

К. В. МИРОНОВ, Е. Ф. КУЧЕРЯВЫЙ*Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТАТОЧНОЙ ПРОЧНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ ПАРАШЮТОВ, ИСЧЕРПАВШИХ ЗАДАННЫЙ СРОК ЭКСПЛУАТАЦИИ

Для принятия решения об определении сроков безопасной эксплуатации парашютных систем, исчерпавших заданный ресурс, необходимо знать параметры их фактического технического состояния. Рассмотрены экспериментальные разрушающие методы определения параметров остаточной прочности: разрывного усилия и относительных деформаций при разрыве стандартных образцов. К элементам конструкции парашюта, подлежащим исследованию, относятся ткани купола парашюта, укрепляющие ленты каркаса, стропы, ремни подвесной системы. Для обеспечения выполнения требований, предъявляемых регламентирующими документами к проведению экспериментов с текстильными материалами, разработаны, сконструированы, изготовлены и экспериментально опробованы специализированные приспособления, обеспечивающие проведение прочностных экспериментов на универсальной разрывной машине, предназначенной для работы с образцами металлических материалов. Необходимость создания специализированных приспособлений и устройств вызвана широким диапазоном разрывных усилий (от десятков до нескольких тысяч ньютонов), а также спецификой синтетических текстильных материалов элементов конструкции парашюта. Разработан комплекс приспособлений, обеспечивающих требуемые условия проведения экспериментов на разрыв образцов текстильных материалов. Созданные приспособления обеспечивают достаточное усилие сжатия образца в зажимах без проскальзывания и без нарушения целостности контактных поверхностей исследуемых синтетических текстильных материалов. Обеспечение достаточного сжатия образца в зажимных устройствах разрывной машины обеспечивается специальными переходными прокладками и способами создания сжимающего образца усилия. Созданы сжимающие устройства и приспособления для проведения экспериментов с малопрочными образцами ткани купола, со среднечными укрепляющими каркас лентами, стропами и высокопрочными ремнями подвесной системы. Для ускорения подготовки образцов к испытанию созданы приспособления, обеспечивающие требуемую длину рабочей части образца и закрепление его без перекосов. Разработан универсальный измеритель деформаций для определения изменения длины рабочего участка образца в 100 мм. Установка измерителя на исследуемом образце позволяет производить измерения перемещений вплоть до разрыва. Закрепление измерителя на образце производится при помощи пружинных зажимов. Разработанные приспособления опробованы при экспериментах с сотнями образцов элементов конструкции 3-х парашютов.

Ключевые слова: парашют; эксперимент; прочность; деформации; текстильные образцы.

Введение

Многие технические изделия как иностранного, так и отечественного производства исчерпали свои сроки использования (эксплуатации), назначенные проектировщиками и изготовителями. Поставлен вопрос о возможности продления сроков безопасной их эксплуатации. К таким техническим изделиям относятся парашютно-десантные, а также парашютно-спасательные системы.

Продление сроков эксплуатации парашютных систем, исчерпавших назначенный изготовителем ресурс, возможно при условии корректной оценки их конечного технического состояния. Оценке подлжит, в основном, остаточная прочность тканевых

(текстильных) элементов конструкции, которые являются основными, воспринимающими эксплуатационные нагрузки при десантировании. Кроме разрывного усилия важно знать относительное удлинение при разрыве. Тканевые элементы конструкции парашютов изготавливают в основном из синтетических материалов, на прочность которых оказывают влияние условия эксплуатации, вес груза, количество десантирований, время и условия хранения парашютных систем. Таким образом, для десантных парашютов основным фактором снижения прочностных характеристик может быть количество десантирований, а для запасных и спасательных парашютов – сроки эксплуатации и условия хранения.

Основными характеристиками прочности тка-

невых элементов являются разрывное усилие стандартного образца и его относительное удлинение при разрыве. По степени снижения этих параметров можно судить о действительном техническом состоянии конструкции и о возможности продления сроков эксплуатации или изменения условий использования парашюта (снижение скорости десантирования и снижение веса груза) [1, 2].

Разработка методики экспериментального определения параметров технического состояния текстильных элементов парашютных систем, проектирование, изготовление и опробование необходимого оборудования и приспособлений выполнено в ПНИИ «Прочность» при кафедре прочности летательных аппаратов Национального Аэрокосмического Университета (ХАИ) [3].

Особенности прочностных испытаний образцов текстильных материалов

Определение остаточной прочности элементов конструкции парашюта производилось на разрывной машине ZD10/90, предназначенной для работы с металлическими материалами. Эксперименты по определению остаточной прочности текстильных элементов конструкции парашютов, исчерпавших назначенный срок их эксплуатации, проводятся в соответствии с требованиями ГОСТов, стандартов, методик, инструкций [4 – 7].

Эти регламентирующие документы описывают наиболее общие требования, предъявленные к проведению прочностных экспериментов с тканевыми образцами. При проведении прочностных экспериментов с элементами конструкции парашютов необходимо согласовывать общие требования к проведению экспериментов с особенностями конструкции исследуемых изделий и применяемых разрывных машин.

К особенностям проведения экспериментов с образцами конструкции парашюта необходимо отнести:

1. Очень широкий диапазон разрывных усилий. От 10-15 кгс до 2000 кгс, что требует применения универсальных разрывных машин с широким диапазоном шкал измерения усилий.

2. Относительно непрочная структура поверхности текстильных (тканевых) образцов в месте закрепления в зажимных устройствах, что затрудняет применение штатных устройств, предназначенных для металлических образцов.

3. Разнообразие видов испытуемых образцов (ткань купола, укрепляющие ленты, стропы, ремни подвесной системы) [9].

4. Относительные деформации испытуемых текстильных образцов велики и достигают 20-40%.

Закрепление текстильных образцов в зажимах разрывной машины

При определении разрывных усилий тканевых (текстильных) образцов была использована разрывная машина ZD10/90 с максимальным разрывным усилием 10 тонн, которая оборудована штатными клиновидными захватами, сжатие образца в которых тем больше, чем выше разрывное усилие. Рабочие поверхности зажимов выполнены в виде рифленых стальных пластин. Эти зажимы эффективны при закреплении металлических образцов и совершенно не пригодны при работе с текстильными материалами. Разрывное усилие тканевых образцов купола парашютов, исчерпавших срок эксплуатации, невелико и совершенно недостаточно для создания необходимого сжимающего усилия клиновидных захватов испытательной машины. Кроме того, стальные рифленые поверхности клиновидных захватов деформируют и повреждают относительно непрочные поверхности образца, что приводит к разрушению образца в зажимных устройствах. Таким образом, использование штатных зажимов с металлическими рифлеными поверхностями при закреплении текстильных образцов недопустимо. При небольших разрывных усилиях их применение приводит к проскальзыванию образца, а при увеличении силы растяжения - к разрушению в зажимах. Во избежание контакта тканевых образцов с металлическими рифлеными поверхностями были использованы переходные зажимы, в которых помещался образец. Образцы зажимали в переходных зажимах через прокладку, которые обеспечивают достаточные силы трения, препятствующие выскальзыванию образцов из зажимов и не нарушают структуру ткани образца в местах закрепления [4 – 6]. Сами зажимы, с установленными в них образцами, сжимали или винтами, или пружинными скобами и помещали в штатные клиновидные захваты разрывной машины. Для примера на рисунках 1, 2, 3 показаны переходники такого типа.

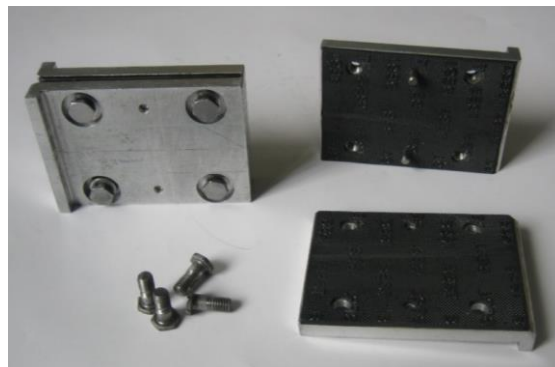


Рис. 1. Переходные колодки с резиновыми прокладками



Рис. 2. Установка образца ленты в зажимные приспособления

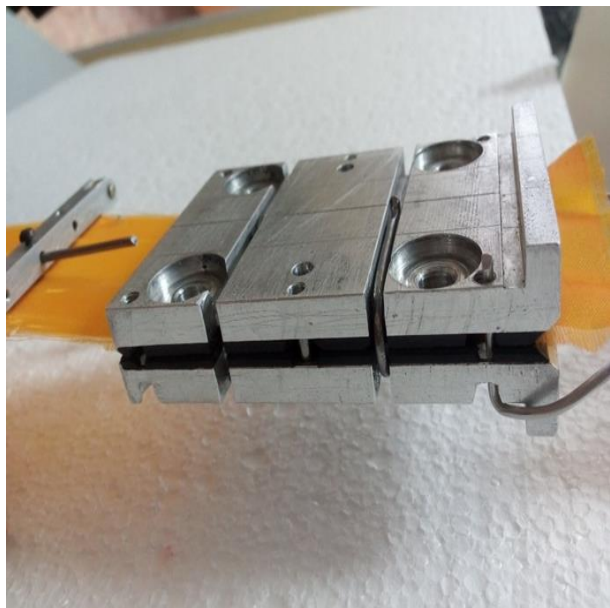


Рис. 3. Переходные колодки, сжатые проволочными скобами

Наибольшие сложности вызвал выбор переходных прокладок для установки в переходных щечках образцов ткани купола парашюта с малыми разрывными усилиями. Необходимо было обеспечить достаточную величину силы трения, препятствующую выскальзыванию образца из захватов без его разрушения в зажимных устройствах. Регламентирующие документы разрешают закреплять образцы в захватах машины через переходные прокладки [5]. Основные требования к этим прокладкам – отсутствие влияния на величину разрывного усилия и неповреждаемость образца в местах зажима. Для предотвращения выскальзывания тканевого образца из захватов необходимо обеспечить необходимую величину силы трения между тканью образца и поверхностью зажимных устройств. Это усилие трения тем выше, чем выше сила, сжимающая образец. От величины этих сжимающих сил зависит неповреждаемость и целостность самого образца, что значительно влияет на величину разрывного усилия. Для выбора материала переходных прокладок между

испытуемым образцом и поверхностью переходных щёчек или рифлёной поверхностью штатных зажимов разрывной машины были проведены эксперименты с использованием листовых материалов различной плотности и структуры контактной поверхности. В качестве материалов переходных прокладок были использованы резины разной плотности: медицинский резиновый бинт, тонкая резина камер для наддува, резины с рифлёной поверхностью, а также кожаные прокладки с покрытием канифолью, тонкие синтетические сетки, различные прокладки из синтетических материалов (полиэтилен, полиуретан, силикон). Для проведения эксперимента прокладки закреплялись или приклеивались к переходным щёчкам или контактными поверхностям штатных зажимов разрывной машины. Дополнительное сжатие соединённых переходных щёчек осуществлялось клиновидными захватами разрывной машины. Металлические щёчки с переходными прокладками использовались с различными по ширине поверхностями зажима как для тканевых образцов, так и для образцов подкрепляющих лент. Для закрепления ремней подвесной системы с разрывным усилием более 1500 кгс использовались спроектированные и изготовленные захваты роликового типа, в которых ремни закреплялись на цилиндрических опорах с системой, обеспечивающей тем больше усилия сжатия образца, чем больше разрывное усилие. На рисунке 4 показан образец высокопрочного ремня в роликовых захватах разрывной машины.

Таким образом, применение синтетических переходных прокладок, зажимных приспособлений с использованием струбцин и самозажимающих устройств позволило избежать выскальзывание образцов из захватов и повреждение образцов в местах зажима.

При подготовке образцов тканей купола парашюта и подкрепляющих лент использовалось приспособление, позволяющее закреплять образцы в переходных колодках или винтовых зажимах обеспечив рабочую длину в 200 мм и соосность установки образца с закрепляющими захватами. Использование этого приспособления позволило значительно улучшить качество подготовки образцов и ускорить проведение подготовительных работ [5 - 7]. Во избежание появления перекосов образца в зажимах и его влияния на величину разрывного усилия, а также для удобства проведения эксперимента были спроектированы приспособления, позволяющие закреплять тканевые образцы без использования штатных клиновидных зажимов [10]. Для снижения влияния перекосов образца при эксперименте эти приспособления закреплялись в разрывной машине через сферические опоры или при помощи карданной подвески. На рисунке 5 показан образец ткани

купола, закреплённый захватами с шаровым креплением к траверсам разрывной машины.



Рис. 4. Устройство с шарнирами и лентой высокой прочностью в экспериментальной машине под нагрузкой



Рис. 5. Переходники с установленным образцом в штатных захватах машины

На рисунке 6 показаны переходные зажимные устройства с карданной подвеской.

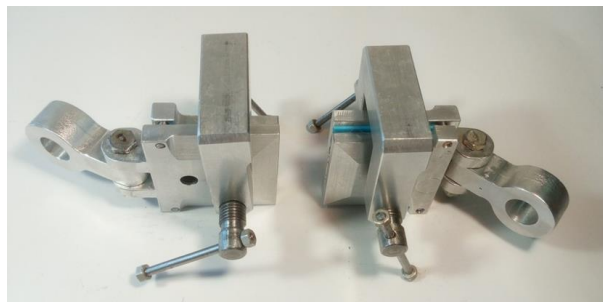


Рис. 6. Переходники карданного типа

Сжатие контактных поверхностей для закрепления образца осуществлялось при помощи винтовых струбцин, что позволило отказаться от использования штатных клиновидных захватов, усилие сжатия которых зависело от усилия растяжения. Сжимающие поверхности были оборудованы сменными переходными прокладками. Материал прокладок подбирается в зависимости от характеристик материала используемого образца. Использование этих зажимных приспособлений обеспечило надёжное закрепление образцов без возникновения перекосов при нагружении и без проскальзывания.

Определение удлинений и относительных деформаций

Текстильные элементы конструкции парашюта изготавливаются из синтетических материалов, прочностные характеристики которых – разрывное усилие и относительную деформацию – необходимо определять для получения информации, позволяющей давать квалифицированные заключения о возможности дальнейшей эксплуатации или об изменении условий десантирования. Изменение относительной деформации при разрыве характеризует степень «старения» синтетических материалов, обычно они становятся жёстче и относительное удлинение уменьшается. При проведении прочностных экспериментов со штатными стандартными образцами необходимо измерять не только разрывное усилие, но и величину деформации рабочего участка образца при разрыве. Для возможности получения аналитической зависимости «сила – удлинение» необходимы измерения в процессе увеличения нагрузки [9, 10].

Относительные деформации текстильных материалов значительно больше тех же деформаций металлических образцов. Для образцов текстильных элементов конструкции парашюта относительные деформации составляют 20...40 процентов. Удлинения образцов стандартной длины в 200 мм достигают больших величин. Также большие удлинения тканевых образцов объясняются тем, что при росте

растягивающей нагрузки сначала происходит выравнивание нитей ткани, а только после выпрямления нитей начинается их удлинение. Жёсткость образца растёт. Эти удлинения образца могут быть определены измерением расстояния между захватами разрывной машины. Результат такого измерения будет содержать не только изменения длины рабочей части образца, но и перемещения, вызванные удлинением образца в зажимах, выборкой люфтов и зазоров в силовой цепи нагружения.

Для определения удлинений образца необходимы специальные измерители деформации, которые бы могли фиксировать большие удлинения и были бы связаны непосредственно с образцом. Закрепление измерителя деформаций на образце не должно влиять на прочность образца, четко фиксировать первоначальную базовую длину. Измеритель деформаций должен легко устанавливаться на образце и быть универсальным с целью установки его для измерения деформации тканей, лент, ремней, строп. Кроме того, так как измерение удлинений образца необходимо вплоть до его разрыва, измеритель деформаций не должен выходить из строя при разрыве образца, для возможности повторного его использования. Цена деления шкалы измерителя может быть не очень высока. Вполне приемлемой величиной может быть 0,5...1 мм, что при больших удлинениях обеспечивает достаточную точность измерений. Установка измерителя на образце должна быть с четко фиксированной длиной рабочего участка. Был спроектирован, изготовлен и опробован при проведении экспериментов с текстильными образцами измеритель деформаций с базовой длиной 100 мм и ценой деления шкалы в 0,5 мм. Механический измеритель деформаций текстильных образцов показан на рисунке 7.

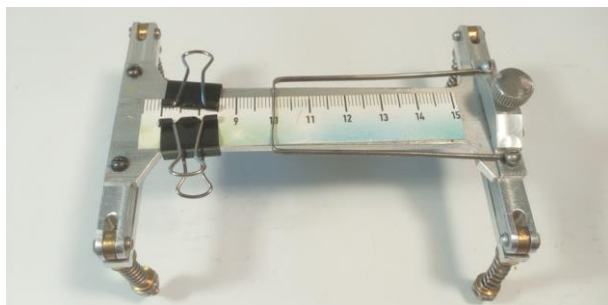


Рис. 7. Механический тензометр

Измеритель деформаций состоит из двух рамок и устанавливается на образце, который предварительно закреплён в зажимных устройствах разрывной машины. На рисунке 8 показан измеритель деформаций, установленный на образец парашютной ткани в разрывной машине.

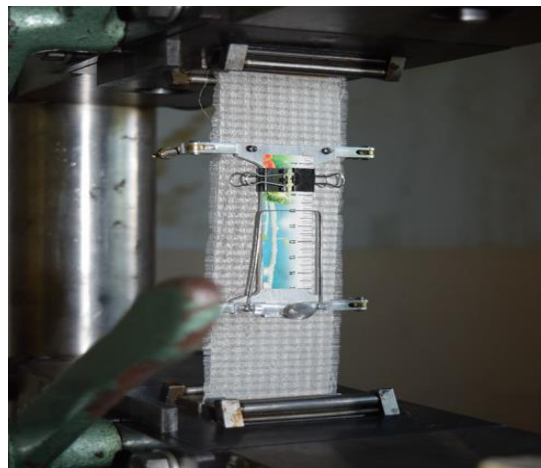


Рис. 8. Измеритель деформаций

Рамки измерителя крепятся на образце при помощи пружинных зажимов с регулируемым зазором и усилием сжатия. Такое крепление обеспечивает быструю установку измерителя. Кроме того, пружинные зажимы дают возможность устанавливать его на образцах ткани, лент, ремней, строп. На одной из рамок измерителя установлена шкала с ценой деления в 1 мм. На второй рамке установлен визир, позволяющий определять взаимное перемещение рамок, что соответствует удлинению текстильного образца на рабочем участке в 100 мм. Числовые значения перемещения в миллиметрах соответствуют относительной деформации в процентах.

Простота конструкции измерителя и его универсальность позволяют измерять относительные деформации образцов различных текстильных материалов и при нагрузках, соответствующих разрыву. Разрыв образца не приводит к выходу из строя измерителя, что позволяет использовать его для дальнейших экспериментов. Подготовка измерителя к работе и установка его на испытуемом образце не представляет каких-либо затруднений. В качестве примера на рисунке 9 показан график зависимости удлинения образца ткани купола парашюта от величины разрывного усилия. При построении графика была проведена полиномиальная аппроксимация экспериментальных значений удлинений, полученных в результате измерений механическим тензометром при различных уровнях растягивающей силы.

Выводы

В ПНИЛ «Прочность» проведены поисковые, конструкторские и экспериментальные работы по созданию устройств и методов для испытания текстильных материалов элементов конструкции парашютных систем. Были проведены испытания более 300 текстильных образцов парашютов Д-5, З-3, С5К.

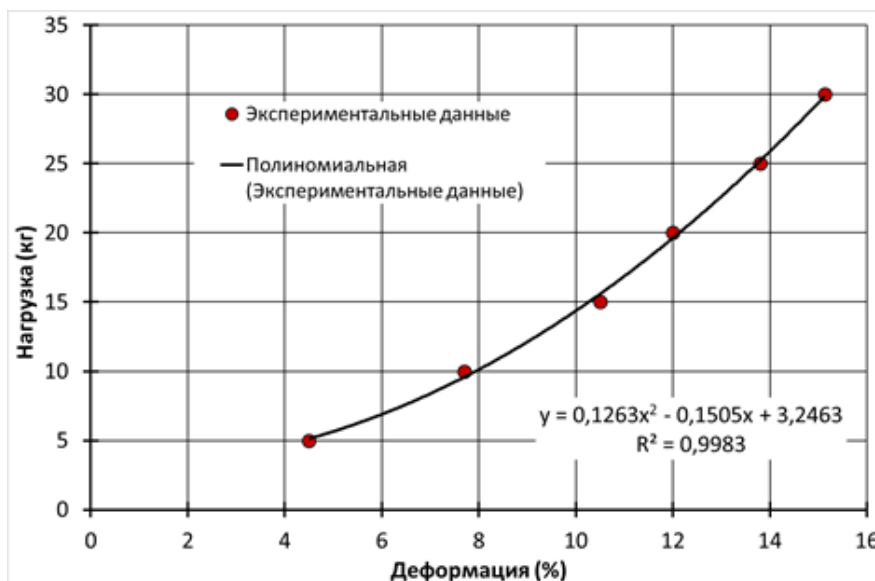


Рис. 9. Полиномиальная аппроксимация значений удлинений

Проведенные эксперименты подтвердили получение надёжных и стабильных результатов при определении физико-механических характеристик элементов конструкции парашютов, исчерпавших назначенный ресурс эксплуатации. В результате проведённых работ были созданы и опробованы экспериментально следующие приспособления и устройства:

- механический специализированный измеритель деформаций текстильных образцов;
- переходные захваты струбцинного типа карданной подвески;
- переходные захваты струбцинного типа шаровой подвески;
- переходники для испытаний лент каркаса купола парашюта;
- переходники для испытаний ремней высокой прочности.

Полученный комплекс устройств и технологических способов их использования даёт возможность проводить экспериментальное исследование прочности текстильных элементов конструкции парашютных систем. Результаты обработки этих экспериментов используется для теоретического обоснования возможности продления сроков эксплуатации парашютной техники, изменения условий её применения.

Литература

1. 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] / П. А. Фомичев // *Авиационно – кос-*

мическая техника и технология. – 2019. – №1 (153). – С. 65-71. DOI: 10.32620/akt.2019.1.08.

2. 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/akt.2019.2.08.

3. Миронов, К. В. Экспериментальные исследования остаточной прочности тканевых элементов парашютных систем [Текст] / К. В. Миронов, Д. А. Пинчук // *Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов : сб. науч. тр. / М-во образования и науки Украины, Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского «ХАИ».* – Харьков, 2016. – Вып. 2. – С. 37 – 38.

4. ГОСТ 3813-72. Межгосударственный стандарт. Материалы текстильные. Ткани и штучные изделия. Метод определения разрывных характеристик при растяжении [Текст]. – Введ. 01.04.74. – М. : Изд-во стандартов, 1974. – 20 с.

5. ГОСТ 29104.4-91. Межгосударственный стандарт. Ткани технические. Методы определения разрывной нагрузки и удлинения при разрыве [Текст]. – Введ. 01.01.93. – М. : Изд-во стандартов, 1993. – 6 с.

6. ГОСТ 16218.5-93. Межгосударственный стандарт. Метод определения разрывной нагрузки и разрывного удлинения при растяжении [Текст]. – Введ. 01.01.95. – Минск : Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации ; М. : Изд-во стандартов, 1995. – 5 с.

7. ГОСТ Р ИСО 13934-2:2014 IDT. Материалы текстильные. Свойства тканей при растяжении. Часть 2. Определение максимального усилия мето-

дом захвата [Текст]. – Введ. 05.01.18. – М. : Стандартформ, 2017. – 21 с.

8. Смирнов, В. А. Справочник инструктора-парашютиста [Текст] / В. А. Смирнов. – М. : Изд-во ДОСААФ СССР, 1989. – 185 с.

9. Egglestone, 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. Egglestone, G. A. George. – Melbourne : Victoria, 1984. – 31 p.

10. Qin, Yuan. Damage performans and compressive behavior of early-age green concrete with recycled nylon fabric under an axial load [Text] / Yuan Qin, Xianwei Zhang, Junrui Chai. – Elsevier, 2019. – P. 105 - 114.

References

1. Fomy`chev, P. A. Ustanovleny`e ograny`cheny`j po maksy`mal`num skorostyam desanty`rovany`ya s uchetom degradacy`y` prochnostnux karaktery`sty`k matery`alov kupola parashyuta. Soobshheny`e 1. Zavy`sy`most` prochnosty` parashyutov ot degradacy`y` prochnostnux karaktery`sty`k konstrukcy`onnux matery`alov [Setting limits on maximum landing speeds, taking into account the degradation of the strength characteristics of the materials of the parachute dome. Message 1. The dependence of parachute strength on the degradation of the strength characteristics of structural materials]. *Aviacijno-kosmicna tehnika i tehnologia - Aerospace technic and technology*, 2019, no. 1 (153), pp. 65-71. DOI: 10.32620/aktt.2019.1.08.

2. Fomy`chev, P. A. Ustanovleny`e ograny`cheny`j po maksy`mal`num skorostyam desanty`rovany`ya s uchetom degradacy`y` prochnostnux karaktery`sty`k matery`alov kupola parashyuta. Soobshheny`e 2. Zavy`sy`most` maksy`mal`nux skorostej desanty`rovany`ya ot degradacy`y` prochnosty` [Setting limits on maximum landing speeds, taking into account the degradation of the strength characteristics of the materials of the parachute dome. Message 2. Dependence of maximum landing speeds on the degradation of strength]. *Aviacijno-kosmicna tehnika i tehnologia - Aerospace technic and technology*, 2019, no. 2 (154), pp. 61-68. DOI: 10.32620/aktt.2019.2.08.

3. My`ronov, K. V. Ekspery`mental`nue y`ssledovany`ya ostatochnoj prochnosty` tkanevuh elementov parashyutny`x sy`stem [Experimental studies of the residual strength of the tissue elements of parachute systems]. *Har`kov, Nacz. aerokosm. un-t y`m. N. E. Zhukovskogo «NAI»*, 2016, no. 2, pp. 37 – 38.

4. GOST 3813-72. Mezghosudarstvennij standart. Matery`alu teksty`l`nue. Tkany` y` shtuchnue y`zdel`ya. Metod opredeleny`ya razravnux karaktery`sty`k pry`rastyazheny`y` [Interstate standard. The materials are textile. Fabrics and pieces. Method of determining break characteristics when stretching]. Moscow, Y`zd-vo standartov Publ., 1974. 20 p.

5. GOST 29104.4-91. Mezghosudarstvennij standart. Tkany` texny`chesky`e. Metodu opredeleny`ya razravnnoj nagruzky` y` udly`neny`ya pry`razruve [Interstate standard. The fabrics are technical. Methods for determining the rupture load and lengthening when tearing]. Moscow, Y`zd-vo standartov Publ., 1993. 6 p.

6. GOST 16218.5-93. Mezghosudarstvennij standart. Metod opredeleny`ya razravnnoj nagruzky` y` razravnogo udly`neny`ya pry`rastyazheny`y` [Interstate standard. Method of determining the rupture load and tearing lengthening at stretching]. My`nsk, Mezghosudarstvennij sovet po standarty`zacy`y`, metrology`y` y` serty`fy`kacy`y` Publ., 1995. 5 p.

7. GOST R Y`SO 13934-2:2014 IDT. Nacy`onal`nuj standart Rossy`jskoj Federacy`y`. Matery`alu teksty`l`nye. Svojstva tkanej pry`rastyazheny`y`. Chast` 2. Opredeleny`e maksy`mal`nogo usy`ly`ya metodom zavzata [The materials are textile. Properties of tissues during stretching. Part 2. Determining the maximum effort of metho-home capture]. Moscow, Standartform Publ., 2017. 21 p.

8. Spravochny`k y`nstruktora-parashyuty`sta [Parachutist instructor's handbook]. Moscow, Y`zd-vo DOSAAF SSSR Publ., 1989. 185 p.

9. Egglestone, 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, 1984, p. 31.

10. Qin, Yuan., Zhang, Xianwei., Chai, Junrui. Damage performans and compressive behavior of early-age green concrete with recycled nylon fabric under an axial load. Elsevier, 2019, pp. 105-114.

Поступила в редакцию 31.05.2019, рассмотрена на редколлегии 7.08.2019

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЛИШКОВОЇ МІЦНОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЙ ПАРАШУТІВ, ЯКІ ВИЧЕРПАЛИ ЗАДАНІ ТЕРМІНИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

К. В. Миронов, Є. Ф. Кучерявий

Для прийняття рішення щодо термінів безпечної експлуатації парашутних систем, які вичерпали заданий ресурс, необхідно знати параметри їх фактичного технічного стану. Розглянуто експериментальні методи руйнування та визначення параметрів залишкової міцності: розривного зусилля і відносних деформацій при розриві стандартних зразків. До елементів конструкції парашута, що підлягають дослідженню, відносяться тканини купола парашута, зміцнюючі стрічки каркаса, стропа, реміні підвісної системи. Для забезпечення виконання всіх вимог, що пред'являються регламентуючими документами до проведення експеримен-

ту з текстильними матеріалами, розроблені, сконструйовані, виготовлені та випробувані експериментально спеціалізовані пристрої, що забезпечують проведення міцнісних експериментів на універсальній розривній машині, призначеній для роботи зі зразками металевих матеріалів.

Необхідність створення спеціалізованих пристосувань і пристроїв викликана дуже широким діапазоном розривних зусиль (від десятків до декількох тисяч ньютонів), а також специфікою синтетичних текстильних матеріалів елементів конструкції парашута. Розроблено комплекс пристосувань, що забезпечують необхідні умови проведення експериментів на розрив зразків текстильних матеріалів. Створені пристосування забезпечують достатнє зусилля стискання зразка в затискачах без прослизання і без порушення цілісності контактних поверхонь досліджуваних синтетичних текстильних матеріалів. Забезпечення достатнього стискання зразка в затискних пристроях розривної машини забезпечуються спеціальними перехідними прокладками і способами створення стискаючого зразок зусилля. Створені стискаючі пристрої і пристосування для проведення експериментів з маломіцними зразками тканини купола, з середньоміцними зміцнюючими каркас стрічками, стропами і високоміцними ременями підвісної системи. Для прискорення підготовки зразків до експерименту створено пристрої, що забезпечують потрібну довжину робочої частини зразка і закріплення його без перекосів. Розроблено універсальний вимірювач деформацій для визначення зміни довжини робочої ділянки зразка в 100 мм. Установка вимірювача на досліджуваному зразку дозволяє вимірювати переміщення аж до розриву. Закріплення вимірювача на зразку проводиться за допомогою пружинних затискачів. Розроблені пристосування випробувані під час проведення експерименту з сотнями зразків елементів конструкції 3-х парашутів.

Ключові слова: парашут; експеримент; міцність; деформації; текстильні зразки.

EXPERIMENTAL DETERMINATION OF THE RESIDUAL DURABILITY OF PARASHUTE DESIGN ELEMENTS THAT HAVE EXHAUSTED ITS SPECIFIED LIFETIME

K. V. Myronov, Y. F. Kucheryavyy

To make a decision on determining the periods of safe operation of parachute systems that have exhausted a given resource, it is necessary to know the parameters of their actual technical condition. Experimental destructive methods for determining the parameters of residual strength are considered: breaking strength and relative deformations during the breaking of the standard specimens.

Parachute design elements to be examined include parachute dome fabrics, carcass reinforcement ribbons, strops, and suspension system belts. In order to ensure that all requirements set forth by regulatory documents for conducting an experiment with textiles, specialized devices have been developed, designed, manufactured and tested experimentally. These devices provide strength experiments on a universal tensile machine designed to work with samples of metallic materials.

The need to create specialized devices is caused by a very wide range of braking forces (from tens to several thousand newtons), as well as by the specifics of synthetic textile materials of the parachute design elements. A set of devices has been developed that provide the required conditions for conducting rupture experiments on samples of textile materials. The created devices provide sufficient compressive force of the sample in the clips without slippage and without violating the integrity of the contact surface of the studied synthetic textile materials. Ensuring that the sample is sufficiently compressed in the clamping devices of the tearing machine is ensured by special transitional gaskets and methods for creating a compressing force on the sample. Compressing devices and devices for conducting experiments with low-strength specimens of the dome fabric, with medium-strong reinforcing skeleton tapes, strops and high-strength straps of the suspension system are created. In order to speed up the preparation of samples for the experiment, methodologies have been created that ensure the required length of the working part of the sample and its fixation without warps. A universal strain gauge was developed to determine the change in the length of the working section of the specimen in 100 mm. Installing the meter on the sample under study allows you to measure displacements up to rupture. The meter is fastened to the specimen using spring clips. The developed devices were tested during the experiment with hundreds of samples of the structural elements of 3 parachutes.

Keywords: parachute; experiment; strength; deformation; textile samples.

Миронов Кирило Вікторович – ст. викл. каф. міцності літальних апаратів, Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна.

Кучерявий Євген Федорович – ст. наук. співр., вед. інж. каф. міцності літальних апаратів, Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна.

Myronov Kyrylo Victorovych – Senior Lecturer of Department of Aircraft Strength, National Aerospace University "Kharkov Aviation Institute", Kharkov, Ukraine, e-mail: K.myronov@khai.edu.

Kucheryavyy Yevgen Fedorovych – Senior Scientific Specialist, Leading Engineer of Department of Aircraft Strength, National Aerospace University «Kharkiv Aviation Institute», Kharkov, Ukraine, e-mail: Kuch_E@meta.ua.