

## Тенденции развития современного парaplана

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»*

Приведены результаты работы по изучению конструкции наиболее современных образцов парaplанерной техники. Рассмотрена классификация парaplанов, выявлены основные тенденции развития их конструкции.

**Ключевые слова:** парaplан, классификация парaplанов, сертификация парaplанов.

**Постановка проблемы.** Современные парaplаны развиваются в нескольких направлениях. Для разных классов парaplанов векторы этих направлений могут сильно различаться. В статье рассматриваются тенденции развития различных классов парaplанов. Общие же для всех классов тенденции – снижение веса, улучшение параметров безопасности, и, конечно же, улучшение летных характеристик – аэродинамического качества, максимальной скорости, параметров управляемости. Отметим, что большая часть информации о направлении работ по совершенствованию конструкций парaplанов является коммерческой тайной фирм-производителей и недоступна для изучения.

**Цель работы.** Целью настоящей статьи является обзор конструкций современных парaplанов и выявление тенденций их развития. Такая информация может представлять интерес для разработчика парaplанов и других типов мягких крыльев – парашютов, кайтов и т.д.

**Основной материал статьи.** Современные парaplаны можно условно разделить на несколько категорий: учебные – для летных школ, парaplаны для «пилотов выходного дня» – самые массовые, спортивные крылья для участия в соревнованиях, а так же моторные парaplаны, «горные» – для спуска с гор, например, альпинистов. В последнее время появляется новый тип парaplанов – мини-крылья.

Уровень безопасности парaplана определяется при выполнении летных тестов согласно системе сертификации EN [1]. Пассивной безопасностью парaplана называют его способность возвращаться к нормальному полету после складывания или срыва без вмешательства пилота. Система сертификации EN делит все парaplаны на четыре класса – А, В, С, D:

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

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

С – парaplаны 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 – парaplаны, очень требовательные к пилоту, с потенциально резкими реакциями на турбулентность и ошибки пилота. Возвращение к нормальному полету может требовать точных действий пилота. Предназначены для пилотов,

имеющих большой опыт раскрытия крыла, летающих очень активно, имеющих значительный опыт полетов в турбулентности и хорошо освоивших особенности использования такого крыла.

Летные тесты, выполняемые при сертификации парашлана, подробно описаны в работе [2]. Необходимость сертификации оказывает огромное влияние на развитие конструкций парашланов. Например, при наличии у парашлана триммеров – системы, позволяющей изменять в полете угол установки крыла, испытания проводятся в двух положениях триммера – максимально отпущенном и максимально зажатом. Необходимость доводки парашлана в двух режимах привела к тому, что на большинстве сертифицированных крыльев такая полезная опция отсутствует.

Рассмотрим подробно основные направления развития конструкций парашланов.

### **Новые материалы.**

1. **Ткани.** Подавляющее большинство современных парашланов изготавливается из ткани Skytex производства французской компании Porcher industries [3]. Классические парашланерные ткани (Skytex Classic) имеют массу 40-45 г/м<sup>2</sup>. Волокно – нейлон (полиамид), и обязательная пропитка для обеспечения воздухопроницаемости ткани. Около пяти лет назад на рынке появилась облегченная парашланерная ткань массой всего 27 г/м<sup>2</sup>. Применение такой ткани в конструкции парашлана позволяет на 1–1.5 кг снизить его массу. Прочность этой ткани достаточна в обычных режимах эксплуатации. Более легкий парашлан лучше ведет себя в экстремальных режимах, что связано с меньшей инерцией купола, и, конечно, более удобен в транспортировке. Однако такой парашлан имеет меньший ресурс – примерно 100 летних часов против 300 часов обычного аппарата. Поэтому легкая ткань в основном используется для так называемых горных парашланов, предназначенных для спуска с гор альпинистов, а не длительных маршрутных полетов. Такие парашланы весят около 3 кг (без подвесной системы). Одним из путей совершенствования парашланерных тканей является увеличение ресурса облегченных тканей и их широкое использование в массовых моделях парашланов. Однако создание еще более легкой ткани проблематично по технологическим причинам – производители волокна, из которого изготавливается ткань, в данный момент не в состоянии выпускать более тонкую нить.

2. **Стропы.** Основные производители парашланерных строп – компании Liros [4] и Edelrid [5] из Германии, Cousin Trestec [6] из Франции. Парашланерные стропы можно разделить на два основных типа – оплетенные и неоплетенные. Неоплетенная стропа представляет собой сплетенное силовое волокно (кевлар, либо дайнему), как правило, с пропиткой. Оплетенная стропа вдобавок оплетена защитным слоем. Неоплетенная стропа, при одинаковой прочности, имеет меньший диаметр и меньший ресурс (примерно 100 летних часов против 200). Основная проблема парашланерных строп – изменение длины в течение эксплуатации, что приводит к нежелательному изменению характеристик парашлана. Решение этой проблемы и видится основным направлением разработки новых строп. Конечно же, с точки зрения улучшения аэродинамики очень важно уменьшение диаметра строп. Однако при использовании традиционного кевларового и полиэтиленового волокна уменьшить диаметр без снижения прочности вряд ли возможно.

3. **Пластиковая леска.** Пластиковая (нейлоновая) леска для усиления передней кромки крыла явилась одним из важнейших нововведений последних лет [8]. Ее применение позволило значительно улучшить обтекание передней кромки в основном благодаря лучшему поддержанию формы носка профиля при колеба-

ниях давления в куполе в условиях атмосферной турбулентности. Еще одно ее достоинство – снижение массы крыла по сравнению с крылом с традиционными майларовыми усилениями. Недостатком же является необходимость аккуратного обращения с леской, поскольку пилот больше времени тратит на упаковку парашюта в рюкзак. Возможно, в ближайшем будущем появятся усиления из какого-либо нового, менее требовательного материала. Два года назад предпринимались попытки использовать в конструкции парашюта более жесткие углепластиковые усиления [9], однако впоследствии от них отказались, также применение углепластика породило массу споров. Дело в том, что по классификации ФАИ парашютом называют дельтаплан третьего класса, не имеющий жесткой несущей структуры. Это очень важно с точки зрения безопасности, поскольку любой парашют как мягкая конструкция, работающая только на растяжение, может складываться в воздухе в турбулентных условиях, и жесткие элементы, цепляясь за стропы, могут препятствовать быстрому раскрытию. В результате от применения углепластика отказались.

**Использование двухрядной схемы строп в спортивных парашютах.** Основным смыслом перехода от трехрядной к двухрядной схеме (рис. 1) – снижение суммарной длины строп парашюта и, как следствие, аэродинамического сопротивления стропной системы. Первые парашюты, созданные на основе спортивных парашютов – крыльев имели четыре точки крепления строп на каждой нервюре. Позже конструкторы начали использовать более тонкие профили крыла (толщиной около 13%) с целью снижения профильного сопротивления, и для поддержания формы профиля потребовалось пять точек крепления строп. На спортивных парашютах конца 90-х годов суммарная длина строп достигала 600 м, сопротивление такого количества строп сильно ограничивало максимальное аэродинамическое качество парашютов. В 2004 году появились трехрядные парашюты. Поддержание формы профиля тремя рядами строп стало возможным благодаря увеличению удлинения крыльев до шести и более единиц и толщины профиля примерно до 18%. Дальнейшее уменьшение количества точек крепления строп казалось невозможным, однако в 2009 году фирма OZONE создала парашют ВВНРР [9] с удлинением 8.5 и всего двумя рядами строп. В конструкции этого парашюта были использованы гибкие углепластиковые стержни диаметром примерно 2.5 мм, перераспределяющие нагрузку от двух строп по нервюре. Это решение позволило уменьшить суммарную длину строп парашюта примерно на 50 м в сравнении с трехрядными аналогами и поднять аэродинамическое качество почти на единицу – до 11. На парашюте ВВНРР было выиграно несколько крупных соревнований, однако вскоре от углепластика пришлось отказаться по причинам, описанным ранее. Многие фирмы вслед за OZONE занялись разработкой крыльев с углепластиковыми усилениями, и в это время OZONE выпустил двухрядный парашют Mantra R10-2 без применения углепластика [10].

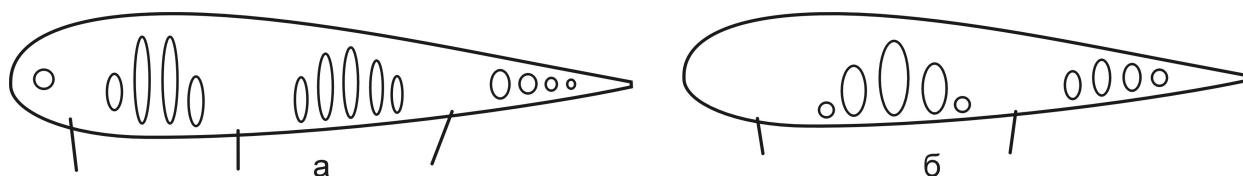


Рис. 1. Профиль крыла парашюта с тремя (а) и двумя (б) рядами строп

Следует отметить, что безопасность двухрядных крыльев ухудшилась (в сравнении с трехрядными предшественниками). Эти крылья после складывания

могут создавать устойчивую нераскрывающуюся конфигурацию, требующую для раскрытия вмешательства пилота. Однако рост аэродинамических характеристик был настолько существенным, что у пилота, летающего на трехрядном параплане, практически не оставалось шансов на победу в соревнованиях. В итоге все мировые топ-пилоты пересели на двухрядные парапланы. Увеличился травматизм среди спортсменов, и два летальных случая в один день на чемпионате мира в Испании в 2011 году привели к тому, что ФАИ временно запретила двухрядные парапланы, а затем были разработаны специальные летные тесты для крыльев Ореп-класса. Однако эти нормы выглядели слишком надуманными и искусственными, и, через некоторое время было принято решение допускать к соревнованиям только сертифицированные парапланы. OZONE первым из производителей объявил о сертификации двухрядного параплана Enzo [11], созданного на базе Mantra-R-10.2. В настоящее время большинство производителей парапланов занимаются разработкой двухрядных сертифицированных крыльев класса EN D. Важнейшее направление развития этих крыльев – обеспечить более благоприятное поведение параплана после сложения. Возможно, через некоторое время появятся двухрядные парапланы и более низких классов – EN C, EN B.

В итоге современные парапланы категории EN D развивают максимальную скорость 70 км/ч, но, что важнее практически, они позволяют летать с аэродинамическим качеством 9-10 единиц и со скоростью более 60 км/ч при наличии в воздухе турбулентных потоков. Максимальное аэродинамическое качество этих парапланов составляет около 11 единиц. Основные типовые конструкции современных парапланов представлены на сайте Para2000.org [12].

**Выделение отдельного класса мини-парапланов.** В последние годы наблюдается выделение отдельного класса мини-парапланов. Появились компании, производящие только такие крылья, например французская LittleCloud [13]. Площадь таких крыльев составляет 14–18 квадратных метров в одноместном варианте против 24–30 в традиционных парапланах. Такие парапланы имеют большую скорость и более динамичны в управлении. Они используются либо для спуска с гор, например альпинистами, либо для полетов в сильный ветер в динамических восходящих потоках, парение же в термических потоках на таких крыльях затруднено из-за высокой скорости снижения. При использовании мини-крыльев альпинистами основным требованием к ним является минимальная масса. Современные легкие мини-крылья традиционной конструкции весят примерно 2,5 килограмма (без подвесной системы пилота). Интереснейшее развитие темы сверхлегкого мини-крыла – появление однослойных парапланов [14]. Фактически это параплан без нижней поверхности с измененной конструкцией стропной системы и носика профиля крыла. Такая конструкция позволяет создать параплан весом всего 1,3 кг. Однослойные крылья только начали появляться на рынке, однако несколько моделей уже производятся серийно. Аэродинамическое качество однослойного параплана примерно на 20% ниже, чем традиционного параплана сходной геометрии, однако это не очень принципиально для горного крыла, предназначенного только для спусков с высоты. Сертифицированных моделей пока нет, и вопросы безопасности не до конца изучены, однако уже сейчас понятно, что это перспективное направление развития горных парапланов.

Мини-парапланы сложнее подлежат сертификации, что связано с тем, что процессы складывания такого крыла протекают интенсивнее и быстрее. Мини-крылья, как правило, не оборудуются акселератором. Их скорость и так достаточно велика и это облегчает сертификацию. В настоящее время на рынке присутст-

вуют сертифицированные мини-парашюты, как правило, категории EN C. Создание крыла с сертификацией EN A либо EN B затруднительно. Однако из-за повышенной нагрузки на крыло мини-крылья менее подвержены складываниям, чем традиционные парашюты.

**Массовые парашюты – эволюционное развитие.** Классические парашюты классов EN B и EN C в последние годы развиваются в основном эволюционно. Сейчас эти крылья летают на уровне спортивных аппаратов 7-10-летней давности, их аэродинамическое качество превышает 9 единиц, максимальная скорость составляет более 55 км/ч [12]. Для пилота, не участвующего в соревнованиях, использование крыла более высокого класса теряет смысл.

## Выводы

1. Разработка новых материалов – тканей, строп и т.д. – является одним из важнейших путей развития парашюта. Новые материалы позволяют снизить массу конструкции и уменьшить вредное аэродинамическое сопротивление.

2. Переход на два ряда строп на спортивных парашютах уже произошел. В ближайшее время стоит ожидать появления двухрядных конструкций более низких классов.

3. Зарождается новый класс мини-парашютов, предназначенных, в основном, не для маршрутных полетов, а для спуска с гор и парения в динамических потоках.

4. Массовые парашюты, предназначенные для выпускников летных школ и пилотов «выходного дня», в последние годы продолжают интенсивно развиваться.

## Список литературы

1. Сайт компании Air Turquoise [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.para-test.com](http://www.para-test.com).
2. Раков, А.С. Выбор основных геометрических параметров при проектировании парашюта [Текст] / А.С. Раков // Авиационно-космическая техника и технология. – 2009, – №5/62. – С. 28-313.
3. Сайт компании Porcher industries [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.porcher-sport.com/en/>
4. Сайт компании Liros [Электронный ресурс]. – Режим доступа:
5. Сайт компании Edelrid [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.edelrid.de>
6. Сайт компании Cousin [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.cousin-trestec.com>
7. Статья об использовании нейлоновой лески для усиления передней кромки парашюта на сайте немецкой федерации пара и дельтапланеризма [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.dhv.de/web/en/safety/articles-statistics/plastic-rods-yes-or-no/>
8. Использование углепластика для усиления передней кромки парашюта [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.xcmaq.com/2010/02/a-civil-debate/>
9. Описание парашюта BVHPP на сайте компании Ozone [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.flyozone.com/paragliders/en/news/headlines/13904>
10. Описание парашюта Mantra R10-2 на сайте компании Ozone [Электрон-

ный ресурс]. – Режим доступа:

<http://www.flyozone.com/paragliders/en/news/headlines/14427>

11. Описание парaplана Enzo на сайте компании Ozone [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.flyozone.com/paragliders/en/products/gliders/enzo/info/>
12. Сайт статистических данных по парaplанам Para2000 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.para2000.org>
13. Сайт компании производителя мини-крыльев LittleCloud [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.littlecloud.fr/en/>
14. Описание конструкции однослойного парaplана. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.laboratoridenvol.com/projects/bhl-jap/bhl-jap.html>

**Рецензент:** д. т. н., проф., А.В. Гайдачук, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков

Поступила в редакцию 10.12.12

## Тенденції розвитку сучасного парaplану

Наведено результати роботи щодо вивчення найбільш сучасних зразків парaplанерної техніки. Розглянуто класифікацію парaplанів, виявлено основні тенденції розвитку їх конструкції.

**Ключові слова:** парaplан, класифікація парaplанів, сертифікація парaplанів.

## Development trends of modern paraglider

This work presents results in studying of the most modern samples of paragliders. Classification of paragliders is considered, main trends of their development are detected.

**Keywords:** paraglider, classification of paragliders, certification of paragliders.