

УДК 629.734.7.018.4

doi: 10.32620/aktt.2021.6.01

О. О. КОРОЛЬОВ<sup>1</sup>, І. М. СИЛА<sup>1</sup>, В. В. ГЕЙКО<sup>1</sup>, О. І. СИЗА<sup>2</sup><sup>1</sup> Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Україна<sup>2</sup> Національний Університет "Чернігівський колегіум" імені Т. Г. Шевченка

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ СТАНУ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЕСАНТНОЇ ПАРАШУТНОЇ СИСТЕМИ Д-5 СЕРІЇ 2 ПІСЛЯ ТРИВАЛОГО ЗБЕРІГАННЯ. ПОВІДОМЛЕННЯ 2. СТАТИСТИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИМІРЮВАННЯ ПОКАЗНИКІВ СТРОП ОСНОВНОГО ПАРАШУТУ

**Предметом** вивчення в статті є аналіз масиву експериментальних даних навантаження та видовження при розриві строп основного парашуту десантних парашутних систем Д-5 серії 2 1973 та 1974 років виготовлення після їх тривалого зберігання з нульовим (невичерпаним) ресурсом. **Метою** статті є спроба на основі статистичного аналізу результатів вимірювань визначити співвідношення впливу зовнішніх чинників, пов'язаних з природними факторами старіння полімерів, і внутрішніх, що обумовлені похибками в процесі вимірювання. **Завдання:** визначити ступінь впливу внутрішніх і зовнішніх факторів на процес і результат вимірювання показників. Використовувалися наступні **методи** і устаткування. Вдосконалена методика відбору точкових проб досліджуваних зразків десантних парашутних систем Д-5 серії 2 для проведення лабораторних досліджень за визначенням навантаження при розриві та видовження при розриві строп основного парашуту. Вимірювання проводились на машині розривній марки ИР 5047-50М2С, клас точності – 0,5 для діапазону вимірювань від 0,5 кН до 5 кН. Об'єм партії склав 25 парашутних систем, всього 250 елементарних проб. Масив емпіричних даних був оброблений математико-статистичними методами пакету програм Описова статистика з надбудови Пакету Аналізу MS EXCEL. Отримані наступні **результати**. Відносна похибка результатів вимірювання навантаження при розриві строп куполів парашутів 1973 року виготовлення склала  $\pm 5,0$  %, для парашутів 1974 року виготовлення –  $\pm 3,8$  %. Відносна похибка результатів вимірювання видовження при розриві строп куполів парашутів 1973 року виготовлення склала  $\pm 2,9$  %, для парашутів 1974 року виготовлення  $\pm 3,3$  %. З урахуванням того, що прилад для вимірювання має похибку  $\pm 0,29$  % за паспортом, яку можна вважати систематичною, загальний рівень невизначеності є прийнятним для звичайних вимірювань у техніці. **Висновки.** Основними чинниками появи випадкових похибок у процесі вимірювання навантаження при розриві та видовження при розриві строп основного парашуту є зовнішні фактори, обумовлені станом структури шнура і змінами у внутрішній будові полімеру.

**Ключові слова:** стропа; статистика; аналіз; парашут.

### Вступ

Актуальним завданням підтримки боєздатності військ (сил), які застосовують парашутне десантування, являється поліпшення експлуатаційних властивостей таких виробів, в т.ч. збільшення (продовження) строку дії призначених показників парашутної техніки, що знаходиться в експлуатуючих організаціях.

Процедура продовження строку дії призначених показників вимагає проведення низки лабораторних та льотних випробувань. У цій системі наявність методики та якісне проведення процедури вимірювання показників дозволить отримати відомості про реальний стан парашутної системи у цілому та її окремих частин.

### Постановка проблеми

Парашутні стропи для забезпечення функціональних властивостей повинні бути одночасно міцними, що оцінюється величиною навантаження при розриві, та пружними, оцінюється видовженням при розриві. Комбінація таких фізичних властивостей матеріалу строп куполу основного парашуту безпосередньо впливає на важливі технічні характеристики парашутної системи, наприклад, перевантаження у момент наповнення куполу та цілісність силового каркасу парашутної системи [1, 2].

Окрім визначення фактичного значення фізичних характеристик строп [3] і оцінці самого процесу вимірювання актуальною є задача визначення величини вибірки парашутів із загальної їх кількості для

подальших робіт по продовженню строку дії призначених показників. На величину мінімальної необхідної вибірки впливає величина генеральної вибірки, бажана гранична похибка та дисперсія, обчислена за результатами вимірювання. Отримані статистичні характеристики будуть основою при плануванні аналогічних досліджень у майбутньому.

Метою статті є спроба на основі статистичного аналізу результатів вимірювань визначити співвідношення впливу зовнішніх чинників, пов'язаних з природними факторами старіння полімерів, і внутрішніх, що обумовлені похибками в процесі вимірювання.

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

## Результати

### 1. Об'єкти досліджень

Об'єктом лабораторних досліджень була стропа куполу основного парашуту десантних парашутних системи (ДПС) Д-5 серії 2 1973 та 1974 року виготовлення, після їх тривалого зберігання, з нульовим (невичерпаним) ресурсом. Величина партії становила 25 комплектів парашутних систем. Стропа куполу основного парашуту має артикул ШКП-150 за ГОСТ 2297-9090, діаметр шнура –  $(4 \pm 0,5)$  мм номінальне значення розривного навантаження – не менше 1470,9 Н, номінальне значення видовження при розтяганні – не менше 30 %.

### 2. Методика та обладнання

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

Вимірювання навантаження при розриві та видовження при розриві строп основного парашуту проводили не менше 10 разів в однакових умовах за положеннями Методики № 1 лабораторних випробувань по визначенню механічних характеристик текстильних матеріалів, які застосовані при виготовленні

десантної парашутної системи Д-5 серії 2.

Використовувалась машина розривна марки ИР 5047-50М2С, клас точності – 0,5 для діапазону вимірювань від 0,5 кН до 5 кН, похибка вимірювання (відтворення) – 0,29 %.

Елементарні проби (експериментальні зразки) перед дослідженнями були витримані на протязі 24 годин у вільному стані в нормальних кліматичних умовах: температура повітря  $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , відносна вологість повітря  $65\text{ \%} \pm 2\text{ \%}$ .

Процес вимірювання обох характеристик відбувався одночасно для кожного зразка, чисельні значення оброблялись апаратурним комплексом розривної машини та фіксувались на моніторі.

Масив емпіричних даних за результатами 250 вимірів був оброблений математико-статистичними методами пакету програм *Описова статистика* що входить в надбудову *Пакету Аналізу MS EXCEL*. Розраховували показники вибірки: середнє, медіана, дисперсія, ексцес, невизначеність (похибка) з вірогідністю 0,95.

### 3. Основні результати

При проведенні робіт були досліджені дві групи парашутних систем 1973 та 1974 років виготовлення, які зберігалися у різних військових частинах.

За результатами статистичної обробки експериментальних даних вимірювання навантаження при розриві та видовження при розриві строп основного парашуту побудовані криві розподілу густини ймовірності для кожної вибірки. Найбільш характерні з них для парашутів 1973 року виготовлення наведені на рис. 1 та рис.2 і для парашутів 1974 року виготовлення на рис. 3 та рис. 4. На основі первинних даних були обраховані статистичні характеристики, які наведені у табл. 1 та табл. 2 для парашутів 1973 року виготовлення і табл. 3 та табл. 4 для парашутів 1974 року виготовлення.

### 4. Обговорення результатів

Значення навантаження при розриві та видовження при розриві строп основного парашуту є технічною характеристикою шнурів, що виготовляється масово на промисловому обладнанні, тому очікувано криві розподілу у вибірках мають ознаки близькі до нормального, раніше такий самий висновок було зроблено і в роботі.

Як добре видно на рис. 1 – 4 загальною ознакою таких розподілів є сталий характер величин густини ймовірності у діапазоні 0,06 ... 0,08, це вказує, з одного боку, на у значній мірі стабільний стан полімеру і структури строп, з іншого боку, на незмінні умови проведення вимірювань.

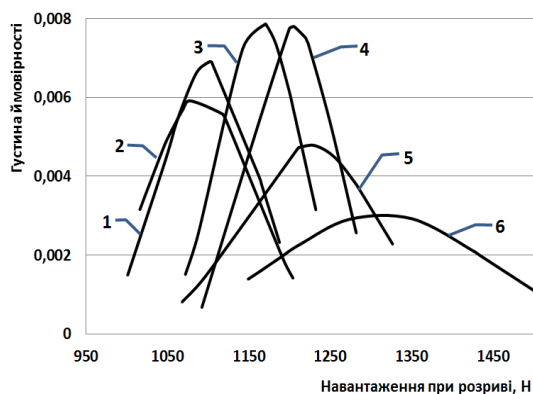


Рис 1. Графік залежності густини ймовірності від навантаження при розриві строп куполу основного парашута (1973 рік виготовлення):  
1 – № 7307212, 2 – № 7317206, 3 – № 7329301, 4 – № 7320301, 5 – № 7329215, 6 – № 7320110.

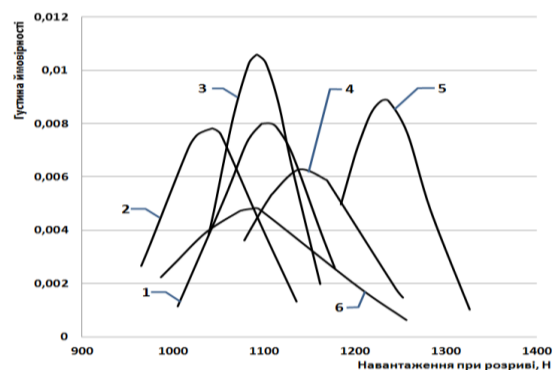


Рис 3. Графік залежності густини ймовірності від навантаження при розриві строп куполу основного парашута (1974 рік виготовлення):  
1 – № 7441012, 2 – № 7411015, 3 – № 7436617, 4 – № 7403508, 5 – № 7460413, 6 – № 7438208.

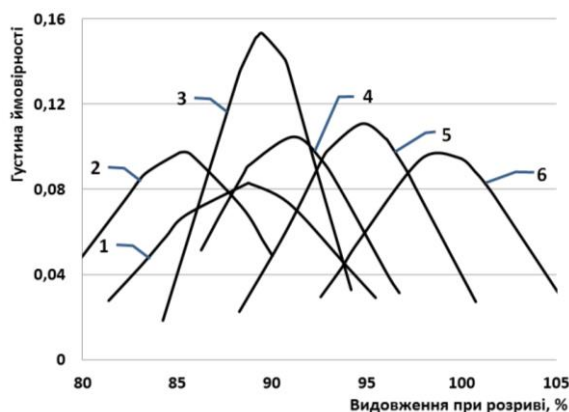


Рис 2. Графік залежності густини ймовірності від видовження при розриві строп куполу основного парашута (1973 рік виготовлення):  
1 – № 7329301, 2 – № 7317206, 3 – № 7318807, 4 – № 7320301, 5 – № 7320110, 6 – № 7307212

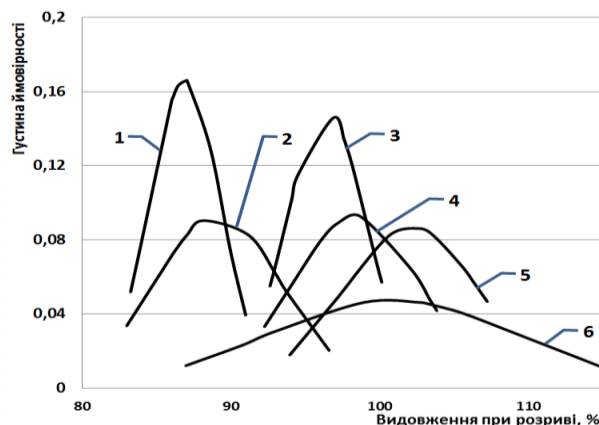


Рис 4. Графік залежності густини ймовірності від видовження при розриві строп куполу основного парашута (1974 рік виготовлення):  
1 – № 7436617, 2 – № 7414414, 3 – № 7409914, 4 – № 7403508, 5 – № 7460413, 6 – № 7414423

Таблиця 1

Статистичні характеристики результатів вимірювання значення розривного навантаження стропи куполу основного парашуту 1973 року виготовлення

№ з/п	Десантна парашутна система Д-5 серії 2	№ в/ч	Середнє значення, Н	Невизначеність, ± Н	Дисперсія вибірки, (Н) <sup>2</sup>	Ексцес	Медіана, Н
1	№ 7306722	A0281	1104,0	11,5	258,9	-0,5	1103,5
2	№ 7307212		1102,1	41,4	3344,1	-0,5	1102,3
3	№ 7317206		1091,3	47,4	4386,3	-0,6	1073,3
4	№ 7318807		1079,2	26,2	1343,3	-1,4	1066,5
5	№ 7320301		1205,3	36,6	2621,9	2,2	1212,3
Середнє значення за партію			1116,4	32,6	2390,9	–	–
6	№ 7329301	A0224	1163,6	36,0	2535,9	0,1	1172,5
7	№ 7329215		1224,8	59,6	6944,3	0,2	1243,5
Середнє значення за партію			1194,2	47,8	4740,1	–	–
8	№ 7320110	A2120	1312,9	93,8	17179,9	-1,8	1312,1
Середнє значення за партію			1312,9	93,8	17179,9	–	–
Середнє значення за партію за рік виготовлення			1160,4	58,1	8103,6	–	–

Таблиця 2

Статистичні характеристики результатів вимірювання значення видовження при розтяганні стропи куполу основного парашуту 1973 року виготовлення

№ з/п	Десантна парашутна система Д-5 серії 2	№ в/ч	Середнє значення, %	Невизначеність, ± %	Дисперсія вибірки, (%) <sup>2</sup>	Ексцес	Медіана, %
1	№ 7306722	A0281	88,9	1,7	5,0	-1,8	87,6
2	№ 7307212		98,9	2,9	16,9	-0,9	100,3
3	№ 7317206		85,2	3,1	16,6	0,9	85,1
4	№ 7318807		89,6	1,9	6,9	1,6	89,4
5	№ 7320301		90,8	2,8	14,8	-1,4	89,9
Середнє значення за партію			90,7	2,5	12,0	—	—
6	№ 7329301	A0224	88,5	3,5	23,5	-1,4	88,8
7	№ 7329215		82,4	1,9	5,5	1,3	82,5
Середнє значення за партію			85,5	2,7	14,5	—	—
8	№ 7320110	A2120	94,7	2,6	13,3	-0,1	95,4
Середнє значення за партію			94,7	2,6	13,3	—	—
Середнє значення за партію за рік виготовлення			90,3	2,6	13,3	—	—

Таблиця 3

Статистичні характеристики результатів вимірювання значення розривного навантаження стропи куполу основного парашуту 1974 року виготовлення

№ з/п	Десантна парашутна система Д-5 серії 2	№ в/ч	Середнє значення, Н	Невизначеність, ± Н	Дисперсія вибірки, (Н) <sup>2</sup>	Експес	Медіана, Н
1	№ 7414414	A0281	1152,4	36,4	2593,9	-0,1	1156,8
2	№ 7403508		1145,0	45,2	4000,5	-0,5	1123,3
3	№ 7402819		1141,9	44,3	3832,2	0,5	1135,9
4	№ 7414423		1144,9	49,5	4792,8	0,2	1121,9
Середнє значення за партію			1146,1	43,9	3804,9	—	—
5	№ 7403408	A0224	1205,5	60,7	7202,1	0,9	1188,5
6	№ 7403704		1187,4	50,9	5058,5	2,7	1168,8
Середнє значення за партію			1196,5	55,8	6130,3	—	—
7	№ 7459703	A2120	1277,6	37,9	2804,3	0,6	1271,2
8	№ 7460413		1232,9	32,1	2018,2	0,6	1223,1
9	№ 7414021		1127,8	53,8	5652,1	0,6	1145,2
10	№ 7411015		1039,8	36,4	2589,4	0,4	1043,2
Середнє значення за партію			1169,5	40,1	3266,0	—	—
11	№ 7441012	A1126	1103,1	35,5	2455,8	0,7	1103,1
12	№ 7436617		1092,8	27,0	1421,5	-0,1	1092,1
13	№ 7437601		1118,9	54,9	5900,2	0,5	1123,8
14	№ 7442112		1066,0	31,8	1978,2	1,1	1055,6
15	№ 7438208		1089,2	59,4	6892,0	0,8	1077,3
16	№ 7437514		1099,9	45,3	4014,1	-1,2	1080,9
Середнє значення за партію			1095,0	42,3	3777,0	—	—
17	№ 7409914	A0284	1206,6	40,6	3228,7	0,2	1202,5
Середнє значення за партію			1206,6	40,6	3228,7	—	—
Середнє значення за партію за рік виготовлення			1162,7	44,5	4041,4	—	—

Таблиця 4

Статистичні характеристики результатів вимірювання значення видовження при розтяганні стропи куполу основного парашуту 1974 року виготовлення

№ з/п	Десантна парашутна система Д-5 серії 2	№ в/ч	Середнє значення, %	Невизначеність, ± %	Дисперсія вибірки, (%) <sup>2</sup>	Експес	Медіана, %
1	2	3	4	5	6	7	8
1	№ 7414414	A0281	89,1	3,1	18,5	-0,8	87,6
2	№ 7403508		98,4	3,6	18,9	-1,5	97,9
3	№ 7402819			95,5	4,6	41,6	0,4
4	№ 7414423	100,8		6,0	71,1	-0,4	102,9
Середнє значення за партію			96,0	4,3	37,5	—	—
5	№ 7403408	A0224	95,5	3,7	26,5	0,5	94,4
6	№ 7403704		91,1	4,5	40,2	-1,1	91,2
Середнє значення за партію			93,3	4,1	33,4	—	—
7	№ 7459703	A2120	96,6	2,1	7,8	-1,7	96,1
8	№ 7460413		102,1	3,3	21,4	-1,0	103,1
9	№ 7414021		91,7	4,0	26,9	0,2	91,1
10	№ 7411015		90,5	2,3	10,2	-0,3	89,5
Середнє значення за партію			95,2	2,9	16,6	—	—
11	№ 7441012	A1126	86,3	2,8	15,6	-0,6	85,9
12	№ 7436617		86,9	1,7	5,8	-0,4	86,7
13	№ 7437601		92,7	1,6	3,8	-2,1	92,8
14	№ 7442112		84,4	2,9	15,9	-0,9	84,6
15	№ 7438208		85,0	3,0	17,4	0,9	85,0
16	№ 7437514		84,2	2,6	13,3	-0,1	84,8
Середнє значення за партію			86,6	2,4	12,0	—	—
17	№ 7409914	A0284	96,4	1,9	7,4	-1,5	97,2
Середнє значення за партію			96,4	1,9	7,4	—	—
Середнє значення за партію за рік виготовлення			93,5	3,1	21,4	—	—

Середнє вибірки вважається “доброю” (незміненою та ефективною) оцінкою математичного очікування випадкової величини. Середнє значення навантаження при розриві строп куполів парашутів різних років виготовлення знаходяться на одному рівні (див. табл. 1 та табл. 3). Різниця у часі виготовлення занадто мала у порівнянні з часом зберігання, тому найбільш ймовірним поясненням буде застосування однієї партії шнурів при виготовленні від одного виробника. Середнє значення по усіх вибірках розташовано в інтервалі (1160,4 – 1162,7) Н, що можна вважати притаманною функціональною характеристикою для цієї тканини. Слід нагадати, що ця величина значно поступається нормативному. На нашу думку, таке зниження відбувається за рахунок процесів природного старіння полімеру.

Середні значення видовження при розтяганні строп (див. табл. 2 та табл. 4) істотно не відрізняються за роками виготовлення, але таке співвідношення склалося штучно за рахунок вилучення хибних (статистично) значень у 3 вибірках для парашутів 1973 року виготовлення і 4 вибірках 1974 року виготовлення.

Значення медіани, зазвичай, краще ніж середнє значення відображає центральне значення. За цим показником навантаження при розриві строп (табл. 1) вибірки зміщені як у бік менших значень (4 випадки), тау і у бік більших значень (3 випадки). Для парашутів 1974 року виготовлення (табл. 3) вибірки у 12 випадках з 17 зміщені у бік менших значень, це свідчить про певну тенденцію у зміні показника міцності матеріалу строп.

Вибірки, що утворилися при вимірюванні видовження при розриві стропи (див. табл. 2 та табл. 4), розташовані хаотично без явної тенденції.

Ексцес відображає відносну складову частин вибірки відносно її центральної частини, тобто вказує на більшу або меншу “концентрацію” значень показника в околі його очікуваного (середнього) значення. Для парашутів 1973 року виготовлення (табл. 1 – 2) коефіцієнти ексцесу мають позитивні і негативні значення на відміну від даних для парашутів 1974 року виготовлення, (табл. 4) де вони мають переважно негативні значення. За партіями парашутів (місцями зберігання) такої кореляції не виявлено, але це вказує можливі зміни у самому процесі вимірювання.

Дисперсія і невизначеність пов'язані між собою математично, тому немає сенсу обговорювати їх окремо. Невизначеність (похибка) вимірювань навантаження при розриві для парашутів 1973 року виготовлення коливається у широких межах (див. табл. 1) і має велике середнє значення за рахунок аномальної вибірки для парашута № 7320110. Для парашутів 1974 року виготовлення (див. табл. 3) коливання теж значні, але враховуючи величину партії значення похибки та дисперсії можна вважати достовірними.

Загальний рівень невизначеності видовження при розтяганні строп за даними таблиці 2 (1973 рік виготовлення) незначно, але (1,2 рази) нижчий по відношенню до парашутів 1974 року виготовлення, і вони менш розпорошені у партіях парашутів. Це вказує на можливі зміни метрологічного характеру у процесі вимірювання, що негативно вплинуло на якість результатів.

Відносна похибка результатів вимірювання навантаження при розриві строп куполів парашутів 1973 року виготовлення склала  $\pm 5,0$  %, для парашутів 1974 року виготовлення –  $\pm 3,8$  %. Відносна похибка результатів вимірювання видовження при розриві строп куполів парашутів 1973 року виготовлення склала  $\pm 2,9$  %, для парашутів 1974 року виготовлення  $\pm 3,3$  %. З урахуванням того, що прилад для вимірювання має похибку  $\pm 0,29$  % за паспортом, яку можна вважати систематичною, переважний внесок у величину невизначеності мають похибки при організації самого процесу вимірювань. З іншого боку загальний рівень невизначеності є прийнятним для звичайних вимірювань у техніці.

## Висновки

1. Основними чинниками появи випадкових похибок у процесі вимірювання навантаження при розриві та видовження при розриві строп куполу основного парашуту є зовнішні фактори, обумовлені станом внутрішньої структури строп і умовами зберігання.

2. Для планування величини партії парашутних систем в аналогічних роботах по визначенню навантаження при розриві та видовження при розриві строп основного парашуту артикул ШКП-150 за ГОСТ 2297-9090 невизначеність приймати  $\pm 3,5$  %.

3. Середні значення навантаження при розриві строп куполу основного парашуту менше допустимих, це обмежить умови застосування парашутних систем.

## Література

1. *Sensor Module Based on the Wireless Sensor Network for the Dynamic Stress on the Flexible Object with Large Deformation [Text] / Jinhui Zhao, Yi Zhuang, Jingjing Gu, Yan Xu, Jian Sun // Journal of Sensors. – 2016. – Vol. 2016. – Article Id. 1368309. – 11 p. DOI: 10.1155/2016/1368309.*

2. *Egglesstone, G. T. Age life prediction of nylon 66 parachute materials. Part -1. Mechanical properties. Department of defence. Defence science and technology organization. Materials research laboratories [Text] / G. T. Egglesstone, G. A. George. – Melbourne : Victoria, 1984. – 31 p.*

3. *Сила, І. М. Експериментальне визначення стану текстильних матеріалів десантної парашутної системи Д-5 серії 2 після тривалого зберігання Повідомлення 1. Фактичний стан міцності текстильних матеріалів основного парашуту [Текст] / І. М. Сила // Авіаційно-космічна техніка і технологія. – 2021. – № 2(170) – С. 4-11. DOI: 10.32620/aktt.2021.2.01.*

## References

1. Zhao, Jinhui., Zhuang, Yi., Gu, Jingjing., Xu, Yan., Sun, Jian. Sensor Module Based on the Wireless Sensor Network for the Dynamic Stress on the Flexible Object with Large Deformation. *Journal of Sensors*, 2016, vol. 2016. 11 p. DOI: 10.1155/2016/1368309.

2. Egglesstone, G. T., George, G. A. Age life prediction of nylon 66 parachute materials. Part -1. Mechanical properties. Department of defence. Defence science and technology organization. Materials research laboratories. Melbourne, Victoria Publ., 1984. 31 p.

3. Syl'a, I. M. Eksperymental'ne vyznachennya stanu tekstyl'nykh materialiv desantnoyi parashutnoyi systemy D-5 seriyi 2 pislya tryvalooho zberihannya Pov'idomlennya 1. Faktychnyy stan mitsnosti tekstyl'nykh materialiv osnovnoho parashutu [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]. *Aviacijno-kosmicna tehnika i tehnologija – Aerospace technic and technology*, 2021, no. 2(170), pp. 4-11. DOI: 10.32620/aktt.2021.2.01.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ  
ДЕСАНТНОЙ ПАРАШУТНОЙ СИСТЕМЫ Д-5 СЕРИИ 2 ПОСЛЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ХРАНЕНИЯ.  
СООБЩЕНИЕ 2. СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЯ  
ПОКАЗАТЕЛЕЙ СТРОП ОСНОВНОГО ПАРАШУТА**

*А. А. Королев, И. М. Сила, В. В. Гейко, О. И. Сизая*

Предметом изучения в статье является анализ массива экспериментальных данных по нагрузке и удлинению при разрыве строп основного парашюта десантных парашютных систем Д-5 серий 2 1973 и 1974 годов изготовления после их длительного хранения с нулевым (неисчерпаемым) ресурсом. Целью статьи является попытка на основе статистического анализа результатов измерений определить соотношение влияния внешних факторов, связанных с природными факторами старения полимеров, и внутренних, обусловленных погрешностями в процессе измерения. Задание: определить степень влияния внутренних и внешних факторов на процесс и результат измерения показателей. Использовались следующие методы и оборудование. Усовершенствованная методика отбора точечных проб изучаемых образцов десантных парашютных систем Д-5 серий 2 для проведения лабораторных исследований по определению нагрузки при разрыве и удлинении при разрыве строп основного парашюта. Измерения производились на машине разрывной марки ИП 5047-50М2С, класс точности – 0,5 для диапазона измерений от 0,5 кН до 5 кН. Объем партии составил 25 парашютных систем, всего 250 элементарных проб. Массив эмпирических данных был обработан математико-статистическими методами пакета программ. Получены следующие результаты. Относительная погрешность результатов измерения нагрузки при разрыве строп куполов парашютов 1973 изготовления составила  $\pm 5,0\%$ , для парашютов 1974 изготовления –  $\pm 3,8\%$ . Относительная погрешность результатов измерения удлинения при разрыве строп куполов парашютов 1973 изготовления составила  $\pm 2,9\%$ , для парашютов 1974 изготовления  $\pm 3,3\%$ . С учетом того, что прибор для измерения имеет погрешность  $\pm 0,29\%$  по паспорту, которую можно считать систематической, общий уровень неопределенности приемлем для обычных измерений в технике. Выводы. Основными факторами появления случайных погрешностей при измерении нагрузки при разрыве и удлинении при разрыве строп основного парашюта являются внешние факторы, обусловленные состоянием структуры шнура и изменениями во внутреннем строении полимера.

**Ключевые слова:** стропа; статистика; анализ; парашют.

**EXPERIMENTAL DETERMINATION OF THE STATE OF TEXTILE MATERIALS  
OF THE D-5 SERIES 2 AIRCRAFT PARACHUTE SYSTEM AFTER LONG-TERM STORAGE.  
MESSAGE 2. STATISTICAL CHARACTERISTICS OF THE RESULTS OF MEASURING  
THE INDEXES OF THE MAIN PARACHUTE LINES**

*A. Korolev, I. Sylva, V. Heiko, O. Sizaya*

The subject of the article is the analysis of the array of experimental data of loading and elongation at break of the slings of the main parachute landing parachute systems D-5 series 2 1973 and 1974 years of manufacture after long-term storage with zero (inexhaustible) resource. The current article attempts to determine the ratio of external factors related to the natural factors of aging of polymers, and internal, due to errors in the measurement process, based on statistical analysis of measurement results. Objective: to determine the degree of influence of internal and external factors on the process and result of measuring indicators. The following methods and equipment were used. An improved method of spot sampling of the samples under study of landing parachute systems D-5 series 2 for laboratory studies to determine the load at break and elongation at break of the slings of the main parachute. Measurements were performed on a machine of bursting brand ИП 5047-50М2С, accuracy class - 0.5 for the measurement range from 0.5 kN to 5 kN. The volume of the party was 25 parachute systems, only 250 elementary tests. The array of empirical data was processed by mathematical and statistical methods of the software package Descriptive statistics on the add-on of MS EXCEL Analysis Package. The following results were obtained. The relative error of the results of load measurement when breaking the slings of the domes of parachutes of 1973 production was  $\pm 5.0\%$ , for parachutes of 1974 production –  $\pm 3.8\%$ . The relative error of the results of measuring the elongation at the break of the slings of the domes of parachutes of 1973 manufacture was  $\pm 2.9\%$ , for parachutes of 1974 manufacture  $\pm 3.3\%$ . Given that the measuring instrument has an error of  $\pm 0.29\%$  in the passport, which can be considered systematic, the overall level of uncertainty is acceptable for conventional measurements in engineering. Conclusions. The main factors of accidental errors in the process of measuring the load at break and elongation at break of the slings of the main parachute are external factors due to the state of the cord structure and changes in the internal structure of the polymer.

**Keywords:** sling; statistics; analysis; parachute.

**Корольов Олександр Олександрович** – канд. техн. наук, доцент, провідний науковий співробітник науково-дослідного відділу випробувань озброєння та військової (спеціальної) техніки десантно-штурмових військ та сил спеціальних операцій Державного науково-дослідного інституту випробувань та сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна.

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

**Гейко Вадим Васильович** – начальник науково-дослідної лабораторії випробувань повітряно-десантної техніки, парашутно-десантного та аварійно-рятувального майна пошуково-рятувальних служб авіації науково-дослідного відділу випробувань озброєння та військової (спеціальної) техніки Десантно-штурмових військ та Сил спеціальних операцій Державного науково-дослідного та сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна.

**Сиза Ольга Іллівна** – д-р техн. наук, професор, професор кафедри хімії, технологій та фармації Національного університету "Чернігівський колегіум" імені Т. Г. Шевченка, Чернігів, Україна.

**Alexander Korolev** – Ph.D. in Technical Sciences, associate professor, leading research worker 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, Chernihiv, Ukraine,

ORCID: 0000-0002-1098-2007, Scopus Author ID: 24331876400.

**Ihor Sylva** – 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, Chernihiv, Ukraine,  
e-mail: desant1988@ukr.net, ORCID: 0000-0002-8029-6598.

**Vadym Heiko** – Head of the Research Laboratory for Testing of Airborne Equipment, Parachute and Rescue and Rescue Property of Aviation Search and Rescue Services of the Research Department of Arms Testing and Military (Special) Equipment of Airborne Assault Troops and Special Research Forces armaments and military equipment, Chernihiv, Ukraine,  
e-mail: gvvadim@ukr.net, ORCID: 0000-0003-0981-5794.

**Olga Sizaya** – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of Department Chemistry, Technology and Pharmacy of the T.H. Shevchenko National University «Chernihiv Colehium», Chernihiv, Ukraine,  
e-mail: syza7@ukr.net, ORCID: 0000-0003-4624-9656, ResearcherID: H-1156-2016, Scopus Author ID: 660239862.