

УДК 629.734.7

В.А. Дмитрієв

Державний науково-випробувальний центр Збройних Сил України, Феодосія

## СИСТЕМА ТА МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ БЕЗПЕКИ ПАРАШУТНОГО ДЕСАНТУВАННЯ ОСОБОВОГО СКЛАДУ

*В статті запропоновані основні поняття, елементи та методи визначення показників безпеки парашутного десантування особового складу*

**Ключові слова:** безпека, метод, парашутне десантування, парашутний інцидент, парашутна подія, стрибки з парашутом.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Безпека парашутного десантування (БПД) особового складу, незважаючи на значні досягнення та постійне удосконалення парашутно-десантної техніки (ПДТ), залишається актуальним питанням в Збройних Силах України та інших відомствах.

Багаторічна вітчизняна та зарубіжна статистика показує, що парашутні події та інциденти (ППІ) продовжують мати місце: в Україні – 2-4 події із загибеллю парашутиста на рік (20 – 25 тис. стрибків на одну подію), в Російській Федерації – близько 150 (25 – 40 тис. стрибків на одну подію), в США – 900-1000 (95 – 105 тис. стрибків на одну подію). Один парашутний інцидент трапляється у середньому на 500 – 700 стрибків, тобто з ймовірністю  $P_{\text{ПІ}}=10^{-3} \dots 10^{-2}$ .

Під час військових навчань та бойових дій втрати боєдатного складу при повітряному десантуванні (без урахування бойових втрат) досягають 3-10% ( $P_{\text{ПІ}} > 10^{-2}$ ). За небезпекою військової діяльності згідно [1] ці показники оцінюються як високий та винятково високий рівні відповідно, що неприпустимо як із загальнолюдських норм моралі, так й з точки зору спроможності та ефективності вирішення бойових завдань повітряними десантами.

**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) [2] та Настанові з повітрянодесантної служби (НПДС-2007) [3] надані лише основні поняття безпеки парашутного десантування, загальний порядок обліку та аналізу ППІ, при цьому поняття власно системи безпеки практично відсутнє.

Такий же стан справ в іншій літературі та відомствах України.

**Мета статті** – розробка пропозиції щодо системи та методів визначення показників безпеки парашутного десантування особового складу.

### Основний матеріал

Для вирішення питання у подальшому будьмо використовувати відомі положення теорії безпеки польотів літальних апаратів [4, 5] та основні визначення БПД у такому розумінні:

– парашутна подія – подія, що сталася під час виконання стрибка з парашутом та призвела до тяжкої травми або загибелі парашутиста [2];

– парашутний інцидент – подія, що сталася під час виконання стрибка з парашутом і обумовлена відхиленням від нормального функціонування ПДТ, парашутиста або несприятливим впливом зовнішнього середовища і вплинула на безпеку виконання стрибка з парашутом, але не закінчилась парашутною подією;

– парашутно-десантна система – сукупність спільно діючих в навколишньому середовищі парашутистів-десантників, сил та засобів управління та забезпечення десантування, об'єднаних структурно та функціонально в інтересах виконання парашутного десантування;

– безпека парашутного десантування особового складу – сукупність властивостей парашутно-десантної системи, які забезпечують виконання парашутного десантування особового складу без парашутних подій та інцидентів.

Аналіз досвіду створення ПДТ та парашутних систем (СП), їх випробувань, експлуатації та безпосереднього застосування дозволяє зробити висновок, що БПД залежить від функціонування системи "парашут – людина – зовнішнє середовище" (П – Л – ЗС). При цьому під "парашутом" розуміється СП у цілому (основний і запасний парашути, ранець, підвісна система), під "людиною" – парашутист-десантник, під "зовнішнім середовищем" – повітряне судно (ПС) для десантування, його десантно-транспортне обладнання (ДТО), атмосфера, район десантування та майданчик приземлення, засоби забезпечення парашутного десантування (керівництво стрибками, керівництво польотами, метеорологічне, медичне та інші види забезпечення і організаційні заходи).

Виходячи з цього можна виявити основні елементи БПД (табл. 1).

Закінчення табл. 1

Таблиця 1  
Основні елементи системи БПД

№ п/п	Складові системи П – Л – ЗС	№ № п/п	Основні елементи системи БПД
1	Парашут	1.1	Технічний стан основного парашуту
		1.2	Технічний стан запасного парашуту
		1.3	Технічний стан ранця
		1.4	Технічний стан системи підвіски
		1.5	Технічний стан спеціального обладнання
		1.6	Відповідність СП умовам, завданню на стрибок та антропометричним даним парашутиста
		1.7	Якість експлуатаційно-технічної документації
		1.8	Стадія життєвого циклу СП
		1.9	Загальний досвід експлуатації СП
2	Людина	2.1	Стан здоров'я
		2.2	Загальний рівень індивідуальної професійної підготовки та освоєння СП конкретного типу
		2.3	Методичність та систематичність підготовки
		2.4	Рівень дисциплінованості
		2.5	Рівень морально-психологічної підготовки
		2.6	Умови служби та побуту
3	Зовнішнє середовище	3.1	Особливості району десантування
		3.2	Особливості та стан майданчику приземлення
		3.3	Якість керівництва стрибками
		3.4	Якість керівництва польотами ПС
		3.5	Рівень підготовки льотного складу ПС, його дисциплінованості та морально-психологічних якостей
		3.6	Загальний технічний стан ПС та його десантно-транспортного обладнання
		3.7	Фактичний стан метеоумов, якість метеорологічного забезпечення
		3.8	Якість медичного забезпечення

№ п/п	Складові системи П – Л – ЗС	№ № п/п	Основні елементи системи БПД
		3.9	Якість рятувального забезпечення
		3.10	Відповідність особистої екіпіровки парашутиста-десантника завданню на стрибок, фактичним умовам та рівню підготовки
		3.11	Стан профілактичної роботи з попередження ППІ

Кожний з визначених елементів є системним фактором БПД, а їх загальна сукупність, взаємодія та взаємовплив складає систему БПД. Кожному фактору відповідає певна якісна або кількісна характеристика – показник, який визначає відповідність фактору вимогам БПД. Природно, позитивне значення показника створює передумови безпечного виконання стрибка з парашутом, негативне – несе загрозу БПД. Таким чином, кожний показник повинен мати критерій – признак, на основі якого виконується оцінка показника.

Наприклад, елемент (фактор) "Технічний стан основного парашуту" (пп. 1.1 табл. 1) має оцінки "задовільно" або "незадовільно", а критерієм цих оцінок є відповідність фактичного стану основного парашуту перед стрибком вимогам експлуатаційно-технічної документації СП або невідповідність хоча б одній вимозі цієї документації.

Фактичну оцінку елементу виконують обслуговуючий персонал (укладачі парашутів), власно парашутисти-десантники, контролюючи їх особи, інші посадові та керівні особи, задіяні при організації, забезпеченні та виконанні десантування. Тобто за своєю суттю такий метод визначення оцінок при певних обговореннях можна вважати експертним.

Аналіз наведених в табл. 1 елементів показує, що усі їх оцінки мають якісний характер, що дозволяє визначити потенційний рівень БПД або визначити причину ППІ у ході її розслідування. Однак на практиці для отримання більш достовірної та зручної оцінки рівня БПД, яка б дозволяла комплексно аналізувати та порівнювати БПД за календарними періодами, між військовими частинами та підрозділами, типами СП, завданнями ті т.д., повинні бути кількісні характеристики та оцінки.

З урахуванням того, що ППІ є випадковими подіями, кількісні оцінки БПД можна розділити на дві групи: статистичні (абсолютні та відносні) та імовірнісні (аналітичні та оцінки імовірнісного моделювання).

Статистичні критерії БПД формуються на базі даних статистики про ППІ та кількості десантувань (стрибків з парашутом особового складу за певний календарний період).

До загальних абсолютних критеріїв БПД можна віднести:

– загальну кількість парашутних подій ( $N_{\text{ПП}}$ ) та інцидентів ( $N_{\text{П}}$ ) за календарний період або їх суму ( $N_{\text{ППП}}$ );

– загальну кількість загиблих у парашутних подіях десантників ( $N_{3д}$ ) та і травмованих ( $N_{тд}$ ) за календарний період.

До часткових абсолютних критеріїв БПД відносяться теж самі показники, які викликані яким-небудь  $i$ -тим фактором ( $N_{\text{ППП}, i}$ ), за яким-небудь  $j$ -тим етапом десантування ( $N_{\text{ППП}, j}$ ) та ін.

Абсолютні статистичні критерії дають змогу оцінити загальні втрати та зробити лише загальну оцінку БПД.

Більш універсальними є відносні статистичні критерії БПД, які формуються за двома підходами. Перший підхід передбачає кількісне співвідношення ППП або втрат за  $N$  парашутних стрибків:

$$K_1 = \frac{N_{\text{ППП}}}{N} M \quad \text{або} \quad K_1 = \frac{N_{3т}}{N} M, \quad (1)$$

де  $M$  – масштабний коефіцієнт (наприклад, при  $M=1000$  критерій  $K_1$  буде вказувати кількість ППП або втрат на 1000 стрибків.

Другий – кількісне співвідношення загальної кількості парашутних стрибків до кількості ППП або втрат:

$$K_2 = \frac{N}{N_{\text{ППП}}} \quad \text{або} \quad K_2 = \frac{N}{N_{3т}}. \quad (2)$$

Фактично критерій  $K_2$  визначає, на скільки парашутних стрибків припадає одна ППП або загибель (тяжке травмування) особового складу.

Критерії, аналогічні  $K_1$  та  $K_2$  можуть бути отримані для характеристики БПД за окремими елементами системи, етапу десантування, типу СП, завдання та ін.

У цілому відносні статистичні критерії досить прості та зручні, але вони оцінюють рівень БПД лише за фактом ППП (після відбуття) та не дозволяють вирішувати завдання оптимізації заходів із забезпечення, прогнозування та управління БПД. Тому доцільно визначити імовірнісні аналітичні критерії БПД.

Внаслідок випадковості виникнення при стрибках з парашутом несприятливих факторів, події, які відповідають сприятливому завершенню стрибка, також є випадковими та добре описуються методами теорії імовірності. Тому основними критеріями кількісної оцінки БПД можна вважати імовірність благоприємного завершення стрибка з парашутом  $P$  та імовірність неблагоприємного завершення стрибка  $Q$  (ступень ризику), які пов'язані між собою формулою:

$$Q = 1 - P. \quad (3)$$

При розробці імовірнісних критеріїв пристосовано до окремого стрибка приймемо наступні припущення: усі несприятливі фактори складають повну групу незалежних несумісних подій, події парирования дій несприятливих факторів незалежні. Як

розглянуто вище, причиною більшості ППП є вплив на систему П – Л – ЗС трьох груп небезпечних факторів: відмови ПДТ, помилкові дії парашутистів-десантників та несприятливий вплив зовнішнього середовища. При цьому десантування завершується сприятливо, коли жодна з груп факторів або їх сполучення не спричинило ППП:

$$P = P_{\text{П}} P_{\text{Л}} P_{\text{ЗС}}, \quad (4)$$

де  $P_{\text{П}}$ ,  $P_{\text{Л}}$ ,  $P_{\text{ЗС}}$  – імовірності відсутності несприятливого впливу означених груп факторів відповідно.

Частковий критерій сприятливого завершення стрибка  $P_{\text{П}}$  визначається імовірністю події, перебуваючого у тому, що ПДТ не відмовила, а якщо відмова відбулася, то парашутист-десантник парировав її наслідки:

$$P_{\text{П}} = \prod_{i=1}^n (P_{\text{П}i} + q_{\text{П}i} \tau_{\text{П}i}), \quad (5)$$

де  $P_{\text{П}i}$  та  $q_{\text{П}i}$  – імовірність відповідно сприятливого та несприятливого завершення стрибка у випадку  $i$ -тої відмови ПДТ;  $\tau_{\text{П}i}$  – умовна імовірність парирования під час стрибка  $i$ -тої відмови ПДТ;  $n$  – кількість можливих відмов ПДТ.

Аналогічно визначаються часткові критерії  $P_{\text{Л}}$ ,  $P_{\text{ЗС}}$ :

$$P_{\text{Л}} = \prod_{j=1}^m (P_{\text{Л}j} + q_{\text{Л}j} \tau_{\text{Л}j}); \quad (6)$$

$$P_{\text{ЗС}} = \prod_{\zeta=1}^k (P_{\text{ЗС}\zeta} + q_{\text{ЗС}\zeta} \tau_{\text{ЗС}\zeta}).$$

Інакше вирішується питання про математичну інтерпретацію критерію БПД виконання множини  $N$  стрибків. Припустимо, що стрибки будуть виконуватися в очікуваних умовах десантування, ідентичних по рівню БПД:

$$P_1 = P_2 = \dots = P_N = P; \quad (7)$$

$$Q_1 = Q_2 = \dots = Q_N = Q.$$

Так як ППП є подіями рідкими та незалежними, тобто  $Q$  дуже мала, то вони підпорядковуються закону розподілу Пуассона. Тоді імовірність того, що під час виконання  $N$  парашутних стрибків відбудеться  $N_{\text{ППП}}$ :

$$Q_{N_{\text{ППП}}, N} = \frac{(NQ)^{N_{\text{ППП}}}}{N_{\text{ППП}}!} e^{-NQ}. \quad (8)$$

Прийняв у (8)  $N_{\text{ППП}}=0$ , що відповідає вимозі відсутності ППП, імовірність безпечного виконання  $N$  стрибків:

$$P_{\text{БПД}} = Q_{0, N} = e^{-NQ}. \quad (9)$$

Відповідно імовірність того, що під час виконання  $N$  стрибків відбудеться хоча б одна ППП, буде визначатися співвідношенням:

$$Q_N = 1 - P_{\text{БПД}} = 1 - e^{-NQ}. \quad (10)$$

Враховуючи, що в одному стрибку більше одного ППП трапитися не може (крім випадку зіткнення парашутистів у повітрі між собою, що можна розглядати як дві окремих ППП), математичне очку-

вання кількості ППІ за  $N$  стрибків формально можна записати у вигляді:

$$\lambda N = IQ = Q, \quad (11)$$

де  $\lambda$  – інтенсивність потоку ППІ, тобто середня кількість ППІ на один стрибок з парашутом.

Для усій кількості стрибків  $N$  математичне очікування кількості ППІ:

$$M_{N_{\text{ППІ}}} = \lambda N, \quad (12)$$

Відповідно пуассоновський розподіл кількості ППІ:

$$Q_{N_{\text{ППІ}}} = \frac{(\lambda N)^{N_{\text{ППІ}}}}{N_{\text{ППІ}}!} e^{-\lambda N}. \quad (13)$$

Потік ППІ, який описується розподілом (13), має наступні властивості: стаціонарність – величина  $\lambda$  не залежить від числа  $N$ ; ординарність – імовірність виникнення двох або більше ППІ за один стрибок є величина більш високого порядку малості у порівнянні з імовірністю одній ППІ; відсутність післядії – незалежність чисел появи ППІ у будь-якої кількості ППІ.

Потік з такими властивостями у теорії імовірності має назву простішого. Для такого потоку кількість стрибків між двома сусідніми подіями розподілено за показниковому закону з щільністю ймовірностей:

$$f(N) = \lambda e^{-\lambda N}. \quad (14)$$

Застосовуючи операцію визначення математичного очікування до (14), визначимо середню кількість стрибків на одну ППІ:

$$N_{\text{CP}} = M_N = \lambda \int_0^{\infty} N e^{-\lambda N} dN = \frac{1}{\lambda}. \quad (15)$$

З використанням цього результату розподіл (13) буде мати вигляд:

$$Q_{N_{\text{ППІ}}} = \frac{\left(\frac{N}{N_{\text{CP}}}\right)^{N_{\text{ППІ}}}}{N_{\text{ППІ}}!} e^{-\frac{N}{N_{\text{CP}}}}. \quad (16)$$

При  $N_{\text{ППІ}}=0$  отримуємо вираз для показника БПД:

$$P_{\text{БПД}} = e^{-\frac{N}{N_{\text{CP}}}}. \quad (17)$$

Наведені вище показники БПД та методи їх визначення у сукупності можуть застосовуватися при оцінці системи БПД під час бойової підготовки військ (сил), однак вони засновані в першу чергу на статистичних даних по ППІ, а тому неприйнятні на

ранніх стадіях створення нових зразків парашутно-десантної техніки та на етапах їх випробувань. Для цих стадій та етапів доцільно застосовувати наступні методи визначення показників:

- метод порівняння зі зразками-аналогами;
- метод експертних оцінок;
- метод імовірнісного моделювання;
- метод натурних випробувань з примусовим введенням (імітацією) можливих відмов ПДТ, неприємного стану парашутиста-десантника та несприятливого впливу зовнішнього середовища.

Особливості застосування перелічених методів будуть розглянуті у наступних роботах.

## Висновки

1. За результатами виконаних досліджень визначені основні складові системи БПД: фактори, показники, критерії та методи їх визначення, які дозволяють оцінювати рівень безпеки десантування особового складу у цілому та усіх елементів системи БПД, що надає можливість нормування показників та проводити обґрунтовані розрахунки потрібних сил для виконання бойових операцій із застосуванням парашутного десантування.

2. У подальшому доцільно розглянути методи визначення показників БПД для ранніх етапів створення нових зразків ПДТ та їх випробувань.

## Список літератури

1. *Безпека військової діяльності: Навчальний посібник / І.О. Романенко, Г.А. Дробах, В.П. Косенко і ін.: під ред. О.М. Шмакова. – Х.: ХВУ, 2004. – 80 с.*
2. *Керівництво з парашутно-десантної та аварійно-рятувальної підготовки авіації Збройних Сил України. – К.: МО України, 2003. – 178 с.*
3. *Настанова з повітрянодесантної служби (НПДС-2007). – К.: МОУ, 2006. – 250 с.*
4. *Безопасность полетов: учебн. для ВУЗов / Р.В. Сакач, Б.В. Зубков, М.Ф. Давиденко и др.; под ред. Р.В. Сакача. – М.: Транспорт, 1989. – 239 с.*
5. *Жулев В.И. Безопасность полетов летательных аппаратов: теория и анализ / В.И. Жулев, В.С. Иванов. – М.: Транспорт, 1986. – 224 с.*

Надійшла до редколегії 7.05.2012

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

## СИСТЕМА И МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПАРАШУТНОГО ДЕСАНТИРОВАНИЯ ЛИЧНОГО СОСТАВА

В.А. Дмитриев

*Рассматриваются основные понятия, элементы и методы определения показателей безопасности парашютного десантирования личного состава.*

**Ключевые слова:** безопасность, метод, парашютное десантирование, парашютный инцидент, парашютное событие, прыжки с парашютом.

## SYSTEM AND METHODS OF DEFINITION OF PERSONNEL PARACHUTE AIRDROP SAFETY PARAMETERS

V.A. Dmytriev

*The base concepts, elements and methods of definition of personnel parachute airdrop safety parameters are considered.*

**Keywords:** safety, method, parachute landing, parachute incident, parachute event, jumps with a parachute.