

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОСТАТОЧНОЙ ПРОЧНОСТИ ТКАНЕВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПАРАШЮТНЫХ СИСТЕМ**

В настоящее время перед эксплуатантами стоит вопрос о возможности продления сроков безопасного использования объектов авиационной техники, исчерпавших заданный производителями ресурс. К таким объектам относятся спасательные, десантные, спортивно-тренировочные парашютные системы, находящиеся в эксплуатации в подразделениях Воздушных сил Украины и Общества содействия обороны Украины. Воздействие различных неблагоприятных факторов на элементы конструкции парашютных систем при их длительном использовании или хранении приводит к ухудшению упругих и механических характеристик конструкционных парашютных материалов и, как результат, к уменьшению прочности [1, 2].

Решение о продлении срока эксплуатации изделий, исчерпавших свой ресурс, может быть принято только после экспериментального определения остаточной прочности материалов элементов конструкции и определения тактико-технических характеристик парашютных систем в лётных испытаниях

Экспериментальное определение прочностных характеристик конструктивных элементов, изготовленных из тканевых материалов, отличается от испытаний металлических образцов. К таким тканевым конструктивным элементам относятся обшивки лёгких самолётов, ткани куполов парашютов, тканевые укрепляющие ленты, шнуры подвесных строп парашюта, ленты подвесной системы.

Методы определения остаточной прочности обшивок лёгких самолётов были разработаны в Проблемной научно-исследовательской лаборатории прочности и надёжности авиаконструкций (ПНИЛ «Прочность»). Итогом работ явилось создание документа «Методика определения пригодности тканевых обшивок самолётов, планеров, дельтапланов к эксплуатации». Методика одобрена и утверждена Государственной авиационной администрацией в 2010 году и рекомендована к использованию при продлении ресурса обшивок лёгких самолётов.

Необходимость исследования остаточной прочности парашютных тканевых элементов привела к разработке методов экспериментального определения прочностных характеристик и к проектированию, изготовлению и модификации существующих приспособлений для проведения экспериментов, что вызвано особенностями геометрических и прочностных характеристик образцов тканевых элементов парашюта.

Основными параметрами, характеризующими остаточную прочность тканевых элементов конструкции, являются:

- разрывное усилие стандартного образца;
- относительное удлинение образца при разрыве;
- диаграмма зависимости  $P-\Delta l$ .

Таким образом, при разработке методов экспериментального определения остаточной прочности парашютных тканевых (текстильных) материалов необходимо найти решения ряда задач, а также провести апробацию этих решений. К этим задачам относятся:

- разработка методов изготовления и подготовки образцов исследуемых материалов;

- разработка, изготовление и экспериментальная проверка приспособлений для закрепления образцов различных материалов в штатных захватах разрывной машины. Необходимо обеспечить закрепления без повреждения и проскальзывания образцов тонких капроновых тканей купола парашюта, образцов технических капроновых лент различной ширины и прочности, образцов высокопрочных технических лент малой ширины большой прочности из нитей СВМ, образцов капроновых шнуров (стропы парашюта):

- разработка методов проведения испытаний и обработки результатов экспериментов;

- разработка форм протоколов и таблиц результатов проверки прочности;

- проведение экспериментальной проверки методов на примере испытаний на прочность элементов конструкции, например, парашюта С-5к после длительного хранения, с использованием модернизированной испытательной машины ZD-10/90.

## **1. Методы испытаний**

### *1.1 Отбор и подготовка образцов*

Каждый клин купола парашюта предварительно размечают так, чтобы образцы (пять по основе и пять по утку) для определения разрывного усилия не являлись продолжением друг друга и находились на некотором расстоянии от края клина.

Расположение нитей основы и утка тканей, например в куполе осесимметричного парашюта, по направлениям соответственно радиальных и кольцевых лент силового каркаса вызывает неравномерное распределение напряжений, особенно в радиальном направлении, достигая своего максимального значения в районе полюса. Использование же косоугольного края ткани приводит, с одной стороны, к снижению уровня максимальных напряжений в радиальном направлении в куполе, а с другой – к их выравниванию.

В зависимости от типа и назначения парашюта купол может быть изготовлен из клиньев с разными углами кроя. Поэтому определение направления основы и утка клина перед разметкой образцов является обязательным этапом этих работ.

Ширина образца в виде полоски должна быть 60 мм. Длина определяется рабочей длиной 200 мм плюс две длины зажимов и свободных концов 10...15 мм. В нашем случае длина образца составляет 400 мм.

Из этого образца для получения рабочей ширины 50 мм нити продольных направлений удаляют симметрично с обеих сторон до тех пор, пока ширина, несущая нагрузку, не станет равной 50 мм. Такой тип образцов обозначается 2R-50 мм – испытание растрепанной ленты [4, 5].

На рис. 1 показаны образцы (растрепанная лента), вырезанные из клина полотнища (2,3) и из клина 1 (1,4) VII сектора парашюта.



Рисунок 1 – Образцы – растрепанная лента

### *1.2 Испытательное оборудование*

В ПНИЛ «Прочность» для исследования прочности материалов была использована машина ZD10/90 №R 84/79 для испытания на растяжение-сжатие (рис. 2).

Для записи диаграммы сила – деформация используется электронная система, обеспечивающая связь испытательной машины с ПЭВМ с выводом диаграммы сила – перемещение на монитор (рис. 3).

Для закрепления испытуемых тканевых образцов в штатных клиновидных зажимах используются переходные «щечки», которые служат для закрепления тканевых образцов без повреждения и предотвращают проскальзывание образцов при их нагружении. В случае необходимости для предотвращения проскальзывания узких высокопрочных лент устанавливаются дополнительные цилиндрические опоры или наносятся специальные покрытия, увеличивающие силы

трения. На рис. 4 показаны: а – общий вид зажимов, б – зажимы с образцом – растрепанная лента и с лентой ЛТКП-15-185



Рисунок 2 – Испытательная машина ZD10/90

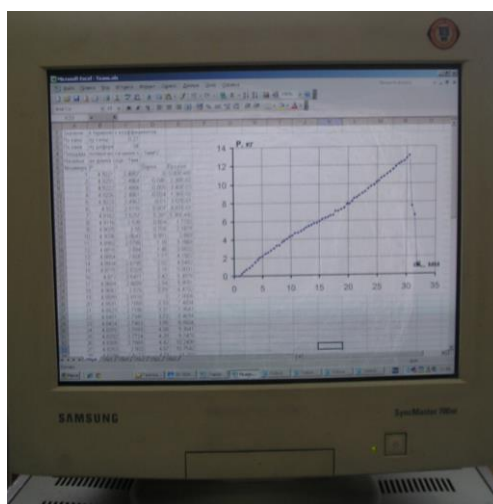


Рисунок 3 – Изображение на экране монитора графика «сила – деформация» образца парашютной ткани

### *1.3 Методика проведения испытаний*

Шкала нагрузок на разрывной машине подобрана так, чтобы средняя разрывная нагрузка образца находилась в пределах от 20 до 80 % максимального значения шкалы.

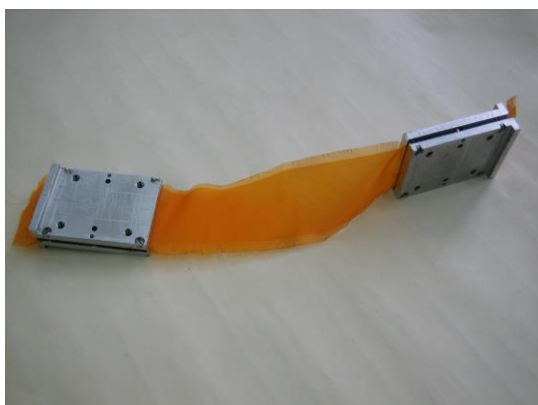
Образец закрепляют в переходных щечках и устанавливают в штатные клиновидные зажимы машины для испытания на растяжение. Создают предварительное натяжение в зависимости от плотности ткани или натяжение, равное  $(1 \pm 0,25)\%$  от предполагаемой прочности на разрыв, обеспечивая рабочую длину 200 мм. На рис. 5 показаны образцы деталей парашюта, ленты и стропы, установленные в зажимы

машины для испытания на растяжение: а – растрепанная лента, ткань 56011П; б – лента техническая ЛТКП-25-150.

При необходимости проводят предварительные испытания для определения среднего времени до разрыва, в соответствии с требованиями регламентирующих документов [4, 5].



а



б

Рисунок 4 – Зажимы, переходные "щечки"



а



б

Рисунок 5 – Образцы деталей парашюта, установленные в машине для испытаний на растяжение

Образец нагружают с постоянной скоростью до разрушения, фиксируя максимальную силу разрыва, время нагружения до разрыва и удлинение образца.

Удлинение образца определяют по линейке для измерения перемещений и с помощью электронной системы с выводом графика «сила – деформация» на монитор ПЭВМ.

#### 1.4 Обработка результатов

Для каждой группы образцов, испытанных в продольном и поперечном направлениях (в направлении основы и утка ткани), определяют следующие параметры:

- среднюю разрывную нагрузку:

$$\bar{P} = \frac{\sum P_i}{n},$$

где  $\sum P_i$  – сумма значений усилий разрыва, Н;

$n$  – количество образцов, испытанных в каждом направлении;

- относительное удлинение при разрыве отдельных образцов, %

$$\varepsilon_i = \frac{100 \cdot \Delta l}{L},$$

где  $\Delta l$  – регистрируемое удлинение при разрыве, мм;

$L$  – рабочая длина образца, мм;

- среднее относительное удлинение при разрыве, %

$$\bar{\varepsilon} = \frac{\sum \varepsilon_i}{n}.$$

## 2. Проверка и отработка методов исследования прочности материалов парашютных систем

Сотрудниками ПНИЛ «Прочность» были проведены работы по отработке методов определения остаточной прочности элементов парашютных систем.

Авиационным Регистром Украины Государственного департамента авиационного транспорта, решением ДП-01/95 от 24.05.1995 г. делегированы полномочия ПНИЛ «Прочность» на проведение сертификационных работ и экспертиз в целях определения соответствия воздушных судов требованиям прочности, которые регламентированы:

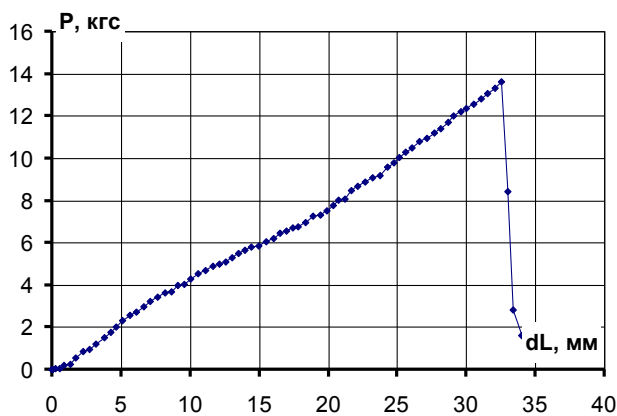
- авиационными правилами Украины, часть 23, раздел С и D;

- нормами летной годности JAR – VLA, разделы C и D.

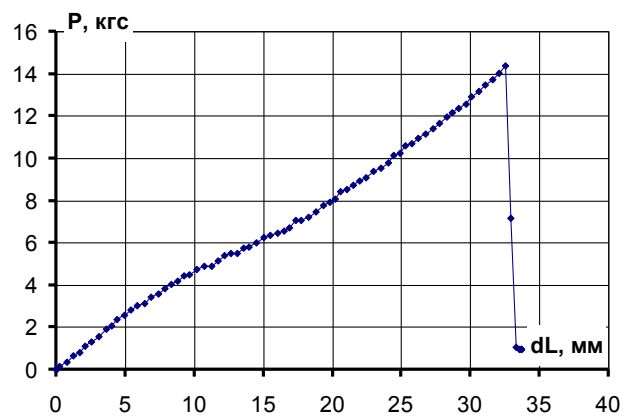
В качестве объекта исследования использован спасательный парашют С-5К №7401328, изготовленный в феврале 1974 года. Проходил соответствующее техническое обслуживание до марта 1984 г. в в/ч 62490. В апреле 1984 г. передан НИИ ПФМ «ХАИ», где хранился на складе до декабря 2015 г. В декабре 2015 г. передан ПНИЛ «Прочность».

При отработке методов исследования прочности тканевых элементов купола парашюта С-5К были использованы документы, в соответствии с требованиями которых проведены испытания и оформлена отчетная документация [3 – 7].

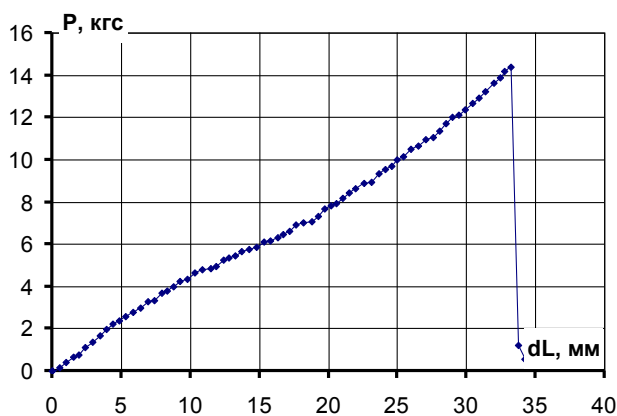
Результаты испытаний на прочность образцов ткани упрочняющих лент и строп парашюта С-5к приведены в сводных таблицах (табл. 1, 2), протоколах испытаний и графиках (рис. 6), формы которых рекомендованы при оформлении отчетов о проведенных испытаниях.



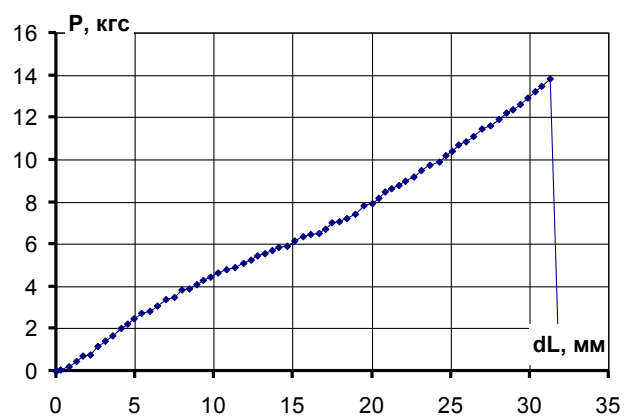
Образец 1



Образец 2



Образец 3



Образец 4

Рисунок 6 – Графики зависимости "сила – перемещение"

## ПРОТОКОЛ № 1

**Испытания:** Образцов ткани арт. 56011П, 50x200, отрезанная полоска

**На случай:** Растяжения. Разрывная машина ZD10/90, №84/19

**Присутствовали:** Миронов К.В., Пинчук Д.А., Мандзюк С.Ф.

**Испытано:** 15 января 2016 г. в соответствии с ГОСТ 3813-72 (ИСО 5081-77, ИСО 5082-82)

**Расчетные нагрузки** – до разрушения.

Образцы вырезаны из клина полотнища в двух взаимноперпендикулярных направлениях между 26 и 27 стропами VIII сектора парашюта С-5К, №7401328.

Номер образца	Нагрузка $P_{\text{разр}}$ , кгс	Удлинение, %	Наблюдения	Средние значения результатов
			поперечные	
1	17.0	19.0		$P_{\text{разр}}=137.6 \text{ Н}$ Удл. = 15 %
2	15.0	8.0		
3	13.5	15.0		
4	13.0	14.0		
5	14.0	16.0		
6	13.7	15.0		
7	16.0	15.0		
			продольные	
1	13.0	16.0		$P_{\text{разр}}=136.2 \text{ Н}$ Удл. = 16.8 %
2	13.5	17.0		
3	14.5	17.0		
4	15.0	18.0		
5	13.7	16.0		

**Испытания проводили:** Мандзюк С.Ф.      Миронов К.В.      Пинчук Д.А.

**Заведующий лабораторией:** Пинчук Д.А.

**Научный руководитель лаборатории**

**заведующий кафедрой 102, профессор:** Фомичев П.А.



**Сводная таблица № 1 средних значений результатов испытаний на прочность образцов ткани,  
вырезанных из купола парашюта С-5к после хранения в течение 40 лет**

№ п/п	Наименование	Артикул	Тип образца	Разрушающая нагрузка, Н		Удлинение при разрыве, %		Справочные данные [6]				Примечание
				вдоль	поперек	вдоль	поперек	Разрушающая нагрузка, Н		Удлинение при разрыве, %		
								вдоль	поперек	вдоль	поперек	
1	Ткань техническая капроновая отваренная, коландрированная и пропитанная противоожоговой пропиткой	56011П (белая)	Отрезанная полоска 50x100 (2с-50)	136,22	137,6	6,8	15	215,6	245,0	20	20	Седьмой сектор, клин полотнища между 26 и 27 стропами белого цвета
2	Ткань капроновая отваренная и пропитанная противоожоговой пропиткой	56002П (оранж.)	Отрезанная полоска 50x100 (2с-50)	358,48	414,54	35,9	26,7	421,4	421,4	23	23	Седьмой сектор, первый клин между 25 и 26 стропами оранжевого цвета
3	Ткань техническая капроновая отваренная, коландрированная и пропитанная противоожоговой пропиткой	56011П (белая)	Растрепанная лента 50x200 (2R-50)	141,12	-	16,58	-	215,6	245,0	20	20	Седьмой сектор, клин полотнища между 25 и 26 стропами белого цвета
4	Ткань капроновая отваренная и пропитанная противоожоговой пропиткой	56002П (оранж.)	Растрепанная лента 50x200 (2R-50)	368,18	-	26,7	-	421,4	421,4	23	23	Седьмой сектор, первый клин между 25 и 26 стропами оранжевого цвета

**Сводная таблица № 2 средних значений результатов испытаний на прочность образцов лент и шнуров,  
вырезанных из купола парашюта С-5к после хранения в течение 40 лет**

№ п/п	Наименование	Артикул	Тип образца	Разрушающая нагрузка, Н	Удлинение при разрыве, %	Справочные данные [4]		Примечания
						Разрушающая нагрузка, Н	Удлинение при разрыве, %	
1	Лента техническая капроновая, обработанная противожоговой пропиткой	ЛТКП-15-185	Лента 15x200	1680,7	33,5	1815,0	25-40	Радиальный каркас
2	Лента техническая капроновая, обработанная противожоговой пропиткой	ЛТКП-25-150	Лента 25x200	1195,0	30	1472	20-40	Стяжка против каждой стропы
3	Лента техническая капроновая, обработанная противожоговой пропиткой	ЛТКП-25-100	Лента 25x200	994,7	26,4	981	18-30	Усиление кромок щелей
4	Шнур технический капроновый	ШКП-200	Шнур 5x200	1862	-	1960	30	Со склада

## Выводы

1. Разработаны и экспериментально проверены методы проведения испытаний на прочность тканевых элементов конструкции купола парашюта в соответствии с требованиями регламентирующих документов в целях определения остаточной прочности.

2. Разработаны, изготовлены и апробированы приспособления для определения разрывных характеристик элементов парашюта.

3. Испытания, проведенные с тканевыми элементами конструкции парашюта С-5К (срок хранения – более 40 лет), показали снижение прочностных характеристик от 12 до 43%.

## Список использованных источников

1. Лялин В.В. Парашютные системы: Проблемы и методы их решения. [Текст] / В.В. Лялин, В.И. Морозов, А.П. Пономарев – М. ФИЗМАЛИТ, 2009. – 576 с.

2. Лобанов Н.А. Основы теории и расчета парашютов [Текст]. Н.А. Лобанов. – М.; Л.: Авиаиздат. 1936 – 160 с.

3. Методика определения пригодности тканевых обшивок самолетов, планеров, дельтапланов к эксплуатации. [Текст] / Нац. аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»; руководитель Фомичев П.А., исполнители – Пинчук Д.А., Миронов К.В., – Х., 2010. – 23с.

4. D5035-06. Стандартный метод испытаний на усилия разрыва и удлинение текстильных тканей. Введ. 1.10.2008г. Изд. Стандарты Американского общества по испытанию материалов (ASTM) – 15 с. Перевод с англ.

5. Межгосударственный стандарт ГОСТ 3813-72 (международный стандарт АСО5081). Материалы текстильные. Ткани и штучные изделия. Методы определения разрывных характеристик при растяжении. Введ. 1.04.1974г. – М: Изд-во стандартов. – 20 с.

6. Справочник физико-механических показателей парашютно-текстильных материалов №14329-76, 1981г. (Утвержден Руководителем предприятия п/я А-7977 О.В. Рысевым 25.09.1981г.)

7. Справочник инструктора-парашютиста [Текст] / В.А. Смирнов. – М.: Изд. ДОСААФ СССР, 1989г.

*Поступила в редакцию 28.04.2016.*

*Рецензент: д-р техн. наук, проф. П.А. Фомичев,  
Национальный аэрокосмический университет  
им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», г. Харьков.*