

УДК. 629.7.017.1

МІЦІТІС А.К., старший науковий співробітник

ХАТУНЦЕВА З.В., науковий співробітник

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ІМОВІРНОСТІ ДЕСАНТУВАННЯ ОБ'ЄКТІВ НА ПЛОЩАДКУ ЗАДАНИХ РОЗМІРІВ

Розглядається методика оцінки ефективності десантування серії об'єктів на майданчик заданих розмірів. Довжина зони розльоту об'єктів визначається з урахуванням їх індивідуальних середньоквадратичних відхилень.

Ключові слова: система диференціальних рівнянь, середньоквадратичне відхилення індивідуального розсіювання, поліноміальна модель, зона розльоту об'єктів десантування, приведена функція Лапласа.

Одним з основних завдань військово-транспортної авіації є десантування особового складу, озброєння та вантажів повітряних десантів (об'єктів) на майданчик приземлення. Умови виконання цієї задачі визначаються: кількістю об'єктів, що десантується; тактико-технічними характеристиками військово-транспортних літаків; розмірами району десантування (в даній задачі район десантування представлений майданчиком прямокутної форми); метеорологічною обстановкою (напрямами і швидкістю вітру) тощо.

Для того, щоб оцінити ефективність виконання поставленої задачі, слід коротко зупинитися на відомому алгоритмі визначення середньоквадратичних відхилень s_x, s_z індивідуального розсіювання об'єкта, що одиночно десантується з літака.

Механізм взаємодії системи об'єкт-парашут є достатньо складним і описується трьома групами нелінійних рівнянь з різних областей механіки – аеродинаміки, теорії пружності і динаміки (балістики) польоту. Із-за великих математичних і обчислювальних труднощів при рішенні задачі про рух системи з урахуванням формозмінюваності парашута і реальної картини обтікання часто застосовують спрощені моделі руху [1].

В нормальній земній системі координат, застосованій при складанні диференціальних рівнянь, вісь OY спрямована вгору, перпендикулярно майданчику десантування, осі OX і OZ розташовані в горизонтальній площині (рис. 1). Початок системи координат співпадає з проекцією точки початку десантування (ТПД) об'єктів на майданчик приземлення. Вісь OX паралельна вектору швидкості літака.

При інтегруванні рівнянь чисельним методом за початкових умов величин швидкості літака V , траєкторного кута q , висоти десантування h , маси об'єкта m , коефіцієнтів лобового опору парашутної системи і вантажу C_p, C_g , швидкості вітру u , кутів вітру в горизонтальній і вертикальній площинах h, e , вибраних випадковим чином, були отримані середньоквадратичні відхилення індивідуального розсіювання об'єкта s_x, s_z вздовж осей OX і OZ , розподілені за нормальним

законом [1]. При цьому рівність $s_x \approx s_z$, була обумовлена тим, що кут між вектором швидкості вітру і віссю OX в горизонтальній площині складав 45° .

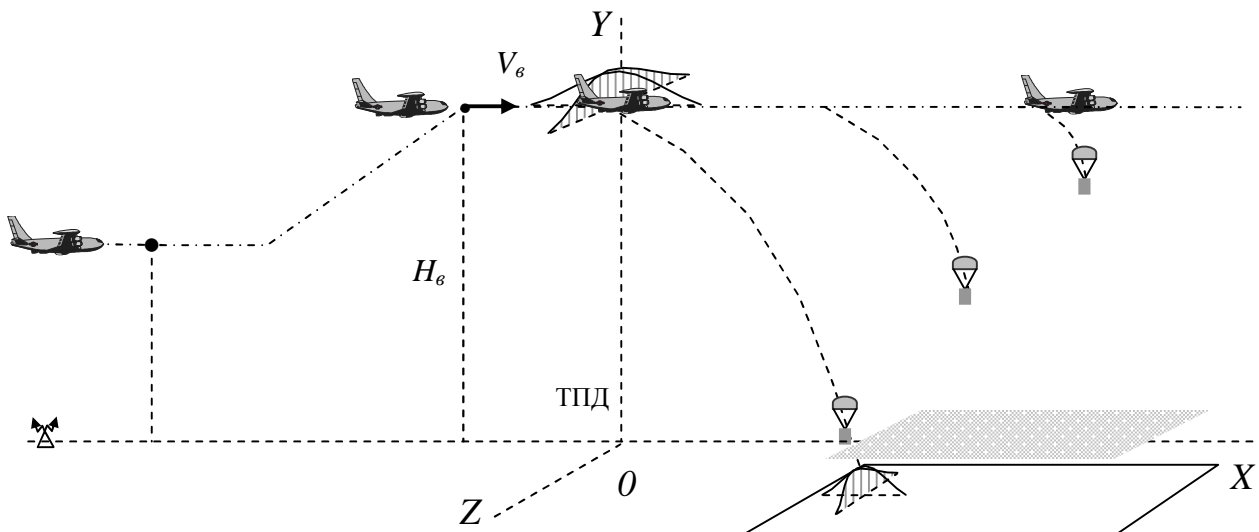


Рис. 1 . Схема десантування об'єктів на майданчик приземлення

Для визначення імовірності десантування серії об'єктів на майданчик для різних варіантів вихідних даних необхідно було постійно звертатися до рішення системи диференціальних рівнянь з метою розрахунку середньоквадратичних відхилень індивідуального розсіювання об'єкта s_x , s_z . Кожне таке звернення передбачало 2000 реалізацій в алгоритмі рішення рівнянь, що вимагало великих витрат машинного часу. З метою скорочення терміну рішення задачі був складений план повного факторного експеримента для трьох керованих факторів: висоти десантування, швидкості літака на режимі десантування і маси об'єкта, які варіювались на двох рівнях. В результаті були отримані вторинні моделі розрахунку s_x , s_z у вигляді поліноміальних моделей як функції $s_x = s_x(V, h, m)$, $s_z = s_z(V, h, m)$. Параметри парашутов, швидкість і кути напряму вітру в горизонтальній і вертикальній площинах, коефіцієнти лобового опору парашутної системи і вантажу є фіксованими і увійшли в ці залежності опосередковано. В подальшому середньоквадратичні відхилення s_x , s_z об'єкта у перерахунку в імовірне відхилення індивідуального розсіювання були використані при визначенні довжини і ширини майданчика розльоту об'єктів десантування.

Довжини сторін прямокутного майданчика, на який десантується серія об'єктів з військово-транспортного літака, дорівнюють l_{ppx} , l_{ppz} . В подальшому ці параметри будемо наводити в імовірних відхиленнях групового розсіювання об'єктів. В даному випадку імовірне відхилення групового розсіювання об'єктів – це точність виходу літака в точку початку десантування або, іншими словами, точність навігації.

Якщо l_{ppx} , l_{ppz} – лінійні розміри майданчика приземлення об'єктів за напрямками осей OX і OZ , тоді розміри майданчика в безрозмірному вигляді (в імовірних

відхиленнях групового розсіювання) складуть

$$l_{lx} = l_{ppx} / E_{xg}, \quad l_{lz} = l_{ppz} / E_{zg}, \quad (1)$$

де E_{xg} , E_{zg} – імовірні відхилення групового розсіювання об'єктів вздовж осей OX і OZ . Звичайно літак починає десантування об'єктів уздовж довгої сторони майданчика приземлення.

Зона розльоту об'єктів десантування також приводиться до прямокутника зі сторонами l_{px} , l_{pz} , паралельними сторонам майданчика приземлення об'єктів.

Розміри прямокутника l_{px} і l_{pz} розльоту об'єктів дорівнюють

$$l_{px} = l_{tr} + 8 E_{xi}; \quad l_{pz} = 8 E_{zi}, \quad (2)$$

де l_{tr} – довжина теоретичного розсіювання об'єктів при десантуванні:

$$l_{tr} = i_x (n_n / n_d - 1), \quad (3)$$

i_x – лінійний інтервал між об'єктами вздовж осі OX , $i_x = Dt V$: Dt – часовий інтервал між об'єктами під час десантування; V – швидкість літака в момент початку десантування; n_n – кількість об'єктів; n_d – кількість потоків об'єктів, що десантуються; E_{xi} , E_{zi} – імовірні відхилення індивідуального розсіювання об'єктів по осях OX і OZ (розраховуються через середньоквадратичне відхилення s_x , s_z). Об'єкти всередині зони розльоту розосереджені статистично рівномірно.

Розміри зони розльоту об'єктів c_{cx} , c_{cz} в імовірних відхиленнях групового розсіювання складуть

$$c_{cx} = l_{px} / E_{xg}, \quad c_{cz} = l_{pz} / E_{zg}. \quad (4)$$

Максимально можлива відносна площа перекриття майданчика десантування і зони розльоту об'єктів може дорівнювати одиниці, якщо зона розльоту об'єктів вміщається всередині майданчика десантування, і може бути менше одиниці, якщо зона розльоту об'єктів не вміщається всередині цього майданчика. Імовірність десантування об'єктів на площадку заданих розмірів дорівнює математичному сподіванню відносної площі перекриття площадки десантування і зони розльоту об'єктів за умови незалежності перекриття по дальності (OX) і в боковому напрямі (OZ)

$$M = M_x M_z, \quad (5)$$

де M_x , M_z – математичні сподівання частки перекриття стороною майданчика приземлення сторони зони розльоту об'єктів за напрямками осей OX та OZ :

$$M_x = \left\{ \left[\frac{c_{cx} + l_{lx}}{2} \cdot F \left(\frac{c_{cx} + l_{lx}}{2} \right) - \frac{c_{cx} - l_{lx}}{2} \cdot F \left(\frac{c_{cx} - l_{lx}}{2} \right) \right] - \frac{1}{r \cdot \sqrt{p}} \left[e^{-r^2 \left(\frac{c_{cx} - l_{lx}}{2} \right)^2} - e^{-r^2 \left(\frac{c_{cx} + l_{lx}}{2} \right)^2} \right] \right\} \frac{1}{c_{cx}}; \quad (6)$$

$$M_z = \left\{ \left[\frac{c_{cz} + l_{Lz}}{2} \cdot F\left(\frac{c_{cz} + l_{Lz}}{2}\right) - \frac{c_{cz} - l_{Lz}}{2} \cdot F\left(\frac{c_{cz} - l_{Lz}}{2}\right) \right] - \frac{1}{r \cdot \sqrt{p}} \left[e^{-r^2 \left(\frac{c_{cz} - l_{Lz}}{2}\right)^2} - e^{-r^2 \left(\frac{c_{cz} + l_{Lz}}{2}\right)^2} \right] \right\} \frac{1}{c_{cz}}, \quad (7)$$

де $F(\cdot)$ – приведена функція Лапласа; коефіцієнт $r = 0,477$. Наведені формули виведені за припущенням, що центр зони розльоту об’єктів і центр майданчика десантування співпадуть на землі. Проте, формули (6) і (7) отримані трансформацією відповідних формул із [2]. Якщо в [2] враховувався той факт, що приведена зона розльоту авіаційних засобів ураження накриває приведену площу ураження групового об’єкта, то в разі десантування майданчик десантування накриває зону розльоту об’єктів.

Нижче наданий приклад оцінки ефективності десантування з військово-транспортного літака за таких вихідних даних: часовий (лінійний) інтервал між парашутистами – 0.436...1.526с (40...140м); кількість парашутистів – 66; кількість потоків парашутистів – 2; маса парашутиста, m – 130 кг; швидкість літака, V – 91,7 м/с; довжина і ширина майданчика приземлення – 3000*1000 м; висота десантування, h – 2000 м; швидкість вітру – 2,5 м/с; кут вітру в горизонтальній площині – 45°; кут вітру у вертикальній площині – 90°; середньоквадратичне відхилення групового розсіювання вздовж осі OX – 150м ; середньоквадратичне відхилення групового розсіювання вздовж осі OZ – 150м .

Математичне сподівання відносної площі перекриття (імовірність десантування на площадку заданих розмірів) в залежності від часового інтервалу між парашутистами приведений на рис. 2.

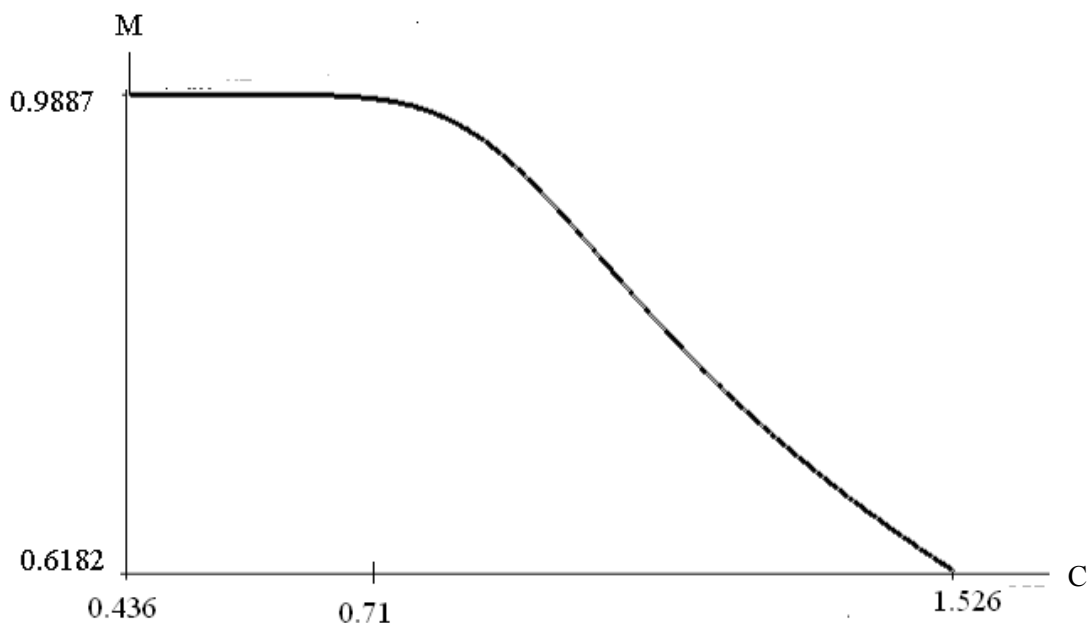


Рис. 2. Імовірність десантування парашутистів на площадку заданих розмірів в залежності від часового інтервалу між ними.

Як можна побачити із графіка, при часовому інтервалі між парашутистами в момент десантування від 0.436 с до 0.71 с – імовірність десантування на майданчик заданих розмірів дорівнює 0.988, а від 0.71с до 1.526с змінюється практично за лінійним законом до 0,618.

Приведена методика застосовувалась для розрахунку часткового критерію – імовірності десантування об'єктів на майданчик заданих розмірів при визначенні транспортно-бойового потенціалу військово-транспортних літаків в ряді науково-дослідних робіт інститута.

ЛІТЕРАТУРА

1. Міцтіс А.К., Хатунцева З.В. Оцінка впливу випадкових факторів на точність парашутного десантування // Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту авіації, 2011. – Випуск 7(14). – С. 94-98.
2. Ю.М. Мильграм, В.А. Ерохин Основы единой зонной методики оценки эффективности применения авиационных средств поражения по наземным (морским) об'єктам. Издание ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 1985. – 247 с.

Надійшла до редакції 25.10.2012