



Система спасения полезного груза при выборе оптимальной формы купола парашюта: экспериментальный проект

Выполнила:

Мирра Кочеткова,

учащаяся МБОУ ДО ЦДО «Аэрокосмическая школа имени Героя Социалистического труда В. К. Гупалова», г. Красноярск

Руководитель:

Вадим Валентинович Кольга,

педагог дополнительного образования МБОУ ДО ЦДО «Аэрокосмическая школа имени Героя Социалистического труда В. К. Гупалова»

В статье раскрыто содержание учебно-исследовательского проекта «Система спасения полезного груза при выборе оптимальной формы купола парашюта». Экспериментальным путём определена оптимальная форма парашюта для системы спасения полезного груза.

Конструирование надёжной системы спасения полезного груза — одна из основных задач ракетостроения. Чаще всего для спасения полезного груза используются парашюты, купол которых может быть самой разной формы: от стандартной круглой до квадратной, прямоугольной и даже треугольной. Поэтому вопрос, какая форма купола будет являться оптимальной, для системы спасения имеет очень большое значение.

Цель проекта: экспериментальным путём определить оптимальную форму парашюта для системы спасения полезного груза.

Задачи:

- 1) собрать информацию о существующих системах спасения полезного груза и используемых в них парашютах;
- 2) сконструировать одинаковые по площади купола, но разные по форме парашюты;
- 3) сконструировать модельную ракету для проведения испытаний с парашютами;
- 4) опытным путём сравнить надёжность систем спасения с разными по форме купола парашютами;
- 5) определить аэродинамический коэффициент для каждой формы парашюта.

План проекта

1. Введение.
2. Теоретическая часть. Основные формы парашютов и их характеристика.
3. Практическая часть.
4. Заключение.
5. Вывод.

Ключевые слова:

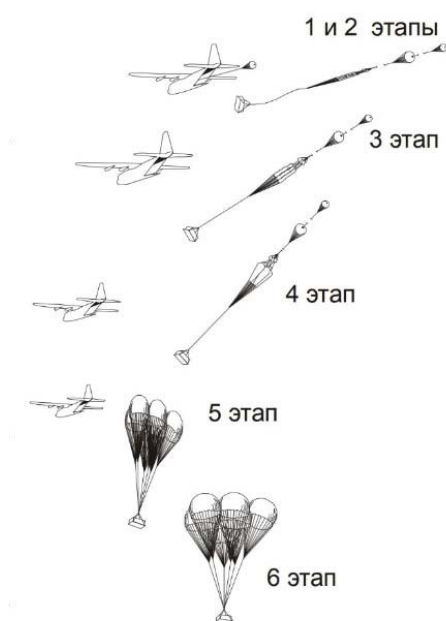
парашют, полезный груз, система спасения

Введение

Парашют — это устройство, предназначенное для безопасного спуска и приземления людей и грузов, а также для доставки грузов в определённую точку.

Современный процесс десантирования различной техники и грузов можно разбить на следующие основные этапы:

- первый этап — вытягивание десантируемого объекта (ДО) из летательного аппарата вытяжной парашютной системой;
- второй этап — движение ДО в воздухе;
- третий этап — приземление ДО.



Второй основной этап — движение ДО в воздухе — можно разбить на следующие этапы:

- отделение дополнительного вытяжного парашюта от ДО и его наполнение;
- отделение блока с основной парашютной системой от ДО, вытягивание купола и строп на всю их длину и стягивание парашютной камеры с купола;
- наполнение купола парашюта до площади, ограниченной рифовкой;
- снижение на зарифованном куполе;
- наполнение купола парашюта, где происходит разрифовка парашюта и купол парашюта наполняется до полной площади;
- снижение на раскрытом парашюте.

При проектировании парашютов основными критериями служат скорость приземления и точность посадки. От скорости спуска зависит целостность спускаемого груза, а от точности приземления — оперативность поиска груза после приземления.

Теоретическая часть.

Основные формы парашютов и их характеристика

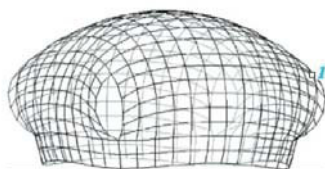
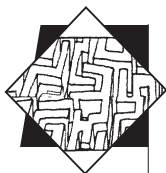


Началом конструирования привычных парашютов принято считать 1911 г. Изначально парашюты имели купол круглой формы, так как такие парашюты просты в конструкции и надёжны. Примерами парашютов с круглым куполом являются: Д-5 серии 2, Д-6 серии 4, а также американский Т-10. Однако такие парашюты подвержены маятниковым колебаниям, из-за чего крайне трудно предсказать точное место их приземления.

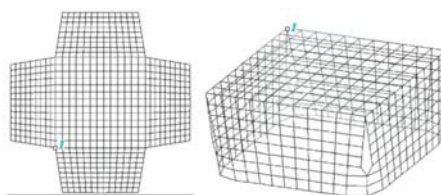
Из-за этого во время Второй мировой войны началось проектирование более точных купольных парашютов. Так, в Германии в 1943 г. был сконструирован серийный маневренный парашют RZ-36 с треугольным куполом. Но такой парашют оказался неустойчивым и планировал непредсказуемо, поэтому от него пришлось отказаться.

В СССР же в 1950-х годах был разработан квадратный парашют ПД-47 конструкции Н. А. Лобанова. По меркам тех годов этот парашют был достаточно надёжен, хоть и склонен к пере-хлестам стропами. Но признания он не получил по причине того, что такая форма купола парашюта не смогла в достаточной мере решить проблему со стабилизацией из-за того, что купол парашюта наполнялся воздухом неравномерно.





**Модель купола Т-11
в наполненном состоянии**



**Исходная раскройная форма Т-11
Сшивка лопастей Т-11**

В США в 2005 г. тоже был разработан квадратный парашют Т-11, но, в отличие от ПД-47, он имеет крестообразные поля купола, которые заворачиваются внутрь и зашиваются снизу так, чтобы обеспечить большую аэродинамическую устойчивость конструкции. Потоки воздуха выходят через отверстия в углах парашюта, что уменьшает эффект маятника. Парашют Т-11 с 2005 г. используется в ВС США.

С 1970-х годов разрабатывались парашюты типа «крыло». Такой парашют имеет высокую маневренность и стабилизацию, обеспечиваемую вихрями высокой интенсивности, сходящими с боковых законцовок крыла и вызванными перетеканием масс воздуха с нижней поверхности на верхнюю поверхность купола. Чаще всего такие парашюты используются в спорте из-за их управляемости. Однако с недавнего времени инженерами разных стран ведутся работы по изготовлению грузовых парашютов для систем спасения в форме крыла. Примерами таких парашютных систем являются: SLG Sys, используемая в настоящее время в Германии, и DragonFly, используемая в Америке.



Практическая часть

Подготовка к испытаниям

Для практической части была сконструирована модельная одноступенчатая ракета Orion2602A1.

Для систем спасения полезного груза было изготовлено пять одинаковых по площади купола, но разных по форме парашютов:

- 1) круглый
- 2) треугольный
- 3) квадратный типа ПД-47
- 4) квадратный типа Т-11
- 5) крыло

Все парашюты имеют площадь купола 491 см².

Теоретическую скорость снижения парашюта можно вычислить по следующей формуле:

$$V_{\text{теор.}} = \sqrt{\frac{2mg}{\rho S C_x}}$$

где:

m — масса парашюта с грузом;

g — ускорение свободного падения, 9,8 м/с²;

ρ — плотность воздуха, 1,2 кг/м³;

C_x — аэродинамический коэффициент;

S — площадь парашюта.

По этой формуле скорость всех парашютов должна составлять 3,883 м/с, поскольку здесь не учитывается зависимость аэродинамического коэффициента от формы купола парашюта — во всех рассмотренных нами источниках аэродинамический коэффициент дается фиксированный (для купольного парашюта — 1,3). После проведения испытаний планируется подобрать данный коэффициент для каждой формы купола парашюта и тем самым уточнить данную формулу.



Проведение испытаний и их результаты

I этап

На первом этапе испытаний поочерёдно с лестницы сбрасывались изготовленные парашюты и замерялся пройденный ими путь, время полёта и скорость системы при приземлении. По итогам испытаний была составлена таблица, характеризующая скорость спуска систем спасения с разными по форме купола парашютами.

Примечание:

S — пройденное расстояние, м;

t — время движения полезного груза в воздухе, с;

V — скорость приземления, м/с.

№ запуска	ТИП ПАРАШЮТА И РЕЗУЛЬТАТЫ ЗАПУСКА														
	Круглый			Квадратный типа ПД-47			Квадратный типа Т-11			Треугольный			Крыло		
	S	t	V	S	t	V	S	t	V	S	t	V	S	t	V
1	5,590	1,21	4,620	5,005	1,01	4,955	4,756	1,49	3,192	4,970	1,49	3,336	5,603	1,42	3,946
2	5,573	1,33	4,190	5,075	1,32	3,845	6,592	1,76	3,745	5,161	1,14	4,527	5,869	1,61	3,645
3	4,449	1,14	3,903	5,155	1,04	4,957	5,559	1,64	3,390	5,571	1,19	4,862	4,984	1,07	4,658
4	5,221	1,28	4,079	5,261	1,08	4,871	5,155	1,51	3,414	5,161	1,36	3,795	5,448	1,56	3,492
5	5,028	1,13	4,450	5,402	1,34	4,031	5,281	1,60	3,301	5,136	1,26	4,076	5,266	1,06	4,968
V средняя	4,248			4,532			3,408			4,119			4,142		

Наименьшая скорость приземления оказалась у квадратного парашюта типа Т-11. Чтобы измерить точность посадки был проведён второй этап испытаний.

II этап

На втором этапе была запущена модельная ракета с квадратным парашютом типа Т-11.

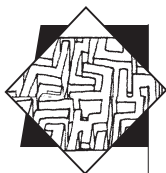
Скорость приземления ракеты составила 3,07 м/с, отклонение от точки пуска — 5 м. Это говорит нам о высокой надёжности системы спасения с квадратным парашютом типа Т-11 и, поскольку в первом испытании этот парашют показал лучшую (то есть наименьшую) скорость приземления, можно сделать вывод, что данный парашют является оптимальным для системы спасения полезного груза модельной ракеты.

После испытаний были проведены исследования зависимости аэродинамического коэффициента от формы купола парашюта. Для этого мы составили таблицу, в которой записали результаты расчётов теоретического и практического коэффициента для каждого парашюта.

Тип парашюта	C_x расчётный	V расчётная	V практическая	C_x практический
1. Круглый	1,3	3,883	4,248	1,08
2. Квадратный типа ПД-47	1,3	3,883	4,532	0,95
3. Квадратный типа Т-11	1,3	3,883	3,408	1,66
4. Треугольный	1,3	3,883	4,119	1,12
5. Крыло	1,3	3,883	4,142	1,14

Заключение

На данный момент изготовлено пять разных по форме купола парашютов: круглый, треугольный, квадратный типа ПД-47, квадратный типа Т-11 и крыло. С ними проведены испытания, по результатам которых составлена таблица, характеризующая скорость спуска систем спасения с разными по форме купола парашютами. В дальнейшем плани-



руется провести ещё испытания, чтобы уточнить данные таблицы, а также чтобы изменить точность посадки каждого парашюта.

Найдено значение аэродинамического коэффициента для расчёта скорости снижения системы спасения для разных по форме купола парашютов.

Вывод: квадратный парашют типа Т-11 имеет наименьшую скорость приземления среди испытанных нами парашютов и не большое отклонение от точки пуска, то есть высокую точность посадки, поэтому было решено, что данный тип купола парашюта является оптимальным для системы спасения полезного груза.

Список использованных источников

1. Просто о сложном. Парашют. <https://3A%2F%2Fprostec.ru%2Fanalytics%2F9%2F>
2. Парашюты типа крыло. <https://3A%2F%2Faviatus.ru%2Fparachuting%2Fparachutes%2Fwing%2F>
3. Пилотирование современных парашютов. <https://3A%2F%2Fkraschute.ru%2Fpilotirovanie-sovremennyh-parashyutov%2F/>
4. Трямкин А. В., Скиданов С. Н. Исследование процесса наполнения парашютных систем // Труды МАИ. 2001. № 3. URL: <http://www.trudymai.ru/published.php?ID=34686>
5. Плосков С. Ю. Современные парашютные системы высокоточной доставки грузов. <https://www.prodlenka.org/metodicheskie-razrabotki/577638-jeksperimentalnyj-proekt-sistema-spasenija-po>

Payload Recovery System When Choosing The Optimal Parachute Canopy Shape: Experimental Project

Mirra Kochetkova, student of the MBOU DO CDO “Aerospace School named after Hero of Socialist Labor V. K. Gupalov”,

Head: **Vadim V. Kolga**, Teacher of additional education MBOU DO CDO “Aerospace School named after Hero of Socialist Labor V. K. Gupalov”

Astract. The article reveals the content of the educational and research project “Payload rescue system when choosing the optimal shape of the parachute canopy.” The optimal shape of the parachute for the payload recovery system was determined experimentally.

Keywords: parachute payload, rescue system