

УДК 629.734

А.С. РАКОВ

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина

ВЫБОР ОСНОВНЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПАРАПЛАНА

В статье сформулирована задача выбора основных геометрических характеристик крыла парашюта на первом этапе проектирования, в зависимости от класса парашюта. Описаны различные виды парашютов, существующие системы сертификации, и подробно рассмотрена классификация парашютов согласно современной европейской системе сертификации EN. Описаны основные геометрические параметры парашютного крыла и критерии выбора этих параметров. Приведены статистические данные по современным моделям парашютов.

Ключевые слова: парашют, классификация парашютов, сертификация парашютов.

Введение

Задача конструктора на первом этапе проектирования новой модели парашюта состоит, в основном, в выборе геометрических параметров крыла. От этих параметров зависят летные характеристики будущего крыла, и, что важнее, уровень его безопасности, то есть требования к уровню подготовки пилота.

1. Классификация парашютов по классам безопасности

Современные парашюты очень разнообразны. Это и простые учебные аппараты, крылья для редко летающих пилотов «выходного дня», специализированные моторные парашюты, экстремальные спортивные крылья, двухместные парашюты. Для того чтобы пилот мог однозначно определить, какой аппарат перед ним, а также для того, чтобы не выпустить на рынок недостаточно прочный и надежный аппарат, существует сертификация парашютной техники. На данный момент в мире существует две системы сертификации парашютов – немецкая DHV [1] и общеевропейская EN [2]. Немецкая система более старая, и более субъективная – то есть решение, к какому классу принадлежит парашют, принимает непосредственно тест-пилот.

Система сертификации EN начала действовать в 2006 году. Она пришла на смену старой французской системе AFNOR, которая к этому времени окончательно устарела – в этой системе было всего 3 класса безопасности – Standard, Performance и Competition, и развитие конструкций парашютов привело к ситуации, что практически все крылья,

включая спортивные, попадали в категорию Standard.

Таким образом, на данный момент система сертификации EN является наиболее современной и наиболее объективно оценивающей поведение парашюта.

1.1. Классификация парашютов в системе сертификации EN

В системе сертификации EN – 4 класса парашютов – А, В, С, D.

А – парашюты с максимальной пассивной безопасностью и высокой сопротивляемостью к выходу из нормального полета. Предназначены для всех пилотов, включая пилотов на всех стадиях обучения.

В – парашюты с хорошей пассивной безопасностью и сопротивляющиеся выходу из нормального полета. Предназначены для всех пилотов, включая пилотов на всех стадиях обучения.

С – парашюты с умеренной пассивной безопасностью и с потенциально динамичными реакциями на турбулентность и ошибки пилота. Возвращение к нормальному полету может потребовать точных действий пилота. Предназначены для пилотов, хорошо владеющих техникой раскрытия крыла, летающих активно и регулярно и хорошо понимающих особенности использования крыла с уменьшенной пассивной безопасностью.

D – парашюты, очень требовательные к пилоту, с потенциально резкими реакциями на турбулентность и ошибки пилота. Возвращение к нормальному полету может потребовать точных действий пилота. Предназначены для пилотов, имеющих большой опыт раскрытия крыла, летающих очень

активно, имеющих значительный опыт полетов в турбулентности, и хорошо понимающих особенности использования такого крыла.

Летные характеристики парапланов находятся в обратной зависимости от уровня безопасности – чем крыло надежнее, тем хуже оно летит.

2. Геометрические параметры крыла параплана

Основное отличие геометрических характеристик крыла параплана от обычного самолетного в том, что крыло не плоское, а арочное. Соответственно, разделяют геометрические характеристики обычные и проекционные – то есть характеристики проекции крыла на землю. Например, нагрузку на крыло и грузоподъемность имеет смысл считать, исходя из проекционной площади, а индуктивное сопротивление – из обычного удлинения крыла. Отношение обычной и проекционной площадей крыла характеризуется арочностью

$$A = 2 \times \frac{(S - S_{pr})}{(S + S_{pr})},$$

где S – площадь крыла в плане,
 S_{pr} – площадь крыла в проекции на землю.

2.1. Выбор удлинения крыла

Остановимся на обычном удлинении, проекционное получим автоматически при выборе арочности крыла.

Удлинение – основная характеристика парапланерного крыла, от него напрямую зависит поведение крыла в экстремальных режимах.

Удлинение современных серийных парапланов лежит в пределах 4,5 – 8,5 (до 10–13 на экспериментальных крыльях) [3]. Парапланы примерно 10-летней давности имели меньшие удлинения, это было связано с применением тонких профилей крыла (для уменьшения сопротивления) и невозможностью обеспечить необходимую жесткость крыла. Однако максимальное удлинение сертифицированного параплана 6,7, большее имеют только спортивные прототипы.

Удлинение взаимосвязано с арочностью – как правило, более плоские крылья хуже ведут себя в экстремальных режимах, и конструктор вынужден уменьшать удлинение такого крыла.

Итак, современные крылья имеют следующие удлинения:

- категория EN A: 4,5–5,1;
- категория EN B: 4,8–5,8;

- категория EN C: 5,6–6,5;
- категория EN D: 6,0–6,7;
- категория COMPETITION: 6,5–8,5.

2.2. Выбор площади крыла

Как правило, площадь крыла подбирается по нагрузке на крыло. Весовая вилка современных одноместных парапланов обычно составляет 20 – 25 кг. (Например, для параплана категории EN B площадью 27 м² взлетный вес составляет 80 – 100 кг). Для маленьких площадей вилка уже – 15 кг, для больших шире – 30 кг. Диапазон нагрузок на крыло для современных одноместных парапланов составляет 3–4 кг/м² – для обычной площади крыла. Для спортивных крыльев нагрузка на крыло выше – это увеличивает скорость, давление в куполе и стойкость крыла к сложениям, однако нагруженные крылья резче ведут себя в экстремальных режимах. Летные тесты параплана проводятся на двух взлетных весах – минимальном и максимальном. Иногда конструктор вынужден уменьшать диапазон взлетной массы, чтобы крыло соответствовало необходимому классу безопасности.

2.3. Выбор арочности крыла

Высокоарочные крылья, как правило, лучше ведут себя в экстремальных режимах – только увеличение арочности до 17–18% позволило поднять удлинение серийных парапланов до 6 единиц и выше. Однако при увеличении арочности падает проекционная площадь и соответственно грузоподъемность крыла. Также от арочности сильно зависит управляемость параплана – а это важнейшее качество для летательного аппарата.

2.4. Выбор формы крыла в плане

Обычно парапланы имеют эллиптическую немного стреловидную форму крыла [3].

Стреловидность уменьшает индуктивное сопротивление и улучшает устойчивость консолей к складываниям. Концевая хорда выбирается исходя из возможности поддержания формы надувной конструкции.

2.5. Выбор профиля крыла

На современных парапланах используют толстые профили – 16,5–20% [3], как правило, с околонулевым моментом. Более тонкие профили плохо обеспечивают жесткость крыла и требуют большого количества точек подхода строп. Парапланы с

обычными моментными профилями имеют тенденцию к сильным клевкам на выходе из срывных режимов.

Профиль крыла парашюта Scorpion-3, приведенный на рис. 1, имеет толщину 17,5 % с четырьмя точками подхода строп. Остальные точки предназначены для совмещения деталей парашюта при сборке. Отверстия в нервюре располагаются в наименее нагруженных зонах и предназначены для перетекания воздуха внутри крыла – например при раскрытии сложенной части купола.

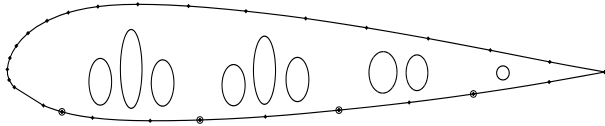


Рис. 1. Профиль крыла парашюта Scorpion-3

2.6. Выбор количества и ширины секций крыла

Количество секций зависит от удлинения крыла и от толщины профиля. Чем больше в парашюте секций, тем выше жесткость крыла и лучше качество поверхности, однако с увеличением числа секций растет вес крыла и количество необходимых строп. Для современных парашютов число секций составляет примерно:

- категория EN A: 37 ÷ 50;
- категория EN B: 47 ÷ 59;
- категория EN C: 55 ÷ 70;
- категория EN D: 60 ÷ 80;
- категория COMPETITION: до 100.

При выборе числа секций следует учитывать схему развязки стропной системы. Как правило, на современных крыльях ширина секций меняется пропорционально хорде [3].

2.7. Выбор схемы диагональных нервюр

На данный момент парашютов без диагональных нервюр практически не производится, так как в такой конструкции слишком много строп, создающих вредное сопротивление. Диагональные нервюры позволяют подкрепить стропами каждую вторую или каждую третью нервюру.

Обратная сторона – возрастание веса купола и увеличение вероятности образования «галстуков» (когда при складывании часть купола попадает в стропы).

На простых парашютах EN A, EN B подкрепляют каждую вторую, либо каждую третью нервюру, на более спортивных – каждую третью [3].

2.8. Выбор длины и схемы развязки стропной системы

Высота строп парашюта обычно составляет 0,7–0,8 размаха крыла [3]. Чем короче стропы, тем меньше их сопротивление

Как правило, современные парашюты имеют 3 основных стропы на каждой консоли, что считается наиболее рациональным с точки зрения минимизации сопротивления и вероятности образования «галстуков». Некоторые конструкторы применяют всего 2 стропы. Дальнейшее разветвление строп зависит от количества секций крыла.

По хорде, как правило, современный парашют имеет 3 или 4 точки подхода строп и стропу управления на задней кромке. Более толстый профиль позволяет использовать меньшее количество точек крепления строп.

3. Схемы современных парашютов различных классов

Типичные схемы современных парашютов различных классов показаны на рис. 2.

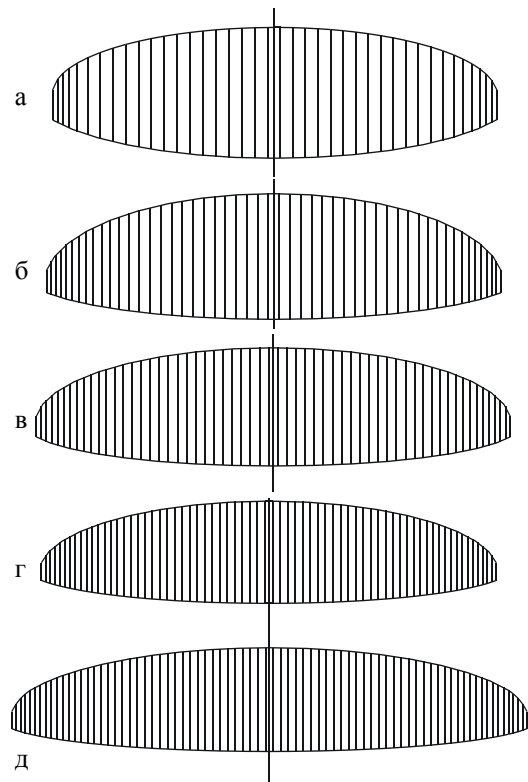


Рис. 2. Схемы современных парашютов:
 а – парашют класса EN A, удлинение 5,1; 41 секция;
 б – парашют класса EN B, удлинение 5,3; 51 секция;
 в – парашют класса EN C, удлинение 5,8; 59 секций;
 г – парашют класса EN D, удлинение 6,5; 67 секций;
 д – парашют класса Competition, удлинение 7,2;
 77 секций

Заключение

Проведенный анализ показывает зависимость геометрических характеристик проектируемого парaplана от требуемого уровня безопасности. Однако, конструкция парaplана, как самого молодого вида летательных аппаратов, стремительно развивается, создаются новые материалы и разрабатываются новые технологии производства. Поэтому при проектировании новых моделей нельзя пользоваться только статистической информацией. Системы сертификации также должны изменяться, чтобы объективнее оценивать уровень безопасности новых моделей парaplанов.

Литература

1. Сайт немецкой федерации пара- и дельта планеризма DHV, занимающейся сертификацией парaplанов [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: <http://www.dhv.de>.
2. Сайт компании Air Turquoise, занимающейся сертификацией парaplанов EN [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: <http://www.paratest.com>.
3. Сайт, на котором собрана статистическая информация по большинству современных парaplанов [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: <http://www.para2000.org>.

Поступила в редакцию 22.09.2009

Рецензент: главный инженер Ю.П. Фаворский, Институт возобновляемой энергетики Национальной Академии Наук Украины, Киев, Украина.

ВИБІР ОСНОВНИХ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРІ ПРОЕКТУВАННІ ПАРАПЛАНА

О.С. Раков

У статті сформульовано задачу вибору основних геометричних характеристик крила парaplана на першому етапі проектування, в залежності від класу парaplана. Описано різні види парaplанів, системи сертифікації що існують, і детально розглянута класифікація парaplанів згідно із сучасною європейською системою сертифікації EN. Описано основні геометричні параметри парaplанерного крила та критерії вибору цих параметрів. Наведено статистичні дані за сучасними моделями парaplанів.

Ключові слова: парaplан, класифікація парaplанів, сертифікація парaplанів.

CHOOSING OF MAIN GEOMETRIC PARAMETERS WHILE DESIGNING A PARAGLIDER

A.S. Rakov

In the article the problem of choosing of basic geometric characteristics of a paraglider wing during first stage of design process, depending on the class of a paraglider, is formulated. Various types of paragliders, existing certification systems and the classification of paragliders under the current european certification system EN is considered. The basic geometric parameters of a paraglider wing and the selection criteria of these parameters are described. The statistic data of modern paragliders are described.

Key words: paraglider, classification of paragliders, certification of paragliders.

Раков Алексей Сергеевич – инженер лаборатории ТТС ОСКБ, Национальный аэрокосмический университет им Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков, Украина.