

УДК 629.734.7

В.А. Дмитрієв, канд. техн. наук

Державний науково-випробувальний центр Збройних Сил України, м. Чернігів, Україна

ВИБІР ОБМЕЖЕНЬ УМОВ ЗАСТОСУВАННЯ ПАРАШУТНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ПОВІТРЯНОГО ДЕСАНТУВАННЯ

В.А. Дмитриев, канд. техн. наук

Государственный научно-испытательный центр Вооруженных Сил Украины, г. Чернигов, Украина

ВЫБОР ОГРАНИЧЕНИЙ УСЛОВИЙ ПРИМЕНЕНИЯ ПАРАШЮТНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ВОЗДУШНОГО ДЕСАНТИРОВАНИЯ

Volodymyr Dmytriiev, PhD in Technical Sciences

State Research Testing Center of Ukraine Arm Force, Chernihiv, Ukraine

LIMIT RANGE OF CONDITIONS OPERATION OF THE PARACHUTE SYSTEMS FOR PRECAUTIONS AIRDROP SAFETY

Розроблено рекомендації щодо вибору обмежень діапазону умов застосування парашютних систем для забезпечення безпеки повітряного десантування.

***Ключові слова:** безпека, десантування, запас міцності, навантаження, обмеження, парашютна система.*

Разработаны рекомендации по выбору ограниченный диапазона условий применения парашютных систем для обеспечения безопасности воздушного десантирования.

***Ключевые слова:** безопасность, десантирование, запас прочности, нагрузка, ограничение, парашютная система.*

In the article are worked recommendations on limit range diapason's of conditions operation of the parachute systems for precautions airdrop safety.

***Key words:** safety, airdrop, reserve durability, load, limit range, parachute system.*

Постановка проблеми. Під час проведення досліджень з продовження термінів служби рятувальним парашютним системам [1] була визначена необхідність заміни окремих елементів парашютних систем (ПС). Обумовлено це втратою матеріалами властивостей до рівня, що не забезпечує наявність потрібного запасу міцності та, як наслідок, безпеку застосування ПС у продовжений період експлуатації. Така ж ситуація може скластися під час проведення досліджень щодо ПС інших типів. При цьому можливі випадки, коли заміна елементів буде технічно або економічно недоцільна через великий перелік елементів, складність робіт, відсутності елементів (складових частин) ПС із залишком терміну служби на складах, вартості закупівлі нових елементів та ін. Рішенням при цьому може бути встановлення на продовжений період експлуатації обмежень умов застосування ПС таким чином, щоб знизити навантаження на елементи конструкції системи до рівня, який забезпечить наявність потрібного запасу міцності.

Рівень навантаження елементів конструкції передусім залежить від маси парашутиста, його швидкості та висоти (щільності повітря) у разі введення ПС у дію. Швидкість у свою чергу обумовлена швидкістю десантування з повітряного судна та часом затримки розкриття парашута.

Майже аналогічна ситуація може скластися під час проведення випробувань ПС для десантування особового складу та вантажів. Для забезпечення безпеки їх проведення передбачається послідовне наближення в натурних експериментах до граничних умов

застосування, які визначені тактико-технічним завданням (ТТЗ) на розроблення ПС. При цьому може виникнути випадок, коли подальші експерименти за результатами попередніх є небезпечними, внаслідок чого можуть встановлюватися обмеження умов застосування ПС, відмінні від вимог ТТЗ. Таким чином, постає питання обґрунтування вибору характеристики або сполучення характеристик (швидкість, висота, час затримки), які підлягають обмеженню.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз звітів про проведення аналогічних досліджень свідчить, що, крім заміни окремих елементів ПС, розглядається лише заборона її подальшої експлуатації. Тобто визначається неможливість продовження терміну служби ПС або у разі проведення випробувань невідповідність ПС вимогам ТТЗ та негативна рекомендація щодо прийняття її на постачання й запуску в серійне виробництво.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Одним із шляхів вирішення проблеми може бути встановлення обмежень умов застосування ПС, при цьому постає питання вибору характеристик умов застосування ПС, які підлягають обмеженню.

Мета статті – розроблення рекомендацій щодо вибору характеристики або сполучення характеристик умов застосування ПС, які підлягають обмеженню, для забезпечення безпеки повітряного десантування.

Виклад основного матеріалу. На підставі проведеного аналізу наявних методик розрахунку максимальних навантажень елементів конструкції СП [2; 3] була визначена принципова можливість їх розрахунку для основних елементів лише за відомостями про основні тактико-технічні характеристики й умови застосування СП, які містяться в експлуатаційно-технічній документації, за формулами:

$$P_{л(вк)} = \frac{mg(n_y^{\max}+1)}{2n_{л(вк)}}, \quad P_{1c} = \frac{3mgl_c V_n}{4n_c V_{приз}} \sqrt{\frac{2\pi(n_y^{\max}+1)\rho_n}{\rho_0 S_{п}}}, \quad \sigma_k = \frac{mgV_n}{16V_{приз}} \sqrt{\frac{2\pi(n_y^{\max}+1)\rho_n}{\rho_0 S_{п}}}, \quad (1)$$

де $P_{л(вк)}$ та P_{1c} – навантаження ланки парашутної (вільних кінців системи підвіски) та одній стропа відповідно;

σ_k – напруження тканини купола парашута;

m – маса парашутиста;

g – прискорення вільного падіння;

n_y^{\max} – максимальне перевантаження під час розкриття купола парашута;

$n_{л(вк)}$ – кількість складань стрічок або шнурів ланки (вільних кінців);

l_c та n_c – довжина та кількість строп відповідно;

V_n та $V_{приз}$ – швидкість парашутиста під час початку наповнення купола та приземлення відповідно;

ρ_n та ρ_0 – щільність повітря на висоті початку наповнення купола та у землі відповідно;

$S_{п}$ – площа парашута.

Аналіз формули (1) щодо впливу змін параметрів (маси, швидкості, щільності повітря) на зміну навантаження показує, що:

– знизити навантаження ланки парашутної та вільних кінців можливо лише за рахунок зменшення маси десантника або ОВТВ, при цьому залежність прямо пропорційна, відсоток зміни навантаження рівний відсотку зміни маси;

– знизити навантаження строп та купола можливо за рахунок зменшення всіх параметрів, при цьому для маси та швидкості залежність прямо пропорційна, відсоток зміни навантаження рівний відсотку зміни параметра, а для щільності – залежність степенева, з показником степені менше одиниці, внаслідок чого зменшення навантаження відбувається повільніше, ніж зменшення щільності повітря (табл.).

Таблиця

Зміни навантаження елементів у разі зміни параметрів (у відсотках)

№ п/п	Елемент	Параметр	Відсоток зміни параметра				
			10	20	30	40	50
1	Ланка, вільні кінці	маса	10	20	30	40	50
		швидкість	0	0	0	0	0
		щільність	0	0	0	0	0
2	Стропи	маса	10	20	30	40	50
		швидкість	10	20	30	40	50
		щільність	5,2	10,6	16,3	22,5	29,3
3	Купол	маса	10	20	30	40	50
		швидкість	10	20	30	40	50
		щільність	5,2	10,6	16,3	22,5	29,3

Примітка: за вихідну щільність повітря прийнята щільність на висоті 1000 м.

Це свідчить про недоцільність встановлення обмежень по висоті застосування ПС. Крім цього, зменшенню щільності повітря на 10 % при вихідній висоті 1000 м відповідає збільшенню висоти приблизно до 2050 м, на 20 % – до 3200 м, на 30 % – до 4500 м, на 40 % – до 5900 м, на 50 % – до 7500 м. Це суттєво обмежує діапазон висот десантування й може бути неприпустимим з тактичного погляду та знижує безпеку десантування через збільшення розсіювання десанту під час приземлення, особливо на обмежені майданчики.

Швидкість парашутиста при початку наповнення купола залежить, як зазначено вище, від швидкості повітряного судна під час десантування та часу затримки введення парашута у дію. Зазвичай швидкість десантування знаходиться у діапазоні 120–400 км/год (33,3–111,1 м/с). Нижня границя діапазону обумовлена мінімальною швидкістю стійкого польоту повітряного судна або мінімальною швидкістю наповнення купола парашута. Верхня – фізіологічною спроможністю парашутиста витримувати швидкісний напір повітря без травмування або властивостями вантажу, що десантується. Також обмеження верхньої границі може бути прийнято із тактичних обміркувань для зменшення розсіювання парашутистів (вантажів) під час приземлення.

Після відділення від повітряного судна відбувається швидке гальмування горизонтальної швидкості V_g парашутиста під дією сили опору повітря та наростання вертикальної швидкості зниження V_v . Сумарна швидкість парашутиста V_{Σ} може бути визначена за формулою:

$$V_{\Sigma} = \sqrt{V_g^2 + V_v^2} \tag{2}$$

Рівняння руху парашутиста мають вигляд:

$$m a_g = -c_{\text{пр}} S_{\text{пр}} \frac{\rho_n V_g^2}{2}, \text{ або } m \frac{dV_g}{dt} = -c_{\text{пр}} S_{\text{пр}} \frac{\rho_n V_g^2}{2},$$

$$m a_v = mg - c_{\text{пр}} S_{\text{пр}} \frac{\rho_n V_v^2}{2}, \text{ або } m \frac{dV_v}{dt} = mg - c_{\text{пр}} S_{\text{пр}} \frac{\rho_n V_v^2}{2}, \tag{3}$$

де a_g та a_v – прискорення парашутиста у горизонтальній та вертикальній площині відповідно;

$c_{\text{пр}}$ та $S_{\text{пр}}$ – коефіцієнт опору та площа парашутиста з укладеним ранцем парашута відповідно.

На графіку (рис. 1) наведено зміни за часом затримки до розкриття парашута сумарної швидкості парашутиста згідно з формулами (2), (3) для висоти 1000 м при середніх значеннях коефіцієнта опору та площини парашутиста з укладеним ранцем парашута, характерних для нестійкого положення парашутиста ($c_{\text{пр}} S_{\text{пр}} \approx 0,40$ [2; 3]).

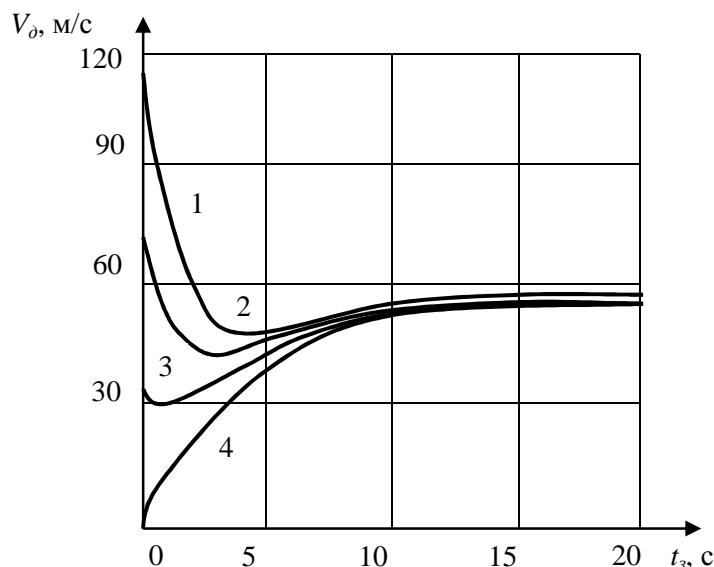


Рис. 1. Залежність швидкості парашутиста від швидкості десантування: 1 – швидкість десантування 400 км/год (111,1 м/с); 2 – 260 км/год (72,2 м/с); 3 – 120 км/год (33,3 м/с); 4 – 0 (з режиму висіння)

Аналіз графіка (рис. 1) показує, що:

- через 10–15 с після відділення від повітряного судна, незалежно від швидкості десантування, швидкість парашутиста становиться практично постійною, близькою до рівноважної (критичної) швидкості вертикального падіння 48–55 м/с (170–200 км/год);
- під час десантування зі швидкістю більше рівноважної, за 2–4 с швидкість парашутиста зменшується до значення, меншого рівноважної швидкості, а потім поступово збільшується;
- під час десантування зі швидкістю менше рівноважної, за 1–2 с швидкість парашутиста незначно зменшується, а потім поступово збільшується.

Таким чином, зменшення навантаження на елементи конструкції ПС можливо досягнути:

- зменшенням швидкості десантування до рівноважної швидкості вертикального падіння – у разі наявності технічних можливостей повітряного судна та припустимої тактики застосування десанту відповідно до завдання, або встановленням часу затримки розкриття парашута не менше 3–5 с – у разі, коли зменшення швидкості десантування технічно неможливо або неприєнятно з тактичних міркувань;
- зменшенням часу затримки розкриття парашута до 1–3 с та навіть до негайного розкриття парашута після відділення від повітряного судна – для випадків десантування зі швидкістю, меншою рівноважної швидкості вертикального падіння.

Реалізація на практиці другої пропозиції може негативно вплинути на безпеку відділення парашутиста від повітряного судна, тому її застосування може бути рекомендовано тільки після ретельного аналізу наслідків та відсутності інших можливостей зменшення навантаження.

Слід зазначити, що зменшити навантаження на елементи ПС можливо також введенням змін в її конструкцію – наприклад, за рахунок стабілізуючого парашута, який зменшує рівноважну швидкість парашутиста до 110–125 км/год (30–35 м/с).

Наведені рекомендації в цілому справедливі для будь-яких висот десантування. Однак, як виходить з формули (3), рівноважна швидкість (V_p) залежить від щільності повітря, тобто висоти десантування:

$$V_p = \sqrt{\frac{2mg}{\rho_n c_{пр} S_{пр}}}, \quad (4)$$

що потребує урахування під час встановлення обмежень.

Графічно ця залежність (із заміною щільності на відповідну їй висоту) при $m=90$ кг і $c_{пр}S_{пр} \approx 0,40$ наведена на рис. 2.

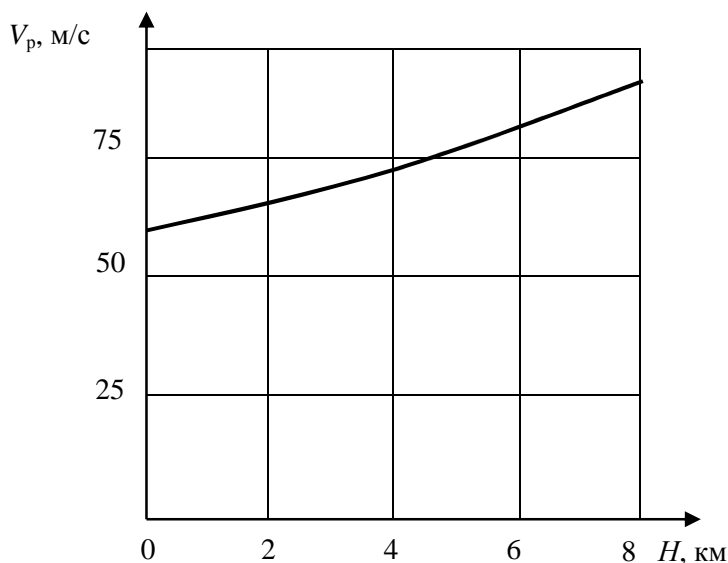


Рис. 2. Залежність рівноважної швидкості парашутиста від висоти

Графік надає додаткові аргументи, що підтверджують висновок про недоцільність встановлення нижньої межі обмежень по висоті застосування ПС, який був зроблений раніше для умов фіксованої швидкості. В реальних умовах збільшення висоти призводить до збільшення швидкості, що різноспрямовано впливає на навантаження (формула 1), та зменшує очікуваний ефект. Однак випадок встановлення верхньої межі обмежень по висоті може мати місце, оскільки при цьому зменшується швидкість, яка більш інтенсивно впливає на навантаження у порівнянні зі збільшенням щільності (табл.).

Результати проведеного вище аналізу для десантування особового складу можуть бути повністю застосовані для випадку десантування вантажів.

Узагальнений методичний підхід до встановлення обмежень з метою зменшення навантаження на елементи конструкції ПС такий:

1) визначити елемент з найменшим запасом міцності (η) за формулами (1) та відомостями щодо характеристик міцності матеріалів (P_m або σ_m), з яких виготовлені елементи: $\eta_{л(вк)} = P_m / P_{л(вк)}$, $\eta_{1c} = P_m / P_{1c}$, $\eta_k = \sigma_m / \sigma_k$;

2) вибрати найбільш прийнятний з погляду технічних характеристик повітряного судна для десантування та тактичної задачі десанту варіант зменшення навантаження на ПС – зменшення швидкості десантування або маси десантника або їх разом до величини, що забезпечує потрібний запас міцності (η_n) елементу конструкції ПС. При цьому визначити потрібне значення зменшеного навантаження $P_{zm} = P_m / \eta_n$ ($\sigma_{zm} = \sigma_m / \eta_n$) та за допомогою формул (1) визначити нове значення параметра (швидкості, маси або їх сполучення);

3) у разі неможливості, недоцільності або недостатності зменшення швидкості десантування і маси десантника визначити зміну верхньої межі висоти застосування ПС, або з обов'язковим урахуванням вимог безпеки, часу затримки розкриття парашута;

4) для вибраних обмежень виконати із застосуванням формул (1) перевірочний розрахунок для визначення запасу міцності інших елементів конструкції ПС. У випадку недостатності запасу міцності хоча б одного з елементів повторити процедури з додатковим змінням параметрів.

Висновки і пропозиції. В роботі розроблено порядок вибору характеристик умов застосування ПС, які підлягають обмеженню, для забезпечення безпеки повітряного десантування. При цьому визначено таке:

– передусім доцільно розглядати обмеження зі швидкості десантування та маси десантника, при цьому у виборі одного з цих параметрів керуватися льотно-технічними характеристиками повітряного судна для десантування та тактикою застосування десанту;

– у разі неможливості зменшення навантаження на конструкцію ПС за рахунок цих параметрів розглянути обмеження з висоти та часу затримки введення ПС у дію.

Результати роботи в подальшому доцільно використовувати під час планування, організації та проведення робіт з продовження термінів служби серійним та випробувань нових зразків ПС.

Список використаних джерел

1. *Дослідження з визначення можливості збільшення призначених показників аварійно-рятувального і парашутно-десантного майна та спеціального спорядження* : звіт про НДР / ДНВЦ ЗС України. – Чернігів, 2015. – 115 с.

2. *Лобанов Н. А.* Основы расчета и конструирования парашютов / Н. А. Лобанов. – М. : Машиностроение, 1965. – 364 с.

3. *Иванов П. И.* Летные испытания парашютных систем / П. И. Иванов. – Феодосия : Гранд-С, 2001. – 332 с.