

# Теоретичні основи розробки систем озброєння

УДК 629.7.01

В.М. Алексєєв, О.В. Корольова

*Академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів*

## ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ СТРИБКА З КРИЛОВИМ ПАРАШУТОМ

*Розглянуто особливості розрахунку стрибка, як однієї з найважливіших складових безпеки парашутної діяльності у Збройних Силах України. Визначено основні способи розрахунку стрибка: математичний (арифметичний) розрахунок; графічний розрахунок; розрахунок по пристрілочному парашуту.*

**Ключові слова:** стрибки з парашутом, парашутні системи, точність приземлення, літальний апарат.

### Вступ

**Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень і публікацій.** Збройні сили України, зокрема їх Сухопутні війська мають у своєму складі з'єднання та частини високомобільних десантних військ. Рівень їх підготовки, в цілому, відповідає вимогам керівних документів. Поряд з цим потребують вирішення окремі питання парашутно-десантної підготовки, зокрема точність приземлення воїна-парашутиста у визначеному районі.

Розрахунок стрибка є однією з найважливіших складових безпеки парашутної діяльності. На початку ери парашутизму, коли парашути мали куполи, що не мали конструктивних елементів, які дозволяли переміщуватися горизонтально, правильний розрахунок точки видокремлення від літального апарата (ЛА) був єдиним способом, що гарантував приземлення в межах визначеного майданчика. Відомий спосіб горизонтального переміщення на такому куполі ковзанням (шляхом підтягування вільних кінців), давав незначну швидкість горизонтального переміщення (від 1,5 до 2 м/с), що недостатню для виправлення грубих помилок (похибок) в розрахунку стрибка. З появою керованих парашутів, куполи яких містять конструктивні елементи, що дозволяють переміщатися горизонтально і розвертатися довкола вертикальної осі (кілі, щілини, сопла і так далі), розрахунок стрибка став менш актуальним. Завдяки тому, що потужній розвиток отримав такий вид парашутного спорту, як стрибки на точність приземлення, розрахунок стрибка продовжував посідати найважливіше місце в організації і проведенні стрибків. Головне завдання стрибка на точність приземлення це безпечне приземлення в межах аеродрому, а також точне приземлення в ціль.

Аеродинамічна якість як круглих, щільних парашутів ( $=0,7$ ), так і парашутів з втягнутою вершиною ( $=1$ ) була все ще недостатньою для виправлення грубих помилок (похибок) у розрахунку стрибка.

Аналіз відкритих джерел інформації свідчить про постійну увагу відповідних фахівців до удосконалення методики розрахунку стрибка з парашутом, зокрема, визначення положення в просторі траєкторії нейтрального куполу, визначення точки видокремлення від ЛА, у якій, парашутист, після розкриття парашута, опиняється на траєкторії нейтрального куполу. При необхідності, за умови, що завданням парашутиста є точність приземлення, визначається положення в просторі базової точки (для парашутів типу "крило", так само точок розвороту при побудові заходу по коробочці).

**Метою статті** є удосконалення методики розрахунку точності приземлення воїна-парашутиста з урахуванням зовнішніх чинників.

### Основний матеріал

**Загальні способи розрахунку точки приземлення парашутиста у визначеному районі.**

Розрахунки точки по можуть виконуватися наступними способами:

- математичний (арифметичний) розрахунок;
- розрахунок по пристрілочному парашуту.

**Математичний (арифметичний) розрахунок** виконується на основі наступних вихідних даних: швидкість і напрям вітру по висотах; висота розкриття парашута; тип парашута; маса парашутиста (парашут-парашутист-вантаж) і швидкість польоту ЛА під час здійснення стрибка з парашутом. При цьому послідовність розрахунків має бути такою: визначення середньої швидкості і середнього напрямку вітру; визначення віднесення, для чого необхідно знати швидкість зниження парашутиста і час зниження парашутиста; визначення проходу, для чого необхідно знати навігаційний (бойовий) курс та магнітний курс.

**Розрахунок по пристрілочному парашуту** найбільш простий і точний спосіб розрахунку стрибка. Математичний (Арифметичний) та графічний розрахунок є попередніми і в подальшому повинні уточнюватися розрахунком по пристрілочному парашуту.

Існує багато чинників, невидимих і невідчутних, але таких, що призводять до того, що результат приземлення “пристрілки”, яку побачили на власні очі, іноді не відповідає фактичній метеорологічній обстановці.

Причини недостатньої точності пристрілочного розрахунку можна умовно поділити на дві групи: метеорологічні похибки та похибки візування.

Метеорологічними похибками пристрілочного розрахунку є: зміна швидкості і напрямку вітру, за короткий відрізок часу (поривчастість та зміна напрямку вітру) і наявність в атмосфері конвективних, висхідних і низхідних потоків повітря.

Дія поривчастого вітру і конвективних потоків на пристрілочний парашут призводить до того, що його віднесення, загалом, відрізняється від величини середнього математичного очікування. Під дією поривчастого і змінного вітру – унаслідок зміни величини і напрямку середнього вітру, а під дією висхідних і низхідних потоків – унаслідок збільшення або зменшення часу зниження, оскільки величина віднесення пристрілочного парашута вираховується за формулою:

$$L = V_{cp} * t_{zn},$$

де  $V_{cp}$  – середня швидкість вітру по висотах;  $t_{zn}$  – час зниження.

Напрямок віднесення дорівнює:

$$\varphi = \arctg \frac{\sum_{i=1}^{i-1} K_i |\bar{V}_i| \cdot \cos \alpha_i}{\sum_{i=1}^{i-1} K_i |\bar{V}_i| \cdot \sin \alpha_i},$$

де  $V_i$  – модуль вектора швидкості вітру в  $i$ -ту шарі повітря;  $\alpha_i$  – напрям вітру в шарі повітря;  $K_i$  – відносна товщина шару.

Ще одним аспектом визначення точності приземлення є врахування похибки візування при пристрілочному розрахунку. При виконанні такого розрахунку стрибка слід точно відзначити моменти проходження точки падіння пристрілочного парашута, центр кола, точку відокремлення від ЛА (у випадку, якщо вона є характерним орієнтиром), або траверзів вказаних точок. При цьому можуть проявлятися наступні види похибок: похибка визначення вектора прискорення вільного падіння; похибки заміни вектора прискорення вільного падіння нормаллю до підлоги ЛА; похибки визначення нормалі до поверхні Землі; похибки заміни вектора прискорення вільного падіння нормаллю до поверхні Землі; похибки визначення траверзів і похибки візування траверзу точки відокремлення.

**Похибки визначення вектора** прискорення вільного падіння. Ствердження, що ЛА, в даний момент, знаходиться над певною точкою поверхні, справедливо в тому випадку, якщо вектор прискорення вільного падіння опущений з ЛА, проходить

через зазначену точку. Природа наділила людину унікальним вестибулярним апаратом, який при ходьбі орієнтує наше тіло таким чином, що центр його тяжіння завжди знаходиться над центром опори. Проте такий досконалий апарат, на жаль, не дозволяє людині свідомо визначити, з достатньою точністю, напрям вектора прискорення, що впливає на наше тіло. Можна спробувати визначити напрям прискорення, провівши в думках візирну лінію від очей на шкарпетки або середину ступні, проте в цьому випадку виникне похибка, яка пов'язана з тим, що напрям візирної лінії залежить від положення тіла. Можна нахилитися, або зігнутись, і візована пряма вже не буде паралельною напрямку прискорення вільного падіння. В умовах польоту, ця похибка зростає, оскільки для збереження рівноваги в умовах коливання в ЛА доводиться триматися за трос, поручні тощо. В цьому випадку вектор прискорення може взагалі не проходити через ступні ніг.

Окрім того, при виконанні маневрів і зміні тяги двигуна ЛА, виникають прискорення, які в сумі з прискоренням вільного падіння утворюють новий вектор, який сприймається нашим вестибулярним апаратом і відповідним чином орієнтує положення нашого тіла.

**Похибки заміни вектора прискорення** вільного падіння нормаллю до підлоги ЛА. Зважаючи на вкрай важке визначення напрямку прискорення вільного падіння на борту ЛА, в деяких випадках за його напрям зручно приймати нормаль до поверхні підлоги ЛА.

Нормаль до поверхні підлоги визначити набагато простіше, ніж напрям прискорення вільного падіння. А в горизонтальному польоті, поверхня підлоги, горизонтальна, тому нормаль достатньо точно співпадає з вектором прискорення вільного падіння. Проте при виконанні маневрів на ЛА (підйому, кабрирування, бічне ковзання, гірка, розвороти тощо), підлога не горизонтальна, що викликає значні похибки (рис. 1).

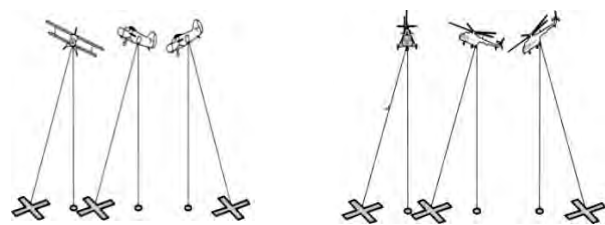


Рис. 1. Виконання маневрів ЛА

**Похибки визначення нормалі до поверхні Землі.** Оскільки вектор прискорення, що діє на парашутиста і положення підлоги залежать від еволюції ЛА, на практиці, при візуальній побудові заходу, зручніше визначити нормаль до поверхні Землі. Надійність способу полягає в тому, що нормаль до поверхні Землі не залежить від еволюції ЛА (рис. 2).

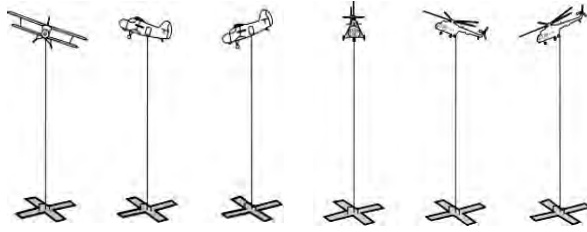


Рис. 2. Визначення нормалі до поверхні землі

Проте і при цьому способі властиві похибки, що виникають унаслідок того, що відстань від борту ЛА до точки перетину нормалі з поверхнею Землі, дуже мало відрізняється від відстані до точок тих, що знаходяться в її околицях. Чим менше кут між векторами (а) і (б), тим важче візуально визначити найкоротшого з векторів (рис. 3).

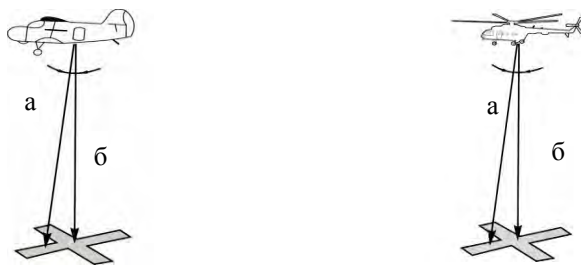


Рис. 3. Похибки заміни вектора прискорення вільного падіння замінюються нормаллю до поверхні Землі

Можна з упевненістю стверджувати, що нормаль до поверхні води абсолютно точно співпадає з напрямом вектора прискорення вільного падіння. Але це не можна стверджувати по відношенню до поверхні Землі. Поверхня Землі в загальному випадку не горизонтальна. Проте величина ухилу аеродромів незначна, тому їх можна рахувати практично горизонтальною поверхнею і з великою точністю замінювати вектор прискорення вільного падіння нормаллю до поверхні Землі.

При стрибках на майданчики з великим ухилом така заміна не допустима.

Досить популярним видом парашутного спорту є парашутно-лижне двоєборство – “Para-ski”, що включає парашутні стрибки на точність приземлення на майданчик з ухилом до 30°. Побудова візуального заходу по нормалі до поверхні Землі, в цьому випадку, призведе до значних похибок (рис. 4).



Рис. 4. Побудова візуального заходу по нормалі до поверхні Землі

**Похибки визначення траверзів.** Поняття траверзу для тривимірного простору можна сформулювати таким чином: це площина, яка перпендикулярна навігаційному курсу ЛА і паралельна вектору прискорення вільного падіння. Якщо, наприклад, ця площина проходить через точку А, тоді кажуть, що ЛА знаходиться на траверзі точки А (рис. 5).

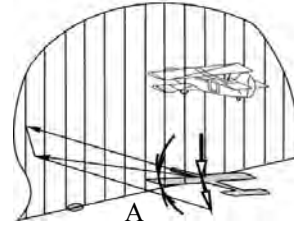


Рис. 5. Похибки визначення траверзів

В даному випадку площина, що перпендикулярна магнітному курсу ЛА і паралельна вектору прискорення вільного падіння не являється траверзом (рис. 6).

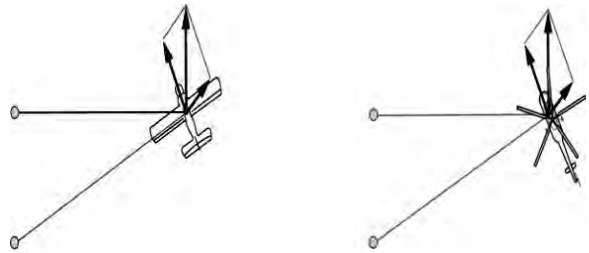


Рис. 6. Траверз для літальних апаратів

а також площина, перпендикулярна траєкторії руху ЛА (рис. 7).

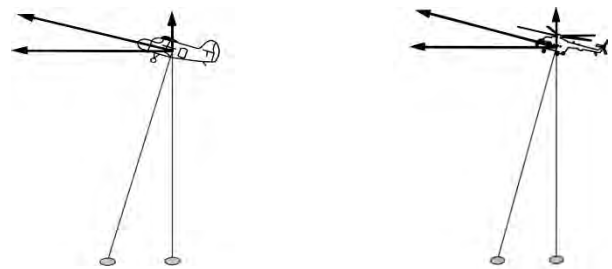


Рис. 7. Траверз вигляд збоку до літального апарату

Візуальне визначення траверзу є дуже складним завданням. Площину, паралельну вектору прискорення вільного падіння визначити неважко, достатньо провести уявний перпендикуляр через горизонт. Проте, таким чином, можна побудувати безліч площин, в межах видимого сектора горизонту. Лише одна з них – перпендикулярна навігаційному курсу ЛА і є траверзом. Візуальне визначення перпендикуляра до навігаційного курсу (напрямку руху ЛА) проводиться шляхом порівняння кутових швидкостей точок, що розташовані на прямій паралельній навігаційному курсу (рис. 8).

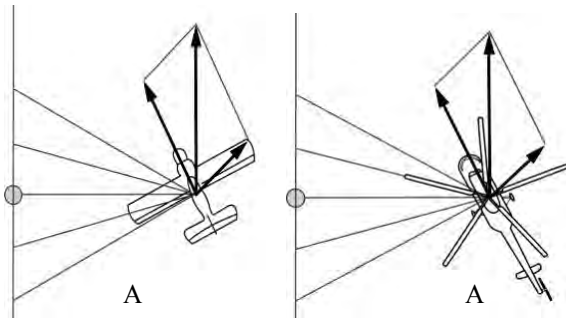


Рис. 8. Кутові швидкості точок ЛА

При цьому кутові швидкості точок, що знаходяться перед траверзом по курсу, збільшуються з наближенням до траверзу. Кутова швидкість точки, на траверзі якої знаходиться ЛА – досягає максимуму, а після проходження траверзу знову зменшуються з віддаленням.

Кутові швидкості точок розташованих поблизу точки на траверзі якої знаходиться ЛА дуже близькі і чим ближче до неї тим менша різниця в їх швидкостях. Тому візуальне визначення траверзу призводить до значних похибок, які збільшуються зі зростанням відстані від ЛА до точки, прохід траверзу якої необхідно відзначити.

Для визначення траверзу було б доречно орієнтуватися по перпендикуляру до подовжньої осі ЛА. Проте, як зазначалося вище, площина, що перпендикулярна магнітному курсу ЛА і паралельна вектору прискорення, вільного падіння траверзом немає. А оскільки повздовжня вісь ЛА у польоті орієнтована саме по магнітному курсу, то при визначенні траверзу по перпендикуляру до повздовжньої осі ЛА виникне похибка на кут рівний:  $\gamma$ .

$$\gamma = \arcsin \left\{ \frac{|V_H| \cdot \sin(\varphi - \alpha_H)}{|V_{ЛА}|} \right\}$$

где  $\varphi$  – навігаційний курс

$|V_{ЛА}|$  – дійсна повітряна швидкість ЛА.

$\alpha_H$  – напрям вітру на висоті польоту.

$|V_H|$  – швидкість вітру на висоті польоту.

При однаковій швидкості і напрямі вітру на висоті польоту, ця похибка зростає із зменшенням фактичної швидкості ЛА, тому найбільшою вона буде для тихохідних ЛА типу Ан-2, Мі-8, Мі-2 тощо.

Похибки візування траверзу точки скидання пристрілки (видокремлення від ЛА) є специфічним видом похибок, що властиві тільки способу пристрілки з попереднім розрахунком. Візування траверзів точки падіння пристрілочного парашута, центру кола тощо, доволі складне, але, з тією або іншою точністю, посилене всім. Коли спостерігаєш «точку», рухаєшся відносно неї, як тільки вона опинилася по правому або по лівому плечі – ти на траверзі. Добре, якщо в якийсь конкретний стри-

бок точка відокремлення від ЛА знаходиться над характерним орієнтиром на місцевості (будівлею, поодиноким деревом, перехрестям дороги тощо), проте в більшості випадків точка відокремлення знаходиться над місцевістю, яка не має виражених орієнтирів (поле, ліс, іноді навіть над озером або морем). Відзначити точку відокремлення від ЛА через дальні орієнтири даремно, оскільки обидві проекції на орієнтири перетинаються тільки в точці скидання пристрілки, а повторний захід проводиться по іншій траєкторії і «точку» цю не перетинає.

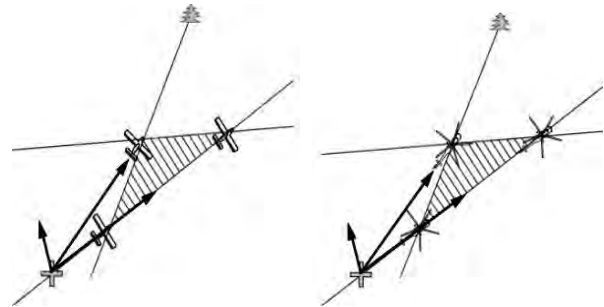


Рис. 9. Визначення точки видокремлення від ЛА через віддалені орієнтири

До перетину першого орієнтиру, упевнено можна стверджувати, що траверз точки видокремлення знаходиться попереду ЛА, а після перетину другого орієнтиру, можна стверджувати, що траверз точки видокремлення знаходиться позаду ЛА, але в межах заштрихованої зони траверз точки скидання пристрілки є невизначний.

Таким чином, точність пристрілочного розрахунку набагато нижча, ніж прийнято вважати. Тому виконаний на підставі достовірних даних про погодні умови, повний арифметичний розрахунок стрибка, є більш точним, ніж розрахунок по пристрілочному парашуту.

Ще одним серйозним недоліком пристрілочного розрахунку стрибка є його висока вартість у порівнянні з вартістю арифметичного або графічного розрахунку, оскільки на його виконання витрачається льотний час і пальне.

Виняток становлять стрибки із затримкою розкриття парашута. В цьому випадку пристрілювальний захід виконується в процесі набору висоти, і час на нього практично не витрачається.

Проте, у разі відсутності достовірних метеоданих, пристрілювальний розрахунок є єдиним можливим способом розрахунку стрибка.

Розрахунок по пристрілювальному парашуту здійснюється шляхом скидання пристрілочного парашута або пристрілювальної стрічки з ЛА, на відповідній висоті розкриття парашутів. Швидкість зниження пристрілочного парашута складає 5 м/с, що приблизно відповідає швидкості зниження люд-

ських парашутів, тобто, пристрілювальний парашут знижується приблизно стільки ж часу як парашутист під куполом парашута. При цьому по віддаленню і напрямку віднесення пристрілочного парашута під дією вітру, вираховують дані про положення точки видокремлення від ЛА, відокремившись у якій, парашутист на нейтральному парашуті приземлиться в центрі майданчика приземлення (парашутному колу).

Існують два способи розрахунку по пристрілочному парашуту: пристрілка по центру кола та пристрілка з попереднім розрахунком.

#### **Пристрілка по центру кола.**

Пристрілка по центру кола – найбільш простий спосіб розрахунку по пристрілочному парашуту. Суть полягає в тому, що пристрілочний парашут або стрічка кидаються точно над центром кола (майданчика приземлення), при заході ЛА у коло з довільним курсом. Під дією вітру пристрілка зноситься і, в загальному випадку, приземляється на якомусь віддаленні від центру кола. Очевидно, що для попадання нейтрального парашута в коло, необхідно, щоб парашутист відокремився на віддаленні від кола, що дорівнює відстані віднесення пристрілки, в напрямку, протилежному напрямку її віднесення. При заході на викидання парашутистів, ЛА проходить над місцем падіння пристрілки і центром круга (рис. 10).

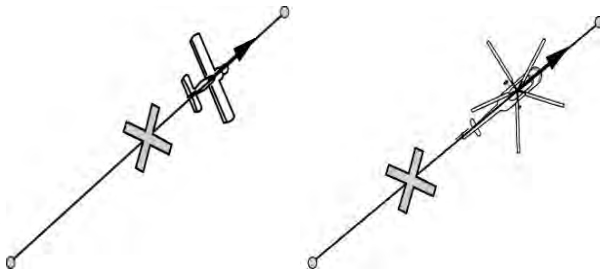


Рис. 10. Пристрілка по центру кола

## **Висновки**

Виходячи з вищезазначеного, ми бачимо, що саме швидкість, значно більше, ніж будь-який інший чинник, є передумовою небезпечних ситуацій, підвищуючи ймовірність зіткнень, одночасно зменшуючи час, для адекватного реагування. Очевидно, що безпечно посадити швидкісний купол можливо лише у разі, коли парашутист повністю зосереджується на виконанні цього маневру. Все інше, як на другорядних складових польоту. Наприклад, якщо парашутист повністю зосередиться на побудові правильного заходу і розрахунку своєї точки дотику, то йому складно відстежувати трафік і виключати ймовірні зіткнення. І навпаки, якщо парашутист раптом виявив проблему в трафіку і почне її вирішувати, то дуже швидко він зрозуміє, що часу на правильне приземлення у нього вже не залишається.

На багатолюдних майданчиках приземлення з різними типами куполів, парашутисту слід приділяти значно більше уваги решті куполів. Якщо вся його увага буде прикована тільки до свого куполу – він не зможе безпечно приземлитися поруч з останніми.

## **Список літератури**

1. Людські парашутні системи: навч. посіб. / В.М. Алексеев, В.І. Бабак, І.В. Матала, В.А. Онищенко, Ю.П. Сальник, В.В. Пашиковський. – Л.: Академія сухопутних військ, 2012. – С. 96-120.
2. Расчет прыжка. [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://www.spkirbis.narod.ru/refbook/rachetprijka.htm#top>.

Надійшла до редколегії 9.02.2015

**Рецензент:** д-р техн. наук, доц. Б.Ю. Волочій, Академія сухопутних військ ім. гетьмана Петра Сагайдачного, Львів.

### **ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ПРЫЖКА С КРЫЛЬЕВЫМ ПАРАШЮТОМ**

В.М. Алексеев, О.В. Королёва

*Рассмотрены особенности расчета прыжка, как одной из наиболее важных составляющих безопасности парашютной деятельности в Вооруженных Силах Украины. Определены основные способы расчета прыжка: арифметический расчет; графический расчет; расчет по пристрелочному парашюту.*

**Ключевые слова:** Прыжки с парашютом, парашютные системы, точность приземления, летательный аппарат.

### **FEATURES OF THE CALCULATION JUMPING FROM THE WING PARACHUTE**

V.M. Alekseev, O.V. Koroleva

*The features of the calculation of the jump, as one of the most important components of the safety parachute activities in the Armed Forces of Ukraine. Specified basic methods for calculating the jump: arithmetic calculation; Graphical computation; computation sighting by parachute.*

**Keywords:** Skydiving, parachute systems, precision landing, the aircraft.