

УДК 629.734.7

ДМИТРИЄВ В.А., заступник начальника Державного науково-випробувального центру Збройних Сил України з наукової роботи, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник

АСПЕКТИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПАРАШУТНИХ СИСТЕМ В ХОДІ ДОСЛІДЖЕНЬ З ПРОДОВЖЕННЯ ЇХ ТЕРМІНІВ СЛУЖБИ

У статті розглянуто аспекти забезпечення безпеки експлуатації парашутних систем, які виникли в ході досліджень з визначення можливості продовження їх термінів служби

Ключові слова: безпека, міцність, навантаження, надійність, парашутна система, термін служби

На сьогодні у більшості аварійно-рятувального і парашутно-десантного майна авіації Збройних Сил України строки служби, призначені розробниками даної техніки, вичерпані. В умовах обмеженого фінансування та складних воєнно-політичних відносин з суміжною державою, в якій виготовляється більшість техніки даної номенклатури, вирішення питання забезпечення авіації Збройних Сил України новими рятувальними парашутними системами (РПС) є актуальним.

Одним із шляхів вирішення цього питання є продовження термінів служби (ТС) РПС в межах призначеного ресурсу. Для визначення можливості цього продовження у 2015 році Державним науково-випробувальним центром Збройних Сил України проводились дослідження, які включали:

- оцінку технічного стану РПС на базі експлуатуючих військових частин;
- лабораторні випробування з визначення фізико-механічних показників матеріалів та виробів, з яких виготовлені зразки РПС;
- аналіз результатів досліджень, відпрацювання звітної документації та проектів директивних документів.

Результати оцінки технічного стану РПС в експлуатуючих частинах показав, що у цілому він характеризується як задовільний.

В ході лабораторних випробувань було визначено, що значення розривного навантаження та видовження при розриві більшості проб текстильних матеріалів (тканини куполу, стрічок, строп та ін.) не відповідають вимогам технічних умов (ступень невідповідності склала від 2,5% до 67%). Як наслідок, існує можливість порушення цілності елементів, надійності роботи та безпеки застосування РПС у цілому.

Метою статті є вирішення задачі забезпечення безпеки експлуатації парашутних систем (СП) у продовжений термін служби.

Загальний методичний підхід до продовження ТС без супроводження розробником та виготовлювачем багато років успішно застосовувався для

парашутної техніки і СП до березня 2014 року, коли визначений Головною установою з цих питань – Науково-дослідний інститут аеропружних систем (м. Феодосія) не залишився на тимчасово окупований території АР Крим.

Оцінка технічного стану СП, що перебуває в експлуатації, проводилась з метою визначення доцільності проведення робіт за показниками збереження задовільного загального технічного стану парку техніки та відсутності пошкоджень, які впливають на безпеку застосування і не можуть бути усунені за рекомендаціями, наведених в інструкції з військового ремонту [1].

Лабораторні випробування матеріалів та виробів, з яких виготовлена СП, проводились з метою визначення фізико-механічних показників (розривного напруження та видовження при розриві) після тривалої експлуатації.

Аналіз результатів досліджень полягав у оцінці достатності фактичних фізико-механічних показників матеріалів та виробів після тривалої експлуатації для забезпечення міцності конструкції зразка СП. На підставі результатів оцінки визначались переліки:

складових частин і елементів СП, які підлягають обов’язковій заміні;

додаткових робіт та оглядів для своєчасного попередження й виявлення неприпустимих пошкоджень;

обмежень умов експлуатації для забезпечення безпеки застосування.

За результатами оцінки технічного стану 737-ми комплектів РПС 8-ми типів (С-5К серії 2, С-5И серії 2, С-4У, С-4Б серії 2, ПН-58 серії 3, ПНЛ-58 серії 3, ПЛ-70-И/К, ПСУ-36) в 9-ти експлуатуючих частинах визначено, що у цілому він характеризується як задовільний, а парашутні системи не мають пошкоджень, які впливають на безпеку застосування і не можуть бути усунені за рекомендаціями, наведеними в інструкції з військового ремонту. На підставі аналізу відомостей про фактичний термін експлуатації РПС, для подальшого дослідження були відібрані зразки систем кожного типу з його найбільшим значенням, що у подальшому дозволило розповсюдити результати робіт на весь парк РПС.

Перед проведенням лабораторних випробувань за експлуатаційною документацією був проведений аналіз конструкції та порядок роботи РПС з оцінкою можливих наслідків порушення роботи або пошкодження (порушення цільності) за критерієм впливу на безпеку застосування відповідно до класифікації [2]: особливий випадок, парашутний інцидент, парашутна подія. Результати аналізу з відомостями про матеріали, з яких виготовлені елементи конструкції, наведені у табл.1.

Таблиця 1

Складові частини РПС, порушення роботи або пошкодження яких впливає на безпеку застосування систем

№ п/п	Складові частини	Елементи конструкції	Матеріал
1	2	3	4
1	Витяжний парашут, стабілізуючий парашут	основа	шовкове полотно арт. 16003; поліамідна тканина Упарсие-мат, Улітан

1	2	3	4
		підсилювальний	капронова стрічка ЛТКОУП-25-150
		каркас	
		стропи	капроновий шнур ШКП-90, ШКП-120
2	Ланка парашутна (з'єднувальна)	ланка (стропа, шнур)	капроновий шнур ШТКП-18-700, ШТКП-12-450; поліамідний шнур
3	Чохол купола	основа	капронове полотно арт. 56002П, 56004крП, 56023крП; поліамідна тканина Увиско
		підсилювальний каркас	капронова стрічка ЛТКП-25-200
4	Купол	основа, клапани, кишені	капронове полотно арт. 56002П, 56011АП, 56023П; поліамідна тканина Умасил 700
		підсилення основи	капронова стрічка ЛТКП-26-600
		каркас	капронова стрічка ЛТКП-13-70, ЛТКП-15-185, ЛТКП-25-150, ЛТКП-25-200
		окантовка кромки	капронова стрічка ЛТКП-25-100
		підсилення кромки	капронова стрічка ЛТКП-13-70, ЛТКП-25-150, ЛТКП-25-200
		підсилення петель для строп	капронова стрічка ЛТКП-25-150, ЛТКП-15-185
		стропи	капроновий шнур ШКПкр-190, ШКП-200
5	Підвісна система	вільні кінці, обхвати	капронова стрічка ЛТК-44-1600; поліамідна стрічка
6	Ранець	основа	авізент арт. 56039, 6700кр; парусина Хемлон
		підсилення ранця	капронова стрічка ЛТКкрП-40-700
		кріплення підвісної системи	капроновий шнур ШКП-300

Надані на лабораторні випробування РПС були препаровані до елементів, з яких, в свою чергу було підготовлено 561-н зразокпроб матеріалів (по 5-8 зразківкожного сполучення типу РПС, елементу та матеріалу відповідно до табл. 1). Зразкипроб полотна (тканини) уявляли собою смужки шириною 50 мм та довжиною 280...350 мм, зразки стрічки (шнура) – відрізки довжиною 250...350 мм.

Лабораторні випробування зразків проб проводились на розривних машинах РТ-250 та УМ-5 сертифікованої лабораторії Чернігівського національного технологічного університету з метою визначення розривного навантаження та видовження при розриві.

Результати лабораторних випробувань порівнювались з технічними умовами (ТУ) на матеріали, при цьому було визначено, що для всіх типів РПС (окрім

парашутної системи ПЛ-70И/К):

значення розривного навантаження зразків проб окремих найменувань тканин не відповідають вимогам ТУ. Ступінь невідповідності складає 2,5...18,4%;

значення розривного навантаження зразків проб більшості найменувань стрічок та шнурів не відповідають вимогам ТУ. Ступінь невідповідності складає 2,5...61%;

значення видовження при розриві зразків проб тканин, стрічок та шнурів в основному відповідають вимогам ТУ.

Значення розривного навантаження та видовження при розриві зразків проб більшості найменувань тканин, стрічок та шнурів парашутної системи ПЛ-70И/К відповідають вимогам ТУ.

У зв'язку з незадовільними результатами випробувань щодо розривного навантаження матеріалів більшості типів РПС, для забезпечення безпеки їх експлуатації у продовжений ТС виникла необхідність визначення наявності запасу міцності складових частин парашутів, яка ускладнювалась відсутністю в Україні конструкторської документації на ці системи. Запас міцності складових частин та елементів СП закладається при їх розробці і досягається шляхом розрахунку діючих навантажень в передбачених умовах застосування та вибором матеріалів з відповідними фізико-механічними характеристиками. У цілому це не викликає труднощів, однак методика розрахунків передбачає використання цілого ряду коефіцієнтів, які визначаються в ході досліджень в аеродинамічній трубі моделі куполу та уточнюються в ході натурних експериментів із дослідними зразками СП [3,4], що в рамках цієї роботи неможливо.

Аналіз методики розрахунку показав, що найбільша трудомісткість робіт та кількість невизначених коефіцієнтів застосовується у розрахунках максимального навантаження R_{max} , діючого на СП. В той же час в експлуатаційно-технічній документації СП наведено, що конструкція СП при певній масі парашутиста забезпечує максимальне перевантаження n_y^{max} , яке діє при розкритті куполу парашута, не більше 16 одиниць. Це дозволяє з відомої формули:

$$n_y^{max} = \frac{R_{max}}{mg} - 1, \quad (1)$$

де m – маса парашутиста, g – прискорення вільного падіння, визначити навантаження:

$$R_{max} = mg(n_y^{max} + 1), \quad (2)$$

що суттєво спрощує розрахунки та дозволяє у подальшому використовувати значно меншу кількість коефіцієнтів.

Слід відмітити, що СП проектуються із коефіцієнтом запасу міцності $\eta=1,5...4$ [3,4]. Для РПС, з урахуванням жорстких вимог щодо мінімуму маси та об'єму, а також невеликого ресурсу із застосувань (5...10), зазвичай приймають $\eta=2$ [3,4]. Це означає, що наявне навантаження конструкції РПС удвічі менше проектних, тому отримані за формулою (2) значення R_{max} у подальших розрахунках потрібно поділити на 2 [3,4].

Прийняв, що основне навантаження сприймають ланка парашутна, матеріал куполу, стропа та вільні кінці СП (інші елементи виконують функцію місцевого підсилення та функціонального забезпечення), знайдемо їх навантаження за

формулами[3,4]:

$$P_{л(ск)} = \frac{R_{max}}{2n_{л(ск)}}, \quad (3)$$

$$P_{1c} = \frac{R_{max}}{2n_c k_n \cos\alpha}, \quad \sigma_k = \frac{R_{max}}{8d_{он}}, \quad (4)$$

де: $P_{л(ск)}$ – навантаження ланки (вільних кінців); $n_{л(ск)}$ – кількість складаньстрічок або шнурів ланки (вільних кінців); P_{1c} – навантаження однієї стропи; n_c – кількість строп; k_n – коефіцієнт нерівномірності навантаження строп; α – кут розкриття куполу при дії R_{max} ; σ_k – напруження в матеріалі куполу; $d_{он}$ – діаметр куполу при дії R_{max} .

Діаметр куполу при дії R_{max} визначається за формулою:

$$d_{он} = 2 \sqrt{\frac{R_{max}}{2\pi\rho_h V_n^2 c_f}}, \quad (5)$$

де: ρ_h – щільність повітря на висоті початку наповнення куполу; V_n^2 – швидкість початку наповнення куполу; c_f – коефіцієнт опору куполу при дії R_{max} .

Для СП типових конструкцій приймають [3,4] $k_n=2/3$, $\cos\alpha=d_{он}/(2l_c)$, $c_f=0,5c_n$, де l_c – довжина строп, c_n – коефіцієнт опору повністю наповненого куполу.

З урахуванням цього формули (4) для визначення навантаження однієї стропи та напруження в матеріалі куполу приймуть вигляд:

$$P_{1c} = \frac{3l_c}{4n_c} \sqrt{\pi c_n \rho_h V_n^2 R_{max}}, \quad \sigma_k = \frac{1}{16} \sqrt{\pi c_n \rho_h V_n^2 R_{max}}. \quad (6)$$

Коефіцієнт c_n залежить від форми куполу парашута та складає [3,4] для круглих куполів 0,6...0,8, для трикутної – 0,8...1,0, прямокутної 1,0...1,6. Відомості, що містяться в експлуатаційній документації, дозволяють більш точно визначити значення коефіцієнту c_n з відомої формули:

$$V_{приз} = \sqrt{\frac{2mg}{c_n \rho_0 S_n}}, \quad \text{звідки:} \quad c_n = \frac{2mg}{\rho_0 S_n V_{приз}^2}, \quad (7)$$

де: $V_{приз}$ – швидкість приземлення; ρ_0 – щільність повітря у землі в умовах МСА; S_n – площа купола парашута.

Остаточоно отримано:

$$P_{л(ск)} = \frac{mg(n_{л(ск)}^{max}+1)}{2n_{л(ск)}}, \quad P_{1c} = \frac{3mgl_c V_n}{4n_c V_{приз}} \sqrt{\frac{2\pi(n_{л(ск)}^{max}+1)\rho_h}{\rho_0 S_n}}, \quad \sigma_k = \frac{mg V_n}{16V_{приз}} \sqrt{\frac{2\pi(n_{л(ск)}^{max}+1)\rho_h}{\rho_0 S_n}}. \quad (8)$$

Таким чином, за відомостями, що містяться в експлуатаційній документації СП, можна визначити навантаження основних елементів конструкції та провести їх порівняння із результатами лабораторних випробувань (при цьому отримане в експериментах розривне навантаження зразків проб тканин шириною 50 мм необхідно помножити на 20 для приведення до одноманітності розмірності навантаження – кг/м) для визначення коефіцієнту запасу міцності:

$$\eta = \frac{P_E}{P_P}, \quad (9)$$

де P_E і P_P – отримане в експерименті та розраховане навантаження відповідно.

За отриманими результатами елементи конструкції СП можна поділити на три основні групи:

- 1) елементи, для яких $\eta \geq 2$;
- 2) елементи, для яких $1,5 \leq \eta < 2$;
- 3) елементи, для яких $1,5 < \eta$.

Елементи першої групи відповідають встановленим нормам міцності, забезпечують безпеку та можуть бути допущені до експлуатації на продовжений ТС.

Елементи другої групи знаходяться у проміжному стані та можуть бути допущені до експлуатації на продовжений ТС із виконанням додаткових періодичних робіт щодо контролю їх стану.

Елементи третьої групи не відповідають установленим нормам міцності, не забезпечують безпеку та не можуть бути допущені до експлуатації на продовжений ТС і потребують обов'язкової заміни.

Значення періоду, на який може бути продовжений ТС, повинен визначатись з урахуванням інтенсивності втрачання властивостей матеріалів елементів СП за роками експлуатації. При відсутності таких відомостей доцільно прийняти, ураховуючи тривалість встановленого розробником ТС – 15...20 років, період у один рік з подальшим повторним дослідженням. При цьому додатковою метою досліджень повинне бути визначення інтенсивності втрачання матеріалами властивостей з використанням методу порівняльного аналізу з результатами попередніх досліджень.

Таким чином, впровадження пропонуємої в роботі методики дасть можливість вирішити задачу забезпечення безпеки експлуатації СП у продовжений термін служби.

В завершення слід сформулювати такі рекомендації щодо удосконалення загального методичного підходу до досліджень з продовження ТС СП:

з метою виявлення елементів конструкції, які впливають на безпеку за результатами експлуатації СП, доцільно додатково проводити етап аналізу безпеки застосування, періодичних оглядів та ремонтів СП у військових частинах, для чого організувати надання до Державного науково-випробувального центру Збройних Сил України відомостей з експлуатуючих частин;

у подальших дослідженнях проводити аналіз змін властивостей матеріалів елементів СП, у тому числі аналогічних за типами та матеріалами, з метою надання обґрунтованих рекомендацій щодо можливого періоду продовження ТС;

при наявності достатнього парку СП, з метою експериментального підтвердження безпеки їх застосування у продовжений ТС, доцільно після завершення досліджень та виконання робіт із заміни елементів провести контрольні льотні випробування СП зі скиданням манекенів або стрибками парашутистів-випробувачів з досягненням граничних режимів застосування згідно експлуатаційної документації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Инструкция № 008-62 по ремонту парашютно-десантной техники и дополнения № 4367-63 и № 5476-65. – П/Я М-5359, 1968. – 116 с.
2. Керівництво з парашютно-десантної та аварійно-рятувальної підготовки авіації Збройних Сил України. – К.: МО України, 2003. – 178 с.
3. Лобанов, Н.А. Основы расчета и конструирования парашютов / Н.А. Лобанов. – М.: Машиностроение, 1965. – 364 с.

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

Надійшла до редакції 09.10.2015