с.
2. Мильграм Ю.Г., Попов И.С. Боевая эффективность авиационной техники и исследование операций. – М.: ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 1970. – 500 с.
3. Мильграм Ю.Г., Ерохин В.А. Основы единой зонной методики оценки эффективности применения авиационных средств поражения по наземным (морским) объектам. – М.: ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 1985. – 247 с.
4. Методика расчета эффективности боевого применения авиационных средств поражения. – К.: КИ ВПС, 1997. – 48 с.
5. Артюшин Л.М., Зиатдинов Ю.К., Попов И.А., Харченко А.В. Большие технические системы: проектирование и управление / Под ред. Попова И.А. – Харьков: Факт, 1997. – 400 с.
6. Попов И.А., Скворцов В.В., Мицитис А.К. Исследование и проектирование больших технических систем. К.: КИ ВВС. 1995. – 252 с.

Надійшла до редакції 30.10.2015