

УДК 629.734.7

В.А. Дмитрієв

Державний науково-випробувальний центр Збройних Сил України, Феодосія

ОБГРУНТУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ БЕЗПЕКИ ПРИЗЕМЛЕННЯ ОСОБОВОГО СКЛАДУ ПРИ ПАРАШУТНОМУ ДЕСАНТУВАННІ

В статті запропоновані показники, які визначають безпеку приземлення особового складу при парашутному десантуванні, та методика обґрунтування вимог до характеристик і умов застосування парашутних систем

Ключові слова: безпека, десантування, методика, парашутна система, перевантаження, показник, приземлення.

Вступ

Постановка проблеми. Приземлення особового складу (кожного окремого парашутиста-десантника) є одним із важливих та небезпечних етапів парашутного десантування (ПД). Саме благоприємне завершення цього етапу визначає успішність ПД у цілому, тобто спроможність десантника весті бойові дії після доставки у заданий район. Багаторічна статистика свідчить, що більше 70% парашутних подій та інцидентів відбувається під час приземлення десантників. В той же час при розробці тактико-технічних вимог (ТТВ) до парашутних систем недостатньо уваги приділяється обґрунтуванню вимог до технічних характеристик парашутних систем (СП), які забезпечують безпеку приземлення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз існуючих документів показує, що у ТТВ, тактико-технічних завданнях (ТТЗ) на розробку, технічних описах (керівництвах з експлуатації) СП містяться наступні характеристики, що забезпечують безпеку приземлення при ПД:

– для некерованих СП (з круглими куполами) – середня вертикальна складова швидкості зниження на висоті 0 – 35 м (V_{yz}) при певній загальній масі парашутиста (m);

– для керованих СП (з куполами типу “крило”) – додатково іноді вказується максимальна припустима швидкість вітру у землі (u).

У Керівництві з парашутно-десантної та аварійно-рятувальної підготовки авіації Збройних Сил України (КПД АРП ЗСУ) [1] та Курсі парашутної підготовки в авіації Збройних Сил України [2] містяться обмеження стосовно швидкості вітру у землі за видами підготовки та вправам в залежності від рівня індивідуальної підготовки парашутиста. При цьому ці показники незмінні на протязі багатьох десятиріч та встановлені в основному на підставі досвіду експлуатації СП різних типів.

Мета статті – обґрунтування показників безпеки приземлення особового складу при парашут-

ному десантуванні та розробка методики обґрунтування вимог до характеристик і умов застосування парашутних систем.

Основний матеріал

Подальший аналіз існуючих документів показує, що значення V_{yz} складають 5 – 6 м/с для основних парашутів для десантування і 7 – 8,5 м/с – для запасних та рятувальних. Вважається, що перші значення забезпечують повну боєздатність десантника після приземлення з високою ступеню імовірності (порядку 0,999), другі – припускають можливість травмування десантника без загрози для життя.

Обмеження зі швидкості вітру у землі для некерованих СП обумовлені тим, що при заході на приземлення за напрямком вітру дійсна швидкість приземлення парашутиста складається з векторної суми V_{yz} та u, внаслідок чого фактична швидкість приземлення збільшується.

Обмеження зі швидкості вітру у землі для керованих СП обумовлені необхідністю забезпечення зручного та безпечного приземлення десантника (обличчям вперед по напрямку руху) при заході на приземлення проти напрямку вітру, що досягається у разі не перевищення u максимальної власної горизонтальної швидкості десантника, яку забезпечує СП. При правильному керуванні СП такого типу надають можливість зменшити вертикальну швидкість зниження на момент приземлення практично до нульових значень.

Слід відмітити ще один небезпечний фактор впливу вітру на безпеку ПД: після приземлення купол парашуту під дією вітру може залишитися у наповненому стані (не “згаснути”), що призведе до “протягування” десантника по землі та ризику травмування через тертя о земну поверхню та зіткнення з перешкодами. Цей фактор у даній роботі не розглядається.

У цілому вимоги щодо V_{yz} та u встановлюються через зручність та простоту їх використання (вимірювання) у практиці випробувань та підготовки

військ (сил), але вони не відображають фізичної суті процесу дії навантаження на парашутиста при приземленні. Дійсний показник, який визначає безпеку ПД при приземленні, є сила, що діє на десантника.

Прийняв припущення, що процес приземлення десантника (від торкання поверхні землі до повного гальмування швидкості) можливо розглядати як непружне зіткнення, та що парашутист перед торканням поверхні землі приймає положення тіла за вектором швидкості, з закону збереження кількості руху та імпульсу тіла отримуємо:

$$F_{\Pi} = \frac{mV_{\Pi}}{t_{\Pi}} + mg, \quad (1)$$

де F_{Π} – сила, що діє на парашутиста під час приземлення; V_{Π} – швидкість парашутиста в початковий момент приземлення; t_{Π} – час дії сили; g – прискорення вільного падіння.

Швидкість V_{Π} складається з векторної суми вертикальної швидкості десантника та швидкості вітру:

$$V_{\Pi} = \sqrt{V_{уз}^2 + u^2}. \quad (2)$$

Прийняв, що шлях гальмування десантника (за рахунок згинання тілу, стиснення суглобів та ін.), рівне переміщенню центра тяжіння тіла ($H_{цт}$), отримуємо:

$$H_{цт} = \frac{1}{2} V_{\Pi} t_{\Pi}. \quad (3)$$

З урахуванням (2) для виразу (1) отримуємо:

$$F_{\Pi} = \frac{mV_{\Pi}^2}{2H_{цт}} + mg. \quad (4)$$

Для подальшого аналізу доцільно перейти до безрозмірного показника сили, що діє на парашутиста, – перевантаження (n_{Π}). При цьому формула (4) приймуть вигляд:

$$n_{\Pi} = \frac{V_{\Pi}^2}{2gH_{цт}} + 1. \quad (5)$$

Графічно залежність n_{Π} від V_{Π} наведена на рис. 1.

Вважається, що нетривале перевантаження до $n_{\Pi} = 4$ переноситься без будь-яких патологічних змін в організмі десантника, $n_{\Pi} \approx 6$ припустиме лише при приземленні на добре підготовлені майданчики десантника з високою ступеню тренованості [3].

У зв'язку з тим, що наслідки дії перевантаження визначаються, крім її величини, ще й часом дії, доцільно уявити n_{Π} у вигляді залежності від часу приземлення (t_{Π}) з урахуванням (3) та (5):

$$n_{\Pi} = \frac{2H_{цт}}{gt_{\Pi}^2} + 1. \quad (5)$$

Графічно ця залежність наведена на рис. 2.

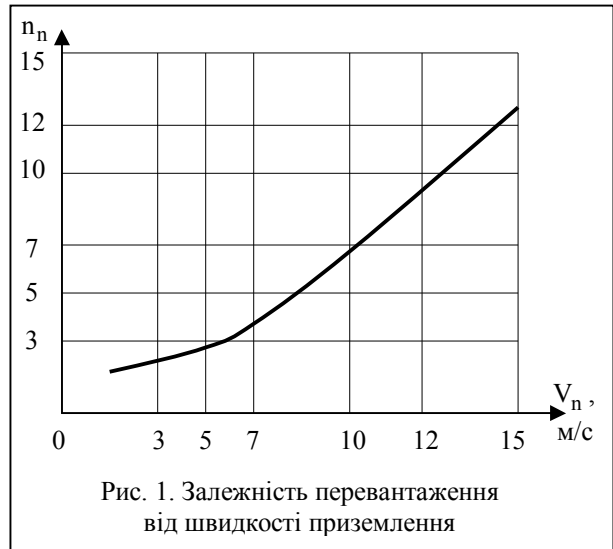


Рис. 1. Залежність перевантаження від швидкості приземлення

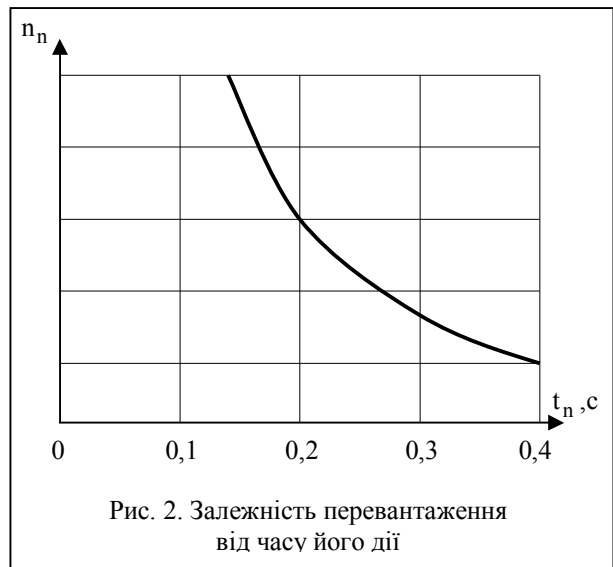


Рис. 2. Залежність перевантаження від часу його дії

Для повноти аналізу необхідно прийняти до уваги, що усе наведене вище відноситься до F_{Π} та n_{Π} , які діють на усьому протязі шляху (часу) гальмування, тобто їх середніх значень. Дійсні значення навантаження змінюються за часом та можуть суттєво відрізнятися від середніх значень (рис. 3).

Очевидно, що площі прямокутника, обмеженого значеннями n_{Π} та t_{Π} , та кривою $n_{\Pi} = n_{\Pi}(t_{\Pi})$ рівні між собою, тобто

$$n_{\Pi} t_{\Pi} = \int_0^{t_{\Pi}} n(t) dt. \quad (7)$$

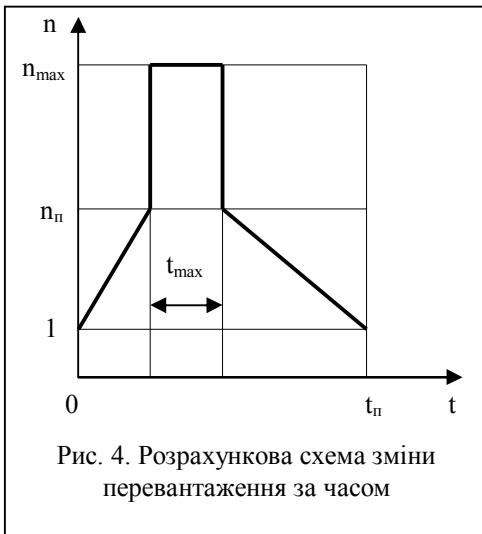
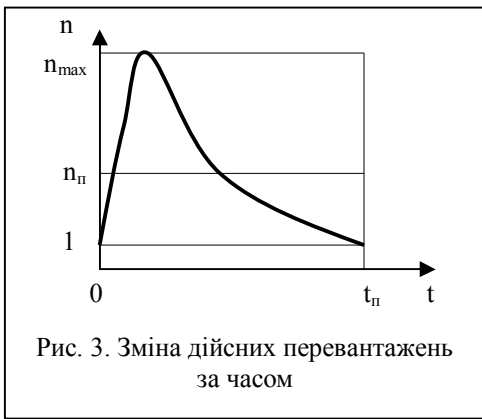
Приймемо спрощену розрахункову схему зміни перевантаження за часом (рис. 4).

Тоді вираз (7) можливо уявити у вигляді:

$$n_{\Pi} t_{\Pi} = (n_{\max} - 1)t_{\max} + \frac{1}{2}(n_{\Pi} - 1) \times (t_{\Pi} - t_{\max}) + 1 \times t_{\Pi}$$

або

$$(n_{\max} - n_{\Pi})t_{\max} = \frac{1}{2}(n_{\Pi} - 1)(t_{\Pi} - t_{\max}). \quad (8)$$



При цьому область застосування формули (8):

$$n_{\text{п}} \leq n_{\text{max}} < \frac{1}{2t_{\text{max}}}(n_{\text{п}} - 1)(t_{\text{п}} - t_{\text{max}}). \quad (9)$$

Введемо коефіцієнт часу дії максимального перевантаження k_t :

$$k_t = \frac{t_{\text{max}}}{t_{\text{п}}}, \quad 0 < k_t < 1. \quad (10)$$

Тоді після перетворення формули (8) отримуємо:

$$n_{\text{max}} = n_{\text{п}} + 0,5(n_{\text{п}} - 1)\left(\frac{1}{k_t} - 1\right). \quad (11)$$

Графічно залежність n_{max} від $n_{\text{п}}$ для різних значень k_t наведена на рис. 5. Аналіз цієї залежності показує, що при збільшенні $n_{\text{п}}$ максимальне перевантаження зростає тим значніше, чим менше k_t .

Введемо коефіцієнт динамічності дії перевантаження:

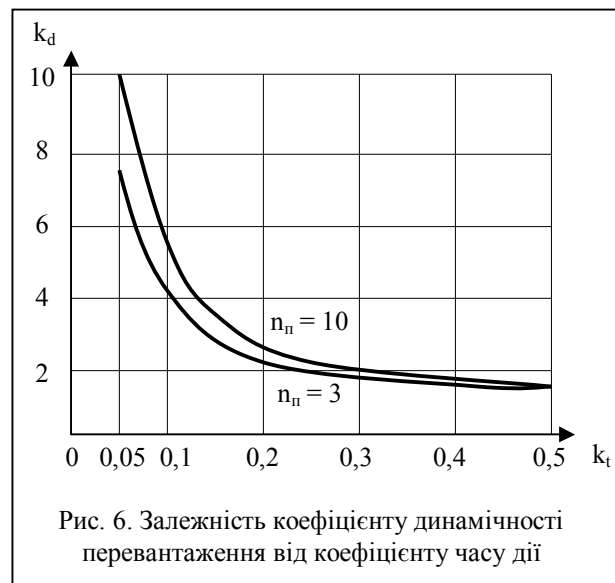
$$k_d = \frac{n_{\text{max}}}{n_{\text{п}}}, \quad k_d \geq 1. \quad (12)$$

Перетворюючи формулу (11) з урахуванням (12) отримуємо:

$$k_d = 1 + 0,5\left(1 - \frac{1}{n_{\text{п}}}\right)\left(\frac{1}{k_t} - 1\right). \quad (13)$$



Залежність k_d від k_t для різних значень $n_{\text{п}}$ наведена на рис. 6.



Як бачимо (рис. 6), k_d швидко зростає при зменшенні k_t і майже не залежить від середнього перевантаження при $k_t < 0,1$.

Здійснив перехід до введених безрозмірних коефіцієнтів, з формули (13) отримуємо:

$$n_{\text{п}} = \frac{1 - k_t}{1 - k_t(2k_d - 1)}; \quad (14)$$

$$n_{\text{max}} = \frac{k_d(1 - k_t)}{1 - k_t(2k_d - 1)}.$$

Область застосування формули (14) остаточно визначає діапазон змін коефіцієнтів:

$$0 < k_t < 1, \quad 1 \leq k_d < \frac{1}{2}\left(1 + \frac{1}{k_t}\right). \quad (15)$$

Область припустимих значень k_d наведена на рис. 7.

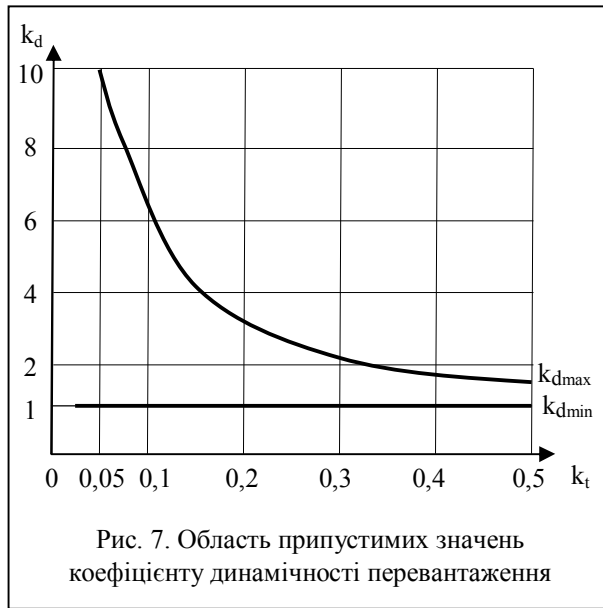


Рис. 7. Область припустимих значень коефіцієнту динамічності перевантаження

Таким чином, для визначення вимог щодо безпеки приземлення десантника та відповідних їм характеристик і умов застосування СП, достатньо задати два показника – середнє значення перевантаження, яке фізіологічно здатен витримати десантник без травмування на протязі дії 0,5-1,0 с, та коефіцієнт часу дії максимального перевантаження.

Методика обґрунтування характеристик та умов застосування СП полягає у наступному.

1. Задати значення n_{Π} та k_t .
2. За значеннями n_{Π} та k_t по формулам (13, 12 або 11) визначити k_d та n_{\max} . Перевірити спроможність десантника витримати без патологічних змін в організмі дію n_{\max} .
3. Визначити безпечну швидкість приземлення з формули (5):

$$V_{\Pi} = \sqrt{2gH_{\text{цт}}(n_{\Pi} - 1)}. \quad (16)$$

4. З формули (2) визначити швидкість приземлення, яку повинна забезпечити СП при різних значеннях швидкості вітру:

$$V_{\text{вз}} = \sqrt{V_{\Pi}^2 - u^2} \quad (17)$$

5. Побудувати графік залежності $V_{\text{вз}} = V_{\text{вз}}(u)$.
6. Вибрати за графіком відповідні один одному значення вертикальної складової швидкості приземлення, яку повинна забезпечити СП, та умови її застосування за швидкістю вітру.

Висновки

1. За результатами дослідження обґрунтовані показники, які визначають вимоги щодо безпеки приземлення десантника та відповідних їм характеристик і умов застосування парашютних систем – середнє значення перевантаження при приземленні та коефіцієнт часу дії максимального перевантаження.

2. Запропонована методика визначення характеристик та умов застосування парашютної системи, при яких забезпечується безпека приземлення десантника.

Список літератури

1. Керівництво з парашютно-десантної та аварійно-рятувальної підготовки авіації Збройних Сил України. – К.: МО України, 2003. – 178 с.
2. Курс парашютної підготовки в авіації Збройних Сил України. – Вінниця: ВПС ЗСУ, 2002. – 44 с.
3. Гуськов А.С. Подготовка спортсмена-парашютиста / Гуськов А.С. – М.: ДОСААФ СССР, 1979. – 176 с.

Надійшла до редколегії 4.04.2013

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

ОБОСНОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИЗЕМЛЕНИЯ ЛИЧНОГО СОСТАВА ПРИ ПАРАШЮТНОМ ДЕСАНТИРОВАНИИ

В.А. Дмитриев

Рассматриваются показатели, определяющие безопасность приземления личного состава при парашютном десантировании, и методика обоснования требований к характеристикам и условиям применения парашютных систем.

Ключевые слова: безопасность, десантирование, методика, парашютная система, перегрузка, показатель, приземление.

THE SUBSTANTIATION OF INDICATORS OF SAFETY OF PERSONNEL PARACHUTE AIRDROP LANDING

V.A. Dmytriev

The indicators, which determine the safety of personnel parachute airdrop landing and methods of substantiation of requirements to the characteristics of parachute systems using are considered in the article.

Keywords: safety, airdrop landing, methods, parachute system, overload, index, landing.