

УДК 629.734.7.018.4

doi: 10.32620/aktt.2021.2.01

І. М. СИЛА

Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернівці, Україна

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ СТАНУ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЕСАНТНОЇ ПАРАШУТНОЇ СИСТЕМИ Д-5 СЕРІЇ 2 ПІСЛЯ ТРИВАЛОГО ЗБЕРІГАННЯ. ПОВІДОМЛЕННЯ 1. ФАКТИЧНИЙ СТАН МІЦНОСТІ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ОСНОВНОГО ПАРАШУТУ

Предметом дослідження в статті є порівняльний аналіз показників міцності і пружності текстильних матеріалів основного парашута до і після тривалого зберігання. Використаний спрощений підхід, запропонований Н. А. Лобановим і П. О. Фомичовим, на великій вибірці експериментально визначені коефіцієнти деградації характеристик міцності текстильних матеріалів основного парашута десантних парашутних систем Д-5 серії 2 після їх тривалого зберігання. Ці коефіцієнти визначені як відношення характеристик міцності окремих елементів парашутної системи в її розрахункових перерізах після експлуатації або тривалого зберігання до початкового їх значення, прийнятого при проектуванні парашута. **Метою** є отримання масиву даних для оцінки стану фізико-механічних характеристик матеріалів основного парашута. Відомо, що в процесі тривалого зберігання відбувається погіршення (деградація) характеристик міцності елементів парашута (тканин куполу, підсилювальних стрічок, строп та ін.). Подальша експлуатація парашутів понад встановлений термін при збереженні достатніх коефіцієнтів запасу міцності можлива тільки за наявності даних їх фактичного стану. **Завдання:** розробити і апробувати методику відбору зразків матеріалів, експериментально визначити характеристики матеріалів, вибрати ефективний алгоритм для розрахунку коефіцієнтів запасу міцності. Використовувалися наступні **методи** і устаткування. Дійсне значення показників встановлене шляхом руйнівних вимірів на міцність. Вдосконалена методика підготовки досліджуваних зразків десантних парашутних систем Д-5 серії 2, відбору точкових і елементарних проб текстильних матеріалів окремих елементів парашутної системи в розрахункових перерізах для проведення лабораторних досліджень з визначення механічних характеристик (міцності, подовження і повітропроникності). Розривна машина доукомплектована спеціалізованими затискними пристосуваннями. Об'єм партії склав 25 парашутних систем. Виміряли розривне навантаження і відносне подовження для строп і тасьми, для тканини – по основі і утоку, всього 1250 елементарних проб. Розраховані коефіцієнти деградації. Масив емпіричних даних був оброблений математико-статистичними методами пакету програм “Описова статистика з надбудови Пакету Аналізу MS EXCEL”. Отримані наступні **результати**. По показнику розривного навантаження тканина куполу основного парашута трохи (до 3 відсотків) перевищує нормативне значення. Пружні характеристики тканини повністю задовольняють вимогам – перевищення 1 ÷ 4 відсотки. Стропи основного парашута за час зберігання втратили в міцності до 21 %, але при цьому зберегли пружні властивості – перевищення до 3 разів. Стрічки мають задовільні характеристики міцності (перевищення від 3 до 12 відсотків), по показнику подовження при розриві втратили від 15 до 25 відсотків. **Висновки.** Новизна отриманих результатів полягає в наступному: уперше були виміряні і оцінені в розрахункових перерізах основного парашута десантних парашутних систем Д-5 серії 2 характеристики міцності тканини, підсилювальних стрічок силового каркаса куполу та строп на великій вибірці з 25 одиниць; показано, що отримані дані будуть коректні для усіх десантних парашутних систем даного типу 1973-1974 років виготовлення з нульовим (невичерпаним) ресурсом за умови дотримання типових вимог до їх зберігання та обслуговування.

Ключові слова: коефіцієнт деградації; купол; міцність; парашут; парашутна система; полімер; руйнівне навантаження.

Вступ

Нині одним з актуальних завдань підтримки боєздатності збройних сил і забезпечення функціонування галузей, що застосовують парашутну техніку, являється поліпшення експлуатаційних властивостей виробів, в т.ч. збільшення (продовження)

строку дії їх призначених показників. Важливий напрям цієї роботи пов'язаний з продовженням терміну служби і збільшенням показників призначеного ресурсу, а також призначених термінів зберігання парашутної техніки, що знаходиться в експлуатуючих організаціях.

У життєвому циклі будь-якої парашутної сис-

теми найдовшим є етап зберігання. В цей час з парашутною системою згідно вимог інструкції по експлуатації проводять регламентні роботи пов'язані з просушуванням і переукладанням, а також оцінюють її фактичний технічний стан. Незважаючи на невелику кількість таких робіт протягом року (2 рази), саме тоді проявляються небезпечні чинники зовнішнього середовища: відкрите сонячне світло, забруднення (фарба, мастило, іржа, бруд тощо) і висока ймовірність механічного пошкодження.

Найбільш небезпечним є їх комплексна дія особливо при наявності надлишкової вологи. Все це призводить до “старіння” полімерних матеріалів наслідком якого є втрата міцності і пружності елементів конструкції парашутних систем. Встановлення (продовження) обґрунтованих граничних меж використання парашутних систем вирішить, безперечно, головну проблему безпечного десантування та дасть час для розробки нових і заміни існуючого парку парашутних систем різного призначення в Україні.

Постановка проблеми

Спираючись на висновки у відомій роботі [1], бачення проблеми було осучаснене і отримало розвиток у роботах [2,3], де було запропоновано поняття про коефіцієнт деградації, як відношення характеристик міцності окремих елементів парашутної системи в її розрахункових перетинах після експлуатації або тривалого зберігання до початкового їх значення, прийнятого при проектуванні парашутної системи:

$$\eta = \frac{P_{\text{розр}}}{P_{\text{розр}}^*} \quad (1)$$

або

$$\eta = \frac{\varepsilon_{\text{розр}}}{\varepsilon_{\text{розр}}^*} \quad (2)$$

де $P_{\text{розр}}$, $\varepsilon_{\text{розр}}$ – розривне навантаження або деформація для елемента конструкції;

$P_{\text{розр}}^*$, $\varepsilon_{\text{розр}}^*$ – початкові характеристики міцності елемента конструкції по навантаженням і деформаціям, прийняті при проектуванні.

У подальшому ця методика була розвинута і знайшла експериментальне підтвердження в роботах [4, 5]. Нажаль ці дослідження базувались на одиничних зразках парашутної техніки, чого в цій роботі намагались уникнути завдяки великій виборці з 25 парашутних систем та з 5 різних місць зберігання.

Розробка методик експериментального визначення параметрів технічного стану текстильних елементів парашутних систем, проектування, виготовлення і випробування необхідного устаткування і

приспосовувань виконано на базі науково-дослідного відділу випробувань озброєння і військової (спеціальної) техніки Десантно-штурмових військ і Сил спеціальних операцій Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння і військової техніки (м. Чернігів, Україна).

Представлені дослідження є частиною комплексної науково-дослідної роботи на виконання Рішення № 1/ПДТ – 2020 про організацію досліджень (робіт) щодо продовження (збільшення) строку дії призначених (встановлених) показників повітряно-десантної техніки Збройних Сил України, яке затверджене профільним заступником Міністра оборони України 31.07.2020 (шифр робіт: “Показник-2020” та “Показник” [7]).

Результати

1. Об'єкти досліджень

Об'єктами лабораторних досліджень, які проводились у приміщенні науково-дослідної лабораторії механічних, електричних та кліматичних випробувань науково-технічного комплексу вимірювань Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, були десантні парашутні системи (ДПС) Д-5 серії 2 1973 та 1974 року виготовлення. Нормативні документи, які регламентують вимоги до дослідного зразка та методів випробування, наведені в таблиці 1.

Одними з найбільш відповідальних за безпечне застосування ДПС є купол основного парашута і стропи. Купол в свою чергу складається з низки полотен та підсилюючих стрічок (силового каркасу). Вихідні дані щодо визначення механічних характеристик міцності текстильних матеріалів наведені в табл. 2 та 3.

2. Методика та обладнання

Для досліджень на розрив та видовження при розриві були відібрані елементарні проби текстильних матеріалів дослідних зразків (далі – елементарні проби). Елементарні проби підготовлені з урахуванням положень [6] та згідно Методики № 1 [7]. Схема відбирання елементарних проб куполу ДПС наведена на рисунку 1: проби з 1 по 19 (непарні) відбираються по основі полотна, проби з 2 по 20 (парні) відбираються по утку.

На дослідження були відібрані наступні елементарні проби куполу основного парашута та строп:

– основа купола: 10 проб по основі та 10 проб по утку, розміри проб 400х50 мм;

– стропи: 10 проб, довжина проби 1000 мм;

Таблиця 1

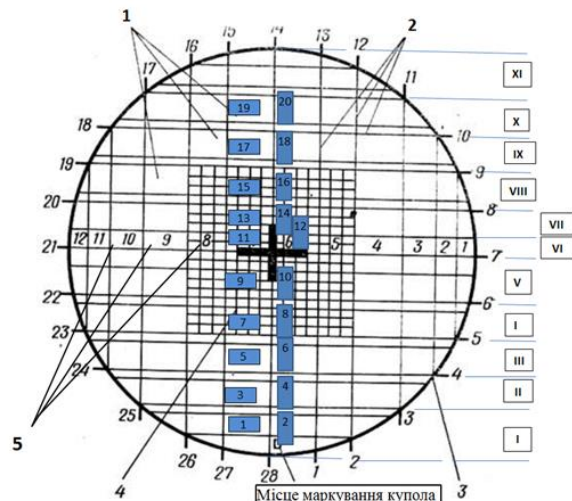
Нормативні документи

№ з/п	Назва нормативного документу
1	ГОСТ 16218.5-93 Изделия текстильно-галантерейные. Метод определения разрывной нагрузки и разрывного удлинения при растяжении
2	ГОСТ 29104.4-91 Ткани технические. Метод определения разрывной нагрузки и удлинения при разрыве
3	ГОСТ 3813-72 (ИСО 5081-77, ИСО 50820-82) Материалы текстильные. Ткани и штучные изделия. Методы определения разрывных характеристик при растяжении
4	ГОСТ 16428-89 Изделия текстильно-галантерейные. Методы испытаний при растяжении
5	ГОСТ 10681-75 Материалы текстильные. Климатические условия для кондиционирования и испытания проб и методы их определения
6	ГОСТ 29104.0-91 Ткани технические. Правила приемки и метод отбора проб
7	ГОСТ 13090-90 Ткани технические каркасные
8	ГОСТ 2297-90 Шнуры технические комплектующие
9	ОСТ 17-667-90 Ленты технические капроновые. Технические условия
10	Методика № 1 підготовки дослідних зразків десантної парашутної системи Д-5 серії 2, відбору точкових та елементарних проб текстильних матеріалів окремих елементів парашутної системи в розрахункових перетинах для проведення лабораторних досліджень з визначення механічних характеристик (міцності, подовження та повітропроникності) (тема № 20015-075, шифр “Показник-2020”), (далі – Методика № 1)

Таблиця 2

Вихідні дані дослідних зразків тканини куполу

№ з/п	Найменування елементу	Артикул тканини	Номінальне значення розривного навантаження смуги тканини розміром 50x200 мм, даН, не менше		Номінальне значення видовження при розриві смуги тканини розміром 50x200 мм, % не менше	
			по основі	по утку	по основі	по утку
1	Основа куполу	56009П	49	47	23	23



Таблиця 3

Вихідні дані дослідних зразків шнурів та стрічок

№ з/п	Найменування елементу	Артикул шнура	Номінальне значення розривного навантаження шнура, не менше		Номінальне значення видовження при розтяганні, %, не менше
			Кгс	Н	
1	стропи	ШКП-150	150	1470,9	30,0
2	стрічки каркасу	ЛТКП-13-70	70	686	20–35
3	стрічка нижньої кромки	ЛТКП-25-200	200	1961	25–45

Рис. 1. Форма куполу парашута Д-5 серії 2 у плані з місцями для відбирання елементарних проб:

1 – полотнища куполу; 2, 4 – підсилюючий каркас; 3 – петлі для строп; 5 – номери квадратів

– підсилюючі стрічки каркасу: 10 проб, довжина проби 500 мм;

– підсилюючі стрічки нижньої кромки: 10 проб довжиною 500 мм.

Визначення розривного навантаження та видовження при розриві текстильних матеріалів дослідних зразків (тканини, стрічок, шнурів) здійснювалось на машині розривної марки ИР 5047-50М2С, заводський номер 0011, клас точності – 0,5 для діапазону вимірювань від 0,5 кН до 5 кН, похибка вимірювань (точність відтворення) – 0,29 %.

Елементарні проби перед дослідженнями були витримані на протязі 24 годин у вільному стані в нормальних кліматичних умовах. Перед початком

досліджень на розривній машині встановлена необхідна затискача довжина (200 ± 1) мм – для тканих, плетених, кручених зразків.

Під час підготовки до проведення випробувань розривна машина була доукомплектована спеціалізованими пристроями для затискання зразків з полімерного матеріалу. Конструкція затискачів та зовнішній вигляд елементарної проби після прикладення навантаження наведені на рисунку 2 і рисунку 3.



Рис. 2. Елементарна проба основи купола після прикладення навантаження



Рис. 3. Елементарна проба стропи купола основного парашута після прикладення навантаження

Величини розривного навантаження та розривного видовження (вимірювались одночасно) відображались на моніторі персонального комп'ютера. Значення показника визначались з точністю до другого десятинного знаку та зберігались у цифровому вигляді на зовнішньому носії.

3. Основні результати

Масив емпіричних даних був оброблений математико-статистичними методами пакету програм *Описова статистика*, що входить в надбудову *Пакету Аналізу MS EXCEL*. Розраховували показники

вибірки: середнє, медіана, мода, дисперсія, стандартне відхилення і невизначеність (похибка) з вірогідністю 0,95. Приклад отриманих даних для вибірки з 4 парашутів 1974 року виготовлення, що надійшли з однієї з військових частин, для вимірювання розривного навантаження та видовження при розриві строп основного парашуту наведені в таблиці 4.

Таблиця 4
Результати розривного навантаження та видовження при розриві строп основного парашута

№ з/п	ДПС Д-5 серії 2	Середнє значення розривного навантаження, Н		Середнє значення видовження, %	
		значення	Невизначеність	значення	невизначеність
1	7414414	1152,35	$\pm 36,43$	89,09	$\pm 3,08$
2	7403508	1145,02	$\pm 45,25$	98,43	$\pm 3,63$
3	7402819	1141,93	$\pm 44,28$	95,47	$\pm 4,62$
4	7414423	1144,91	$\pm 49,52$	100,76	$\pm 6,03$
середнє		1144,54	–	95,94	–
відхилення		0,778	–	3,198	–

Всього було оброблено результати 1250 вимірів по визначенню розривного навантаження і видовження при розриві елементарних проб тканини купола основного парашута (по основі і по утку), строп основного парашута та підсилюючих стрічок купола основного парашута.

Нагадаю, що основною метою було визначення ступеня деградації полімерних матеріалів. Ступінь деградації оцінювали за коефіцієнтом деградації, який обраховували за формулами (1) і (2). Розривне навантаження і деформацію (видовження) елементів конструкції отримали за результатами експериментів, а в якості початкових характеристик міцності по навантаженню і деформації прийняли нормативні дані, які наведені в таблицях 2 і 3. Результати розрахунків коефіцієнта деградації наведені в таблиці 5.

Особливість розрахунків за формулою (2) полягало у використанні $\epsilon_{\text{розр}}^*$ максимального номінального значення видовження при розтягуванні для підсилюючих стрічок купола з діапазону згідно даних табл. 3. На нашу думку, порівняння з мінімальним значенням було би певною мірою хибним, тому що для оптимальної роботи парашута важливою є здатність полімерних матеріалів до великих пружних деформацій. Особливо це критично у момент повного відкриття купола парашута, коли виникає необхідність поглинути максимальну кількість кінетичної енергії [1]. Саме тому ми вважаємо таких підхід цілком виправданим.

Таблиця 5

Коефіцієнти деградації показників розривного навантаження і деформації (видовження) елементів конструкції основного парашута

№ з/п	Показник	Рік виготовлення	Коефіцієнт деградації					
			Військова частина №					
			A0281	A0224	A2120	A1126	A0284	загальне
розривне навантаження $P_{розр}$ тканини куполу основного парашута								
1	основа	1973	1,040	0,979	1,070	–	–	1,030
	уток		1,000	0,989	1,021	–	–	1,003
	основа	1974	1,050	1,003	1,061	0,892	1,010	1,003
	уток		0,997	1,003	1,035	0,890	0,856	0,956
видовження $\epsilon_{розр}$ при розриві тканини куполу основного парашута								
2	основа	1973	0,970	1,090	1,005	–	–	1,022
	уток		0,998	1,103	1,028	–	–	1,043
	основа	1974	1,026	1,156	1,043	0,903	1,021	1,030
	уток		1,049	1,143	1,019	0,901	0,935	1,009
стропи основного парашута								
3	$P_{розр}$	1973	0,759	0,812	0,893	–	–	0,821
	$\epsilon_{розр}$		3,022	2,849	3,156	–	–	3,090
	$P_{розр}$	1974	0,778	0,813	0,795	0,744	0,820	0,790
	$\epsilon_{розр}$		3,198	3,111	3,174	2,886	3,214	3,117
підсилюючі стрічки каркасу куполу основного парашута								
4	$P_{розр}$	1973	1,216	1,157	1,077	–	–	1,150
	$\epsilon_{розр}$		0,805	0,795	0,764	–	–	0,788
	$P_{розр}$	1974	1,224	1,152	1,122	0,957	0,912	1,073
	$\epsilon_{розр}$		0,814	0,776	0,772	0,676	0,710	0,750
підсилюючі стрічки нижньої кромки куполу основного парашута								
5	$P_{розр}$	1973	1,097	1,138	1,105	–	–	1,113
	$\epsilon_{розр}$		0,859	0,775	0,905	–	–	0,846
	$P_{розр}$	1974	1,093	1,115	0,894	0,982	1,060	1,029
	$\epsilon_{розр}$		0,788	0,845	0,852	0,707	0,802	0,799

Обговорення результатів

На початку обговорення треба взяти до уваги декілька важливих моментів:

– перший: фактичний термін зберігання ДПС на момент проведення досліджень становив $46 \div 47$ років, що значно перевищує призначений термін у 20 років;

– другий: ДПС, що досліджувалися, не експлуатувалися, тобто їх ресурс невичерпаний (0 застосувань), а знаходяться на збереженні у визначених підрозділах;

– третій: умови зберігання і процедури технічного обслуговування у різних військових частинах мали певні особливості;

– четвертий: за висновками [1], коефіцієнт запаса міцності матеріалів при проектуванні парашутних систем обирається у межах $1,5 \div 4$.

1. За показником розривного навантаження тканина куполу основного парашута незначно (до 3 відсотків), але перевищує нормативне значення.

Зниження міцності тканини по утку пов'язано, на нашу думку, з особливостями зберігання і обслуговування в окремих військових частинах. Пружні характеристики тканини цілком задовольняють вимогам – перевищення $1 \div 4$ відсотка.

2. Стropи основного парашута за час зберігання втратили у міцності до 21 %, але при цьому зберегли пружні властивості – перевищення до 3 разів. Така закономірність простежується для партій парашутів з усіх військових частин.

3. Аналіз стану підсилюючих стрічок каркасу і нижньої кромки куполу основного парашута виявив характерну тенденцію, яка є відмінною від тканини куполу і строп основного парашута. Структура стрічок хоча і подібна до будови тканини, але маючи задовільні характеристики міцності (перевищення від 3 до 12 відсотків), втратила за показником видовження при розриві від 15 до 25 відсотків.

4. Застосування власної методики відбору проб та діагностування текстильних матеріалів окреслило

перспективні напрями до удосконалення методів діагностування, оцінювання і визначення причин зміни технічного стану парашутної техніки при проведенні робіт з продовження її призначених показників та методів прогнозування, контролю характеристик і відновлення їх в процесі експлуатації.

Висновки

1. Отримані значення коефіцієнтів деградації показників розривного навантаження і деформації (видовження) елементів конструкції основного парашута десантної парашутної системи Д-5 серії 2 статистично значимі і можуть бути розповсюджені на всі десантні парашутні системи даного типу 1973 та 1974 років виготовлення з нульовим (невичерпним) ресурсом за умови дотримання типових вимог до їх зберігання та обслуговування.

2. Метод діагностування текстильних матеріалів для десантних парашутних систем пройшов перевірку на великій партії з 25 комплектів (зразки були відібрані з 5 різних місць зберігання, різних років виготовлення) та підтвердив спроможність отримання коректних даних для оцінки стану текстильних матеріалів парашутної техніки.

Література

1. Лобанов, Н. А. Основы расчета и конструирования парашютов [Текст] / Н. А. Лобанов. – М. : Машиностроение, 1965. – 363 с.

2. Фомичев, П. А. Установление ограничений по максимальным скоростям десантирования с учетом деградации прочностных характеристик материалов купола парашюта. Сообщение 1. Зависимость прочности парашютов от деградации прочностных характеристик конструкционных материалов [Текст] // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2019. – № 1(153). – С. 65-71. DOI: 10.32620/aktt.2019.1.08.

3. Фомичев, П. А. Установление ограничений по максимальным скоростям десантирования с учетом деградации прочностных характеристик материалов купола парашюта. Сообщение 2. Зависимость максимальных скоростей десантирования от деградации прочности [Текст] / П. А. Фомичев // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2019. – № 2 (154). – С. 61-68. DOI: 10.32620/aktt.2019.2.08.

4. Фомичев, П. А. Закон распределения разрушающих нагрузок элементов каркаса купола парашюта [Текст] / П. А. Фомичев, И. М. Сила // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2019. – № 4 (156). – С. 73-79. DOI: 10.32620/aktt.2019.4.12.

5. Фомичев, П. А. Коэффициенты деградации прочности силовых элементов купола парашюта после длительной эксплуатации или хранения [Текст] / П. А. Фомичев, И. М. Сила // *Авиационно-*

космическая техника и технология. – 2019. – № 5 (157). – С. 62-71. DOI: 10.32620/aktt.2019.5.07.

6. Теоретико-експериментальне визначення залишкової міцності текстильних елементів конструкцій авіаційно-рятувальних систем з метою продовження термінів їх експлуатації. Розробка методів і засобів випробувань на міцність тканинних елементів авіаційних конструкцій. Проведення випробувань на міцність [Текст] : Звіт про НДР (пром.ін.) / Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут» ; кер. Фомичов П. О. ; викон. Кучерявий Є. Ф. [та ін.]. – Харків, 2018. – 218 с. – № ДР 0118Ш003821.

7. Дослідження шляхів визначення можливості збільшення призначених показників повітряно-десантної техніки підрозділів (військових частин) Збройних Сил України, які використовують парашутне десантування [Текст] : Звіт про НДР (закл.ін.) / Держ. наук.-дослідн. ін-т випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки ; кер. Корольов О. О. ; викон. Сила І. М. [та ін.]. – Чернівці, 2019. – 180 с. – № ДР 19015-027.

References

1. Lobanov, N. A. *Osnovy rascheta y konstruyrovaniya parashyutov* [Basics of parachutes calculating and designing], Moscow, Mashynostroenye Publ., 1965. 363 p.

2. Fomichev, P. A. Ustanovlenie ogranichenij po maksimalnym skorostjam desantirovaniya s uchetom degradacii prochnostnykh harakteristik materialov kupola parashjuta. Soobshhenie 1. Zavisimost prochnosti parashjutov ot degradacii prochnostnykh harakteristik konstrukcionnykh materialov [Estimation of the ultimate landing speeds taking into account the degradation of the strength characteristics of parachute dome materials. Part 1. Dependence the parachute durability on degradation of the construction materials strength characteristics]. *Aviacijno-kosmicna tehnika i tehnologia – Aerospace technic and technology*, 2019, no. 1 (153), pp. 65-71. DOI: 10.32620/aktt.2019.1.08.

3. Fomichev, P. A. Ustanovlenie ogranichenij po maksimal'nykh skorostyam desantirovaniya s uchetom degradatsii prochnostnykh kharakteristik materialov kupola parashjuta. Soobshchenie 2. Zavisimost' maksimal'nykh skorostey desantirovaniya ot degradatsii prochnosti [Estimation of the ultimate landing speeds taking into account the degradation of the strength characteristics of parachute dome materials. Part 2. Dependence of the ultimate landing speeds on the strength degradation]. *Aviacijno-kosmicna tehnika i tehnologia – Aerospace technic and technology*, 2019, no. 2 (154), pp. 61-68. DOI: 10.32620/aktt.2019.2.08.

4. Fomichev, P. A., Sila, I. M. Zakon raspredeleniya razrushajushchih nagruzok jelementov karkasa kupola parashjuta [Law of destructive loads distribution of the of parachute canopy's carcass elements]. *Aviacijno-kosmicna tehnika i tehnologia – Aerospace technic and*

technology, 2019, no. 4 (156), pp. 73-79. DOI: 10.32620/aktt.2019.4.12.

5. Fomichev, P. A. Kojefficienty degradacii prochnosti silovykh jelementov kupola parashjuta posle dlitel'noj jekspluatatsii ili hranenija [Strength degradation coefficients of the power elements of the parachute canopy after prolonged use or storage]. *Aviacijno-kosmichna tehnika i tehnologia - Aerospace technic and technology*, 2019, no. 5(157), pp. 62-71. DOI: 10.32620/aktt.2019.5.07.

6. Teoretyko-eksperymental'ne vyznachennya zalyshkovoyi mitsnosti tekstyl'nykh elementiv konstruktsiy aviatsiyno-ryatuval'nykh system z metoyu prodovzhennya terminiv yikh ekspluatatsiyi. Rozrobka metodiv i zasobiv vyprobuvan' na mitsnist' tkanynykh elementiv aviatsiynykh konstruktsiy. Provedennya vyprobuvan' na mitsnist' [Theoretical and experimental determination of the residual strength of textile elements of aircraft rescue systems in order to extend their service life. Development of methods and means of testing the strength of fabric elements of aircraft structures. Conducting strength tests]. *Zvit pro NDR (promizhn.)*, Natsional'nyy aerokosmichnyy universytet im. M. Ye.

Zhukovs'koho «Kharkivs'kyi aviatsiynnyy instytut» ; ker. Fomychov P. O. ; vykon. Kucheryavyy Ye. F. [GDR Report (Intermediate) / National Aerospace University. M. E. Zhukovsky "Kharkiv Aviation Institute"; ker. Fomichov P. O. ; executive Curly EF [etc.], Kharkiv, 2018. 218 p. – No. DR 0118Sh003821.

7. Doslidzhennya shlyakhiv vyznachennya mozhlyvosti zbil'shennya pryznachenykh pokaznykiv povitryano-desantnoyi tekhniky pidrozdiliv (viys'kovykh chastyn) Zbroynykh Syl Ukrayiny, yaki vykorystovuyut' parashutne desantuvannya [Research of ways to determine the possibility of increasing the assigned indicators of airborne equipment units (military units) of the Armed Forces of Ukraine, which use parachute landing]. *Zvit pro NDR (zaklyuchn.)*, Derzh. nauk.-doslidn. in-t vyprobuvan' i sertyfikatsiyi ozbroynennya ta viys'kovoyi tekhniky ; ker. Korol'ov O. O. ; vykon. Syl'a I. M. [ta in.] [Report on GDR (final), Derzh. research Institute of Testing and Certification of Arms and Military Equipment; ker. Korolev O. O. ; executive Syl'a I. M. [etc.]], 2019. 180 p., No. DR 19015-027.

Надійшла до редакції 10.03.2021, розглянута на редколегії 16.04.2021

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЕСАНТНОЙ ПАРАШЮТНОЙ СИСТЕМЫ Д-5 СЕРИИ 2 ПОСЛЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ХРАНЕНИЯ. СООБЩЕНИЕ 1. ФАКТИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОЧНОСТИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ОСНОВНОГО ПАРАШЮТА

И. М. Сила

Предметом исследования в статье является сравнительный анализ показателей прочности и упругости текстильных материалов основного парашюта до и после длительного хранения. Использован упрощённый подход, предложенный Н. А. Лобановым и П. А. Фомичевым, на большой выборке экспериментально определены коэффициенты деградации прочностных характеристик текстильных материалов основного парашюта десантной парашютной системы Д-5 серии 2 после её длительного хранения. Эти коэффициенты определены как отношение характеристик прочности отдельных элементов парашютной системы в её расчетных сечениях после эксплуатации или длительного хранения к исходному их значению, принятому при проектировании парашюта. **Целью** является получение массива данных для оценки состояния физико-механических характеристик материалов основного парашюта. Известно, что в процессе длительного хранения происходит ухудшение (деградация) прочностных характеристик элементов парашюта (тканей купола, усилительных лент, строп и др.). Дальнейшая эксплуатация парашютов сверх установленного срока при сохранении достаточных коэффициентов запаса прочности возможна только при наличии данных их фактического состояния. **Задачи:** разработать и апробировать методику отбора образцов материалов, экспериментально определить характеристики материалов, выбрать эффективный алгоритм для расчета коэффициентов запаса прочности. Использовались следующие **методы** и оборудование. Действительное значение показателей установлено путём разрушающих прочностных измерений. Усовершенствована методика подготовки исследуемых образцов десантных парашютных систем Д-5 серии 2, отбора точечных и элементарных проб текстильных материалов отдельных элементов парашютной системы в расчетных сечениях для проведения лабораторных исследований по определению механических характеристик (прочности, удлинения и воздухопроницаемости). Разрывная машина доукомплектована специализированными зажимными приспособлениями. Объем партии составил 25 парашютных систем. Измеряли разрывную нагрузку и относительное удлинение для строп и тесьмы, для ткани – по основе и утку, всего 1250 элементарных проб. Рассчитаны коэффициенты деградации. Массив эмпирических данных был обработан математико-статистическими методами пакета программ Описательная статистика из надстройки Пакета Анализа MS EXCEL. Получены следующие **результаты**. По показателю разрывной нагрузки ткань купола основного парашюта незначительно (до 3 процентов) превышает нормативное значение. Упругие характеристики ткани полностью удовлетворяют требованиям – превышение 1 ÷ 4 процента. Стропы основного парашюта за время хранения потеряли в прочности до 21 %, но при этом сохранили упругие свойства – превышение до 3 раз. Ленты имеют удовлетворительные характеристики прочности (превышение от 3 до 12 процентов), по показателю

удлинение при разрыве потеряла от 15 до 25 процентов. **Выводы.** Новизна полученных результатов состоит в следующем: впервые были измерены и оценены в расчетных сечениях основного парашюта десантных парашютных систем Д-5 серии 2 прочностные характеристики ткани, усилительных лент силового каркаса купола и строп на большой выборке из 25 единиц; показано, что полученные данные будут корректны для всех десантных парашютных систем этого типа 1973-1974 годов изготовления с нулевым (неисчерпанным) ресурсом при условии поддержки типовых требований к их хранению и обслуживанию.

Ключевые слова: коэффициент деградации; купол; парашют; парашютная система; прочность; полимер; разрушающая нагрузка.

**EXPERIMENTAL DETERMINATION OF THE STATE OF TEXTILE MATERIALS
OF THE D-5 SERIES 2 LANDING PARACHUTE SYSTEM AFTER LONG-TERM STORAGE.
MESSAGE 1. ACTUAL STATE OF STRENGTH OF TEXTILE MATERIALS
OF THE MAIN PARACHUTE**

I. Syla

The **subject matter** of the article is a comparative analysis of indicators of strength and elasticity of textile materials of the main parachute canopy before and after long-term storage. A simplified approach proposed by N. A. Lobanov and P.O. Fomichov was used, the coefficients of degradation of the strength characteristics of the textile materials of the main parachute of the D-5 landing parachute system of series 2 after its long-term storage were experimentally determined. These coefficients are defined as the ratio of the strength characteristics of individual elements of the parachute system in the design sections after the operation or long-term storage to their initial value adopted in the design of the parachute. The **goal** is to obtain an array of data to assess the state of the physical and mechanical characteristics of the main parachute materials. It is known that in the process of long-term storage there is a deterioration (degradation) of the strength characteristics of the strongest elements of the frame of the parachute canopy, lines, canopy fabrics, reinforcing tapes, etc. Further operation beyond the established period while maintaining sufficient safety factors is possible only with the availability of modern data. **Tasks:** to develop and test a method of sampling materials, experimentally determine the characteristics of materials, choose an effective algorithm for calculating safety factors. The following **methods** and equipment were used. The actual value of the indicators was established by destructive strength measurements. The methodology for preparing test samples of D-5 series 2 landing parachute systems, taking point and elementary samples of textile materials of individual elements of the parachute system in design sections for laboratory research to determine mechanical characteristics (strength, elongation, and air permeability) has been improved. The tearing machine is equipped with specialized clamping devices. The batch size was 25 parachute systems. The breaking load and the relative elongation were measured for slings and braids, for fabric - along the warp and weft, a total of 1250 elementary samples. Degradation coefficients were calculated. The array of empirical data was processed by mathematical and statistical methods of the Descriptive Statistics software package from the add-in of the MS EXCEL Analysis Package. The following **results** were obtained. In terms of breaking load, the fabric of the main parachute canopy slightly (up to 3 percent) exceeds the standard value. The elastic characteristics of the fabric fully meet the requirements - exceeding 1 ÷ 4 percent. During storage, the slings of the main parachute lost up to 21% in strength, but at the same time retained their elastic properties - exceeding up to 3 times. The tapes have satisfactory strength characteristics (exceeding from 3 to 12 percent), in terms of elongation at break, they have lost from 15 to 25 percent. **Conclusions.** The novelty of the results obtained is as follows: for the first time, the strength characteristics were measured and evaluated in the design sections of the fabric, reinforcing tapes of the power frame of the canopy and lines of the main parachute of the D-5 landing parachute system of series 2 on a large sample of 25 parachutes; it is shown that the obtained data will be correct for all parachute systems produced in 1973-1974.

Keywords: degradation coefficient; dome; parachute; parachute system; strength; polymer; breaking load.

Сила Ігор Михайлович - начальник науково-дослідного відділу випробувань озброєння і військової (спеціальної) техніки Десантно-штурмових військ і сил спеціальних операцій Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння і військової техніки, Чернігів, Україна.

Ihor Syla – Head of the Research Department for Testing Weapons and Military (Special) Equipment of the Airborne Assault Troops and the Special Operations Forces of the State Research Institute for Testing and Certification of Weapons and Military Equipment, Chernigiv, Ukraine,
e-mail: desant1988@ukr.net, ORCID: 0000-0002-8029-6598.