

УДК 629.734.7

В.А. Дмитрієв

Державний науково-випробувальний центр Збройних Сил України, Феодосія

ФАКТОРИ ТА ЯКІСНА ОЦІНКА БЕЗПЕКИ ПАРАШУТНОГО ДЕСАНТУВАННЯ ОСОБОВОГО СКЛАДУ

В статті визначені основні фактори системи парашутного десантування, їх вплив на розвиток парашутних інцидентів та подій, розроблені пропозиції щодо їх якісної оцінки.

Ключові слова: безпека, матриця, парашутне десантування, парашутний інцидент, парашутна подія, причина, ситуація, система, фактор.

Вступ

Постановка проблеми. На етапі створення та розвитку у Збройних Силах України Високомобільних десантних військ стає актуальним питання забезпечення безпеки парашутного десантування (БПД) особового складу як одного із способів доставки військ в райони бойових дій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В існуючих документах, а саме в Керівництві з парашутно-десантної та аварійно-рятувальної підготовки авіації Збройних Сил України (КПД АРП ЗСУ) [1] та Настанові з повітрянодесантної служби (НПДС-2007) [2] надані лише основні поняття безпеки парашутного десантування. При цьому практично відсутні науково обґрунтовані рекомендації та методики проведення аналізу розвитку явищ,

наслідками яких стали парашутні події та інциденти (ППІ), та розрахунку якісних оцінок впливу системних факторів на БПД, що ускладнює профілактичну роботу із запобігання ППІ.

Метою статті є визначення основних факторів системи парашутного десантування, їх впливу на розвиток парашутних інцидентів та подій, розроблення пропозиції щодо їх якісної оцінки.

Основний матеріал

На безпеку парашутного десантування (БПД) особового складу впливає велика кількість факторів, від яких залежить якість функціонування системи парашутного десантування (СПД). При цьому під кожним окремим фактором слід розуміти будь-яку дію, випадок, умову, обставину, наявність або відсутність якої впливає на БПД.

Усі фактори, які впливають на БПД, можуть бути розподілені на системні та позасистемні. До перших відносяться фактори, які визначаються внутрішніми властивостями СПД, до других – фактори зовнішнього середовища, незалежні від внутрішніх властивостей СПД. Звісно, такий розподіл декілька умовний, так як стан зовнішнього середовища в тій або іншій мірі контролюється з метою виключення можливості влучення парашутистів-десантників у несприятливі або нерозрахункові умови.

Переважаюча частина системних факторів обумовлена діями парашутистів-десантників (людський фактор), та ефективністю функціонування парашутно-десантної техніки (технічний фактор). Це дозволяє зробити висновок про головну роль системи "людина – парашут", як елемента СПД, в забезпеченні БПД.

До основних загальних груп факторів, які впливають на надійність функціонування СПД та, як наслідок, на БПД, можна віднести професійну підготовку, дисципліну та психофізіологічний стан особового складу СПД, організацію функціонування системи (служби), технічну оснащеність підсистем, надійність технічних засобів, якість нормативно-технічної документації, керівництво службою під час підготовки та проведення десантування, забезпечення десантування. У кожній з цих груп факторів є елементи людського та технічного ланцюга, тому СПД є складною поліергатиною системою. Такий підхід до СПД дозволяє провести аналіз впливу окремих факторів та надати рекомендації щодо забезпечення БПД.

В більшості випадків парашутні події та інциденти (ППІ) відбуваються як послідовність явищ, які ускладнюють ситуацію під час десантування за наростанням небезпеки. При цьому до 70% ППІ обумовлені виникненням під час десантування сукупності несприятливих факторів, які пов'язані з діяльністю людини, функціональною ефективністю парашутно-десантної техніки (ПДТ), умовами зовнішнього середовища. Як наслідок, послідовність розвитку несприятливого явища слід розглядати як сукупність наступних категорій причин: головна, безпосередня, супутня (сприяюча).

Головна причина – потенційний первинний фактор в причинно-наслідковому ланцюзі подій, що обумовили виникнення ППІ, без проявлення якого дана ППІ була б неможливою або малоімовірною.

Безпосередня причина – найближчий до ППІ фактор в причинно-наслідковому ланцюзі подій, що безпосередньо обумовив виникнення ППІ, звичайно є наслідком головної причини.

Супутня причина – фактор, що вплинув на несприятливий розвиток ситуації та негативно вплинув на її наслідок.

Загальна схема розвитку ППІ наведена на рис. 1.

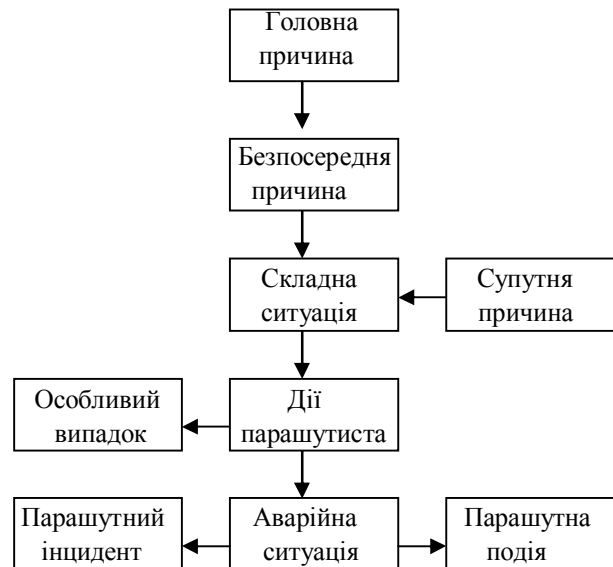


Рис. 1. Загальна схема розвитку ППІ

Головною задачею аналізу БПД та профілактичної діяльності по запобіганню ППІ є виявлення та усунення головних причин, які, як правило, носять довготривалий системний характер.

З метою поглибленого аналізу впливу на БПД факторів та їх кількісної оцінки в СПД може бути застосований факторний аналіз. Для цього приймемо гіпотезу про те, що у разі наявності тісного зв'язку між декількома випадковими величинами, які вимірюються, існує деяка інша випадкова величина, яка обумовлює зв'язок між ними, але яку безпосередньо виміряти не можна. Таким чином, вихідними передумовками аналізу є наявність зв'язку між декількома величинами, що одночасно спостерігаються, та велика кількість експериментальних (статистичних) даних випадкових величин. Припустимо, що існують деякі фактори А і Б, які не піддаються безпосередньому вимірюванню, при цьому фактор А залежить від випадкових величин X_1, X_2, X_3 , а фактор Б – від X_4, X_5 та X_6 (рис. 2). Завданням факторного аналізу є визначення простої структури, яка достатньо точно відображає та відтворює реально існуючі залежності між факторами А і Б. Слід відмітити, що перемінні випадкові величини X_i також є факторами, але нижчого рівня в ієрархії СПД.

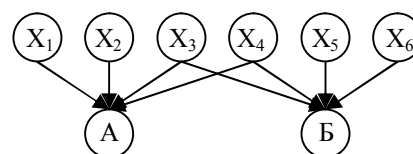


Рис. 2. Зв'язок між факторами та випадковими величинами

Вихідні дані для факторного аналізу [3] уявляються у вигляді матриці $X=(x_{ij})$, де індекс $i=1,2,\dots,m$ відноситься до перемінних X , а $j=1,2,\dots,n$ – до їх числових значень:

$$X = \begin{pmatrix} x_{11}x_{12}\dots x_{1j}\dots x_{1n} \\ \dots \\ x_{i1}x_{i2}\dots x_{ij}\dots x_{in} \\ \dots \\ x_{n1}x_{n2}\dots x_{nj}\dots x_{nn} \end{pmatrix}. \quad (1)$$

Після заміни усіх m перемінних X :

$$Z_{ij} = (x_{ij} + M_i) / S_i, \quad (2)$$

де $M_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ij}$, $S_i = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_{ij} - M_i)^2}$ – середнє значення та середнє квадратичне відхилення,

отримуємо матрицю:

$$Z = \begin{pmatrix} z_{11}z_{12}\dots z_{1j}\dots z_{1n} \\ \dots \\ z_{i1}z_{i2}\dots z_{ij}\dots z_{in} \\ \dots \\ z_{n1}z_{n2}\dots z_{nj}\dots z_{nn} \end{pmatrix}. \quad (3)$$

Матриця (3) задовольняє наступним умовам:

$$\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n z_{ij} = 0, \quad \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n z_{ij}^2 = 1 \quad \text{для всіх } i=1,2,\dots,m,$$

тобто усі строки матриці Z – нормовані перемінні.

З урахуванням нормованих перемінних коефіцієнт кореляції, як кількісна міра зв'язку між випадковими величинами (перемінними), може бути розрахований за формулою:

$$r_{ik} = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n z_{ij}z_{kj}. \quad (4)$$

Після розрахунку усіх парних коефіцієнтів кореляції між перемінними, отримуємо квадратну симетричну кореляційну матрицю ($r_{ik} = r_{ki}$)

$$R = \begin{pmatrix} r_{11}r_{12}\dots r_{1k}\dots r_{1m} \\ \dots \\ r_{i1}r_{i2}\dots r_{ik}\dots r_{im} \\ \dots \\ r_{m1}r_{m2}\dots r_{mj}\dots r_{mm} \end{pmatrix}. \quad (5)$$

За результатами факторного аналізу необхідно уявити кожний елемент z_{ij} матриці Z у вигляді лінійної комбінації декількох гіпотетичних факторів r :

$$z_{ij} = a_{i1}p_{1j} + a_{i2}p_{2j} + \dots + a_{ir}p_{rj}, \quad (6)$$

де a_{ir} – факторні навантаження, які підлягають визначенню, p_{rj} – фактори кожної перемінної.

Рівняння (6) – основна модель факторного аналізу.

З використанням матричної форми запису, для усіх z_{ij} маємо:

$$Z = A \times P, \quad (7)$$

де $A = (a_{ij})$ – матриця факторних відображень порядку $m \times r$, яку необхідно визначити, $P = (p_{rj})$ – матриця порядку $r \times n$ значень усіх факторів перемінних.

З урахуванням фундаментальної теореми теорії факторного аналізу кореляційна матриця може бути відтворена з допомогою факторного відображення і кореляцій факторів:

$$\begin{pmatrix} r_{11}r_{12}\dots r_{1k}\dots r_{1m} \\ \dots \\ r_{i1}r_{i2}\dots r_{ik}\dots r_{im} \\ \dots \\ r_{m1}r_{m2}\dots r_{mj}\dots r_{mm} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11}a_{12}\dots a_{1l}\dots a_{1r} \\ \dots \\ a_{i1}a_{i2}\dots a_{il}\dots a_{ir} \\ \dots \\ a_{m1}a_{m2}\dots a_{ml}\dots a_{mr} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} a_{11}a_{21}\dots a_{i1}\dots a_{m1} \\ \dots \\ a_{1l}a_{2l}\dots a_{il}\dots a_{ml} \\ \dots \\ a_{1r}a_{2r}\dots a_{lr}\dots a_{mr} \end{pmatrix}, \quad (8)$$

або $R = AA'$, де (A' – транспонована матриця).

Ця процедура зворотна і по відомій кореляційній матриці R знаходиться матриця факторного відображення A . На першому етапі складається матриця вихідних даних. По неї обчислюється кореляційна матриця R , по головній діагоналі якої проставляються оцінки спільностей і отримується матриця $R_h = (r_{ik}^h)$:

$$R_h = \begin{pmatrix} h_1^2 r_{12}\dots r_{1k}\dots r_{1m} \\ \dots \\ r_{i1}r_{i2}\dots h_i^2 \dots r_{im} \\ \dots \\ r_{m1}r_{m2}\dots r_{mj}\dots h_m^2 \end{pmatrix}. \quad (9)$$

Спільність h_i^2 перемінної i рівна сумі квадратів навантажень загальних факторів:

$$h_i^2 = a_{i1}^2 + a_{i2}^2 + \dots + a_{ir}^2. \quad (10)$$

Для її обчислення можна застосувати спосіб найбільшої кореляції, який полягає у виборі найбільшого коефіцієнта кореляції даної перемінної з іншими перемінними. При цьому на головній діагоналі матриці записується з позитивним знаком найбільший коефіцієнт кореляції даного стовпчика матриці R незалежно від його вихідного алгебраїчного знаку. Матриця R_h є редукованою кореляційною, для неї справедливо співвідношення $R_h = AA'$, тобто:

$$\begin{pmatrix} h_1^2 r_{12}\dots r_{1k}\dots r_{1m} \\ \dots \\ r_{i1}r_{i2}\dots h_i^2 \dots r_{im} \\ \dots \\ r_{m1}r_{m2}\dots r_{mj}\dots h_m^2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11}a_{12}\dots a_{1l}\dots a_{1r} \\ \dots \\ a_{i1}a_{i2}\dots a_{il}\dots a_{ir} \\ \dots \\ a_{m1}a_{m2}\dots a_{ml}\dots a_{mr} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} a_{11}a_{21}\dots a_{i1}\dots a_{m1} \\ \dots \\ a_{1l}a_{2l}\dots a_{il}\dots a_{ml} \\ \dots \\ a_{1r}a_{2r}\dots a_{lr}\dots a_{mr} \end{pmatrix}. \quad (11)$$

Співвідношенню (11) може відповідати декілька матриць А, з яких необхідно вибрати таку, яка найбільш об'єктивно описує взаємозв'язок факторів СПД. При визначенні якісних показників БПД, коли аналізу підлягає велика кількість факторів, розрахунки доцільно проводити із застосуванням ПЕОМ.

Висновки

1. За результатами виконаних досліджень визначені основні фактори системи БПД та їх вплив на розвиток парашютних інцидентів та подій, розроблений математичний апарат визначення якісних оцінок впливу факторів на безпеку парашютного десантування особового складу.

2. У подальшому доцільно застосувати розроблений математичний апарат для визначення показ-

ників якісної оцінки безпеки парашютного десантування на основі статистичних показників за останні 5 – 10 років.

Список літератури

1. Керівництво з парашютно-десантної та аварійно-рятувальної підготовки авіації Збройних Сил України. – К.: МО України, 2003. – 178 с.
2. Настанова з повітрянодесантної служби (НПДС-2007). – К.: МОУ, 2006. – 250 с.
3. Харман Г. Современный факторный анализ. – М.: Статистика, 1972. – 486 с.

Надійшла до редколегії 21.09.2012

Рецензент: канд. техн. наук ст. наук співр. А.В. Тимошенко, Державний науково-випробувальний центр Збройних Сил України, Феодосія.

ФАКТОРЫ И КАЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ ПАРАШЮТНОГО ДЕСАНТИРОВАНИЯ ЛИЧНОГО СОСТАВА

В.А. Дмитриев

Рассматриваются основные факторы системы парашютного десантирования, их влияние на развитие парашютных инцидентов и происшествий, предложения по их качественной оценке.

Ключевые слова: безопасность, матрица, парашютное десантирование, парашютный инцидент, парашютное событие, причина, ситуация, система, фактор.

FACTORS AND QUALITATIVE ASSESSMENT OF THE PARACHUTE AIRDROP SAFETY OF THE PERSONNEL

V.A. Dmytriev

Are examined the basic factors of the system of parachute airdrop, their influence on the development of parachute events and incidents, proposal according to their qualitative assessment.

Keywords: safety, matrix, paradropping, parachute incident, parachute event, reason, situation, system, factor.