

## УЧИТЬСЯ ЛЕТАТЬ НА ДЕЛЬТАПЛАНЕ

## I. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА

○ АЭРОДИНАМИКА ДЕЛЬТАПЛАНА	2
○ ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДЕЛЬТАПЛАНА	17
○ ЭВОЛЮЦИЯ КРЫЛА ДЕЛЬТАПЛАНА	19
○ ТЕОРИЯ ПОЛЕТА ДЕЛЬТАПЛАНА	22
○ ТЕОРИЯ ПАРЯЩИХ ПОЛЕТОВ	30
○ УСТОЙЧИВОСТЬ И УПРАВЛЯЕМОСТЬ ДЕЛЬТАПЛАНА	36
Боковая устойчивость и управляемость дельтаплана	40
○ ЗАТЯГИВАНИЕ В ПИКИРОВАНИЕ И МЕРЫ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ УСТОЙЧИВОСТИ ПЛАНИРУЮЩЕГО ПОЛЕТА ДЕЛЬТАПЛАНА	44
○ БАЛАНСИРОВКА ДЕЛЬТАПЛАНА. ВЫБОР ТОЧКИ ПОДВЕСКИ ПИЛОТА. МЕТОДИКА ОБЛЕТА ДЕЛЬТАПЛАНА	47
○ КОНСТРУКЦИЯ ДЕЛЬТАПЛАНА	48
○ КЛАССИФИКАЦИЯ ДЕЛЬТАПЛАНОВ	61
○ НАГРУЗКИ, ДЕЙСТВУЮЩИЕ НА ДЕЛЬТАПЛАН В ПОЛЕТЕ. ПРОЧНОСТЬ ДЕЛЬТАПЛАНА	63
○ МЕТЕОРОЛОГИЯ	68
Ветер	70
Турбулентность	73
Признаки изменения погоды	80
○ ОКАЗАНИЕ ПЕРВОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ	82
Раны мягких тканей	83
Растяжение связок	83
Сотрясение или сдавление головного мозга	83
Вывихи	83
Переломы	83
Основные приемы оказания помощи при переломах	84
Основные виды переломов	84
Травматический шок	85
Коллапс	85
Кровотечения	85
Отморожения	85
Утопление	86
Электротравма	86

## II. НАЗЕМНАЯ ПОДГОТОВКА

○ ОБЩАЯ И СПЕЦИАЛЬНАЯ ФИЗИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА ДЕЛЬТАПЛАНЕРИСТА	86
Комплекс упражнений, рекомендуемый дельтапланеристам	87
○ ТРЕНАЖНАЯ ПОДГОТОВКА	89
Упражнения на тренажере	90
Упражнения на собранном дельтаплане	92
○ ВОПРОСЫ ПСИХОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ДЕЛЬТАПЛАНЕРИСТОВ	95
○ ЭКИПИРОВКА ДЕЛЬТАПЛАНЕРИСТА	98
Подвесная система	98
○ ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕМОНТ ДЕЛЬТАПЛАНА	100
○ ОСМОТРЫ ТЕХНИКИ	103
○ Ремонт дельтаплана	103

## III. ЛЕТНАЯ ПОДГОТОВКА

○ ТРЕБОВАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ ПОЛЕТОВ НА ДЕЛЬТАПЛАНАХ	105
Организация полетов в дельтаклубе	105
Выбор склонов для первоначального обучения	106
○ ПРАКТИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ПОЛЕТОВ	107

○ СТАРТ	107
Подготовка к старту	108
Ошибки, их последствия и действия по устранению	109
Ошибки, их последствия и действия по устранению	109
○ Разбег	109
Ошибки, их последствия и действия по устранению	110
○ Взлет	110
Ошибки, их последствия и действия по устранению	110
○ Набор скорости после отрыва	110
Ошибки, их последствия и действия по устранению	111
○ Трудности, возникающие при старте	111
○ ПЛАНИРОВАНИЕ	112
Ошибки, их последствия и действия по устранению	113
○ ПОВОРОТЫ	114
○ ПОСАДКА	115
Ошибки, их последствия и действия по устранению	116
○ ПАРЯЩИЕ ПОЛЕТЫ В ПОТОКАХ ОБТЕКАНИЯ	116
Мыс	117
Лощина	117
Обрыв	118
Сигнализация флажками при парящих полетах	120
Правила расхождения дельтапланов в воздухе	121
○ ДЕЙСТВИЯ СПОРТСМЕНА В ОСОБЫХ СЛУЧАЯХ ПОЛЕТА	122
Действия спортсмена при попадании в опасные метеоусловия	122
Действия спортсмена при потере пространственной ориентировки	122
Действия спортсмена при попадании в зону спутной турбулентности от впереди летящего дельтаплана	123
Действия спортсмена при ухудшении состояния здоровья	123
Действия спортсмена при попадании в режимы, при которых дельтаплан непреднамеренно теряет устойчивость и управляемость	123
Действия спортсмена при затягивании в облака	123
Действия спортсмена при вынужденной посадке вне посадочной площадки	123
Действия спортсмена при посадке на воду	123
Действия спортсмена при посадке на лес	123
Действия спортсмена при посадке на строения	124
Действия спортсмена при посадке на линию электропередач	124
Действия спортсмена при частичной поломке дельтаплана в воздухе	124
Действия спортсмена по устранению столкновения с прочими препятствиями	124
○ ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ НА ДЕЛЬТАПЛАНАХ	124
○ ПАМЯТКА НАЧИНАЮЩЕМУ ДЕЛЬТАПЛАНЕРИСТУ	125

## I. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА

### АЭРОДИНАМИКА ДЕЛЬТАПЛАНА

**Аэродинамика** — наука, изучающая законы движения газов и их силовое воздействие на поверхность обтекаемых тел.

Воздух отличается от других газов лишь значением своих физических констант; законы движения воздуха и других газов, а в определенных условиях и жидкостей, качественно одни и те же. Поэтому аэродинамика в более широком понимании есть наука о движении

газов и жидкостей и их взаимодействии с находящимися в потоке телами.

Аэродинамика летательных аппаратов имеет большое прикладное значение. Данные аэродинамики широко используются при проектировании летательных аппаратов различного назначения, при расчете летных и маневренных свойств самолетов, ракет, а также при решении целого ряда других технических задач.

**Атмосфера Земли.** Воздух, окружающий Землю, является смесью газов. На уровне моря в его объемный состав входят 78% азота, 21% кислорода и 1% других газов и водяных паров.

Состояние атмосферы непостоянно: вблизи поверхности земли оно зависит от времени года, суток, географической широты, метеорологических явлений и т. п. Особенно изменяются физические и термодинамические свойства воздуха с изменением высоты. В связи с нестабильностью этих характеристик для практических расчетов введены условные зависимости параметров атмосферы, сведенные в таблицы и графики Стандартной атмосферы (СА) (ГОСТ 4401—73). Рассмотрим ряд основных параметров, определяющих характеристики атмосферы.

Давление — это вес столба воздуха, приходящийся на единицу поверхности.

объема поверхности земли оно составляет 101 325 Па. Плотность воздуха определяется его массой, заключенной в единице объема.

$$\rho = m / V \text{ (кг/м}^3\text{)}.$$

где:  $m$  — масса воздуха в кг,

$V$  — объем, занимаемый воздухом в  $\text{м}^3$ .

На уровне моря, по данным СА-73, в  $1 \text{ м}^3$  заключено 1,226 кг воздуха.

Плотность и давление воздуха резко уменьшаются с подъемом на высоту и на высоте 6,5 км составляют половину величин плотности и давления на уровне моря.

Температура воздуха измеряется в градусах Цельсия. Подъем на 1 км (в тропосфере, до высот примерно 8—12 км) соответствует понижению температуры в среднем на  $6,5^\circ \text{C}$ . Однако имеются диапазоны высот, где температура остается постоянной либо резко увеличивается с ростом высоты.

Вязкость — это способность жидкостей и газов сопротивляться усилиям сдвига.

Вязкость газа практически не проявляется в свободном потоке, но сильно сказывается при движении потока вблизи твердых поверхностей. В результате на поверхности тела образуется заторможенный, так называемый пограничный слой жидкости (или газа). Скорость потока в пограничном слое возрастает от нуля на поверхности тела до местной скорости набегающего потока (рис. 4).

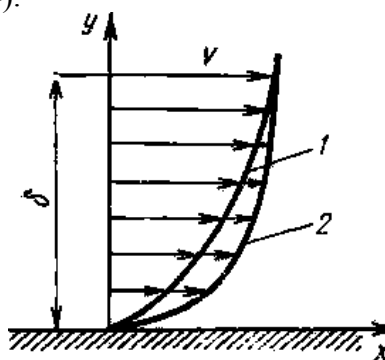


Рис. 4. Скорость потока в пограничном слое:

Если газ (жидкость) в пограничном слое течет плавно, без завихрений, то такой слой называется ламинарным. Если в пограничном слое происходит интенсивное завихрение частиц газа (жидкости), то такой слой называется турбулентным.

Толщина пограничного слоя  $\delta$  весьма условна, так как торможение потока, вызванное вязкостью газа, распространяется на довольно большую область, окружающую тело. Тем

не менее интенсивное торможение частиц газа наблюдается только в очень тонком слое, непосредственно прилегающем к поверхности тела.

Толщина пограничного слоя нарастает по мере удаления от передней кромки (по мере увеличения координаты  $X$ ), причем при одинаковых скоростях невозмущенного потока ламинарный слой всегда тоньше, чем турбулентный (рис. 5).

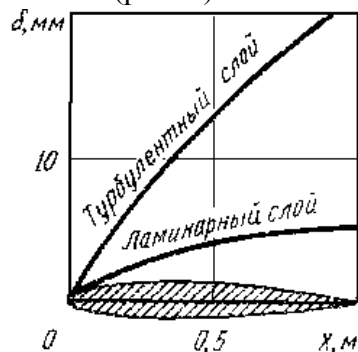


Рис. 5. Толщина пограничного слоя

Это объясняется тем, что в турбулентном слое, вследствие интенсивного перемешивания частиц, большая масса газа вовлекается в процесс торможения за счет вязкости.

Сходя с задней кромки обтекаемого тела, пограничный слой образует спутную струю, постепенно размывающуюся по мере удаления от тела (рис. 6).

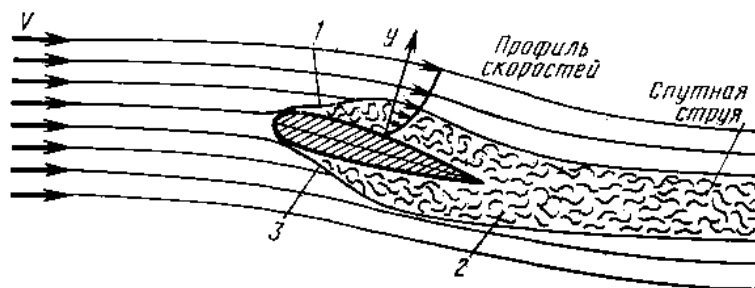


Рис. 6. Образование спутной струи:

1 — ламинарный слой; 2 — турбулентный слой; 3 — зона перехода

Сжимаемость воздуха — это его способность изменять свой объем и плотность при изменении температуры или внешнего давления. Влияние сжимаемости в полете проявляется на скоростях, близких к скорости звука, и поэтому мы рассматривать ее не будем.

**Аэродинамические спектры обтекания тел потоком газа.** При изучении сложных явлений, связанных с обтеканием тел потоком газа, очень помогает наблюдение за линиями тока и траекториями частиц.

Изучение аэродинамических спектров помогает правильно понять физическую сущность явлений обтекания. На рис. 7 хорошо видно, что наиболее плавный спектр обтекания с небольшим завихрением потока за телом имеет каплеобразное тело (рис. 7, в). Такие тела в аэродинамике называются удобообтекаемыми.

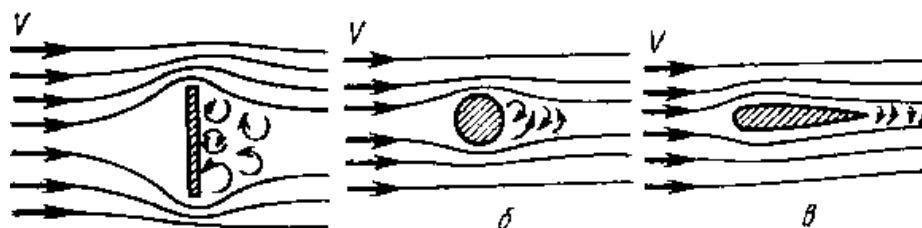


Рис. 7. Спектры обтекания воздушным потоком тел различной формы:

а — плоская пластина; б — шар; в — профиль крыла

Возникновение за телом области вихрей является одной из причин образования силы сопротивления, возникающей у тела в потоке воздуха. Чем больше и интенсивнее вихреобразование за телом, тем больше сила сопротивления такого тела. Вполне очевидно, что спектры обтекания зависят не только от формы и размеров тела, но и от их ориентации по отношению к набегающему потоку.

**Крыло в потоке несжимаемой жидкости.** Свойства летательного аппарата в значительной мере определяются аэродинамикой крыла.

Величина аэродинамического качества крыла в первую очередь зависит от его геометрии, которая определяется формой профиля, формой в плане и поперечной стреловидностью.

Профилем крыла называется форма (контур) сечения крыла, получаемая от пересечения крыла плоскостью, параллельной плоскости симметрии самолета (рис. 8).

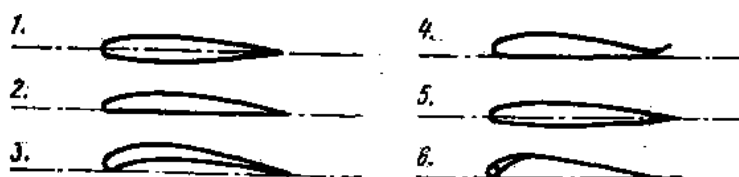


Рис. 8. Формы профилей крыла (дозвуковые профили):

1 — симметричный профиль; 2 — плосковыпуклый профиль; 3 — профиль крыла, разработанный Н. Е. Жуковским; 4 — S-образный профиль; 5 — двойко-выпуклый профиль; 6 — профиль купола дельтаплана

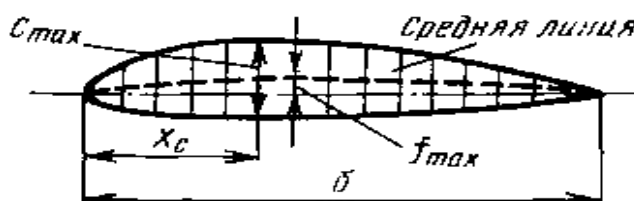


Рис. 9. Параметры профиля крыла

Рассмотрим основные параметры, характеризующие форму профилей крыла (рис. 9).

**Относительная толщина профиля ( $\bar{C}$ )** - отношение максимальной толщины профиля  $C_{max}$  к его хорде  $b$ , измеряемое в процентах:

$$\bar{C} = \frac{C_{max}}{b} 100\%.$$

До 4% — тонкие профили, 4—12% — профили средней толщины, более 12% — толстые профили, так называемые профили Жуковского.

**Хордой  $b$**  называется отрезок, соединяющий концевые точки профиля (см. рис. 9).

**Координата  $\bar{X}_C$  максимальной толщины профиля** измеряется в процентах от хорды, считая от носка профиля:

$$\bar{X}_C = \frac{X_C}{b} 100\%.$$

**Относительная кривизна (вогнутость) профиля ( $\bar{f}$ )** — отношение стрелы прогиба средней линии профиля  $f_{max}$  к его хорде, измеряемое в процентах:

$$\bar{f} = \frac{f_{max}}{b} 100\%.$$

Стрелой прогиба называется максимальное отклонение средней линии профиля от его

хорды, средней линией профиля — линия, проходящая через середины отрезков, соединяющих точки с одинаковой координатой  $X$  на верхнем и нижнем обводах профиля.

Группа профилей, имеющих одинаковый закон построения средней линии, но отличающихся относительной толщиной, называется серией или семейством профилей.

Исходя из требований аэродинамики и из конструктивных соображений, крыло обычно набирают из профилей разных серий с разной относительной толщиной. Такие крылья называют аэродинамически закрученными (рис.10).

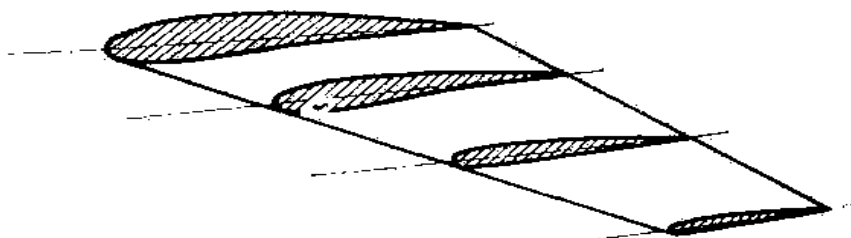


Рис. 10. Аэродинамическая крутка крыла

Хорды профилей, составляющих крыло, могут иметь разные углы по отношению к продольной оси летательного аппарата, которые обычно у корня крыла больше, а на конце крыла меньше. Такие крылья называют геометрически закрученными (рис. 11).

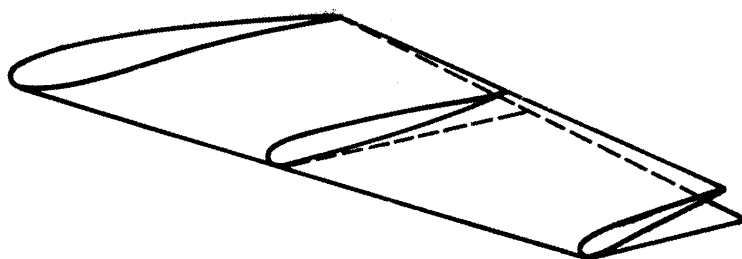


Рис. 11. Геометрическая (отрицательная) крутка крыла

Форма крыла в плане — это вид на крыло сверху (рис. 12).

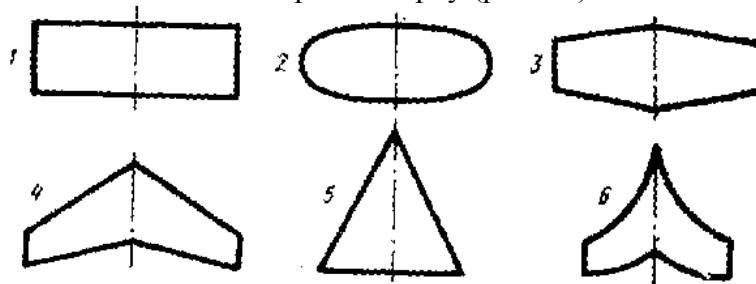


Рис. 12. Форма крыла в плане:

1 — прямоугольное; 2 — эллиптическое; 3 — трапецевидное; 4 — стреловидное;  
5 — треугольное; 6 — серповидное

Рассмотрим параметры, характеризующие форму крыла в плане (рис. 13).

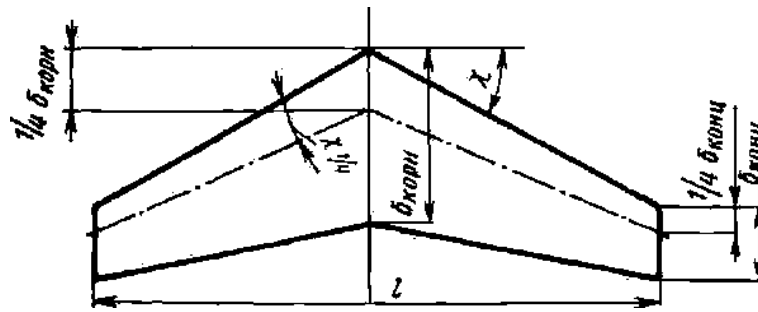


Рис. 13. Параметры, характеризующие форму крыла в плане

**Размах  $l$**  — расстояние между концевыми точками крыла, измеренное по нормали к плоскости симметрии.

**Относительное удлинение  $\lambda$**  — отношение квадрата размаха к площади крыла:

$$\lambda = \frac{l^2}{S}.$$

Для прямоугольного крыла формула удлинения имеет более простой вид:

$$\lambda = \frac{l}{b} \quad \text{— отношение размаха крыла к его хорде.}$$

**Сужение  $\eta$**  — отношение корневой хорды крыла  $b_{\text{корн}}$  к его концевой хорде  $b_{\text{конц}}$ :

$$\eta = \frac{b_{\text{ЕІВІ}}}{b_{\text{ЕІІО}}}.$$

**Угол стреловидности  $\chi$** . Обычно под этим углом понимают угол, заключенный между перпендикуляром к плоскости симметрии крыла и передней кромкой крыла. Иногда угол стреловидности отсчитывают от оси, расположенной на расстоянии  $1/4$  хорды крыла от его передней кромки (угол  $\chi_{1/4}$  на рис. 13). Величина угла стреловидности достигает  $60^\circ$  и более.

**Поперечная стреловидность крыла.** Многие крылья кроме стреловидности в плане имеют также поперечную стреловидность, при которой концы крыла подняты вверх (положительная стреловидность) или опущены вниз (отрицательная стреловидность). Поперечная стреловидность оценивается углом поперечного  $V$  крыла (рис. 14).

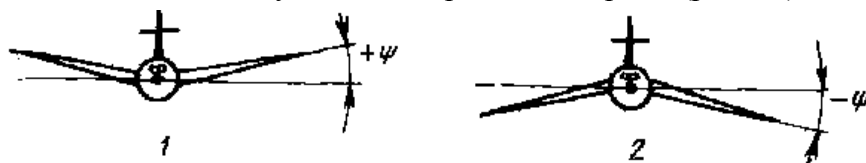


Рис. 14. Поперечное V-крыла:

1 — положительный угол  $+\psi$ ; 2 — отрицательный угол  $-\psi$

**Угол атаки крыла** (ориентировка крыла в воздушном потоке). Величина действующей на крыло аэродинамической силы зависит от угла, под которым крыло встречает набегающий поток воздуха. Этот угол, именуемый углом атаки  $\alpha$ , определяется для изолированного профиля как угол между хордой профиля и вектором скорости набегающего потока. Угол атаки может быть положительным, отрицательным и нулевым (рис. 15).

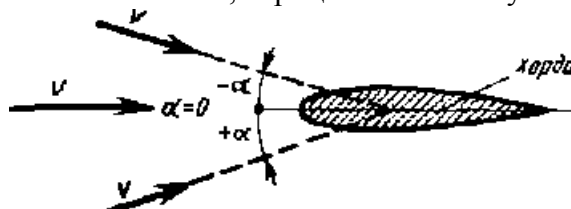


Рис. 15. Угол атаки крыла

Для геометрически закрученного крыла, у которого хорды составляющих его профилей не лежат в одной плоскости, угол атаки определяется как угол, образованный так называемой средней аэродинамической хордой (САХ) крыла и вектором скорости. Средняя аэродинамическая хорда — это хорда условного прямоугольного крыла, которое создает такой же продольный момент относительно центра тяжести самолета, что и действительное крыло (рис. 16).

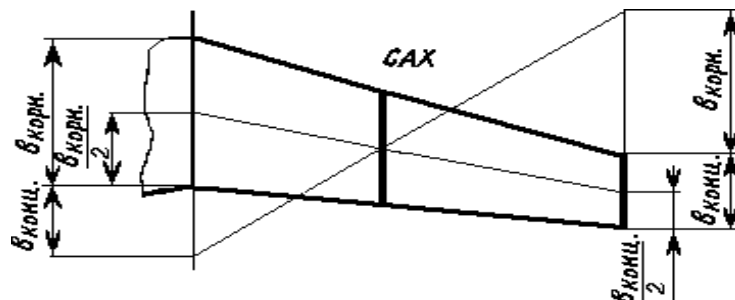


Рис. 16. Построение САХ крыла

**Полная аэродинамическая сила крыла.** Согласно третьему закону Ньютона сила воздействия крыла на воздух равна силе воздействия воздушного потока на крыло. Эта сила получила название полной аэродинамической силы  $R$  крыла.

Если обтекание крыла имеет симметричный характер, то направление силы  $R$  совпадает с направлением невозмущенного потока (рис. 17, а). В общем случае при несимметричном обтекании направление силы  $R$  не совпадает с направлением невозмущенного потока (рис. 17, б). Точка пересечения линии действия силы  $R$  с хордой называется центром давления (ЦД). Координата ЦД относительно носка профиля обозначается через  $X_d$  (рис. 17, б).

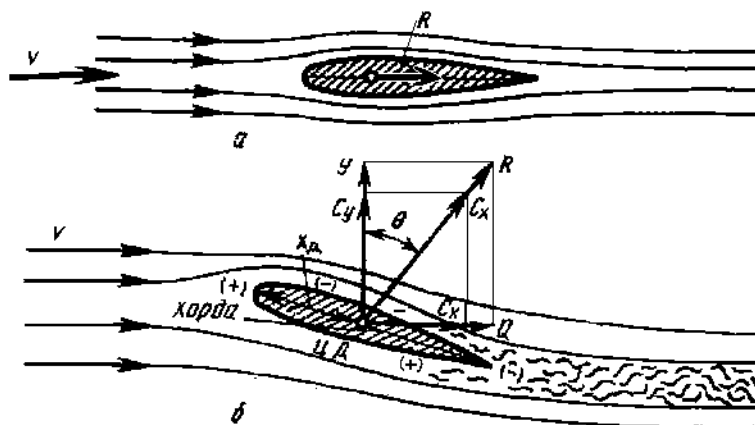


Рис. 17. Полная аэродинамическая сила крыла:

а — при симметричном обтекании, б — при несимметричном обтекании (здесь и далее знак «+» означает повышенное давление воздуха по сравнению с давлением окружающей атмосферы, знак «-» — пониженное давление)

Рассмотрим причины возникновения полной аэродинамической силы в случае несимметричного обтекания крыла.

Профиль крыла деформирует набегающий на него поток воздуха таким образом, что на верхней поверхности крыла скорость обтекания возрастает, а давление воздуха уменьшается. На нижней поверхности крыла картина обратная — скорость обтекания уменьшается, а давление возрастает. Перед носком крыла поток тормозится, поэтому в данной зоне давление воздуха повышается, а за задней кромкой крыла, где поток воздуха отрывается, возникает область разрежения.

Силовое воздействие воздушного потока на крыло проявляется не только в виде дав-



ления, но также и в виде трения воздуха в пограничном слое. От общего воздействия разности давлений воздуха под и над крылом, перед крылом и за ним, а также трения в пограничном слое образуется полная аэродинамическая сила крыла.

Формула для определения силы  $R$  выглядит следующим образом:

$$R = C_R \cdot S \cdot \rho \cdot \frac{V^2}{2} \text{ или } R = C_R \cdot S \cdot q,$$

где:  $q = \rho \cdot \frac{V^2}{2}$  — скоростной напор,  $C_R$ —коэффициент полной аэродинамической силы крыла, зависящий от угла атаки, формы профиля, формы крыла в плане, состояния (шероховатости) поверхности крыла и др.,  $S$  — площадь крыла,  $\rho$  — плотность воздуха,  $V$  — скорость набегающего потока воздуха.

Полную аэродинамическую силу  $R$  удобно разложить на два направления: вдоль потока и перпендикулярно ему (см. рис. 17, б).

Составляющую полной аэродинамической силы  $R$  направленную вдоль потока воздуха в сторону, противоположную направлению движения крыла, обозначают через  $Q$  и называют силой лобового сопротивления.

Составляющую полной аэродинамической силы, направленную перпендикулярно к набегающему потоку воздуха, обозначают через  $Y$  и называют подъемной силой.

Рассмотрим более подробно эти составляющие полной аэродинамической силы.

**Подъемная сила крыла.** Причиной возникновения подъемной силы является разность давлений воздуха на верхней и нижней поверхности крыла. При симметричном профиле крыло на нулевом угле атаки не создает подъемной силы вследствие симметричности обтекания сверху и снизу крыла (см. рис. 17, а). У несимметричного (выпуклого) профиля подъемная сила может быть равной нулю только при некотором отрицательном угле атаки  $\alpha$ .

Формула подъемной силы крыла по структуре аналогична формуле полной аэродинамической силы  $R$ :

$$Y = C_y \cdot S \cdot \rho \cdot \frac{V^2}{2}$$

где  $C_y$ —коэффициент подъемной силы, учитывающий форму профиля, угол атаки крыла и определяемый опытным путем в аэродинамической трубе или расчетным методом.

Зависимость коэффициента подъемной силы от угла атаки. Опыт показывает, что при увеличении угла атаки крыла коэффициент подъемной силы  $C_y$  сначала возрастает, а затем, при достижении какого-то максимального значения, с дальнейшим увеличением угла атаки начинает уменьшаться (рис. 18).

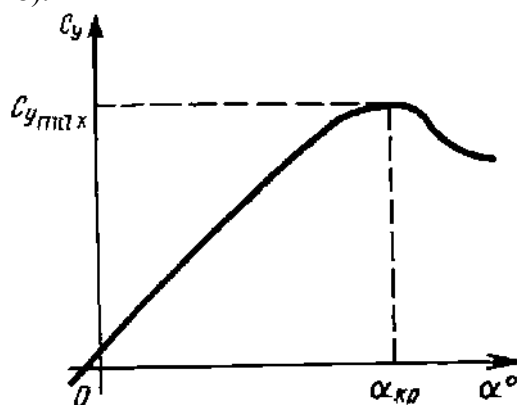


Рис 18. Зависимость  $C_y$  от  $\alpha$

Угол атаки  $\alpha_{кр}$ , при котором коэффициент подъемной силы достигает максимального значения, называют критическим углом атаки. На закритических углах атаки, т. е. при  $\alpha > \alpha_{кр}$ , коэффициент  $C_y$  уменьшается вследствие срыва потока с верхней поверхности крыла.

При увеличении относительной кривизны  $f$  профиля его обтекание улучшается, срыв потока происходит на больших углах атаки крыла, коэффициенты  $C_y$  и  $C_{y_{max}}$  увеличиваются.

**Сила лобового сопротивления крыла.** Сила лобового сопротивления крыла  $Q$  независимо от величины угла атаки всегда направлена против движения крыла. Лобовое сопротивление крыла является суммой сил сопротивления, вызываемых различными причинами. Познакомимся с этими силами.

**Профильное сопротивление крыла.** Рассмотрим крыло бесконечного размаха, когда влияние концов крыла исключено. В этом случае аэродинамические характеристики крыла являются характеристиками его профиля.

Сопротивление крыла бесконечного размаха называется профильным сопротивлением и обозначается  $Q_p$ . Профильное сопротивление, вызываемое разностью давлений перед крылом и за ним, трением воздуха о его поверхность в пограничном слое, зависит только от формы профиля и состояния (шероховатости) поверхности крыла (рис. 19).

$$Q_p = C_{x_p} \cdot S \cdot \rho \cdot \frac{V^2}{2}$$

где:  $C_{x_p}$  — коэффициент профильного сопротивления. В диапазоне летных углов  $C_{x_p} \approx \text{const}$ .



Рис. 19. К возникновению профильного сопротивления

**Индуктивное сопротивление крыла.** При переходе от крыла бесконечного размаха к крылу конечного удлинения появляется новый вид сопротивления, величина которого резко повышается при увеличении угла атаки.

Это сопротивление называется индуктивным и обозначается  $Q_i$ .

$$Q_i = C_{x_i} \cdot S \cdot \rho \cdot \frac{V^2}{2},$$

где,  $C_{x_i} \approx \frac{C_y^2}{\pi \lambda}$  — коэффициент индуктивного сопротивления, зависящий от удлинения крыла и угла атаки.

В отличие от крыла бесконечного размаха, все сечения которого обтекаются плоскопараллельным потоком, обтекание на концах крыла конечного размаха имеет пространственный характер. Это объясняется перетеканием воздуха по торцам крыла из области повышенного давления под крылом в область пониженного давления над крылом (рис. 20).

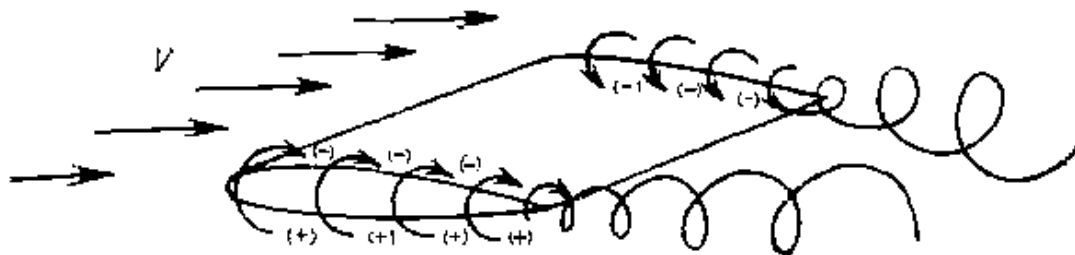


Рис. 20. Перетекание воздуха по торцам крыла

Так как разность давления на поверхности крыла определяет величину подъемной силы, то между подъемной силой и индуктивным сопротивлением имеется тесная связь. Если нет подъемной силы, индуктивное сопротивление отсутствует.

Чем больше угол атаки, тем больше подъемная сила и, следовательно, индуктивное сопротивление.

Физическая сущность индуктивного сопротивления крыла становится ясной из рассмотрения схем сил и скоростей потока, обтекающего крыло (рис. 21).

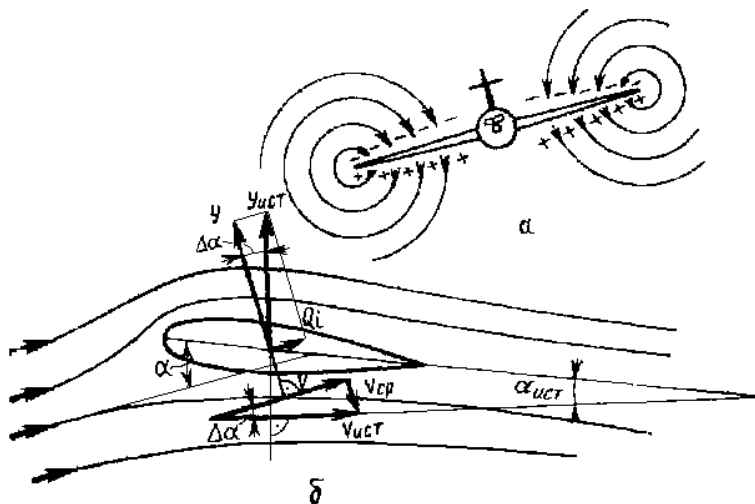


Рис. 21. К возникновению индуктивного сопротивления:

а — концевые вихри; б — схема возникновения скоса потока и индуктивного сопротивления

Крыло, отбрасывает набегающий на него поток вниз со скоростью  $V_{cp}$  называемой средней скоростью скоса потока. Поэтому истинная скорость потока  $V_{ист}$  в отличие от скорости набегающего потока  $V$  изменит свое направление на угол  $\Delta\alpha$ , называемый углом скоса потока. Изменение направления потока под крылом называют скосом потока.

Образование скоса потока может быть объяснено на основании третьего закона Ньютона следующим образом. Истинную подъемную силу крыла  $Y_{ист}$  можно рассматривать как силу реакции потока в результате отбрасывания крылом массы набегающего воздуха вниз. Так как подъемная сила должна быть перпендикулярна потоку, то сила  $Y_{ист}$  будет перпендикулярна истинной скорости и в результате скоса потока отклонится от кажущейся подъемной силы  $Y$ , перпендикулярной к невозмущенному потоку, назад на угол скоса потока  $\Delta\alpha$ .

Составляющая истинной подъемной силы  $Y_{ист}$ , направленная вдоль набегающего потока, и является дополнительным индуктивным сопротивлением  $Q_i$ .

Таким образом, лобовое сопротивление крыла в общем случае складывается из профильного и индуктивного сопротивлений:

$$Q = Q_p + Q_i.$$

Формула лобового сопротивления крыла аналогична по структуре формуле подъемной силы:

$$Q = C_X \cdot S \cdot \rho \cdot \frac{V^2}{2}$$

или, переходя от сил к их коэффициентам,

$$C_X = C_{Xp} + C_{Xi},$$

где  $C_X$  — коэффициент лобового сопротивления.

**Зависимость коэффициента лобового сопротивления крыла от угла атаки.** Из графика (рис. 22) видно, что на малых углах атаки основной частью лобового сопротивления крыла является профильное сопротивление. По мере увеличения угла атаки доля профильного сопротивления в общем сопротивлении крыла уменьшается, а доля индуктивного сопротивления возрастает и на больших углах атаки составляет основную часть лобового сопротивления.

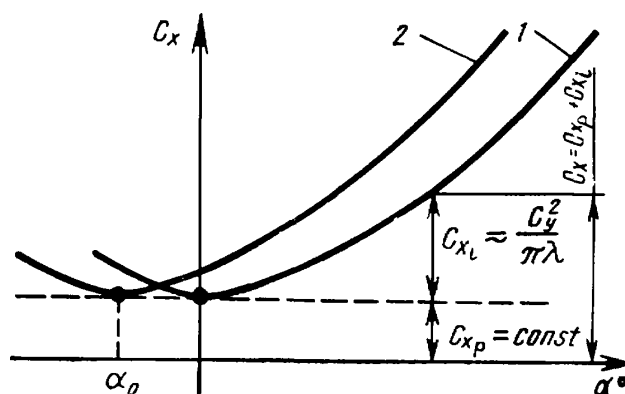


Рис. 22. График зависимости  $C_x = f(\alpha)$ :  
1 — симметричный профиль; 2 — несимметричный профиль

**Аэродинамическое качество крыла.** Аэродинамическим качеством крыла  $K$  называют отношение подъемной силы к силе лобового сопротивления крыла:

$$K = \frac{Y}{Q} = \frac{C_y \cdot S \cdot \rho \cdot \frac{V^2}{2}}{C_x \cdot S \cdot \rho \cdot \frac{V^2}{2}} = \frac{C_y}{C_x}.$$

Из этой формулы следует, что качество крыла зависит от коэффициентов  $C_y$  и  $C_x$ , учитывающих форму профиля, состояние поверхности и угол атаки крыла. В частности, зависимость качества крыла от его угла атаки легко установить, рассмотрев зависимости  $C_y = f_1(\alpha)$  и  $C_x = f_2(\alpha)$ , изображенные на рис. 23.

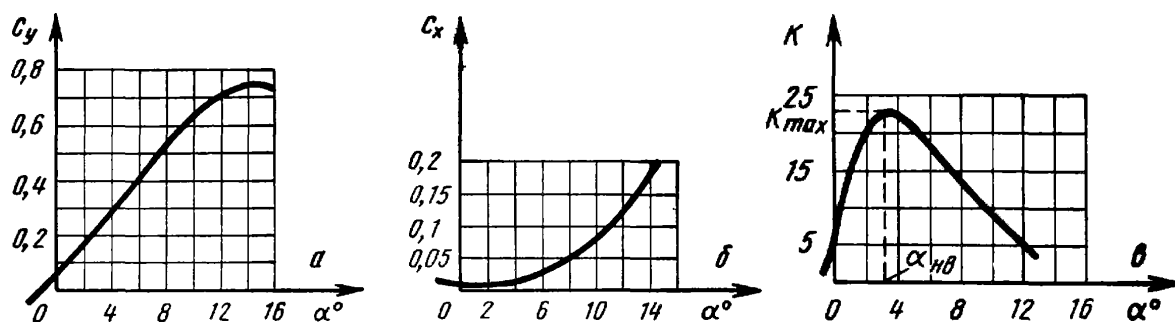


Рис. 23. К пояснению зависимости качества крыла от угла атаки:

а — зависимость  $C_y = f_1(\alpha)$ ; б — зависимость  $C_x = f_2(\alpha)$ ; в — зависимость  $K = f(\alpha)$ .

Угол атаки, при котором качество достигает максимального своего значения, называют наивыгоднейшим углом атаки ( $\alpha_{HB}$ ). Обратимся к схеме сил, действующих на крыло при каком-то угле атаки, изображенной на [рис. 17,б](#). На этой схеме угол, образованный векторами подъемной силы и полной аэродинамической силы или векторами коэффициентов этих сил, обозначен через  $Q$ .

Из схемы видно, что качество крыла

$$K = \frac{Y}{Q} = \operatorname{ctg} \theta .$$

**Распределение давления по профилю крыла.** Распределение давления по профилю крыла может быть изображено векторной диаграммой, на которой каждый вектор в масштабе дает величину избыточного давления в данной точке профиля (рис. 24).

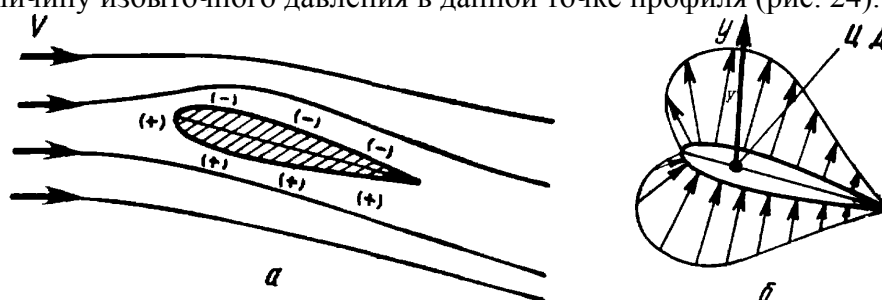


Рис. 24. Распределение давления по профилю крыла:  
а — спектр обтекания; б — векторная диаграмма давления

Векторы давлений направлены по нормали к касательной, проведенной в данной точке профиля, причем вектор избыточного давления направлен к поверхности профиля, а вектор разрежения — от поверхности. На рис. 24 приведены спектр обтекания и векторная диаграмма распределения давления на профиле крыла. Из них видно, что наибольшее сужение струек и, следовательно, наибольшее разрежение возникает на верхней части носика профиля, а наибольшее избыточное давление — на нижней поверхности носика профиля. При таком распределении давления точка приложения равнодействующей аэродинамических сил — центр давления профиля — расположена вблизи носка.

На разных углах атаки распределение давления по профилю крыла и связанное с ним положение центра давления будут различными.

**Аэродинамика гибкого крыла.** Основным элементом дельтаплана является гибкое крыло, образуемое частью поверхностей двух конусов (коническое крыло, рис. 25, а) или цилиндров (цилиндрическое крыло, рис. 25, б).

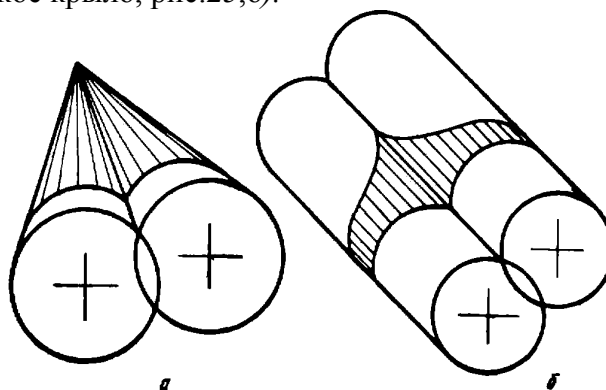


Рис. 25. Формообразование гибкого крыла:  
а — конического; б — цилиндрического

Особенностью конического крыла является то, что углы атаки сечений от корневой части к концевым уменьшаются  $\alpha_1 > \alpha_2 > \alpha_3$  (отрицательная геометрическая крутка) (рис.

26).

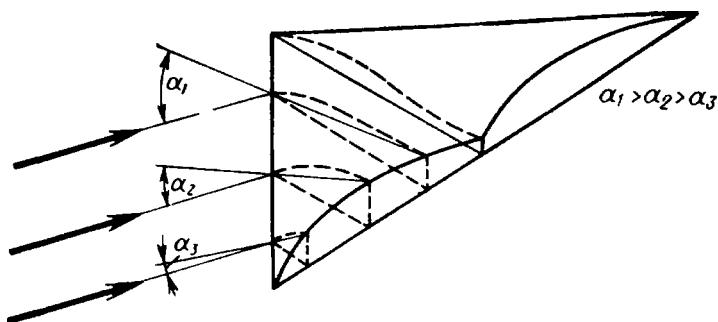


Рис. 26. Отрицательная геометрическая крутка конического крыла

Цилиндрическое крыло характеризуется тем, что оно не имеет геометрической крутки, аэродинамическое качество его имеет несколько большее значение, чем коническое, однако в отношении продольной устойчивости для полета более пригодно коническое крыло. В некоторых случаях применяют сочетание цилиндрического (в центральной части крыла) и конического (в концевых частях крыла) (рис. 27).

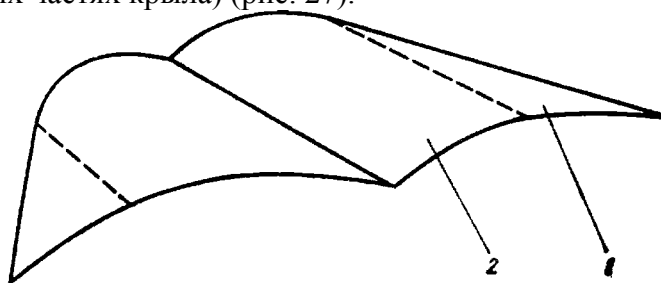


Рис. 27. Гибкое крыло, образованное сочетанием конического (1) и цилиндрического (2) крыла

Форма профиля гибкого крыла определяется раскроем паруса, геометрией, жесткостью каркаса и лат. Формообразование профиля происходит под действием скоростного напора набегающего потока.

Профиль крыльев первых дельтапланов (рис. 28, а) имел небольшое значение относительной кривизны  $f = 3 \div 4\%$  и в сочетании со значительной геометрической круткой обладал малой несущей способностью и небольшим значением аэродинамического качества. Применение более вогнутых профилей  $f = 5 \div 9\%$  (рис. 28, б) и уменьшение отрицательной геометрической крутки позволило повысить несущую способность крыла дельтаплана и его качество. Увеличение размеров бокового кармана до величины  $0,4b$  и более (двойная обшивка) (рис. 28, в) дает возможность повысить качество дельтаплана на больших скоростях полета. Сохранение формы профиля с двойной обшивкой достигается наддувом бокового кармана или применением жестких лат или нервюр. S-образный профиль (рис. 28, г) применяется в корневых сечениях крыла дельтаплана. Данный профиль создается с помощью мягких нервюр (килевой карман) и с помощью изогнутых жестких лат.

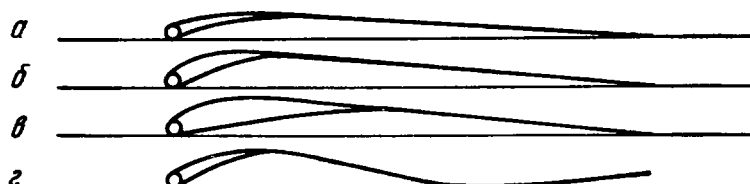


Рис. 28 Форма профиля гибкого крыла

Центр давления (ЦД) такого профиля при уменьшении угла атаки смещается вперед (устойчивый профиль), тогда как ЦД вогнутого профиля смещается назад при уменьшении угла атаки (неустойчивый профиль) (рис. 29).

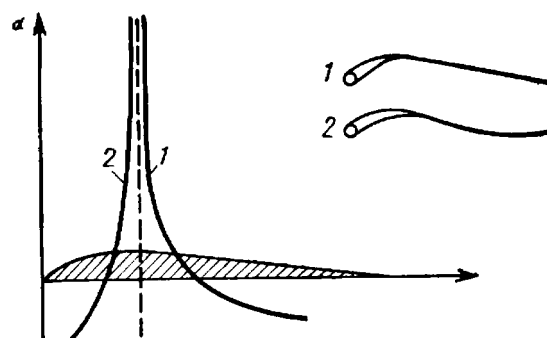


Рис. 29. Зависимость положения центра давления от угла атаки:  
1 — неустойчивый профиль; 2 — устойчивый профиль

Свойство S-образных профилей используется для обеспечения устойчивости летательных аппаратов типа «летающее крыло». Кроме этого, «летающее крыло» (по этой схеме выполнено большинство современных дельтапланов) может быть сбалансировано использованием стреловидности и геометрической крутки. S-образность в килевой части стреловидного крыла вводится для улучшения характеристик устойчивости на малых углах атаки.

Аэродинамические характеристики гибкого крыла имеют некоторые особенности, отличающие его от жесткого крыла, рассмотренного выше.

Угол атаки дельтаплана  $\alpha$  определяется углом между направлением набегающего потока и корневой хордой крыла.

Зависимость коэффициента подъемной силы  $C_y$  от угла атаки представлена на рис. 30.

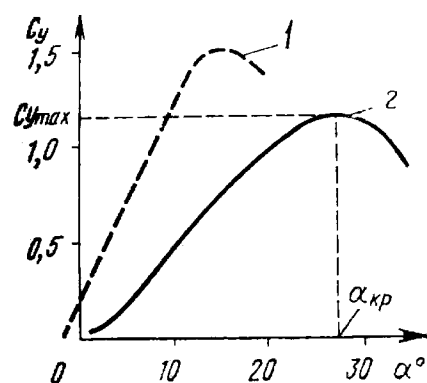


Рис. 30. Зависимость коэффициента подъемной силы от угла атаки:

— — — — — жесткое крыло планера;  
————— дельтаплан «Славутич»

VTI»

При малых значениях угла атаки давление перераспределяется по профилю таким образом, что гибкое крыло теряет форму. Потеря формы гибкого крыла сопровождается волнообразной деформацией

несущей поверхности (флаттер), при этом крыло дельтаплана практически не создает подъемной силы.

С увеличением угла атаки коэффициент подъемной силы крыла возрастает. Увеличение коэффициента  $C_y$  объясняется тем, что при возрастании угла атаки происходит увеличение деформации струек над крылом (уменьшается площадь поперечного сечения струек) и некоторое притормаживание потока под крылом, вследствие чего увеличивается разность давлений на верхней и нижней поверхности крыла. Для дельтапланов критический угол атаки лежит в диапазоне  $\alpha = 25 \div 35^\circ$ .

Уменьшение коэффициента подъемной силы на углах атаки больше критического вызывается нарушением плавного обтекания крыла, в результате чего происходит срыв потока с верхней части крыла (рис. 31).



Рис. 31. Срыв потока на больших углах атаки

Стреловидное крыло, каким является крыло дельтаплана, имеет некоторые особенности, отличающие его от прямого. Поток воздуха подходит к передней кромке под некоторым углом в (рис. 32).

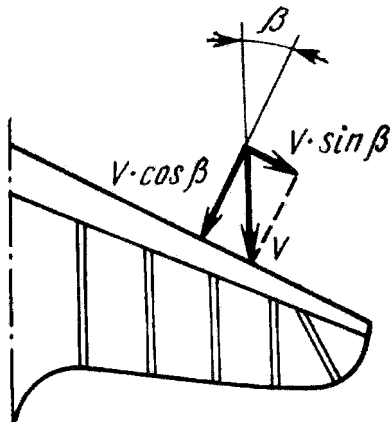


Рис. 32. Разложение скорости потока, обтекающего стреловидное крыло

Скорость потока  $V$  можно разложить на нормальную к передней кромке  $V \cos \beta$  и касательную  $V \sin \beta$ . Касательная составляющая вызывает движение пограничного слоя по направлению от центра к концевым частям крыла, благодаря чему происходит перетекание пограничного слоя из средней части крыла и накопление его на концах крыла. Это накопление (набухание) пограничного слоя ускоряет преждевременный срыв потока с концов стреловидного крыла при увеличении углов атаки, что приводит к сваливанию на крыло и входу дельтаплана в штопор. Для предотвращения концевой срыва применяют отрицательную геометрическую крутку, уменьшающую углы атаки концевых частей крыла.

Геометрические параметры гибкого крыла оказывают заметное влияние на его аэродинамические характеристики. Наклон кривой  $C_y = f(\alpha)$  (см. рис. 30) зависит от удлинения крыла  $\lambda$ . При уменьшении удлинения величина наклона кривой уменьшается, а критический угол атаки  $\alpha_{кр}$  будет увеличиваться, так как при малых удлинениях крыла будут иметь место значительные, по сравнению с крыльями больших удлинений, перетекания воздуха из-под крыла на его верхнюю поверхность через концевые части крыла. Этим в основном объясняется различный вид зависимостей  $C_y = f(\alpha)$  для планера ( $\lambda = 10 \div 25$ ) и дельтаплана ( $\lambda = 3 \div 10$ ).

Максимальное значение коэффициента подъемной силы  $C_{y_{max}}$  в первую очередь зависит от кривизны профиля. С увеличением кривизны  $C_{y_{max}}$  возрастает. Коэффициент максимальной подъемной силы также увеличивается с увеличением угла при вершине каркаса (уменьшением угла стреловидности).

Теперь рассмотрим общее аэродинамическое сопротивление дельтаплана, которое складывается из сопротивления дельтаплана и сопротивления пилота.

$$Q = Q_{д/п} + Q_{пилота} \text{ или } C_x = C_{x \text{ д/п}} + C_{x \text{ пилота}}.$$

Зависимость коэффициента угла атаки представлена на рис. 33 (дельтаплана «Славутич-УТ1»).

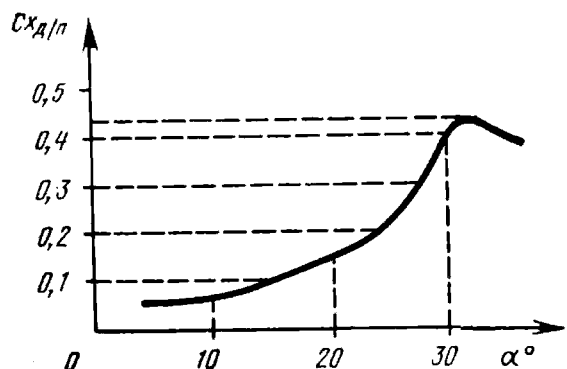


Рис. 33 Зависимость коэффициента сопротивления дельтаплана «Славутич-УТ1» от угла атаки.



Коэффициент сопротивления дельтаплана определяется суммой следующих коэффициентов: коэффициента профильного сопротивления  $Cx_p$ , коэффициента индуктивного сопротивления  $Cx_i$ , коэффициента сопротивления элементов конструкции  $Cx_{BP}$  (вредное сопротивление, создаваемое растяжками, поперечной балкой, трапезией, мачтой и другими элементами каркаса).

$$Cx_{д/п} = Cx_p + Cx_i + Cx_{BP}$$

Сопротивление пилота  $Cx$  пилота в основном определяется его положением в полете, если принять сопротивление в вертикальном положении за 100%, то сопротивление в сидячей подвесной системе будет составлять 40÷60%, а в горизонтальном положении 15÷20%. Поэтому самой выгодной, с точки зрения аэродинамики, является горизонтальная подвесная система.

Аэродинамическим качеством дельтаплана называют отношение подъемной силы к силе лобового сопротивления или отношение коэффициента подъемной силы к коэффициенту лобового сопротивления:

$$K = \frac{Y}{Q} \text{ или } K = \frac{C_y}{C_x}.$$

Имея кривые зависимостей  $C_y = f(\alpha)$  и  $C_x = f(\alpha)$ , подучим зависимость качества  $K$  от угла атаки  $\alpha$  (рис.34). С увеличением угла атаки до определенной величины аэродинамическое качество возрастает. При некотором угле атаки качество достигает максимальной величины. Этот угол называется наивыгоднейшим  $\alpha_{наив}$ .

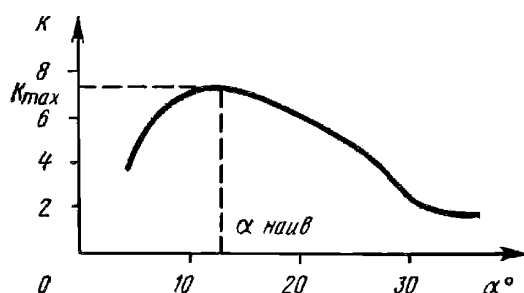


Рис. 34. Зависимость качества  $K$  дельтаплана «Славутич-УТ1» от угла атаки

Аэродинамическое качество крыла в основном зависит от следующих факторов: формы профиля, качества поверхности крыла, нахождения в потоке неудобнообтекаемых частей конструкции (ауттриггеров, поперечной балки и т. п.), положения пилота, удлинения крыла и распределения нагрузки по размаху крыла.

## ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДЕЛЬТАПЛАНА

За период своего развития (до 1980г.) дельтаплан приобрел характерные геометрические формы. В определенной степени утвердились конструкции основных узлов и элементов; подобраны наиболее рациональные материалы и технология изготовления аппаратов.

Как указывалось выше, формообразование профиля крыла дельтаплана происходит за счет наполнения его купола набегающим потоком воздуха. Однако существует ряд геометрических параметров, которые незначительно зависят от внешних воздействий и определяются конструкцией аппарата. Наиболее распространенные дельтапланы имеют жесткий каркас из труб и достаточно нерастяжимый и воздухонепроницаемый купол и синтетиче-

ских тканей.

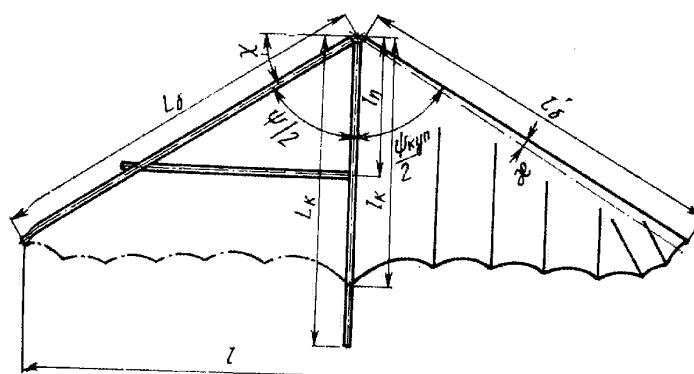


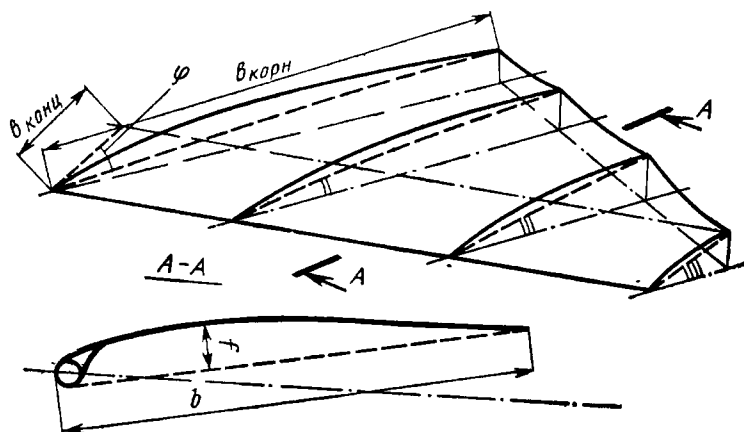
Рис. 35 Геометрические параметры дельтаплана

Рассмотрим геометрические параметры дельтаплана (рис. 35):

- площадь купола  $S_{куп}$ —площадь раскроя купола;
- площадь дельтаплана  $S$  — площадь проекции купола в полетном положении на плоскость силового каркаса;
- размах  $l$ —максимальное расстояние по оси  $Z$  между крайними точками купола в ненагруженном состоянии (расположение осей координат см. [на рис. 69](#));
- теоретическая длина килевой балки  $l_k$ —расстояние между точкой пересечения осей боковых балок и наиболее удаленной точкой купола по килевой балке;
- длина килевой балки  $L_k$ —расстояние между передней и задней точками килевой балки;
- длина боковой балки  $L_b$ —длина между передней и задней точками боковой балки;
- теоретическая длина боковой балки  $l_b$ —расстояние от точки пересечения осей боковых балок до наиболее удаленной точки купола по боковой балке;
- стреловидность передней кромки  $\chi$ —угол между осью  $Z$  и боковой балкой;
- угол при вершине купола  $\psi_{куп}$ —угол между боковыми кромками купола;
- угол при вершине силового каркаса  $\psi$ —угол между осями боковых балок;  $\psi + 2\chi = 180^\circ$ ;
- купольность гибкого крыла  $\kappa$  — превышение угла полураскроя купола над половиной угла при вершине каркаса,

$$\hat{e} = \frac{\psi_{куп} - \psi}{2};$$

- удлинение  $\lambda$  —отношение квадрата размаха к площади,  $\lambda = \frac{l^2}{S}$ ;
- расстояние от точки пересечения теоретических осей боковых балок до точки подвески пилота по килевой балке  $l_{п}$ ;
- угол установки концевой хорды  $\phi$ —угол между корневой хордой и боковой проекцией концевой хорды на плоскость  $XOY$  (рис. 36);



➤ длина хорды  $b$  — расстояние между передней и задней кромками купола в продольном сечении (рис. 36);

➤ максимальная кривизна профиля  $f_{\max}$  — расстояние между хордой и максимальной высотой профиля;

➤ относительная кривизна профиля

$$f = \frac{f_{\max}}{b} \cdot 100\%$$

➤ удельная нагрузка на крыло  $p$  — отношение полного полетного веса аппарата к его площади:

$$p = \frac{G}{S} \text{ (Н/м}^2\text{)}.$$

## ЭВОЛЮЦИЯ КРЫЛА ДЕЛЬТАПЛАНА

Сделанные Ф. Рогалло теоретические исследования в области аэродинамики гибкого крыла послужили толчком к созданию необычного по виду, дешевого в изготовлении и легкого балансирного планера-дельтаплана. Из-за естественного желания летать дальше и выше начались дальнейшие исследования и эксперименты по усовершенствованию аппаратов. Постепенно конфигурация дельтаплана изменилась так, что его традиционная форма в виде греческой «дельты» с трудом угадывалась.

Дельтапланы, выполненные по классической схеме Рогалло, имеют низкое аэродинамическое качество ( $K=3\div 4$ ) по следующим причинам: малое удлинение ( $2,5\div 3,5$ ); большая купольность ( $3\div 5^\circ$ ) и, как следствие, большая отрицательная крутка (рис. 37).

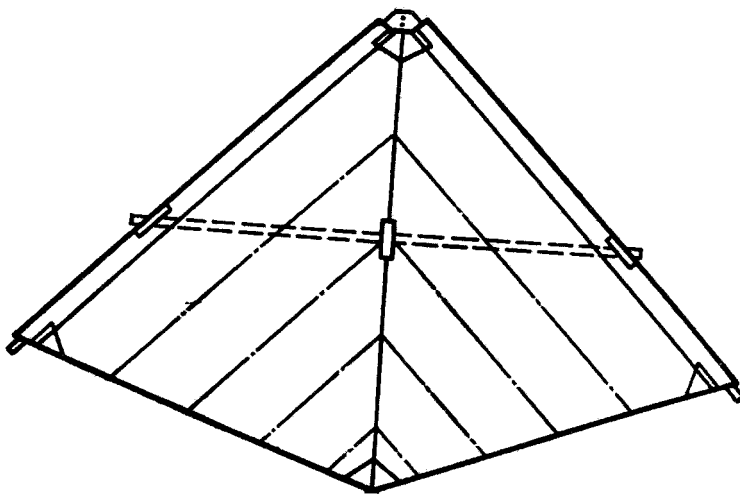


Рис. 37. Схема дельтаплана классической формы (Рогалло)

Кроме того, вследствие малой жесткости, парус имел на определенных режимах полета склонность к «полосканию» ткани, так называемому флаттеру. Для уменьшения флаттерных явлений появилась необходимость в придании задней кромке крыла Рогалло отрицательной серповидности и установке лат, увеличивающих жесткость этой кромки. В дальнейшем для более полного устранения флаттера, увеличивающего лобовое сопротивление

и соответственно уменьшающего аэродинамическое качество, была введена серповидность и между латами (рис. 38).

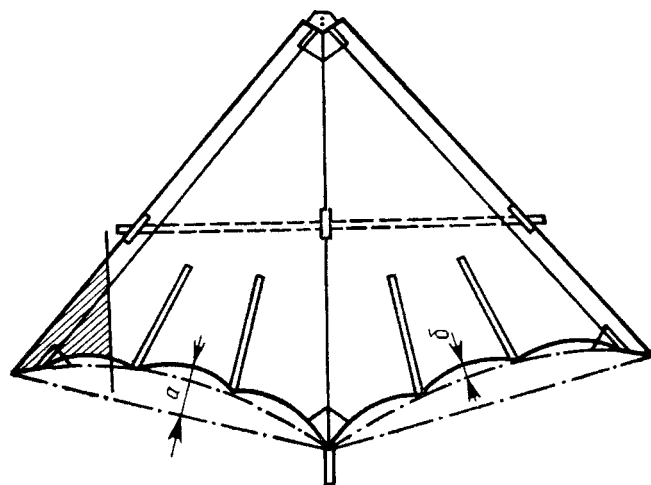
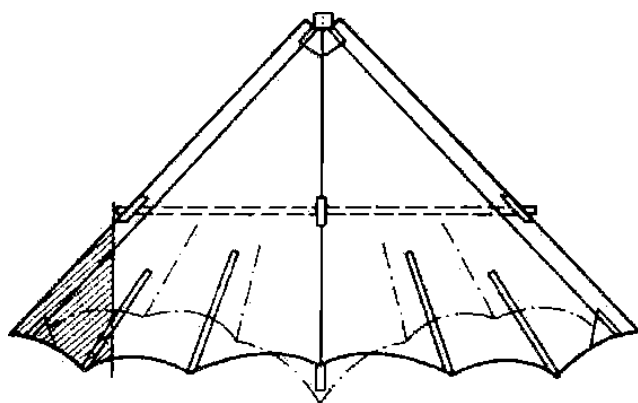


Рис. 38. Схема дельтаплана классической формы (Роголло) с установленными латами, общей и локальной серповидностью задней кромки:

*a* — общая серповидность; *б* — локальная серповидность

Проблема повышения эффективности работы концевых частей крыла и сохранения приемлемых значений отрицательной кривизны была решена путем внедрения схемы дельтаплана с концевыми хордами (законцовками).



Однако при этом концевые части крыла работали неэффективно из-за их малой площади и большой отрицательной кривизны. Устранение этого недостатка было достигнуто путем развития концевых частей крыла (рис.39).

Идя по пути увеличения аэродинамического качества, необходимо было в первую очередь увеличивать удлинение и уменьшать купольность. Однако увеличение удлинения связано с ростом размаха крыла, а балансирное управление в поперечном отношении при больших размахах становится малоэффективным и при полетах в турбулентной атмосфере опасным.

Уменьшение купольности приводит к уменьшению отрицательной кривизны, что в свою очередь ухудшает поперечную устойчивость на больших углах атаки (на малых скоростях полета).

Проблема повышения эффективности работы концевых частей крыла и сохранения приемлемых значений отрицательной кривизны была решена путем внедрения схемы дельтаплана с концевыми хордами (законцовками). Они устанавливались параллельно килю (плановая проекция) и под отрицательным углом к плоскости каркаса (рис. 40).

Рис. 39. Схема дельтаплана с увеличенной площадью концевых частей крыла и укороченной килевой балкой

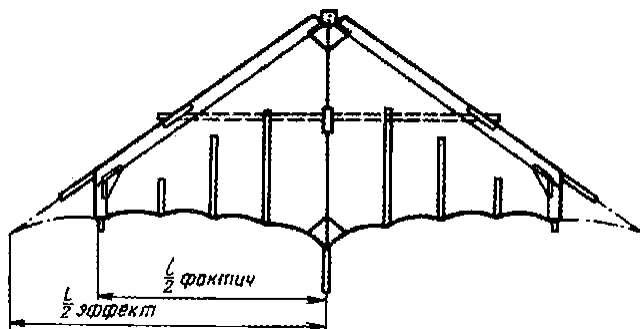


Рис. 40. Схема дельтаплана с концевыми хордами (законцовками)

Оказалось возможным уменьшить купольность до  $1,5 \div 2^\circ$ , увеличить угол при вершине каркаса приблизительно до  $110^\circ$  и удлинение до 5 без ухудшения продольной и поперечной устойчивости. Качество возросло до значений  $K=6 \div 7$ .

Дальнейшее увеличение удлинения привело к уменьшению длины купола по килевой балке, а это, в свою очередь, — к увеличению чувствительности по управлению в продольном направлении (рис. 41).

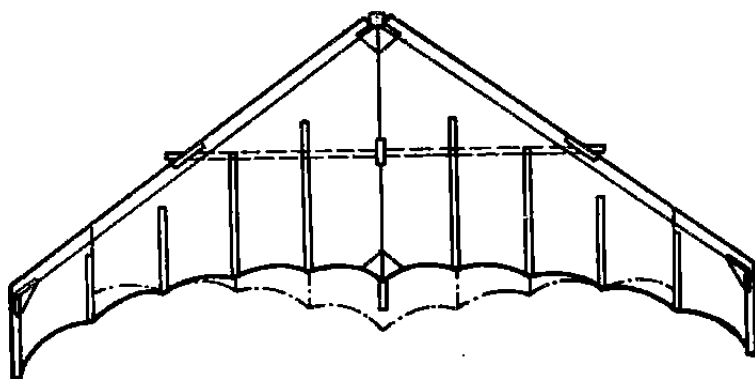


Рис. 41. Схема дельтаплана с концевыми хордами и повышенным удлинением

Для повышения продольной устойчивости без изменения геометрических параметров был применен профилированный S-образный килевой карман, который, кроме того, является дополнительной поверхностью, повышающей путевую устойчивость. При порывах ветра улучшаются демпфирующие свойства крыла за счет перераспределения купольности (рис. 42).

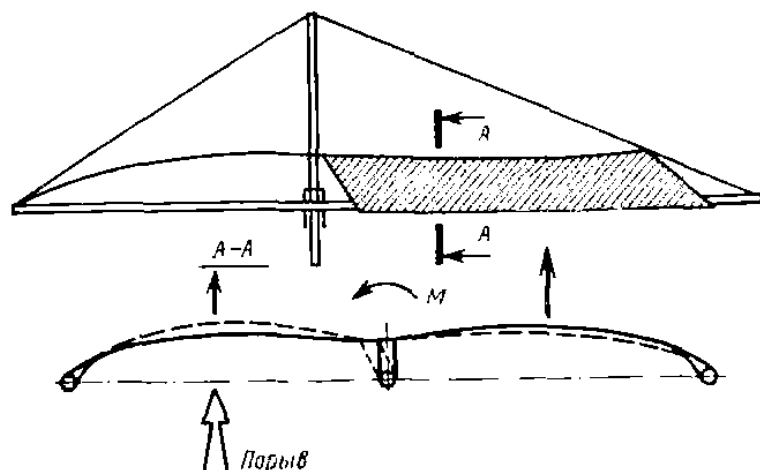
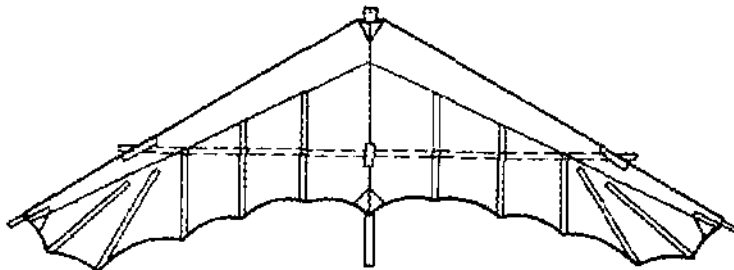


Рис. 42. Установка килевого кармана и его работа по демпфированию кренов



Другим решением, направленным на повышение аэродинамического качества, являются мероприятия по улучшению распределения воздушной нагрузки по размаху крыла. Оказалось рациональным увеличение площади концевых частей. Для поддержания в этих местах формы купола начали применять радиальные латы. Таким образом стало возможным устранить излишнюю крутку, а также увеличить угол при вершине каркаса и уменьшить купольность почти до  $0^\circ$ . При этом поперечная устойчивость обеспечивается, и срыва потока по концам крыла в достаточно большом диапазоне углов атаки не наблюдается (рис. 43).

Используя специальный раскрой купола, можно задавать ему определенную форму профиля. Профилирование купола в сочетании с наддуваемыми скоростным напором боковыми карманами значительно увеличило несущие свойства и аэродинамическое качество крыла. Появилась возможность увеличить удельную нагрузку, что, в свою очередь, позволило сохранить эффективность балансирного управления при больших размахах крыла ( $K=8\div 10$ ).

Одним из вариантов дельтаплана высокого класса явилась схема без поперечной балки.

Отсутствие поперечной балки, создающей значительное сопротивление, дало некоторый выигрыш в аэродинамическом качестве, однако появилось заметно большее количество тросовых растяжек, также создающих вредное сопротивление. Угол при вершине каркаса у таких аппаратов составляет  $130\text{—}140^\circ$ , например дельтаплан «Грифон» (рис. 198).

Применение обтекателя верхней передней кромки улучшило качество поверхности крыла, что позволило несколько повысить аэродинамическое качество и уменьшить скорость снижения, например дельтапланы «Славутич-спорт», «Атлас» (рис. 200, 203).

Расположение поперечной балки внутри бокового кармана исключило значительную часть сопротивления без увеличения количества тросов, например дельтаплана «Комета», «Азур» (рис. 204).

Дальнейшее улучшение характеристик дельтапланов достигалось исключением из конструкции мачты и верхних тросовых растяжек, например заменой их функций обтекаемыми боковыми подкосами, дельтаплан «Файрбёд-СХ» (рис. 205).

## ТЕОРИЯ ПОЛЕТА ДЕЛЬТАПЛАНА

**Планирование дельтаплана.** Прямолинейное и равномерное движение дельтаплана, при котором его масса уравновешена полной аэродинамической силой, называется планированием.

Угол, образованный траекторией планирования и линией горизонта, называется углом

---

\* Здесь и далее под массой дельтаплана понимается его полный полетный вес, т. е. масса аппарата плюс масса спортсмена. (Прим. авт.).

планирования  $\theta$  (рис.44).

Рассмотрим силы, действующие на дельтаплан при планировании. Силу тяжести (вес)  $G$  разложим на две составляющие: в направлении, перпендикулярном траектории движения  $G \cdot \cos \theta$ , и в направлении вдоль траектории движения дельтаплана  $G \cdot \sin \theta$ . Разложим полную аэродинамическую силу на подъемную силу  $Y$ , уравновешивающую силу  $G \cdot \cos \theta$  (чем обеспечивается прямолинейность движения), и на силу лобового сопротивления  $Q$ , уравновешивающую силу  $G \cdot \sin \theta$  (что обеспечивает постоянство скорости движения по траектории), т. е. уравнения движения центра тяжести дельтаплана при планировании будут иметь вид:

$$\begin{aligned} Y &= G \cdot \cos \theta, \\ Q &= G \cdot \sin \theta. \end{aligned}$$

Равнодействующая сил  $Y$  и  $Q$ , т. е. полная аэродинамическая сила  $R$ , при планировании всегда направлена вверх и равна полетному весу дельтаплана  $R = G$ .

Скорость полета, необходимая для создания подъемной силы, равной составляющей веса  $G \cdot \cos \theta$  на данном угле атаки, называется скоростью планирования. Скорость планирования можно определить из уравнений

$$V = G \cdot \cos \theta \quad \text{и} \quad Y = C_Y \cdot \frac{\rho V^2}{2} \cdot S,$$

т. е.

$$V = \sqrt{\frac{2G}{C_Y \cdot \rho \cdot S}} \cdot \cos \theta,$$

при малых углах планирования  $\cos \theta \approx 1$ , откуда получим

$$V \approx \sqrt{\frac{2G}{C_Y \cdot \rho \cdot S}}.$$

Из этого следует, что с увеличением нагрузки на крыло ( $p = G/S$ ) скорость планирования увеличивается. С подъемом на высоту плотность воздуха  $\rho$  падает, поэтому скорость планирования также увеличивается. С увеличением угла атаки коэффициент подъемной силы  $C_y$  увеличивается, а скорость планирования будет уменьшаться.

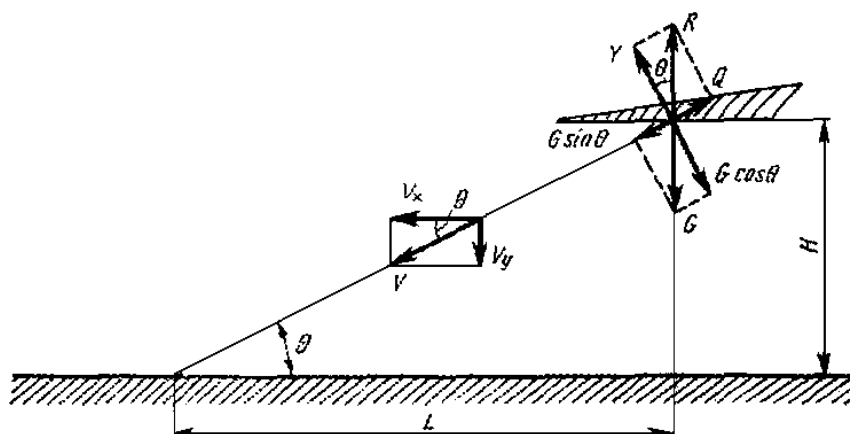


Рис. 44. Схема сил, действующих на дельтаплан при планировании

Дальностью планирования  $L$  называется расстояние, проходимое дельтапланом относительно земли с данной высоты  $H$  (рис. 44), угол между силами  $Y$  и  $R$  равен углу планирования  $\theta$  и  $\operatorname{ctg} \theta = Y/Q$ , но

$$\frac{Y}{Q} = K, \text{ т. е. } \operatorname{ctg}\theta = K.$$

Отсюда следует, что угол планирования  $\theta$  зависит только от аэродинамического качества и не зависит от массы дельтаплана. Очевидно, что

$$\operatorname{ctg}\theta = \frac{L}{H},$$

и, принимая во внимание, что  $\operatorname{ctg}\theta = K$ , получим

$$\frac{L}{H} = K \text{ или } L = H \cdot K.$$

Следовательно, дальность планирования увеличивается с увеличением аэродинамического качества и высоты полета. Наибольшая дальность может быть достигнута при полете на наивыгоднейшей скорости, так как в этом случае аэродинамическое качество имеет максимальное значение. Масса дельтаплана, что следует из формулы  $L=H \cdot K$ , на дальность планирования не оказывает влияния. Эти выводы справедливы при полете в штиль.

При наличии ветра дальность полета изменяется. Движение дельтаплана при ветре состоит из движения его относительно воздуха  $H \cdot K$  и перемещения его воздухом относительно земли со скоростью ветра  $W \cdot t$ . Дальность планирования в этом случае определяется по формулам:

$$L = H \cdot K + W \cdot t - \text{при попутном ветре;}$$

$$L = H \cdot K - W \cdot t - \text{при встречном ветре,}$$

где,  $t$  — время планирования с данной высоты (с),

$W$  — скорость ветра (м/с).

При наличии ветра масса пилота оказывает некоторое влияние на дальность планирования. При попутном ветре дальность с увеличением полетного веса будет меньше, так как вследствие увеличения скорости планирования уменьшается время планирования, а следовательно, и время действия попутного ветра. При встречном ветре, наоборот, с увеличением полетного веса дальность планирования будет больше, чем при нормальном полетном весе, так как вследствие уменьшения времени планирования уменьшается время действия встречного ветра.

**Вертикальная скорость планирования.** Высота, которую дельтаплан теряет при планировании за единицу времени, называется вертикальной скоростью планирования, или скоростью снижения  $V_y$ .

Из подобия двух треугольников (см. рис. 44), образованных стрелками, изображающими скорости движения, следует, что отношение подъемной силы к силе лобового сопротивления равно отношению поступательной скорости  $V_x$  к скорости снижения  $V_y$ :

$$\frac{Y}{Q} = \frac{V_x}{V_y}$$

но поступательная скорость равна:  $V_x = V \cos\theta$ . Для небольших углов планирования можно считать, что  $\cos\theta \approx 1$ , поэтому  $V_x \approx V$  и  $V_y = V \cdot \frac{Q}{Y}$ ; так как  $\frac{Y}{Q} = K$ , то получим приближенную формулу для определения скорости снижения:

$$V_y = \frac{V}{K}$$

Подставив значение скорости планирования из формулы  $V = \sqrt{\frac{2G}{C_y \cdot \rho \cdot S}}$  получим иное выражение для скорости снижения дельтаплана:



$$V_Y = \sqrt{\frac{2G}{\rho \cdot S}} \cdot \frac{1}{K\sqrt{C_Y}} \text{ или } V_Y = \sqrt{\frac{2G}{\rho \cdot S}} \cdot \frac{C_X}{C_Y^{2/3}}$$

Величина  $\frac{C_X}{C_Y^{2/3}}$  называется коэффициентом мощности, так как она характеризует

мощность, развиваемую силой тяжести при снижении дельтаплана. Минимальная скорость снижения будет соответствовать минимальному значению коэффициента мощности. Скорость планирования, при которой скорость снижения будет минимальной, называется экономической скоростью планирования. Движение на экономической скорости используется при наборе высоты в восходящих потоках и при полете на максимальную продолжительность.

**Поляра скоростей дельтаплана.** График, показывающий зависимость вертикальной скорости снижения  $V_y$  от поступательной скорости  $V_x$  на различных углах атаки, называется полярор скоростей планирования, или просто полярор скоростей.

Поляра скоростей строится следующим образом: из начала координат проводится прямая, соответствующая траектории движения дельтаплана на данном режиме планирования, составляющая с горизонтальной осью угол  $\theta$  (угол планирования). По траектории движения откладывается величина скорости планирования  $V$ . Каждой скорости планирования ( $V_1, V_2, V_3$  и т. д.) соответствует определенный угол планирования ( $\theta_1, \theta_2, \theta_3$  и т. д.). Соединив концы векторов скоростей планирования плавной кривой, получим полярор скоростей (рис. 45).

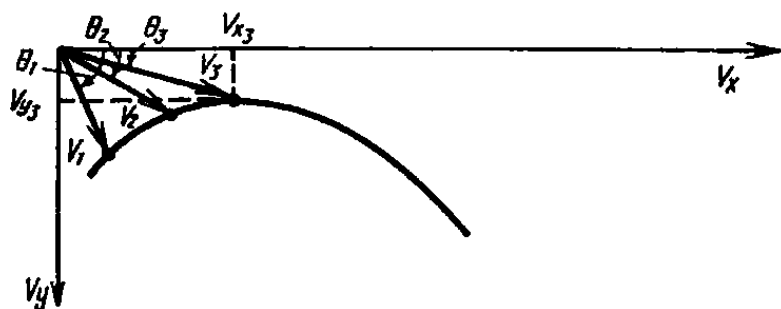


Рис 45. Построение поляры скоростей планирования

Перпендикуляр, опущенный из конца вектора скорости планирования на горизонтальную ось, укажет значение поступательной скорости планирования  $V_x$  (скорость полета параллельно земной поверхности), а перпендикуляр на вертикальную ось укажет значение вертикальной скорости снижения  $V_y$ . Горизонтальная и вертикальная скорости будут также характеризовать данный режим планирования.

Рассмотрим характерные точки поляры скоростей, соответствующие определенным режимам планирования (рис. 46).

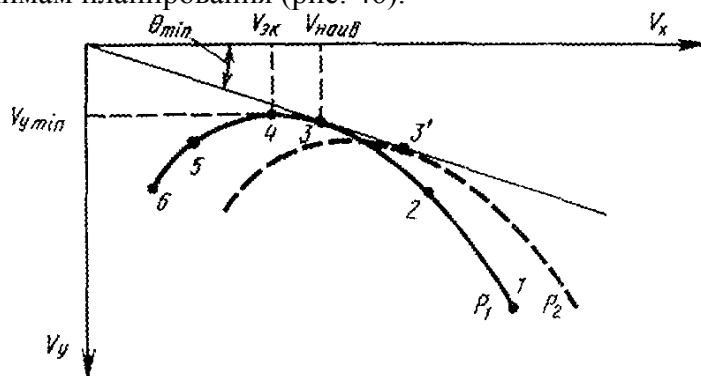


Рис. 46. Поляра скоростей планирования дельтаплана

Область 1—2 соответствует режиму крутого пикирования, т. е. полету на больших скоростях со значительными углами планирования. Данный режим не следует использовать при полетах на дельтаплане, так как при попадании в нисходящий поток может возникнуть флаттер несущей поверхности крыла дельтаплана. Область 2—3—4—5 соответ-

ствуется эксплуатационным режимам полета. Точка 3 касания прямой, проведенной из начала координат, с полярной указывает скорость планирования, при которой угол планирования наименьший и качество наибольшее (так как  $\operatorname{ctg}\theta = K$  и  $\operatorname{ctg}\theta_{\min} = K_{\max}$ ). Скорость, соответствующая наибольшему качеству, является наивыгоднейшей  $V_{\text{наив}}$ . Касательная к поляре (в точке 4), параллельная горизонтальной оси, определит ту скорость планирования, при которой скорость снижения  $V_y$  минимальная (экономическая скорость планирования  $V_{\text{эк}}$ ). Режим парашютирования (вблизи точки 5) используется при посадке, на этой скорости дельтаплан плохо управляется, поэтому полет должен проходить без крена. При дальнейшем увеличении угла атаки (область 5—6) дельтаплан начнет «сыпаться» (быстро увеличивается скорость снижения) и в дальнейшем может произойти сваливание на крыло.

Изменение нагрузки на крыло  $p = \frac{G}{S}$  приводит к тому, что поляр скорости смещается относительно исходной кривой в сторону больших или меньших скоростей в зависимости от того, увеличивается или уменьшается нагрузка; значение максимального качества при этом практически не меняется. Например, при увеличении нагрузки ( $p_2 > p_1$ ) поляр скорости смещается вправо, т. е. диапазон скоростей сместится в область больших величин, что следует из формулы, определяющей скорость планирования:

$$V = \sqrt{\frac{2G}{C_y \cdot \rho \cdot S}} = \sqrt{\frac{2p}{C_y \cdot \rho}}$$

**Влияние близости земли на аэродинамические характеристики дельтаплана.** По мере приближения дельтаплана к земле поток между крылом и землей тормозится, и давление на нижней поверхности повышается. Это в свою очередь приводит к дополнительному перетеканию масс воздуха снизу на верхнюю поверхность крыла. Скорости течения потока там увеличиваются, а давление уменьшается. В результате дополнительной разности давлений возрастает подъемная сила (рис. 47, а).

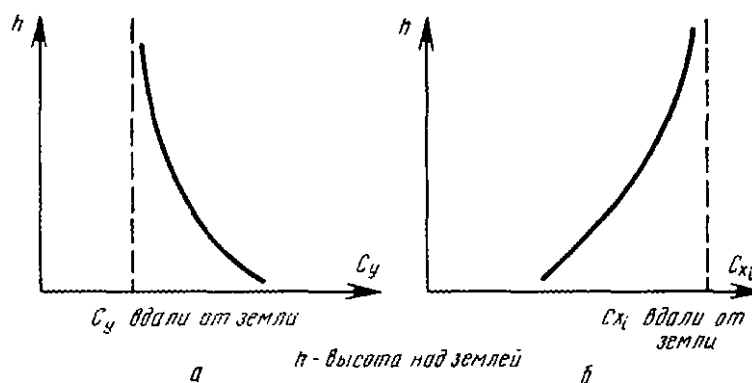


Рис. 47. Влияние близости земли на аэродинамические характеристики дельтаплана

Увеличение подъемной силы за счет влияния земли может достигать 20% и более.

Еще более сильное влияние оказывает земля на индуктивное сопротивление дельтаплана  $C_{xi}$ . Вихри, стекающие с концов крыла при приближении к земле, нарушаются. Земля отражает скошенный крылом поток, и углы скоса потока существенно уменьшаются. Соответственно изменяется индуктивное сопротивление дельтаплана, пропорциональное углам скоса потока (рис. 47, б).

Увеличение подъемной силы и снижение сопротивления повышают аэродинамическое качество дельтаплана  $K$ .

Практически влияние земли сказывается на высотах менее двух метров, это необходимо учитывать при заходе дельтаплана на посадку, так как с увеличением качества увеличивается дальность полета.

**Криволинейное движение дельтаплана.** Рассмотрим виды криволинейного полета в вертикальной плоскости.

**Ввод в пикирование.** При отклонении ручки рулевой трапеции на себя угол атаки уменьшается и подъемная сила  $Y$  становится меньше веса дельтаплана  $G$ . В результате появится искривляющая сила ( $R_{\text{искр}} = G \cdot \cos \theta - Y$ ) и дельтаплан начнет описывать плавную кривую с радиусом  $r$  (рис. 48).

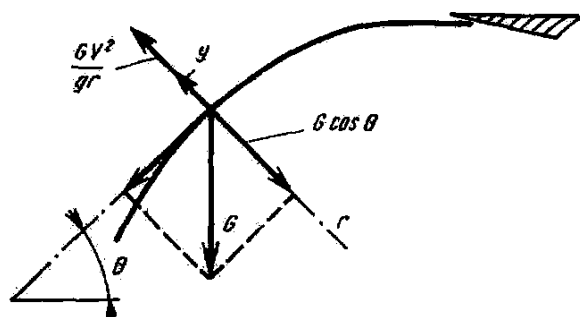


Рис. 48. Ввод дельтаплана в пикирование

Сумма проекций всех сил на направление радиуса  $r$  траектории приводит к следующему уравнению:

$$Y = G \cdot \cos \theta - \frac{G \cdot V^2}{g \cdot r},$$

где  $\frac{G \cdot V^2}{g \cdot r}$  – условно приложенная центробежная сила.

Из формулы следует, что на достаточно большой скорости при резком отклонении ручки рулевой трапеции на себя (малый радиус  $r$ ) подъемная сила может стать равной нулю, т. е. дельтаплан перейдет на нулевой угол атаки, что может привести к флаттеру гибкого крыла и затягиванию в пикирование. Поэтому следует избегать резких движений ручки на себя.

**Вывод из пикирования.** При отклонении ручки рулевой трапеции от себя угол атаки увеличивается и возрастает подъемная сила  $Y$ . В результате действия искривляющей силы ( $R_{\text{искр}} = Y - G \cdot \cos \theta$ ) дельтаплан начинает двигаться по криволинейной траектории радиуса  $r$  (рис. 49).

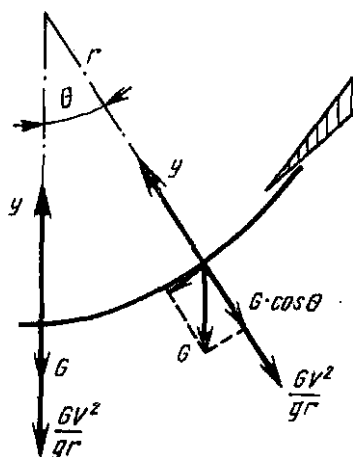


Рис. 49. Вывод дельтаплана из пикирования

Складывая проекции всех сил в направлении радиуса  $r$ , приходим к уравнению

$$Y = G \cdot \cos\theta + \frac{G \cdot V^2}{g \cdot r}.$$

Очевидно, что подъемная сила будет иметь наибольшее значение в нижней точке траектории, так как  $\theta = 0$  и  $\cos\theta = 1$ ,

$$Y = G + \frac{G \cdot V^2}{g \cdot r} = G \cdot \left(1 + \frac{V^2}{g \cdot r}\right).$$

В этой точке подъемная сила будет в  $1 + \frac{V^2}{g \cdot r}$  раз больше силы веса, поэтому перегрузка (см. «Прочность дельтаплана») будет равна

$$n_y = 1 + \frac{V^2}{g \cdot r},$$

т. е. перегрузка будет тем больше, чем больше скорость выхода из пикирования и меньше радиус  $r$  (резче отклонение ручки рулевой трапеции от себя).

Рассмотрим пространственный маневр дельтаплана, которым является спираль. Если при планировании ввести дельтаплан в разворот, то он будет снижаться по винтовой линии, выполняя фигуру, называемую спиралью. Правильной спиралью называется планирование по винтовой траектории без скольжения с постоянной скоростью и креном (рис. 50).

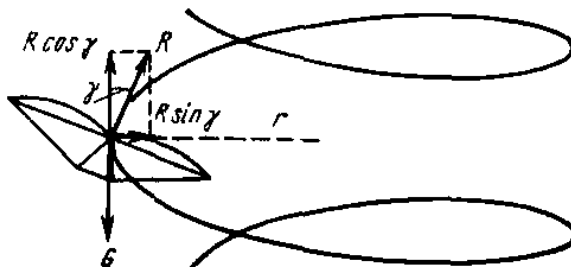


Рис. 50. Выполнение спирали на дельтаплане

Для совершения дельтапланом спирали необходима сила, искривляющая траекторию движения. Эта сила возникает при накренивании дельтаплана, полная аэродинамическая сила  $R$  наклоняется на угол  $\gamma$ .

Раскладываем силу  $R$  на две составляющие: вертикальную  $R \cdot \cos\gamma$ , которая уравнивает массу дельтаплана  $G = R \cdot \cos\gamma$ , и горизонтальную  $R \cdot \sin\gamma$ , искривляющую траекторию полета и равную условно приложенной центростремительной силе:

$$\left( \frac{G \cdot V^2}{g \cdot r} = R \cdot \sin\gamma \right)$$

Таким образом, если при планировании сила  $R$  равнялась весу, то при правильной спирали она должна быть больше  $R = \frac{G}{\cos\gamma}$ , так как кроме уравнивания веса она

должна еще создавать искривляющую силу, необходимую для создания поворота дельтаплана,  $R \cdot \sin\gamma$ . Увеличение полной аэродинамической силы на спирали достигается увеличением скорости или увеличением угла атаки. В практике при выполнении глубоких спиралей дельтапланерист перед вводом дельтаплана в спираль, перемещая ручку на себя, увеличивает скорость, а на самой спирали, отклоняя ручку от себя, увеличивает угол атаки. Увеличение углов атаки следует проводить в известных пределах, так как чрезмерное их увеличение создает опасность потери скорости и сваливания на крыло.

Определим скорость, необходимую для выполнения спирали. Для небольших углов

планирования  $Y = R$ , но  $R = \frac{G}{\cos \gamma}$ , поэтому  $Y = \frac{C_y \cdot \rho \cdot V_{\text{пл}}^2}{2} \cdot S = \frac{G}{\cos \gamma}$ ;

откуда

$$V_{\text{пл}} = \sqrt{\frac{2G}{C_y \cdot \rho \cdot S}} \cdot \sqrt{\frac{1}{\cos \gamma}},$$

где  $\sqrt{\frac{2G}{C_y \cdot \rho \cdot S}} = V$  – скорость прямолинейного планирования. Поэтому

$$V_{\text{пл}} = V \cdot \sqrt{\frac{1}{\cos \gamma}}.$$

Таким образом, скорость полета по траектории должна возрастать с увеличением углов крена. Надо помнить, что минимальная скорость на спирали в  $\sqrt{\frac{1}{\cos \gamma}}$  раз больше минимальной скорости планирования.

Величина радиуса спирали определяется исходя из формул:

$$\begin{cases} R \cdot \cos \gamma = G, \\ R \cdot \sin \gamma = \frac{G \cdot V^2}{g \cdot r}, \end{cases}$$

$$r = \frac{V^2}{g \cdot \tan \gamma}.$$

Следовательно, чем больше угол крена или чем меньше скорость на спирали, тем меньше радиус спирали.

Вследствие того что полет дельтаплана происходит на небольших скоростях и, следовательно, радиус спирали сравнительно мал, начинает сказываться разница скоростей внутреннего и внешнего концов крыла (рис.51).

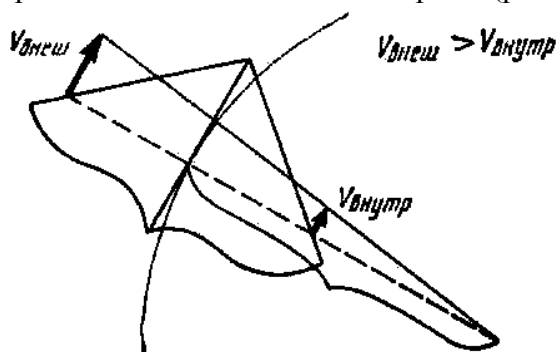


Рис. 51. Разница скоростей для внешнего и внутреннего концов крыла дельтаплана при выполнении спирали или поворота

Если скорость дельтаплана мала и близка к минимальной, то на спирали для внутреннего конца крыла она может оказаться меньше минимально допустимой.

В этом случае на внутреннем конце крыла происходит срыв потока и оно теряет подъемную силу, дельтаплан сваливается на крыло и может войти в штопор.

Следовательно, обеспечение необходимой скорости на спирали является важнейшим условием безопасности полета, однако большая скорость при выполнении спиралей нежелательна, так как при этом получается большая вертикальная скорость.

Перегрузка на спирали. В полете по спирали сила  $R$  больше, чем при планировании, поэтому дельтаплан испытывает перегрузку  $n^{**}$ :

$$n = \frac{R}{G} = \frac{R}{R \cdot \cos \gamma} = \frac{1}{\cos \gamma},$$

\*\* Здесь определяется полная перегрузка, а не перегрузка по нормали. (Прим. авт.)

значение которой увеличивается с возрастанием углов крена. Например, при глубокой спирали с углом крена  $60^\circ$  сила  $R$  будет в 2 раза больше веса дельтаплана и перегрузка будет равна 2:

$$n = \frac{1}{\cos 60^\circ} = \frac{1}{0,5} = 2.$$

## ТЕОРИЯ ПАРЯЩИХ ПОЛЕТОВ

Полет на дельтаплане в восходящих потоках без потери высоты или с ее набором называется парящим полетом.

Восходящие потоки делятся на две группы: термические и динамические (потоки обтекания). В данной главе мы будем рассматривать полеты в динамических потоках. Необходимо помнить, что в восходящем потоке дельтаплан может набирать высоту только в том случае, если поток поднимается с большей вертикальной скоростью, чем скорость снижения дельтаплана.

Рассмотрим величины и направления скоростей ветра при обтекании препятствий (в данном случае горы). Необходимо отметить, что скорость ветра  $\bar{W}$  по мере приближения к вершине возрастает и достигает максимума на ней, т. е.  $\bar{W}^A < \bar{W}^B < \bar{W}^C$ .

На вершине она может быть в 1,5—2,5 раза больше, чем в долине. Направление вектора скорости по склону также меняется (рис. 52).

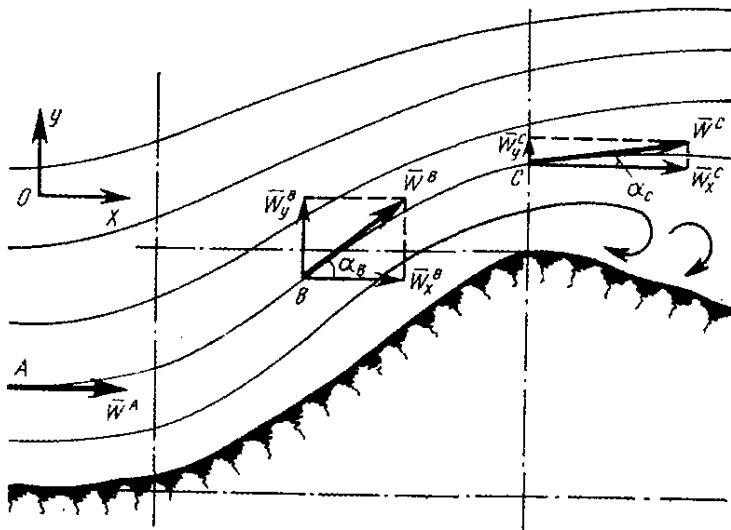


Рис. 52. Изменение направления и скорости ветра при обтекании препятствия (по профилю)

Учитывая, что  $\bar{W}_y$  должна быть равна или больше скорости снижения дельтаплана, определим, как изменяется значение  $\bar{W}_y$  в зависимости от изменения величины и направления вектора скорости ветра. Точка A: вертикальная составляющая  $\bar{W}_y^A = 0$ , так как  $\alpha_A = 0$   $\bar{W} = \min$  — парение невозможно.

Точка B: вертикальная составляющая  $\bar{W}_y^B = \max$ , так как  $\alpha_B = \max$  и  $\bar{W}$  имеет среднее значение — парение наилучшее. Точка C: вертикальная составляющая  $\bar{W}_y^C$  уменьшается, но возрастает значение горизонтальной составляющей  $\bar{W}_x^C$ , так как  $\alpha_C < \alpha_B$ , а  $\bar{W} = \max$  — парение сложно вследствие большой величины горизонтальной составляющей  $\bar{W}_x^C$  (происходит снос дельтаплана на склон).

Исходя из вышеизложенного, определим наилучшую зону парения по профилю горы (рис. 53). Как видно из рисунка, оптимальная зона парения по профилю горы (заштриховано) обычно находится между вершиной и серединой склона.

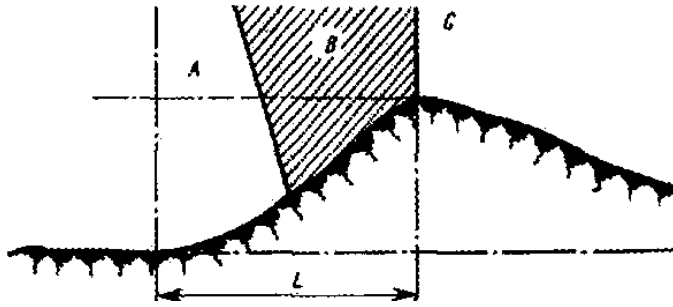


Рис. 53. Зона парения по профилю

Теперь рассмотрим величины и направления скоростей ветра в потоке обтекания по высоте (рис. 54). Направление вектора  $\vec{W}$  скорости ветра по высоте меняется и  $\alpha_A > \alpha_B > \alpha_C$ .

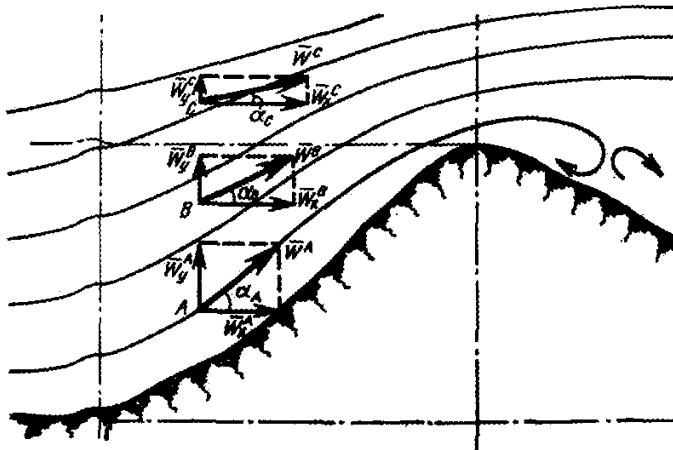


Рис. 54. Изменение направления и скорости ветра при обтекании препятствия (по высоте)

Таким образом, в точке A вертикальная составляющая  $\vec{W}_y^A = \max$ , так как  $\alpha_A = \max$ . В точке B вертикальная составляющая  $\vec{W}_y^B$  уменьшается, так как  $\alpha_B$  имеет среднее значение. В точке C вертикальная составляющая  $\vec{W}_y^C$  минимальна, так как  $\alpha_C$  имеет минимальное значение.

Набор высоты в динамических потоках возможен до уровня, когда  $\vec{W}_y$  станет равной скорости снижения дельтаплана. Эта высота зависит от скорости ветра, высоты и профиля горы. Исходя из этого определим наилучшую зону парения по высоте (рис. 55).

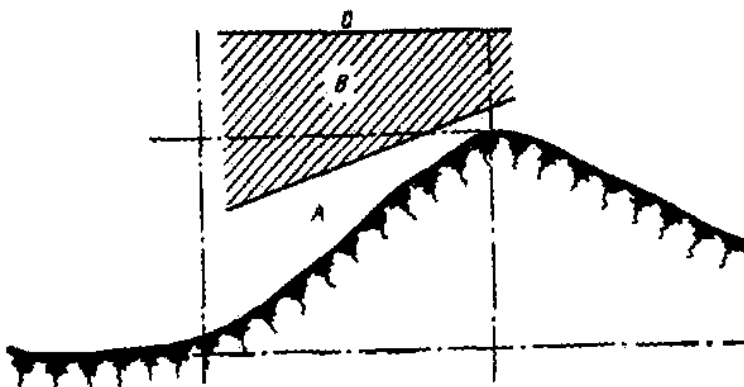


Рис. 55. Зона парения по высоте

Суммируя данные рис. 55, получим общую зону наилучшего парения (рис. 56).

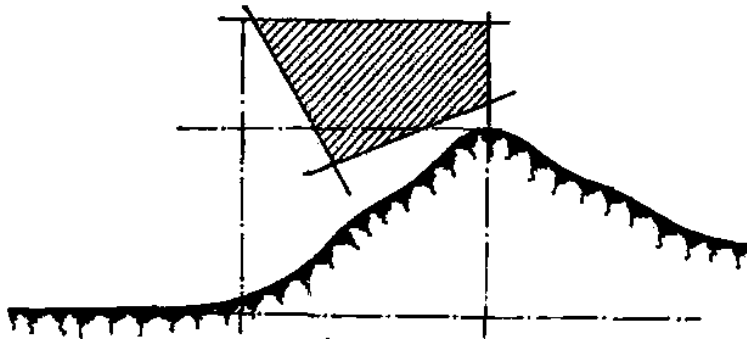


Рис. 56. Зона наилучшего парения

Необходимо также знать, что чем круче склон, тем уже поток обтекания. При пологих склонах парение возможно в более широком диапазоне, т. е. от вершины и почти до подножия (рис. 57).

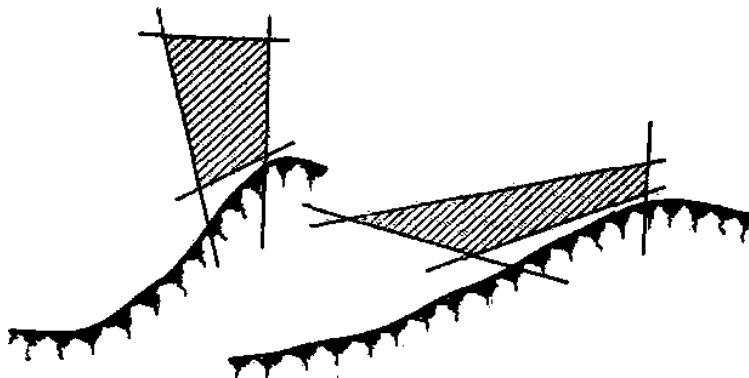


Рис. 57. Зависимость размеров зоны парения от крутизны склонов

Все вышеперечисленное не дает полной количественной картины распределения скоростей потока, однако позволяет выбрать условия динамического парения с достаточной для практических целей точностью.

Рассмотрим движение дельтаплана и особенности его управления в горизонтальной плоскости при ветрах, сравнимых со скоростью полета, т. е. при скорости ветра приблизительно равной 10 м/с. В общем случае скорость дельтаплана относительно земли ( $\bar{V}_3$ ) равна  $\bar{V} + \bar{W}$ , где  $V$ —скорость дельтаплана относительно воздуха.

При полете против ветра, если  $\bar{V} > \bar{W}$ , дельтаплан будет двигаться вперед. В случае равенства скоростей дельтаплана и скорости ветра ( $\bar{V} = \bar{W}$ )  $\bar{V}_3 = 0$ . При скорости дельтаплана меньше скорости ветра ( $\bar{V} < \bar{W}$ ) дельтаплан будет двигаться назад (рис. 58, а, б, в).

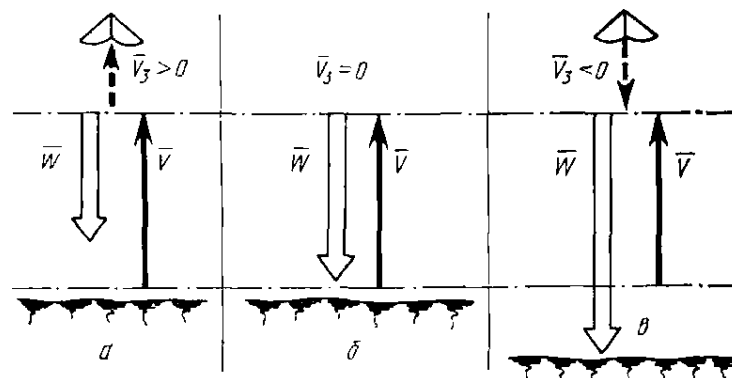


Рис. 58. Сложение векторов скоростей ветра и дельтаплана (полет против вет-

ра):

$$a - V > W; \quad б - V = W; \quad в - V < W.$$

При парящем полете, чтобы не выйти из восходящего потока, необходимо направить



дельтаплан вдоль склона. При этом вектор скорости дельтаплана будет составлять некоторый угол  $\varphi$  с направлением ветра (рис. 59).

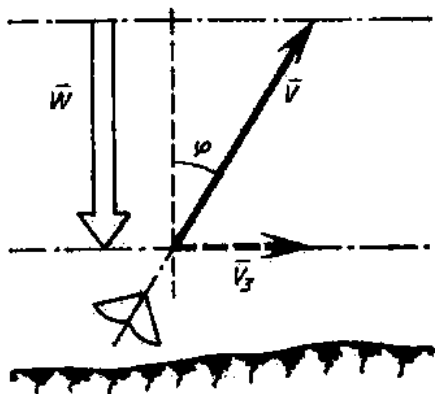
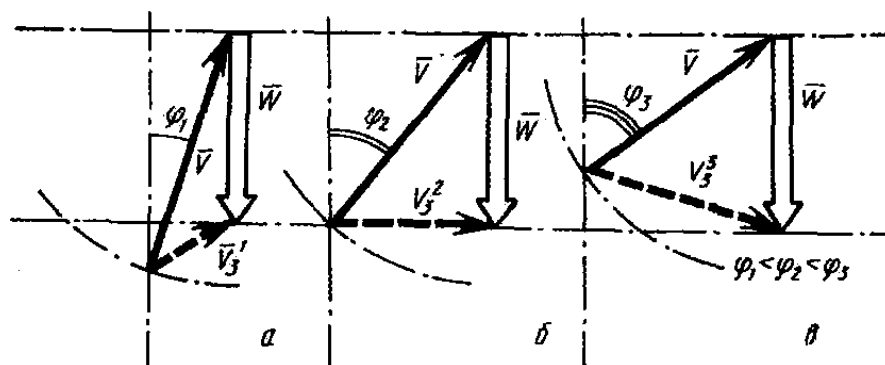


Рис. 59. Сложение векторов скорости при полете дельтаплана под углом к направлению ветра

При изменении направления вектора скорости дельтаплана относительно воздуха  $\bar{V}$ , без изменения его величины, будет меняться скорость и направление движения дельтаплана относительно земли (рис. 60).



Дельтаплан движется от склона

Дельтаплан движется вдоль склона

Дельтаплан движется на склон

Рис. 60. Схема полета дельтаплана в заданном направлении под углом к ветру

ветру

Так как в общем случае  $\bar{V}_3 = \bar{V} + \bar{W}$ , то направление движения дельтаплана относительно земли будет зависеть не только от  $\varphi$ , но и от величины воздушной скорости дельтаплана  $\bar{V}$ , т. е. если снос дельтаплана не удастся устранить изменением направления воздушной скорости, то необходимо увеличить последнюю (рис. 61).

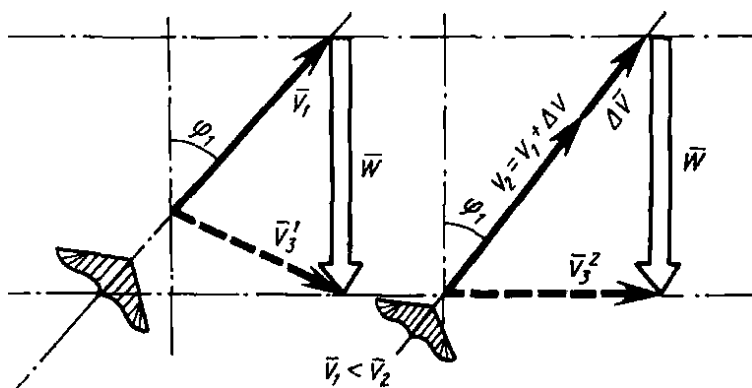


Рис. 61. Влияние скорости дельтаплана на направление его движения относительно земли

Дельтаплан летит вдоль склона

В случае полета по ветру следует учитывать, что скорость дельтаплана относительно земли равна сумме воздушной скорости дельтаплана  $\bar{V}$  и скорости ветра  $\bar{W}$  (рис. 62).

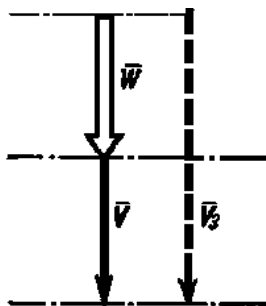


Рис. 62. Сложение векторов скоростей дельтаплана и ветра (при полете по ветру)

При парении близко у склонов необходимо учитывать тот факт, что вблизи поверхности земли происходит торможение воздушного потока, и концевые части крыла дельтаплана будут подвергаться действию разных по величине и направлению потоков воздуха. Поэтому появляется момент  $M_{кр}$ , который будет стараться наклонить дельтаплан в сторону крыла, находящегося ближе к склону. Иногда этот момент бывает настолько велик, что веса спортсмена может быть недостаточно для устранения возникшего крена (рис. 63). В этом случае необходимо набрать скорость и сделать энергичный поворот от склона.

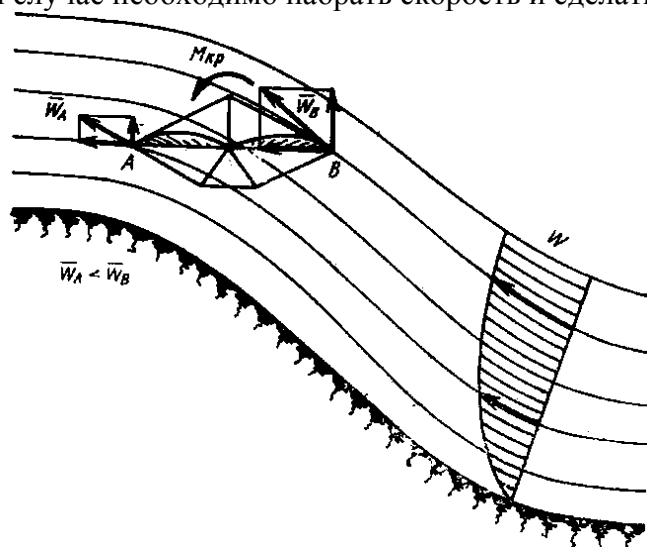


Рис. 63. Действие ветра на дельтаплан, летящий вблизи склона

При ветре подобная ситуация может возникнуть, когда выполняется поворот на малой высоте (рис. 64).

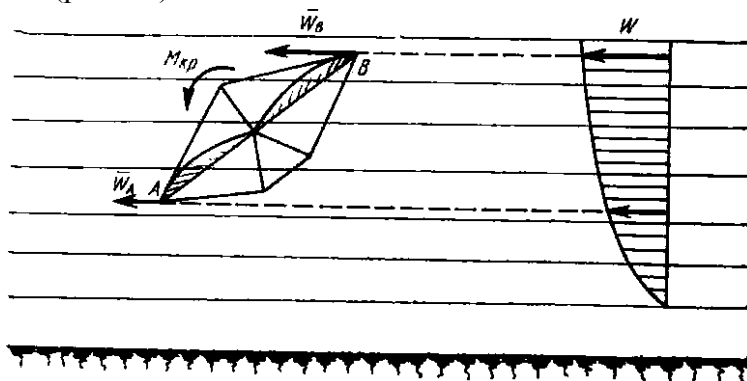


Рис 64. Действие ветра на дельтаплан при повороте на малой высоте

Действие ветра, направленного под углом к горизонтальной поверхности, изменяет траекторию полета дельтаплана в вертикальной плоскости. Примем воздушную скорость дельтаплана  $\bar{V}$  постоянной. Тогда траектория его полета будет изменяться только под действием вектора скорости ветра  $\bar{W}$ .

Рассмотрим действие скорости ветра при изменении только ее направления (рис. 65).

Из рисунка видно, что при горизонтальной скорости ветра дельтаплан имеет угол планирования значительно больший, чем при отсутствии ветра (рис. 65, а).

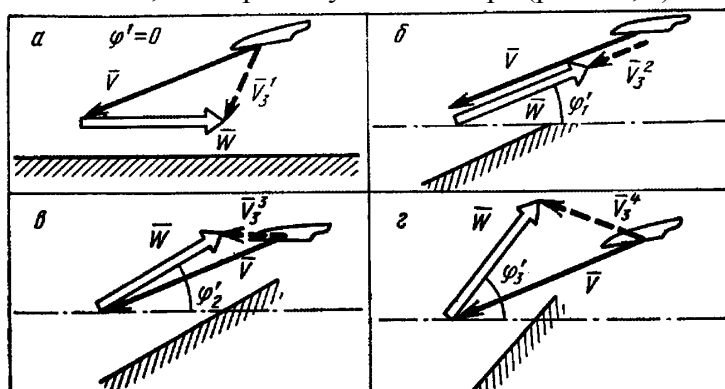


Рис. 65. Действие ветра, направленного под углом к горизонтальной поверхности, на дельтаплан

В случае если направление вектора скорости ветра  $\bar{W}$  совпадает с направлением вектора воздушной скорости  $\bar{V}$  дельтаплана, то угол наклона траектории будет такой же, как и при отсутствии ветра, но величина скорости движения дельтаплана по траектории уменьшится на величину  $\bar{W}$ . При равенстве скоростей  $\bar{W}$  и  $\bar{V}$  дельтаплан будет стоять на месте (рис. 65, б).

При дальнейшем увеличении угла наклона  $\varphi'$  к горизонту дельтаплан может перейти в горизонтальный полет (рис. 65, в) и на набор высоты (рис. 65, г).

Однако, как было отмечено выше, на траекторию движения дельтаплана в вертикальной плоскости влияет не только угол наклона вектора скорости ветра, но и его величина (рис. 66). Из рисунка видно, как по мере возрастания величины вектора скорости ветра (при постоянном угле его наклона с горизонтом) изменяется величина и направление вектора скорости дельтаплана относительно земли  $\bar{V}_3$ .

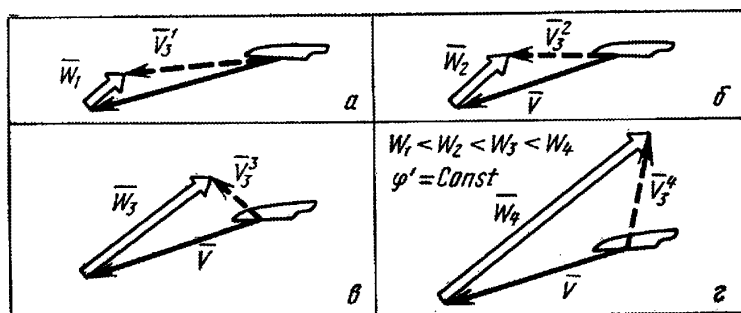


Рис. 66. Влияние величины скорости ветра на полет дельтаплана

В реальных полетах происходит обычно и изменение угла наклона вектора скорости ветра с горизонтом (угол  $\varphi'$ ), и изменение его величины. В этом случае получается сложная картина изменения вектора скорости дельтаплана относительно земли  $\bar{V}_3$ . Держите скорость дельтаплана относительно воздуха  $\bar{V}$  в необходимых для обеспечения нормального полета пределах и это обеспечит вам безопасность полетов. Помните, что воздушная скорость дельтаплана зависит только от его аэродинамических характеристик и имеет для определенного режима полета постоянную величину и направление.

Следует помнить, что при уменьшении угла атаки дельтаплана (при наличии восходящих потоков) он может перейти на углы атаки, близкие к минимально допустимым (углам флаттера, пикирования), хотя относительно земли дельтаплан будет лететь горизонтально или даже с набором высоты (рис. 67 а, б).

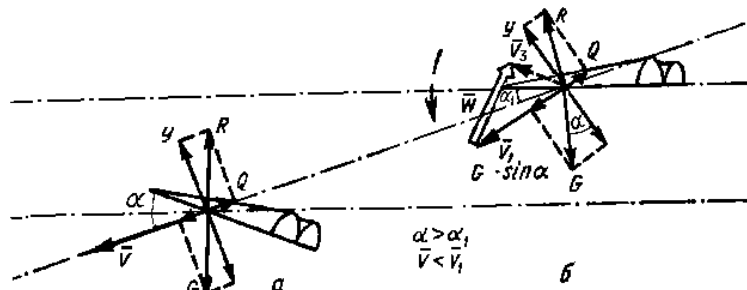


Рис. 67. Разложение сил при изменении угла наклона воздушной скорости дельтаплана

Как видно из рисунка, при уменьшении угла атаки  $\alpha$  до нового значения  $\alpha_1$  вместе с плоскостью дельтаплана поворачивается вектор полной аэродинамической силы  $R$  и вектор воздушной скорости  $\bar{V}$ . Вектор силы тяжести  $\bar{G}$  сохраняет свое направление, так как он всегда направлен к центру земли. Составляющая силы тяжести  $G \cdot \sin \alpha$ , разложенная на новое направление воздушной скорости  $G \cdot \sin \alpha_1$ , получает большее значение, чем составляющая полной аэродинамической силы  $R$  на то же направление (сила лобового сопротивления  $Q$ ). За счет разницы этих сил дельтаплан получает ускорение до тех пор, пока составляющие  $G \cdot \sin \alpha_1$  и  $Q$  не уравновесятся на новом режиме полета с большей скоростью  $V_1$  и большим углом планирования.

При действии же вектора скорости ветра  $\bar{W}$  движение дельтаплана относительно земли будет происходить по направлению вектора  $\bar{V}_3 = \bar{V}_1 + \bar{W}$ , т. е. с набором высоты.

## УСТОЙЧИВОСТЬ И УПРАВЛЯЕМОСТЬ ДЕЛЬТАПЛАНА

Известно три вида равновесия тел: устойчивое, неустойчивое и безразличное. Примером видов равновесия может служить поведение шарика на поверхностях различной формы (рис. 68).

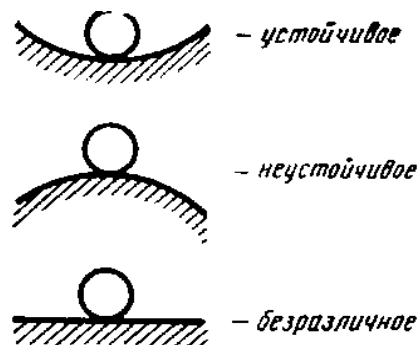


Рис. 68. Виды устойчивости

Очевидно, что дельтаплан должен обладать устойчивым равновесием или устойчивостью. В противном случае дельтапланерист вынужден будет постоянно «бороться» с аппаратом за сохранение необходимого режима полета.

Устойчивым является такой дельтаплан, который возвращается к исходному режиму полета после прекращения действия случайного возмущения, вызвавшего изменение режима полета.

Под управляемостью понимают способность дельтаплана соответствующим образом реагировать изменением режимов и траектории полета на перемещение пилота относительно рулевой трапеции.

Сопоставляя понятия устойчивости и управляемости аппарата, можно сделать вывод, что они в некоторой степени противоположны. Устойчивость есть способность сохранять

заданный режим полета, а управляемость – изменять его. Вместе с тем между этими характеристиками существует тесная связь. Она заключается в том, что с повышением устойчивости дельтаплана увеличиваются управляющие перемещения пилота и нагрузки на рулевую трапецию. В то же время управлять дельтапланом, когда перемещение пилота и нагрузки на рулевую трапецию малы, тоже трудно. Такое управление требует от пилота большого внимания, точного и плавного управления.

Оптимальное сочетание устойчивости и управляемости дельтаплана позволяет более полно использовать его летные данные, а также повысить безопасность в различных условиях полета.

Для рассмотрения вопросов устойчивости и управляемости применяют связанную систему координат (рис. 69).

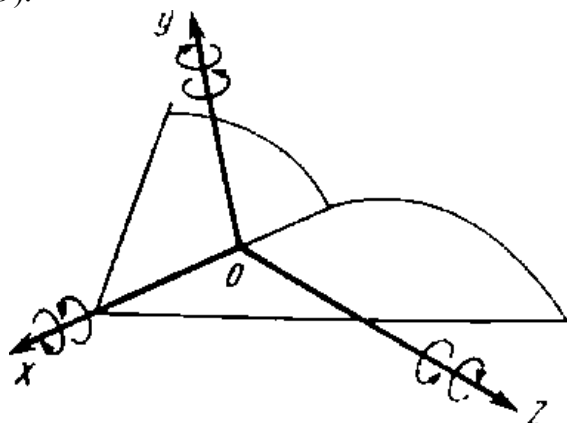


Рис. 69. Система связанных осей координат

Допустим, начало системы координат находится в центре тяжести, продольная ось  $X$  направлена параллельно корневой хорде крыла, поперечная ось  $Z$  направлена вдоль размаха крыла и перпендикулярна к оси  $X$ , путевая ось  $Y$  перпендикулярна к первым двум осям.

Устойчивость и управляемость дельтаплана относительно оси  $OZ$  называется продольной, относительно оси  $OY$ —путевой, относительно оси  $OX$ —поперечной. Поперечная и путевая устойчивость и управляемость тесно связаны между собой (так как изменение одной из них приводит к изменению другой), поэтому часто принято рассматривать их совместно и говорить о боковой устойчивости и управляемости.

### **Продольная устойчивость и управляемость.**

Рассмотрим устойчивость дельтаплана в области эксплуатационных углов атаки.

Определим силы и моменты, действующие на дельтаплан в продольном направлении. Назовем моменты, поднимающие нос дельтаплана, кабрирующими, а моменты, вызывающие опускание носа, пикирующими.

В прямолинейном установившемся полете на дельтаплан действует полная аэродинамическая сила  $R$ , приложенная в центре давления (ЦД), и сила тяжести, приложенная в центре тяжести (ЦТ).

Способность сохранять равновесие в полете проявляется следующим образом. Пусть, например, при полете в неспокойной атмосфере вследствие порыва ветра дельтаплан был выведен из равновесия (увеличился угол атаки) (рис. 70).

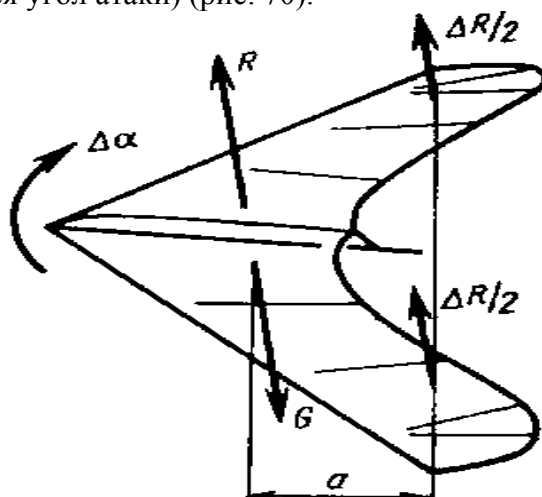


Рис. 70. К вопросу о продольной устойчивости

При увеличении угла атаки на концевых частях купола появляется положительное приращение аэродинамической силы  $\Delta R$ .

Возникает пикирующий момент, равный  $\Delta Ra$ , который возвращает дельтаплан на исходный угол атаки. Аналогично проявляется продольная устойчивость и при уменьшении угла атаки.

Очевидно, что чем меньше угол при вершине каркаса (т. е. большое плечо  $a$ ) и чем больше площадь концевых частей купола дельтаплана, тем больше момент  $\Delta Ra$  и тем эффективнее его действие, направленное на обеспечение устойчивости.

Увеличение геометрической крутки также способствует улучшению устойчивости по углу атаки.

Рассмотрим положение ЦД крыла дельтаплана на малых углах атаки. На малых углах атаки давление по профилю перераспределяется таким образом, что ЦД может смещаться назад, что приводит к появлению пикирующего момента, т. е. происходит затягивание в пикирование.

Смещение ЦД назад на малых  $\alpha$  свойственно для обычных (неустойчивых) профилей. Отрицательная геометрическая крутка препятствует этому явлению (но не всегда в полной мере). Поэтому для обеспечения устойчивости дельтаплана по углу атаки (в диапазоне эксплуатационных углов атаки) применяют устойчивые профили, т. е. такие, у которых ЦД при

уменьшении угла атаки не смещается назад. Таким свойством, например, обладают S-образные профили. Они применяются в корневой части крыла дельтаплана, так как на малых углах атаки для крыла с отрицательной геометрической круткой основное силовое аэродинамическое воздействие приходится на центральную часть крыла.

В отличие от жесткого крыла гибкое крыло может значительно менять свою форму в зависимости от распределения воздушной нагрузки на крыло. В большой степени изменение формы зависит от характеристики ткани (жесткости, удлинения по основным направлениям и по диагонали и др.): чем больше тянется ткань, тем больше изменяется форма. Форма гибкого крыла зависит от нагрузки на ткань: чем меньше купольность, тем больше нагрузка и тем значительнее влияют характеристики ткани на изменение формы крыла.

Значительное изменение формы гибкого крыла может привести к ухудшению характеристики устойчивости и управляемости дельтаплана.

Для материалов типа болонья и АЗТ следует также учитывать сильную зависимость характеристик ткани от влажности, поэтому очевидна невозможность их применения на дельтапланах с малой купольностью.

При попадании дельтаплана на углы атаки, близкие к нулю, или при разгрузке крыла ( $n_y < 1$ ) может произойти потеря формы гибкого крыла. Потеря формы может сопровождаться интенсивным волнообразным движением поверхности купола. Если по всей поверхности купола дельтаплана проходят профилированные латы, то волнообразного движения может и не быть и форма профиля крыла практически не меняется, однако потеря формы всего гибкого крыла состоит в том, что крыло теряет отрицательную геометрическую крутку.

Потеря формы гибкого крыла может привести к затягиванию в пикирование, поэтому каждый дельтаплан должен быть оборудован дополнительными антипикирующими устройствами, которые возвращали бы его в исходное состояние горизонтального полета, либо его конструкция должна обеспечивать самостоятельный выход из пикирования. Способность аппарата к самостоятельному выходу из пикирования является основным признаком его устойчивости по углу атаки.

Одной из отличительных особенностей дельтаплана является низкое расположение центра тяжести, чем ниже ЦТ, тем более устойчив дельтаплан. Данное явление относится как к продольной, так и к поперечной устойчивости.

С ростом скорости существенное значение на величину пикирующего момента может оказать сопротивление пилота. Так, переход из горизонтального положения в вертикальное приводит к возрастанию пикирующего момента (рис. 71).

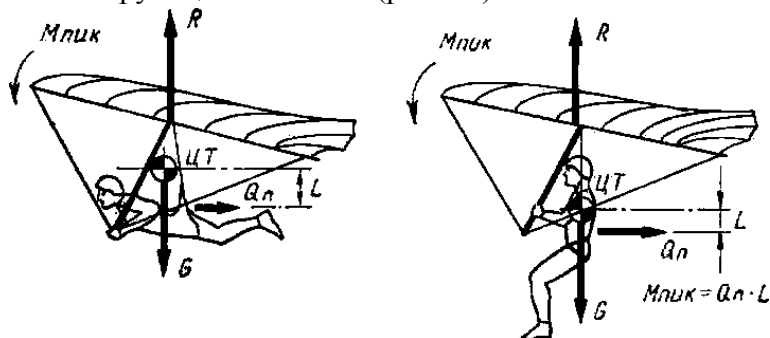


Рис. 71. Влияние воздушного сопротивления пилота на образование пикирующего момента

Основными критериями продольной устойчивости и балансировки являются следующие:

- способность дельтаплана летать с «брошенной» ручкой рулевой трапеции (т. е. при отсутствии усилия на ручку);
- при изменении скорости полета должно возникать усилие на ручке управления, препятствующее этому изменению скорости;
- способность дельтаплана сохранять и возвращаться к определенной скорости, равной скорости полета с «брошенной» ручкой.

Продольная устойчивость по углу атаки повышается вследствие следующих факторов:

- увеличения стреловидности крыла (уменьшения угла при вершине каркаса) при наличии отрицательной геометрической крутки;
- увеличения отрицательной геометрической крутки при наличии стреловидности;
- увеличения удлинения стреловидного крыла;
- уменьшения сужения стреловидного крыла;
- увеличения S-образности килевого кармана.

Продольное управление дельтапланом производится перемещением веса пилота, а значит, и общего центра тяжести, вперед или назад. Пусть, например, пилот пожелал увеличить угол атаки и переместил свое тело назад. Центр тяжести сместился назад (рис. 72), силы  $G$  и  $R$  создали кабрирующий момент, и дельтаплан начал увеличивать угол атаки  $\alpha$ . Это увеличение угла атаки сопровождается, как было указано выше, появлением

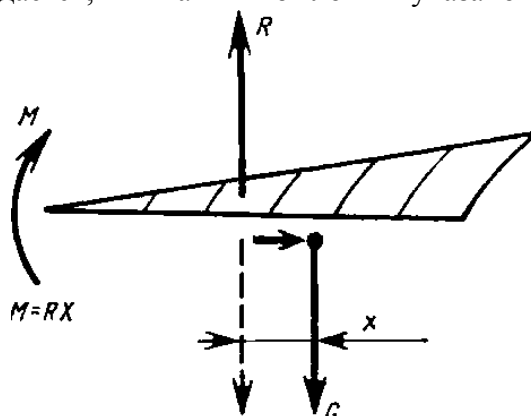


Рис. 72. Появление управляющего момента при изменении положения ЦТ (продольное управление)

приращения аэродинамической силы  $\Delta R$ , которая создает момент  $M = \Delta R a$ . Когда кабрирующий момент уравнивается моментом  $M$ , дельтаплан прекратит дальнейшее увеличение угла атаки и полетит на новом установившемся режиме. При этом на ручке рулевой трапеции будет ощущаться определенная нагрузка. Аналогично при перемещении пилота вперед происходит перевод дельтаплана на меньшие углы атаки (на режим большой скорости).

### Боковая устойчивость и управляемость дельтаплана

**Поперечная устойчивость.** Под поперечной устойчивостью понимается способность дельтаплана устранять возникающий в полете крен или сохранять полет с заданным углом крена.

Допустим, дельтаплан накренился на угол  $\gamma$ , при этом полная аэродинамическая сила отклонится от вертикали на тот же угол. При сложении с силой тяжести  $G$  она даст равнодействующую силу  $F$  (рис. 73).

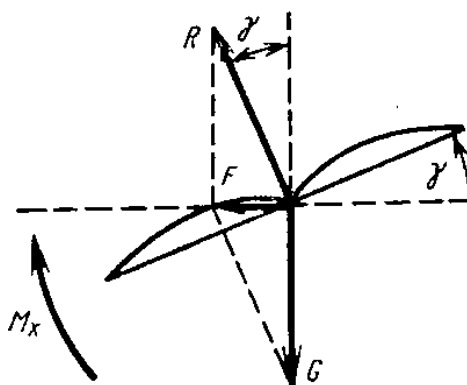


Рис. 73. Объяснение поперечной устойчивости

Под действием силы  $F$ , которая в начальный момент никакой другой силой не уравнове-



шена, дельтаплан будет скользить на крыло в сторону крена.

В горизонтальном прямолинейном полете дельтаплан не имеет скольжения, угол скольжения ( $\beta = 0$ ) (угол между направлением набегающего потока и осью  $Ox$ ). При крене ( $\beta \neq 0$ ) дельтаплан обдувается косым потоком воздуха, опущенное крыло получает большую подъемную силу ( $Y_{лев} > Y_{прав}$ ), так как составляющая скорости потока, направленная перпендикулярно к передней кромке ( $V_{пл}$ ), у левого крыла больше, чем у правого (рис. 74). Возникает восстанавливающий момент  $M_x$  (рис. 75), устраняющий крен.

Основное влияние на поперечную устойчивость оказывают угол при вершине и V-образность крыла. Уменьшение угла при вершине каркаса улучшает поперечную устойчивость дельтаплана, так как с уменьшением угла увеличивается (при косом обдуве) разница составляющих скоростей потока, направленных перпендикулярно к передним кромкам левого и правого крыла (см. рис. 74).

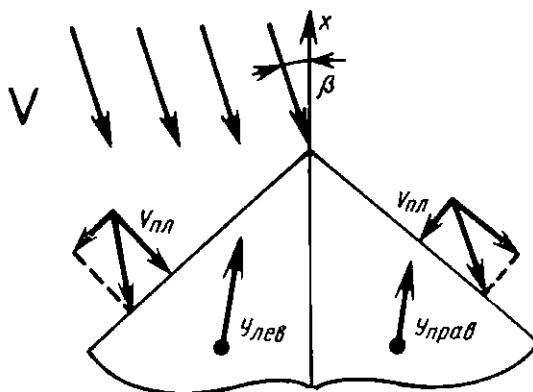


Рис. 74. Пояснение устойчивости стреловидного крыла

Положительная V-образность крыла также улучшает поперечную устойчивость дельтаплана (см. рис. 75). Это объясняется тем, что в случае крена аппарат обдувается косым потоком воздуха, который подходит к опущенному и поднятому крыльям под разными углами ( $\alpha_{оп} > \alpha_{под}$ ), поэтому подъемная сила опущенного крыла больше, чем поднятого. Возникает восстанавливающий момент  $M_x$ , устраняющий крен. Чем больше положительная V-образность, тем больше восстанавливающий момент  $M_x$  и тем лучше поперечная устойчивость.

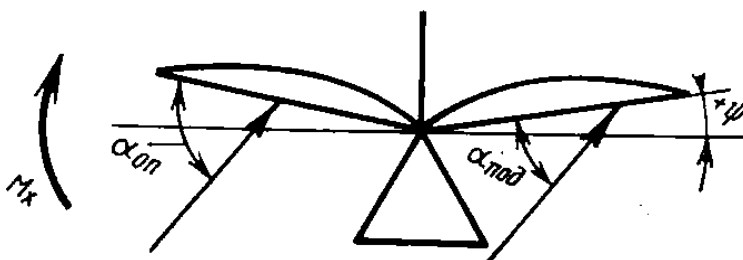


Рис. 75. Влияние положительной V-образности на поперечную устойчивость

При полете на больших углах атаки поперечная устойчивость дельтаплана ухудшается, что объясняется увеличением интенсивности и расширением области срыва потока, особенно на концевых частях стреловидного крыла. Поперечная устойчивость дельтаплана на больших углах атаки может быть повышена увеличением отрицательной геометрической крутки, так как углы атаки концевых частей крыла меньше, чем в других сечениях, то срыв потока раньше происходит в центральной части крыла. Образование кренящего момента  $M = R \cdot L$  при управляющем воздействии пилота показано на рис. 76.

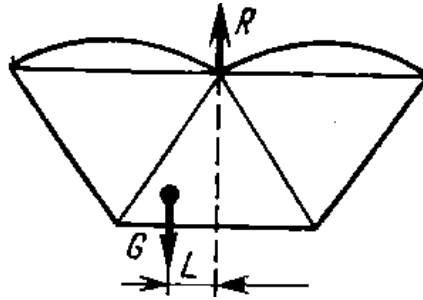


Рис. 76. Управление дельтапланом по крену

**Путевая устойчивость.** Под путевой (флюгерной) устойчивостью понимают способность дельтаплана самостоятельно противодействовать появлению угла скольжения.

Если на дельтаплан в полете подействовал некоторый момент  $M$  (рис. 77), развернувший аппарат на угол  $\beta$ , то появляется скольжение  $\beta \neq 0$ , при котором возникает боковая сила  $P$  (рис. 78), приложенная в основном к задней части крыла дельтаплана.

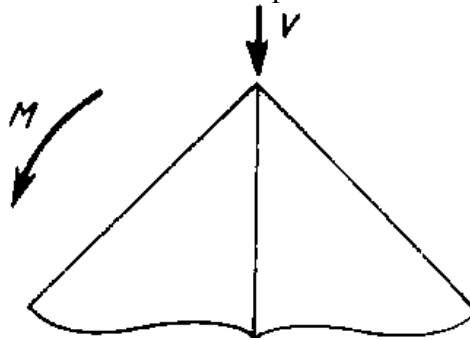


Рис. 77. Объяснение путевой устойчивости дельтаплана

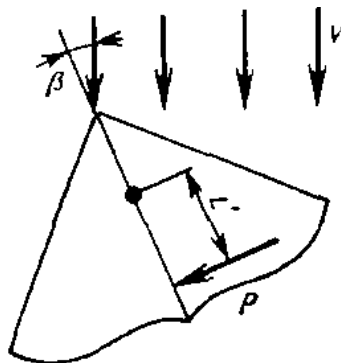


Рис. 78. Объяснение путевой устойчивости дельтаплана

Действительно, набегающий поток, встречаясь с крылом дельтаплана, оказывает наибольшее давление на хвостовую часть, где боковая поверхность наибольшая (рис. 79). Сила  $P$  дает восстанавливающий момент  $M_y = P \cdot L'$  (см. рис. 78), разворачивающий аппарат «носом на ветер». Кроме того, при кривой обдувке подъемная сила правого наветренного крыла больше, чем левого, вследствие чего возникает кренящий момент  $M_x$  (рис. 80) и появляется левый крен, в результате которого возникает горизонтальная сила  $F$ . Эта сила совместно с силой  $P$  вызывает ускорение дельтаплана влево, вектор скорости дельтаплана поворачивается влево, устраняя скольжение. Таким образом, скольжение дельтаплана устраняется разворотом его на ветер силой  $P$  и одновременно изменением направления движения. Дельтаплан летит без скольжения, развернувшись на некоторый угол влево.

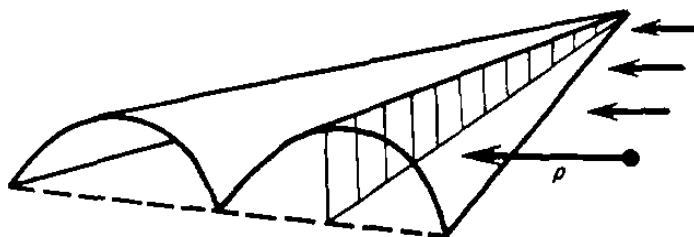


Рис. 79 Объяснение путевой устойчивости дельтаплана

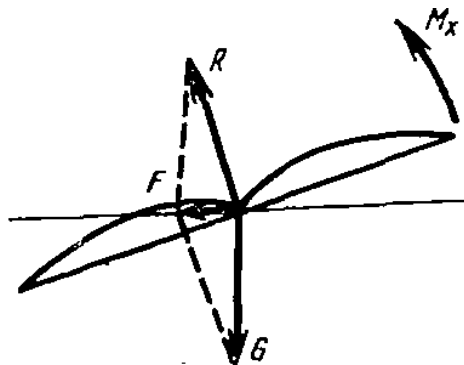


Рис. 80. Объяснение управления дельтапланом

Путевая устойчивость в основном зависит от боковой поверхности хвостовой части крыла дельтаплана. Дельтаплан с большей купольностью обладает лучшей путевой устойчивостью; на дельтапланах с малой купольностью применяются дополнительные поверхности в хвостовой части в виде килевого кармана или небольшого кия.

Дельтаплан считается устойчивым в поперечном и путевом отношении, если:

- в прямолинейном полете во всем диапазоне скоростей отсутствуют тенденции крыла к крену и рысканью;
- при колебании по крену после фиксирования рулевой трапеции в нейтральном положении колебания плавно исчезают;
- при выводе дельтаплана из разворота перемещения пилота и нагрузки на рулевой трапеции незначительны.

Боковая устойчивость — это совокупность поперечной и путевой устойчивости. Нормальная боковая устойчивость обеспечивается определенным соотношением между поперечной и путевой устойчивостью. Слишком малая поперечная устойчивость приводит к спиральной неустойчивости, т. е. дельтаплан при накренении стремится войти в более глубокую спираль. Это также может произойти на малых углах атаки. На больших углах атаки из-за уменьшения путевой устойчивости может возникнуть раскачка, т. е. колебательная неустойчивость. Механизм этого явления следующий: при случайном нарушении бокового равновесия устранение крена происходит быстрее, чем устранение скольжения. Пока устранится скольжение, дельтаплан успевает создать обратный крен, который начинает быстро устраняться. Такой дельтаплан имеет стремление к раскачиванию с крыла на крыло.

Для обеспечения хорошей боковой устойчивости дельтаплана необходимо варьировать следующими параметрами:

- углом при вершине каркаса;
- углом поперечного  $V$ ;
- величиной и геометрией килевого кармана.

**Боковая управляемость дельтаплана.** Изменение направления движения дельтаплана производится перемещением веса пилота в сторону поворота (см. рис. 76), появляется крен, за счет которого возникает боковая сила  $F$  (см. рис. 73), искривляющая траекторию движения и создающая скольжение.

В результате скольжения сила  $P$  (рис. 81), приложенная позади центра тяжести, вызывает разворот дельтаплана в нужную сторону.

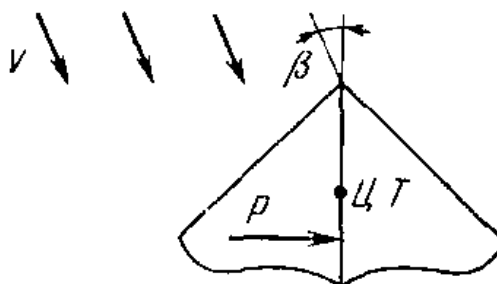


Рис. 81. Объяснение управления дельтапланом

## ЗАТЯГИВАНИЕ В ПИКИРОВАНИЕ И МЕРЫ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ УСТОЙЧИВОСТИ ПЛАНИРУЮЩЕГО ПОЛЕТА ДЕЛЬТАПЛАНА

Для планера обычной схемы устойчивый планирующий полет, как правило, обеспечивается тем, что угол атаки нулевой подъемной силы крыла относительно продольной оси планера больше угла атаки нулевой подъемной силы горизонтального оперения. Поэтому между вектором скорости, соответствующим нулевой подъемной силе крыла, и вектором скорости, соответствующим нулевой подъемной силе оперения, существует некоторый положительный угол  $V$ , т. е. можно говорить как бы о продольной  $V$ -образности (рис. 82). Для дельтаплана  $V$ -образная поверхность образуется за счет отрицательной геометрической крутки стреловидного крыла и  $S$ -образности корневой части крыла (рис. 83).

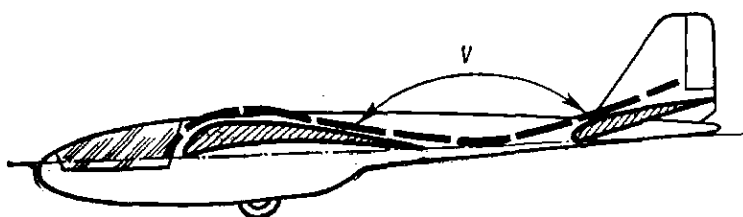


Рис. 82. Обеспечение продольной устойчивости планера обычной схемы

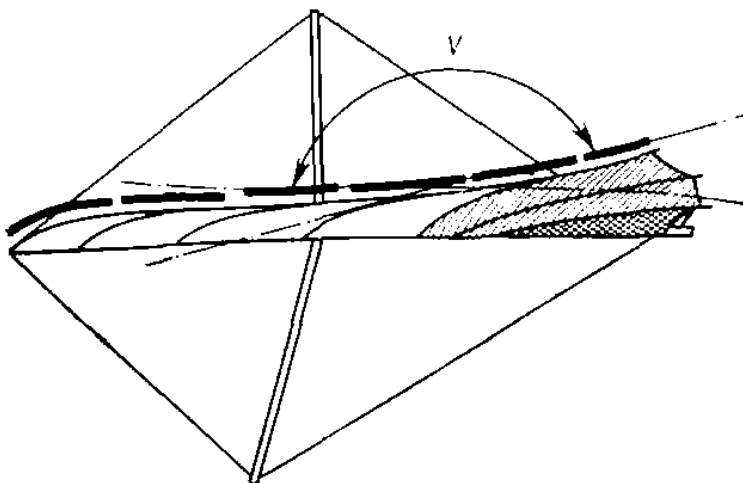


Рис. 83. Обеспечение продольной устойчивости крыла дельтаплана

Затягивание в пикирование, а при быстром протекании процесса — переворот дельтаплана вперед могут происходить с неустойчивыми дельтапланами. Гибкая поверхность крыла может значительно менять свою форму в случае малых углов атаки и при разгрузке крыла ( $n_y < 1$ ); в случае резкого движения рулевой трапеции на себя (ввод в пикирование — горка); при полете в турбулентной атмосфере; потере скорости и сваливании на крыло. При этом теряется отрицательная геометрическая крутка и появляется момент на пикирование. Находясь в глубоком пикировании, спортсмен не может изменить траекторию перемещением своего тела (рис. 84).



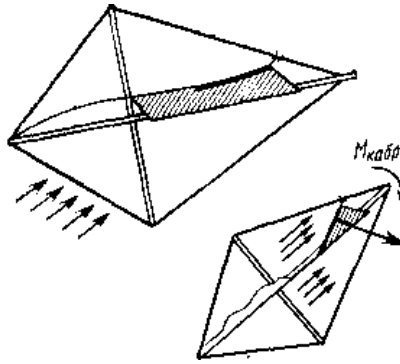


Рис. 86. Установка антипикирующего устройства и его действие

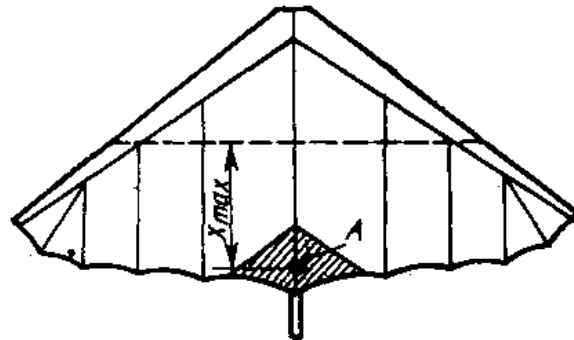


Рис. 87. Точка приложения кабрирующей силы на дельтапланах малого удлинения

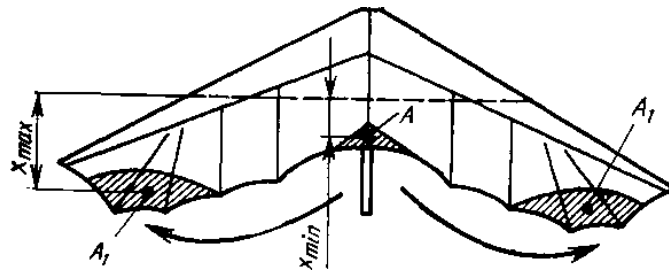


Рис. 88. Перенос точки приложения кабрирующей силы на дельтапланах большого удлинения с короткой килевой частью купола

Желание некоторых дельтапланеристов иметь малые скорости полета приводит к тому, что спортсмены кроют купола с максимально возможной кривизной профиля в носовой части, а иногда даже увеличивают эту кривизну за счет подвязки купола к верхним растяжкам. Момент на пикирование от жестких изогнутых в носовой части профилей (особенно при малой ширине бокового кармана) может быть больше кабрирующего момента от антипикирующих устройств.

На дельтапланах с большим удлинением, жесткими в носовой части латами эффективность описанных выше антипикирующих устройств значительно ниже, поэтому здесь вводят дополнительные элементы, сохраняющие отрицательную крутку концевых частей гибкого крыла. Например, установка жестких элементов по концам крыла, которые не дают куполу опускаться вниз и работают как рули высоты на малых углах атаки (рис. 89). Эти элементы выполняются из легких труб диаметром около 20 мм и крепятся к боковой балке. В нормальном полете они не мешают работе купола, а на малых углах атаки поддерживают купол снизу.

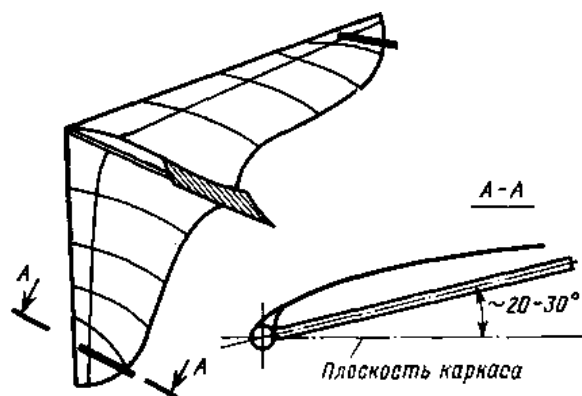


Рис. 89. Антипикирующее устройство на дельтапланах большого удлинения

## БАЛАНСИРОВКА ДЕЛЬТАПЛАНА. ВЫБОР ТОЧКИ ПОДВЕСКИ ПИЛОТА. МЕТОДИКА ОБЛЕТА ДЕЛЬТАПЛАНА

Правильный выбор точки подвески пилота в большой степени определяет безопасность полетов. Так как положение точки подвески связано с положением центра тяжести аппарата, то прежде всего необходимо провести балансировку незагруженного дельтаплана. Центр тяжести дельтаплана должен находиться в плоскости его симметрии.

При несимметричном положении ЦТ в полете будет присутствовать кренящий момент. В продольном направлении ЦТ дельтаплана должен находиться на расстоянии не более 200 мм от точки подвески пилота, иначе при разном весе пилотов, использующих дельтаплан, центровка будет значительно меняться. При старте также дельтапланерист вынужден будет прикладывать значительные усилия к рулевой трапеции, чтобы установить необходимый угол атаки на разбеге.

Если центр тяжести дельтаплана находится не в заданных пределах, то необходима балансировка крыла дельтаплана. Например: если ЦТ дельтаплана находится слева от плоскости симметрии, то необходимо установить соответствующий груз на правом конце поперечной балки. Если ЦТ находится более чем на 200 мм от точки подвески в продольном направлении, то груз укрепляют на соответствующем конце килевой трубы.

Правильная точка подвески обеспечивает отсутствие нагрузки на рулевую трапецию на балансировочном угле атаки, при котором, как правило, скорость лежит в пределах между экономической и наивыгоднейшей. При незначительном смещении точки подвески от этого положения дельтаплан будет балансироваться уже на другом угле атаки.

При смещении точки подвески вперед увеличиваются полетные скорости. При полете в турбулентной атмосфере нисходящие порывы ветра могут привести к такому уменьшению угла атаки, при котором может произойти затягивание дельтаплана в пикирование. В то же время смещение точки подвески назад уменьшает степень статической устойчивости, дельтаплан будет сбалансирован на скорости, меньше экономической. При воздействии вертикальных восходящих порывов может произойти срыв дельтаплана в штопор.

Определяя точку подвески, необходимо исходить из аналогичных конструкций дельтапланов. При выборе аналогов необходимо группировать их по основным признакам и параметрам, например, наличие или отсутствие аутриггеров, поперечины, угол при вершине каркаса, удлинение и т. д.

Прежде чем совершить первый полет на новом или отремонтированном дельтаплане, необходимо приблизительно определить положение точки подвески пилота. Для этого необходимы ровная горизонтальная площадка и ветер 8—11 м/с. Один человек удерживает дельтаплан за передние растяжки таким образом, чтобы аппарат принял часть веса второго человека. Второй человек прикладывает 60—80% своего веса в точке предполагаемой подвески пилота в направлении, противоположном линии действия полной аэродинамической силы, т. е. вниз и вперед (рис. 90).

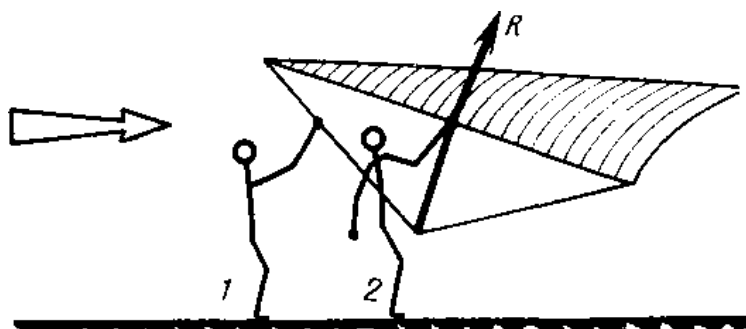


Рис. 90. Выбор точки подвески пилота

Если дельтаплан поднимает нос, т. е. присутствует кабрирующий момент, то место подвески необходимо переносить вперед до тех пор, пока не станет равным нулю кабрирующий момент. Соответственно при пикирующем моменте место подвески переносится назад.

Определив приблизительную точку подвески пилота, необходимо совершить пробный полет с горки высотой 10—15 м и крутизной не более 20°. При этом ветер должен быть встречный и ровный 3—6 м/с. В пробном полете определяется, как ведет себя дельтаплан в продольном направлении при отсутствии усилия на ручку трапеции. Если скорость дельтаплана увеличивается, то точку подвески следует сместить назад на 20—30 мм, если уменьшается — вперед на 20—30 мм.

Определив точку подвески пилота, необходимо выяснить поведение дельтаплана в боковом отношении. Если в пробном полете дельтаплан самопроизвольно накреняется и изменяет направление движения, то следует обратить внимание на симметрию дельтаплана, т. е. проверить, одинаков ли изгиб лат на правой и левой половинах купола, симметрию и поперечную балансировку каркаса и купола. При их нарушениях исправить недостатки и еще раз проверить дельтаплан в пробном полете.

## КОНСТРУКЦИЯ ДЕЛЬТАПЛАНА

В данной главе\*\* рассматривается конструкция дельтаплана, состоящего из следующих основных частей: силового каркаса, рулевой трапеции, мачты, нижних тросовых растяжек, верхних тросовых растяжек, купола с латами, приборного оборудования (рис. 91). Рекомендациями, приведенными в данной главе, можно пользоваться при выборе конкретных элементов каркаса, узлов, крепежных элементов, однако окончательный допуск дельтаплана к полетам может быть дан только после проверки его на соответствие «Временным техническим требованиям для дельтапланов» (ВТТД-80). Пригодность дельтаплана к летной эксплуатации определяется «Временной инструкцией о порядке определения соответствия дельтапланов «Временным техническим требованиям для дельтапланов 1980 г.».



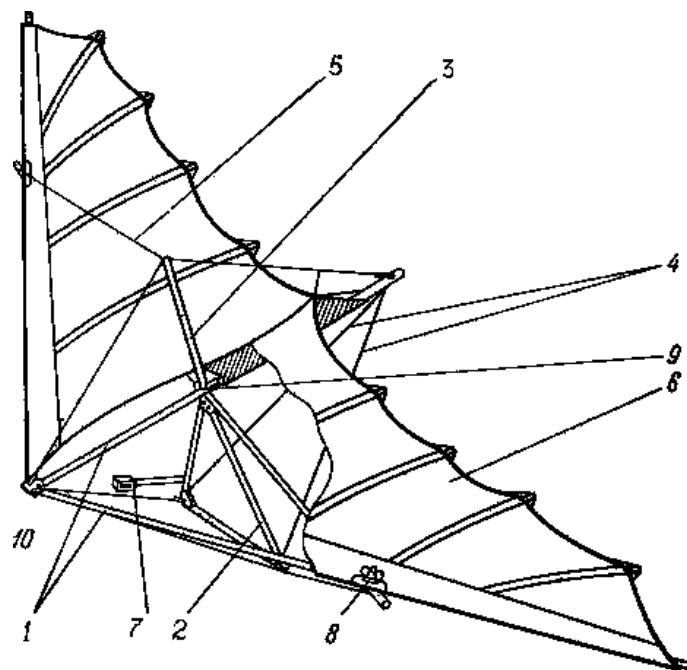


Рис. 91. Конструкция дельтаплана:

1 — силовой каркас; 2 — рулевая трапеция; 3 — мачта; 4 — нижние растяжки; 5 — верхние растяжки; 6 — купол с латами; 7 — приборное оборудование; 8 — боковой узел; 9 — центральный узел; 10 — носовой узел

**Силовой каркас.** Для балок силового каркаса применяются трубы, выполненные из высокопрочных сплавов с  $\sigma_B$  не менее, чем у сплава Д16Т. На поверхности труб не должно быть вмятин, забоин, трещин, глубоких рисок, следов коррозии, не усиленных отверстий диаметром более 6 мм. Внутри трубы должны иметь антикоррозионное покрытие или слой смазки; минимальные размеры от торца труб до осей отверстий — не менее 20 мм.

Минимальные диаметры и сечения труб:

килевая труба: 40×1,0 или 35×1,5 мм;

боковые трубы: 42×1,0 или 40×1,5 мм (причем трубы 40×1,5 мм предпочтительнее).

Минимальные диаметры и сечения поперечной трубы:

40×1,5 мм — при длине пролета (полуразмах поперечины) до 2,8 м;

42×1,5 мм — при длине пролета от 2,8 до 3,0 м;

45×1,5 мм — при длине пролета более 3 м.

Места пересечения килевой и поперечной труб, поперечной и боковых необходимо усилить установкой радиусных шайб или путем применения соединительных втулок (бужей) с пояском, на котором выполнены площадки не менее чем 15×15 мм (рис. 92). Длина посадочных поверхностей соединительных втулок (бужей), выполненных из материала с прочностью не менее основного материала трубы, должна составлять не менее 2,5 диаметра соединяемых труб (в каждую сторону от середины втулки); толщина стенки в среднем сечении — не менее полуторной толщины стенки трубы. Люфт в месте соединения труб нужно оставлять незначительным и зазор между трубами и втулкой — не более 0,2 мм. При телескопическом соединении труб зазор должен быть не более 0,5 мм на длине 200 мм сопряжения.

При использовании схемы дельтаплана без поперечной балки (рис. 93) диаметры и сечения боковых балок аппарата следующие: 45×1,5 мм, а максимальный шаг крепления расчалок по передней кромке 2,5 м. Надо помнить, что при уменьшении длины носовой штанги и купольности увеличиваются усилия в тросах расчалок.

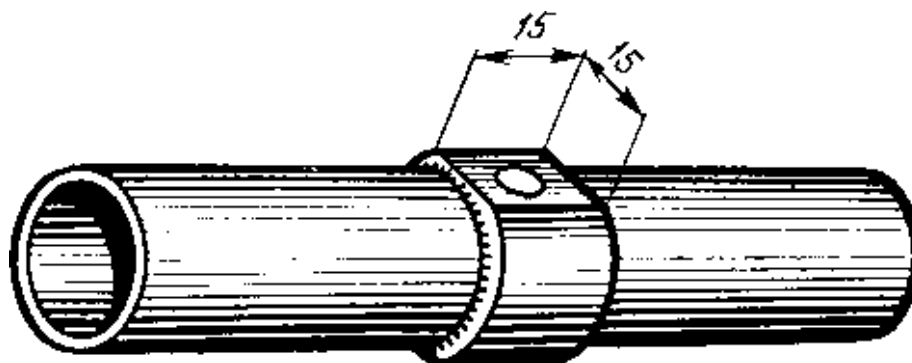


Рис. 92. Соединительная втулка (буж) с пояском

**Таблица характеристик труб наиболее распространенных диаметров из материала Д16Т**

**Трубы холоднотянутые из Д16Т ГОСТ 18475–73**

Размер труб $D \times \delta$ (мм)	Допуск по внеш- нему ди- аметру $\Delta D$ (мм)	Допуск толщины стенки $\Delta \delta$ (мм)	Момент сопрот. изгибу $W$ (см <sup>3</sup> )	Макс, из- гиб, мо- мент $M_{max}$ (кгс)	Погонный вес трубы $G$ (кг/м)	Момент инерции сечения $I$ (см <sup>4</sup> )
28 × 1,5	– 0,2	± 0,14	0,925	38,8	0,363	1,30
28 × 2		± 0,18	1,23	51,1	0,484	1,72
30 × 1		± 0,1	0,705	29,5	0,260	1,06
30 × 1,5		± 0,14	1,06	44,5	0,383	1,59
30 × 2		± 0,18	1,41	59,2	0,501	2,12
32 × 1		± 0,1	0,805	33,8	0,277	1,29
32 × 1,5		± 0,14	1,21	51	0,415	1,94
32 × 2		± 0,18	1,61	67,5	0,537	2,58
34 × 1		± 0,1	0,91	38,2	0,294	1,55
34 × 1,5		± 0,14	1,36	57,2	0,440	2,32
34 × 2	– 0,25	± 0,18	1,82	76,5	0,573	3,10
36 × 1		± 0,1	1,01	42,4	0,311	1,82
36 × 1,5		± 0,14	1,53	64	0,466	2,76
36 × 2		± 0,18	2,03	86,5	0,609	3,66
38 × 1		± 0,1	1,13	47,5	0,329	2,15
38 × 1,5		± 0,14	1,44	60,5	0,494	2,74
38 × 2		± 0,18	2,26	95	0,658	4,30
40 × 1		± 0,1	1,25	52,5	0,346	2,50
40 × 1,5		± 0,14	1,87	78,5	0,520	3,74
40 × 2		± 0,18	2,5	105	0,680	5,00
42 × 1		± 0,1	1,38	58	0,363	2,9
42 × 1,5		± 0,14	2,03	87,5	0,535	4,46
42 × 2		± 0,18	2,76	116	0,726	5,80
45 × 1		± 0,1	1,61	67,5	0,390	3,62
45 × 1,5		± 0,14	2,41	101	0,584	5,42
45 × 2		± 0,18	3,22	135	0,780	7,24

В конструкцию силового каркаса входят носовой, боковые и центральный узлы. Листовые материалы для этих узлов высококачественны и пластичны (например, 30ХГСА, ст. 45, нержавеющая сталь и т. п.) толщиной не менее 1,5 мм для сталей и не менее 2,0 мм для алюминиевых сплавов. Толщина стальных листовых материалов, из которых выполняются накладки центрального узла при разрезной поперечине, и вильчатых деталей боковых узлов не менее 2 мм. Необходимо, чтобы ширина перемычки вокруг отверстий составляла не менее полутора диаметра отверстия. Чистота обработки поверхностей деталей и узлов не менее 6-го класса, минимальный радиус перехода сечения – 1,0 мм.

*Носовой узел*, две примерные схемы которого показаны на рис. 94, используется для соединения боковых и килевых балок. В качестве крепежных элементов применяются болты М6, кроме болта крепления тросовых растяжек, которые крепятся болтами М8.

*Боковой узел*, две примерные схемы которого показаны на рис. 95, используется для соединения поперечной балки с боковыми. В качестве соединительного элемента применяются болты М8 (поз. 7).

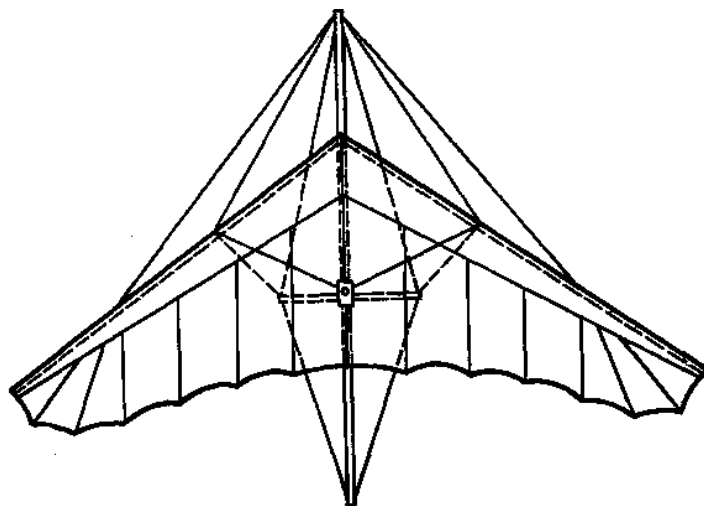


Рис. 93. Дельтаплан без поперечины

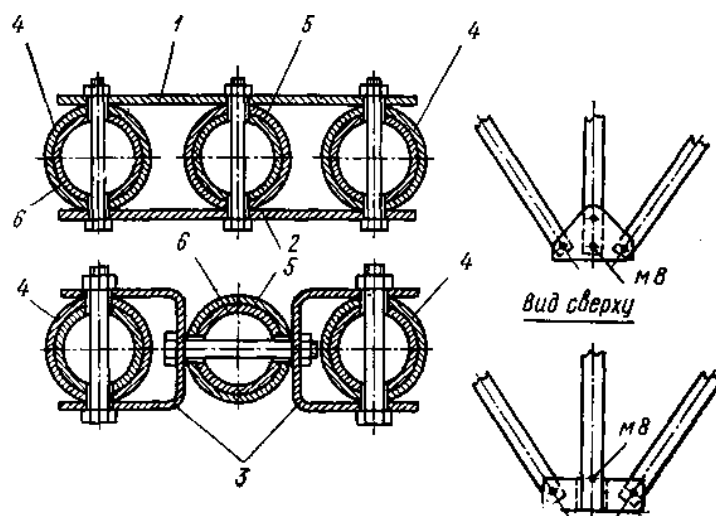


Рис. 94. Примерная схема носового узла:

1 — верхняя пластина; 2 — нижняя пластина; 3 — гнутые скобы; 4 — боковые трубы (балки); 5 — килевая труба (балка); 6 — усиление (втулка)

*Центральный узел*, две примерные схемы которого показаны на рис. 96, 97, используется для соединения силового каркаса в точке пересечения килевой и поперечной балок с рулевой трапецией и мачтой. В качестве соединительного элемента применяются болты М8 (поз. 6).

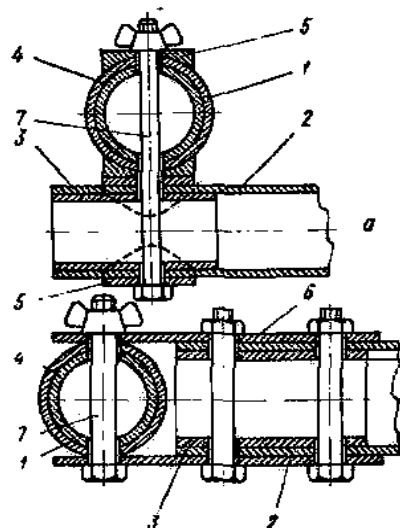


Рис. 95. Примерная схема бокового узла:

1— боковая труба; 2 — поперечина;  
3, 4— усиление (втулка); 5—радиусная  
шайба; 6 — пластина; 7 — болт М8

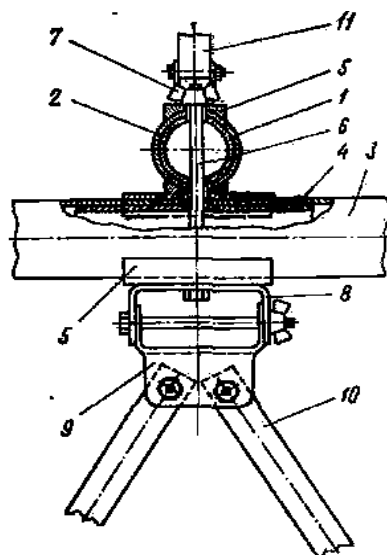


Рис. 96. Примерная схема нескладного  
центрального узла:

1—килевая труба; 2—усиление килевой  
трубы; 3 — поперечина; 4 — усиление  
поперечины; 5 — радиусные шайбы, 6 —  
стяжной болт М8; 7 — гайка; 8 — гнутая  
скоба; 9 — крепежная скоба рулевой  
трапеции; 10 — боковая стойка рулевой  
трапеции; 11 — труба мачты

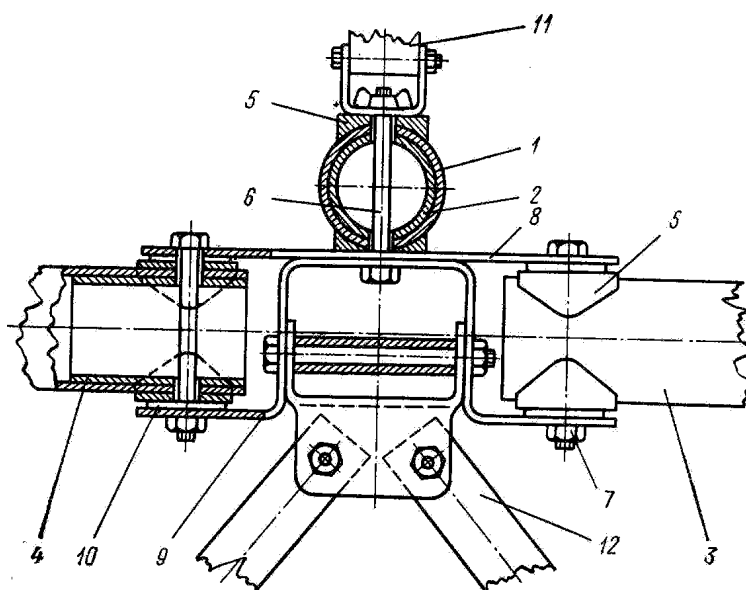


Рис. 97. Примерная схема складного центрального узла:

1—килевая труба; 2— усиление килевой трубы; 3—поперечина; 4—  
усиление поперечины; 5—радиусные шайбы; 6—стяжной болт М8; 7—  
гайка; 8— пластина; 9 — гнутая пластина;  
10—плоские шайбы; 11—труба мачты; 12— боковая стойка рулевой тра-  
пеции

Рулевая трапеция должна быть выполнена из труб сплавов Д16Т, Д16М, АМГ-5, АМГ-6, Д-1 и других, близких по характеристикам. Трапеция учебно-тренировочного дельтаплана изготавливается из более мягких труб (Д16М, АМГ-5, АМГ-6) (рис. 98).

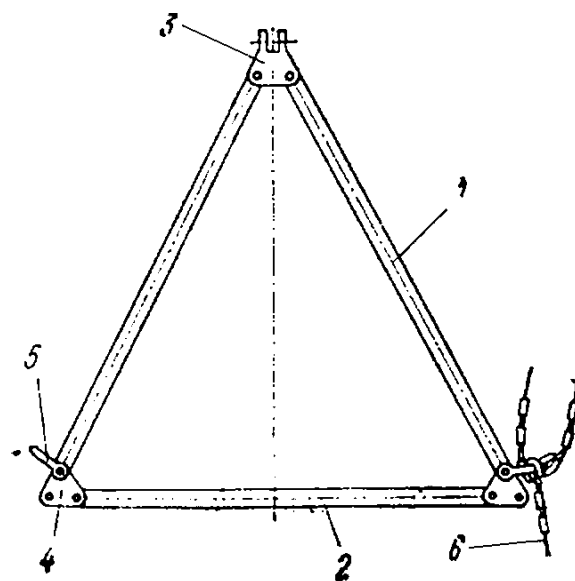


Рис. 98. Рулевая трапеция:

1 — боковая стойка; 2 — ручка трапеции; 3 — кронштейн крепления к центральному узлу; 4 — соединительные пластины; 5 — скоба заделки нижних растяжек; 6 — нижние растяжка

Минимальные диаметры и сечения труб трапеции 28×1,5 или 25×2,0 мм. Для ручки рулевой трапеции предпочтительны трубы с толщиной стенки 2,0 мм. Высота рулевой трапеции составляет не менее 1400 мм, ширина не менее 1200 мм; минимальные размеры от торцов труб до отверстий не менее 15 мм.

Для сборки рулевой трапеции необходимы:

- соединительные пластины из сталей 30ХГСА, ст. 45, нержавеющей стали толщиной не менее 1,5 мм или алюминиевого сплава толщиной не менее 2,0 мм; ширина перемычки вокруг отверстий не менее одного диаметра отверстия;
- болты диаметром 6 мм;
- кронштейн крепления к центральному узлу, обеспечивающий шарнирное соединение трапеции к каркасу с минимум одной степенью свободы в плоскости каркаса;
- скобы для крепления нижних тросовых растяжек с сечением не менее 25 мм<sup>2</sup>.

Мачта изготавливается из тех же материалов с характеристиками не хуже, чем у сплава Д16Т. Диаметры и сечения трубы мачты—30×1,0 или 25×1,5 мм. При этом длина мачты должна быть не менее 0,12 от размаха крыла дельтаплана; минимальные размеры от торцов труб до осей отверстий не менее 15 мм (рис. 99).

Нижние тросовые растяжки изготавливаются из троса (стального каната) 7×7 или 6×19, диаметром не менее 2,5 мм. При этом боковые растяжки предпочтительно делать двойными с независимой заделкой концов. На передних тросах нужно иметь пластиковое покрытие, не мешающее контролю заделки (рис. 100).

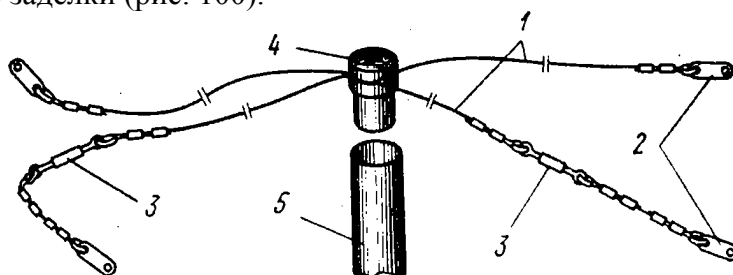


Рис. 99. Мачта и верхние тросовые растяжки:

1 — тросы растяжек; 2 — пластины крепления к силовому каркасу; 3 — тендеры; 4 — законцовка мачты; 5 — мачта

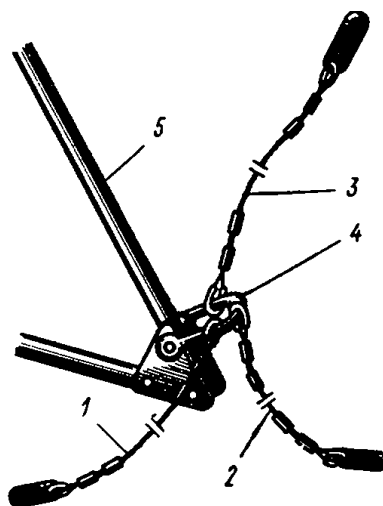


Рис. 100. Нижние растяжки:

1 — тросы передних растяжек; 2 — тросы боковых растяжек; 3 — тросы задних растяжек; 4 — скоба крепления растяжек к трапеции; 5 — боковая стойка трапеции

Следует знать, что чем больше проволок в тросе (из нержавеющей стали или с антикоррозионным покрытием), тем он мягче и прочнее. На концах растяжек обязательно наличие коушей. При использовании желобчатых коушей необходимо обеспечить фиксацию их концов. Работа тросов должна происходить по радиусу  $2\div 3$  мм. Не допускается работа троса или заделки на излом.

Заделку тросов нужно производить путем обжатия концов тросов трубочками в специальных обкатных или обжимных приспособлениях либо закручиванием трубочек вокруг оси на угол не менее  $360^\circ$  (рис. 101, 102).

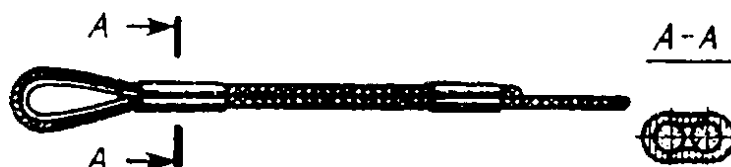
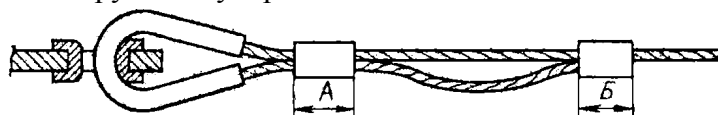


Рис. 101. Заделка тросов обжатием трубочек



Рис. 102. Заделка тросов закручиванием трубочек

Технологию выполнения заделки необходимо отработать на образцах и испытать их. Допуск заделки к эксплуатации дается в том случае, если ее прочность не менее прочности самого троса. В качестве заделки необходимо использовать трубки из пластичных материалов (медь и ее сплавы, нержавеющая мягкая сталь) с внутренним диаметром, равным двум диаметрам троса, и толщиной стенки не менее  $0,8\div 1,0$  мм. Каждая заделка должна состоять из двух трубочек общей длиной не менее 40 мм; концы тросов должны выступать из-под трубки на  $0,5\div 1,0$  мм. В том случае, если концы троса скрыты в трубке, то контроль заделки осуществляется по слабине троса, оставленного между трубками (рис. 103). Заделка производится для каждого троса индивидуально. Использование общей заделки для двух и более тросов недопустимо. Нельзя заплетать тросы, паять их, использовать прижимные приспособления, хомутики, а также обжимать трубочки ударами молотка.



$A + B$  — не менее 40 мм

Рис. 103. Контрольная петля на заделке

Верхние тросовые растяжки следует выполнять из троса диаметром не менее 2,2 мм. При этом требования к тросам и их заделкам такие же, как и для нижних тросовых растяжек.

На одном или двух верхних тросах возможна установка приспособлений для их натяжения, которые должны фиксироваться и исключать ослабление тросов в полете. Некоторые типы натяжных устройств показаны на рис. 104.

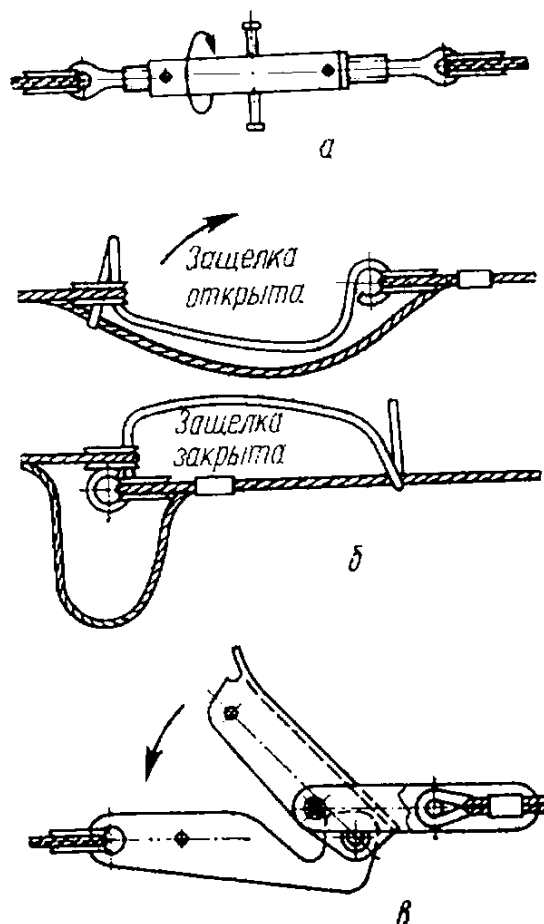


Рис. 104. Некоторые виды натяжных устройств;  
а - тендер; б — проволоочная защелка; в—замок патефонного типа

Натяжение тросовых растяжек не должно вызывать чрезмерной деформации труб силового каркаса. Допустим люфт рулевой трапеции из-за слабого натяжения тросовых растяжек не более 10 мм в районе скоб крепления нижних растяжек к рулевой трапеции,

Соединительные и крепежные элементы (гайки, болты) изготавливаются из высокопрочных пластичных материалов (30ХГСА, ст. 45, 40ХНМА и т. п.). Соединительные пластины для нижних растяжек по толщине должны быть не менее 1,8 мм; ширина перемычки вокруг отверстий не менее 5 мм. Для верхних растяжек соответственно не менее 1,5 и 4 мм. Минимально допустимый диаметр контровочных и вспомогательных болтов каркаса, болтов крепления купола — М5. Между головкой болта и его стержнем нельзя допускать резкого перехода сечения (подреза). Минимальный радиус перехода 0,5 мм. Болты нужно использовать без изгибов, трещин, смятия резьбы. Болты изготовленные самостоятельно, **калить запрещено**.

Купол (рис. 105) изготавливается из ткани, непродуваемой воздухом, заметно не поглощающей влагу и не тянущейся сильно в диагональном направлении. Необходимо использовать для купола высокопрочную синтетическую ткань, например каландрированный (пропущенный между горячими вальками) лавсан; дакрон; прорезиненную ткань типа 500-Б, 500-А; ткань М134 и т. п.

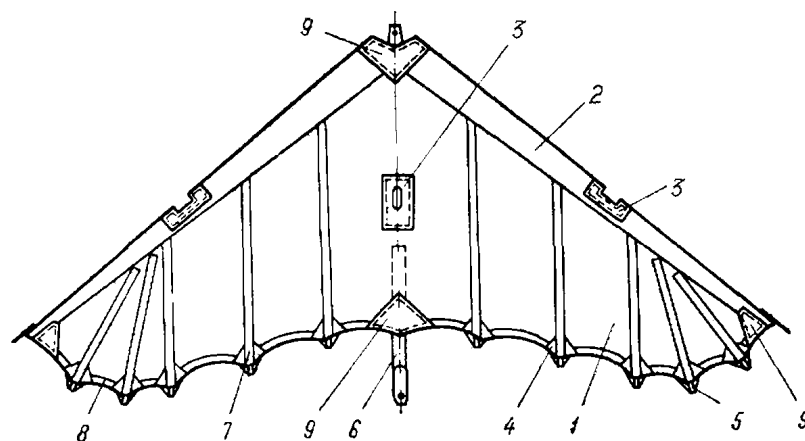


Рис. 105. Купол дельтаплана:

1—полотнища купола; 2 — боковой карман; 3— усиление центрального выреза под мачту; боковые узлы; 4— усиление концов латкарманов; 5— латы; 6— килевой карман; 7 — латкарман; 8 — усиление задней кромки; 9 — усиление задней кромки; 9—усиление килевого кармана, носового узла и стыка бокового кармана с полотнищами купола

Применение ткани типа АЗТ, болонья и им подобных допустимо только для дельтапланов с удлинением до 5 и купольностью не менее  $1,5^\circ$ . Ресурс таких куполов не более одного года.

Оптимальная удельная масса тканей  $120\text{--}220\text{ г/м}^2$ . Недопустимо применение парашютной ткани, пластиковой пленки или какой-либо случайной ткани.

Технология тканых материалов состоит в том, что отдельные нити скручиваются и переплетаются под прямым углом. Пересекающиеся нити свободно скользят относительно друг друга. Увеличение прочности на раздир достигается тем, что, когда начинается разрыв, отдельные нитки сдвигаются и усилие распределяется не на одну нить, а на несколько. Любая пропитка материала или покрытие уменьшают эту способность к деформации и прочность на раздир. Если пропитка необходима для уменьшения воздухопроницаемости, то ее следует подбирать достаточно эластичную, сохраняющую возможность смещения нитей друг относительно друга. На куполе не должно быть неусиленных вырезов, отверстий, разрывов и порезов ткани, расползающихся швов, заделок элементов крепления. Вырезы под узлы каркаса, места заделки концов карманов и элементов крепления купола к каркасу необходимо усиливать накладками из ткани. Прочность материала усиления должна быть не ниже прочности основного материала, а для тканей типа АЗТ, болонья даже выше (или усиления должны состоять не менее чем из трех слоев ткани).

Прочностные характеристики материала для карманов должны быть не ниже характеристик ткани купола.

Площадь основных усиления (концов килевого и бокового карманов, отверстий под боковые и центральный узлы) для высокопрочных материалов составляет не менее  $1\text{ дм}^2$ ; площадь усиления латкарманов не менее  $0,3\text{ дм}^2$ . Для тканей типа АЗТ и болонья площадь основных усиления не менее  $3\text{ дм}^2$ , латкарманов—не менее  $0,5\text{ дм}^2$ .

Задняя кромка должна быть оплавлена и надежно усилена. Усиление задней кромки не должно ее затягивать, а также приводить к появлению морщин и складок. Ширина усиления не менее 15 мм (рис. 106,а). Для тканей типа АЗТ и болонья усиление задней кромки должно состоять не менее чем из трех слоев ткани, вырезанной по диагонали; ширина усиления не менее 30 мм (рис, 106,б).

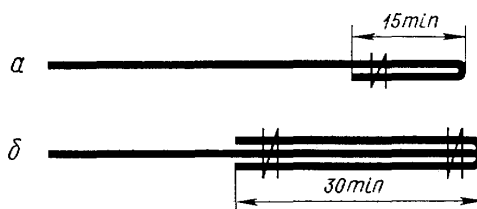


Рис. 106. Усиление кромки купола:



а—для высокопрочных материалов; б—для материалов типа АЗТ и болонья

При раскрое полотнищ их следует располагать таким образом, чтобы свести к минимуму работу ткани по диагонали. Между собой полотнища нужно сшивать не менее чем двумя швами (рис. 107). Основной тип строчки—зигзаг. Не рекомендуется устанавливать шаг строчки менее 4×4 мм. Усилительные элементы купола допускается пришивать прямым швом. Для пошива использовать прочные нитки из синтетических волокон (капроновые, лавсановые, нейлоновые). Концы ниток следует фиксировать на куполе (оплавлять, проклеивать, завязывать узлы, прострочить с перехлестом 15—20 мм).

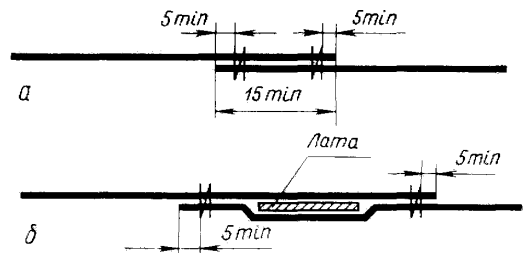


Рис.107. Способы сшивания полотнищ купола

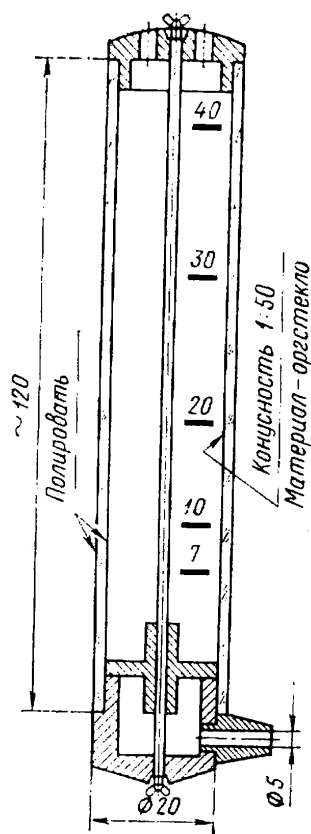
Купол должен быть надежно зафиксирован на каркасе. Недопустимо крепление его и лат посредством завязывания оттяжек какими-либо узлами. На металлических элементах крепежа нельзя допускать острых кромок и подрезать текстильные элементы. Отверстия под крепежные болты должны быть усилены люверсами. Прочностные характеристики основных силовых элементов крепежа не менее 200 кг на разрыв.

**Латы**, устанавливаемые на куполе, могут быть профилированными или непрофилированными, однако в любом случае они должны обладать гибкостью, достаточной прочностью и существенно не деформировать заданных при раскрое формы купола. Не рекомендуется установка излишне жестких лат, так как дельтаплан становится значительно более строгим в управлении. При установке жестких лат необходимо применять специальные конструктивные меры, обеспечивающие сохранение продольной устойчивости дельтаплана на малых углах атаки. Для лат следует исключить возможность проворачивания их вокруг продольной оси. Материал и сечение лат должны обеспечивать отсутствие остаточных деформаций после снятия механической нагрузки или под действием температуры. Рекомендуемые материалы: стекловолокно, стеклопластиковые профили, пластиковые трубки и т. п. Кромки лат не должны прорезать ткань купола и нитки швов.

**Приборное оборудование.** При полете на дельтаплане благодаря балансирному управлению устанавливается взаимосвязь между крылом дельтаплана и пилотом, который по положению ручки рулевой трапеции, поведению аппарата и воздействию набегающего потока воздуха на открытые части тела чувствует дельтаплан. Следовательно, при пилотировании в простых метеоусловиях и обучении полетам можно успешно использовать визуальные и чувственные способы оценки параметров полета (скорость, высоту и т. д.). Дельтапланеристу необходимо научиться летать без приборов в любых условиях. Вместе с тем как новичкам, так и опытным спортсменам не следует отказываться от такого простейшего прибора, как указатель направления ветра. Обычно это легкая и яркая ленточка из ткани, прикрепляемая к передним нижним тросовым растяжкам дельтаплана в районе носового узла.

Кроме того, при переходе к более продолжительным и высотным полетам, в процессе выполнения которых меняется состояние воздушной среды, а также для достижения высоких спортивных результатов используются некоторые приборы.

**Высотомер** можно использовать парашютный, имеющий малые размеры и массу. Его удобно располагать на руке, как часы.



**Указатель скорости** поплавкового типа (рис. 108) удобен в эксплуатации, имеет малые габариты и массу. Его можно изготовить самому и оттарировать в штиль по спидометру автомобиля, вынося из зоны возмущенного воздушного потока.

**Вариометр** — это прибор, показывающий скорость подъема и спуска. Можно использовать вариометры, изготавливаемые серийно, такие как ВР-10М или чехословацкий ЛУН-1141. К ним необходим приемник статического давления и термоизоляция в виде пенопласта или поролона.

К неприборному оборудованию относится спасательный парашют дельта-планериста, который чаще всего располагается на подвесной системе пилота. Парашют срабатывает без отцепки пилота от дельтаплана, и на нем спускается дельтаплан и пилот. Одна из таких систем представлена в журнале «Техника—молодежи», 1980, № 11.

Здесь следует предостеречь некоторых дельтапланеристов и пояснить, что спасательный парашют дельтапланериста можно использовать при полетах, выполняемых на достаточно большой высоте. К тому же это самое крайнее средство и не стоит уповать на его наличие. Только грамотно спроектированный и правильно построенный дельтаплан, хорошее знание теории и практики полетов, правильная методика обучения по принципу «от простого—к сложному» могут гарантировать безопасность полетов.

**Способы повышения прочности боковых балок силового каркаса.** Обычно для этой цели используют два конструктивных решения: установку «чулков» (рис 109,а) и установку краспиц (рис, 109,б).

Однако, выбирая схему дельтаплана, необходимо помнить, что вышеуказанные меры повышения прочности боковых балок ведут и к увеличению их жесткости, а это в свою очередь — к уменьшению демпфирующих свойств крыла в целом. Дельтапланы с излишне жесткими консольными частями боковых балок более строги в управлении и относительно хуже ведут себя в турбулентной атмосфере. К тому же тросы краспиц, установленные впереди от передней кромки крыла, турбулизируют поток и ухудшают условия его обтекания. Несколько типов конструктивных решений установки стоек краспиц приведены на рис. 110.

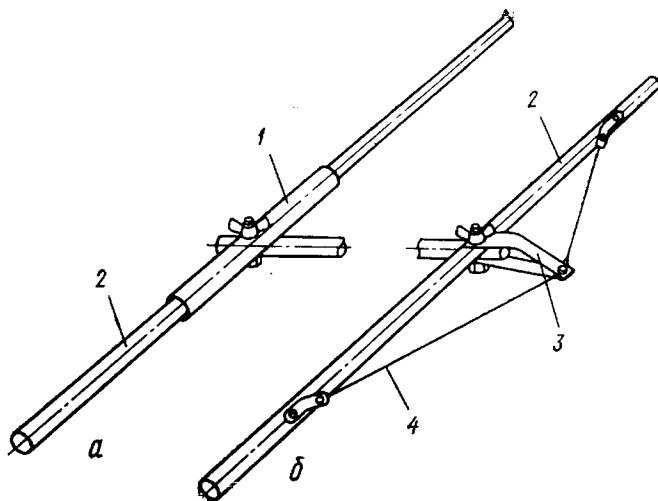


Рис. 109. Способы повышения прочности боковых балок:  
а — с помощью «чулка» из трубы большего диаметра; б — с помощью установки краспиц; 1 — «чулок»; 2 — боковые трубы; 3 — стайка краспицы; 4 — растяжка краспицы

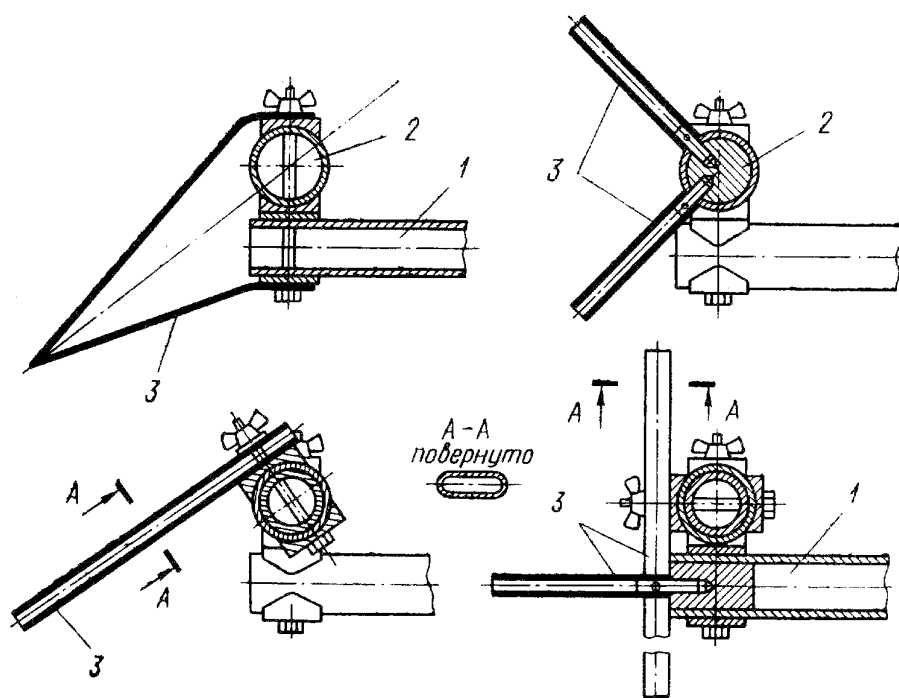


Рис.110 Способы установки стоек краспиц.  
1—поперечина; 2 — боковая труба; 3—стойки краспиц

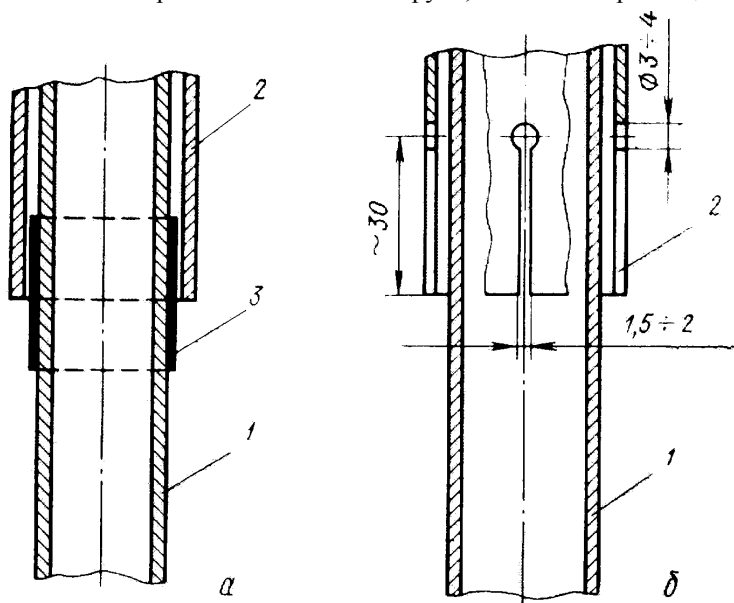


Рис. 111. Способы снятия концентрации напряжений на концах «чулка»:  
а—с помощью усиления боковой трубы; б — с помощью прорезей по концам «чулка» 1 — боковая труба; 2— «чулок»; 3— усиление «чулка»

«Чулки» в этом отношении более выгодны, но и при их установке необходимо помнить, что в месте выхода боковой балки из «чулка» возникает концентрация напряжений, которая может привести к поломке балки (особенно это относится к тонкостенным трубам). Для устранения подобного недостатка па концам «чулка» делают усиление боковой балки (рис. 111, а) или снижают жесткость концов «чулка» путем выполнения пропилов (рис. 111, б).

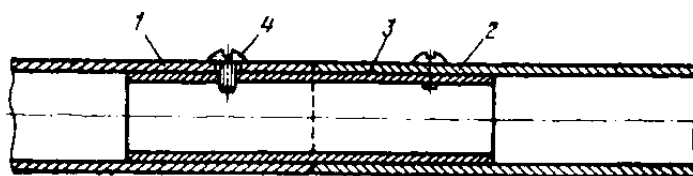


Рис. 112. Вариант конструкции фиксатора стыка:

1 — съемная труба; 2 — труба, жестко фиксированная бужом;  
3 — буж (втулка); 4 — винт

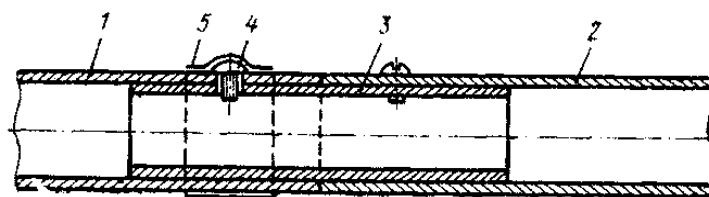


Рис. 113. Вариант конструкции фиксатора стыка:

1 — съемная труба; 2 — труба, жестко фиксированная с бужом;  
3 — буж (втулка); 4 — заклепка; 5 — резиновое кольцо

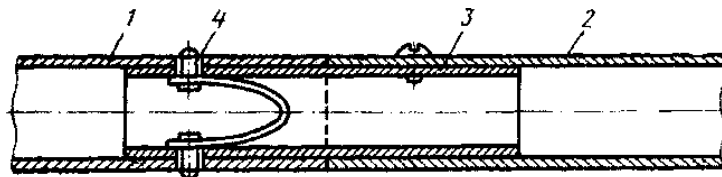


Рис. 114. Вариант конструкции фиксатора стыка:

1 — съемная труба; 2 — труба, жестко фиксированная с бужом;  
3 — буж; 4 — фиксатор байдарочного типа

**Схема и конструкция эксплуатационных стыков.** Для более удобного транспортирования дельтаплана трубы его силового каркаса выполняются разъемными. Обычно на трубе делается два стыка. В этом случае длина пакета труб составляет около 2 м, что является допустимым для перевозки его в общественном транспорте. При одном стыке длина пакета получается около 2,8 м, что вызывает затруднения при транспортировании. Трубы на местах эксплуатационных стыков соединяются с помощью наружных или внутренних соединительных втулок (бужей) или с помощью подбора труб по посадочному диаметру с обеспечением зазора не более  $0,1 \div 0,2$  мм в телескопическом соединении.

**Конструкция фиксаторов стыка.** Для того чтобы во время эксплуатации не могла произойти самопроизвольная расстыковка труб, применяются следующие конструкции фиксаторов:

- с помощью винтов (рис. 112);
- с помощью стержня (типа заклепки) (рис. 113);
- с помощью фиксатора байдарочного типа (рис. 114).

После сборки дельтаплана гайки необходимо контрить (исключая шайбы Гровера). Для контровки легко-разборных соединений применяются шплинты (разводные и пружинные) и булавки (рис. 115).

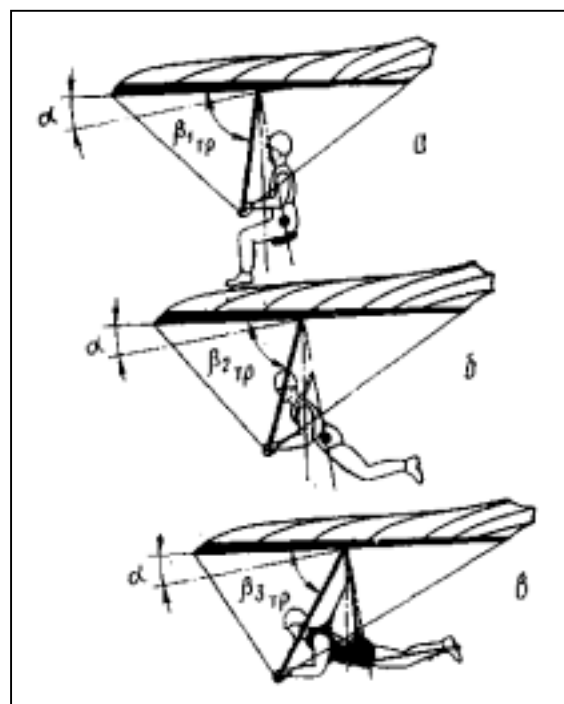
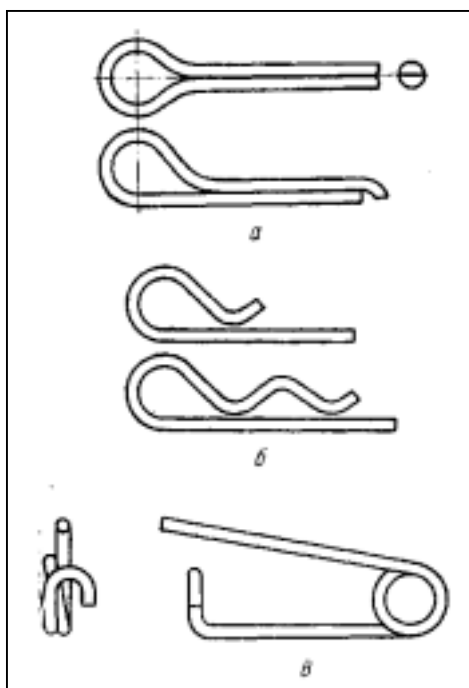


Рис. 115. Различные крепежные элементы:

а — разводной шплинт; б — пружинный бы-  
стростъемный шплинт; в — булавка

Рис. 116. Зависимость положения ручки рулевой трапеции от типа используемой подвесной системы

Самоконтрящиеся гайки следует применять в неразборных соединениях. Многократная сборка и разборка узлов с самоконтрящимися гайками не допускается.

Зависимость положения рулевой трапеции от типа используемой подвесной системы. В зависимости от типа используемой подвесной системы положение рулевой трапеции относительно плоскости каркаса (угол  $\beta_{\text{тр}}$ ) будет разным, что надо учитывать при постройке дельтаплана (рис. 116).

Не рекомендуются, например, полеты в вертикальной подвесной системе на дельтаплане, предназначенном для горизонтальной системы, и наоборот.

## КЛАССИФИКАЦИЯ ДЕЛЬТАПЛАНОВ

Современные дельтапланы по своим аэродинамическим характеристикам, параметрам устойчивости и управляемости можно условно разделить на два типа: учебно-тренировочные и спортивные.

Однако огромное многообразие дельтапланов приводит к тому, что существует много аппаратов, которые обладают промежуточными (переходными) характеристиками и могут быть отнесены как к одному, так и другому типу. Разбирая данный вопрос, мы остановимся на схемах, которые наиболее ярко и полно отражают все присущие своему типу достоинства и недостатки.

**Учебно-тренировочные дельтапланы.** Данный тип аппаратов является переходным между учебными и спортивными. Учитывая, что аппараты данного типа предназначены для тренировок и обучения спортивным полетам спортсменов, не имеющих еще достаточного опыта, необходимо помнить о требованиях, предъявляемых к учебно-тренировочным дельтапланам. Они должны обладать следующими параметрами:

- иметь хорошую устойчивость и отсутствие усилий на рулевой трапеции в нормальном режиме планирования; самостоятельно ориентироваться против ветра и не иметь тенденций к самопроизвольному крену или развороту;
- в случае попадания на режимы полета, ведущие к созданию аварийной ситуации, должны иметь тенденцию к самостоятельному переходу на нормальный режим полета;
- при сравнительно небольшом весе обладать повышенной прочностью. На этапе обучения не исключена возможность грубых посадок, и поэтому дельтаплан должен выдерживать их по возможности без поломок;
- иметь минимум регулировочных точек и обеспечивать однозначность его сборки дельтапланеристом любой квалификации;
- иметь малую скорость отрыва и посадки.

Рассматривая вышеуказанные свойства учебно-тренировочного дельтаплана, необходимо понимать, что только на устойчивом аппарате можно безопасно выработать первоначальные навыки правильного управления. Если полеты превращаются в борьбу с аппаратом по принципу «кто кого», то они принесут массу разочарований и неприятностей.

Приведем схему учебно-тренировочного дельтаплана и его ориентировочные характеристики (рис. 117):

- площадь  $S = 13 \div 18 \text{ м}^2$  (в зависимости от типа аппарата и веса пилота);
- масса 18—25 кг;
- угол при вершине каркаса 100—120°;

- купольность  $1—2^\circ$ ;
- удлинение  $\lambda = 4÷5$ ;
- аэродинамическое качество  $5—8$ .

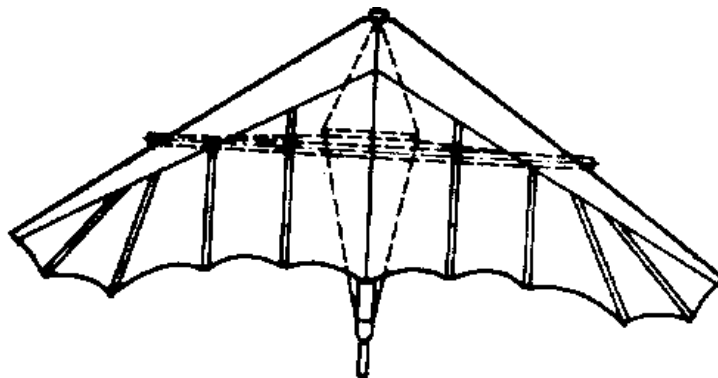


Рис. 117. Примерная схема учебно-тренировочного дельтаплана

Характеристики этого типа аппаратов позволяют совершать на них достаточно сложные полеты, уверенно чувствовать себя в воздухе. Переход к парящим полетам в потоках обтекания на них более безопасен и прост.

На аппаратах данного типа можно успешно участвовать в соревнованиях. Все высшие достижения по дельтапланеризму в 1978—1981 гг. были установлены на подобных аппаратах.

**Спортивные дельтапланы.** К аппаратам данного типа предъявляются требования высоких летных характеристик. Желание использовать дельтаплан по примеру «большого» планеризма для полетов на дальность и по маршруту заставляет повышать летное мастерство и искать новые схемы аппаратов с гибким крылом.

Для осуществления перелетов необходимо помимо повышения аэродинамического качества аппаратов и уменьшения скорости снижения увеличивать диапазон скоростей в большую сторону. Многочисленные усовершенствования позволили расширить возможности дельтапланов, и их характеристики достигли следующих значений:

- угол при вершине каркаса до  $140^\circ$ ;
- удлинение до 8;
- купольность  $0^\circ$ ;
- аэродинамическое качество до 12.

На аппаратах данного типа применяется много технических решений, направленных не только на повышение качества, но и на сохранение приемлемых характеристик по устойчивости и управляемости (рис. 118).

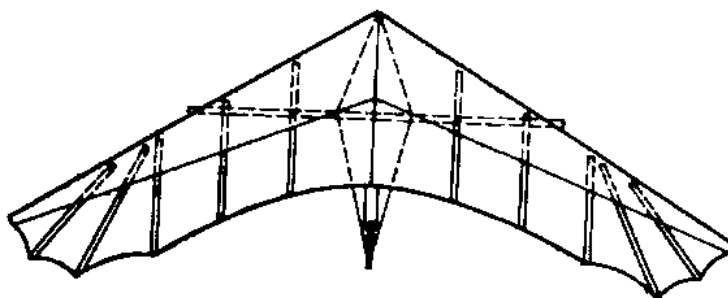


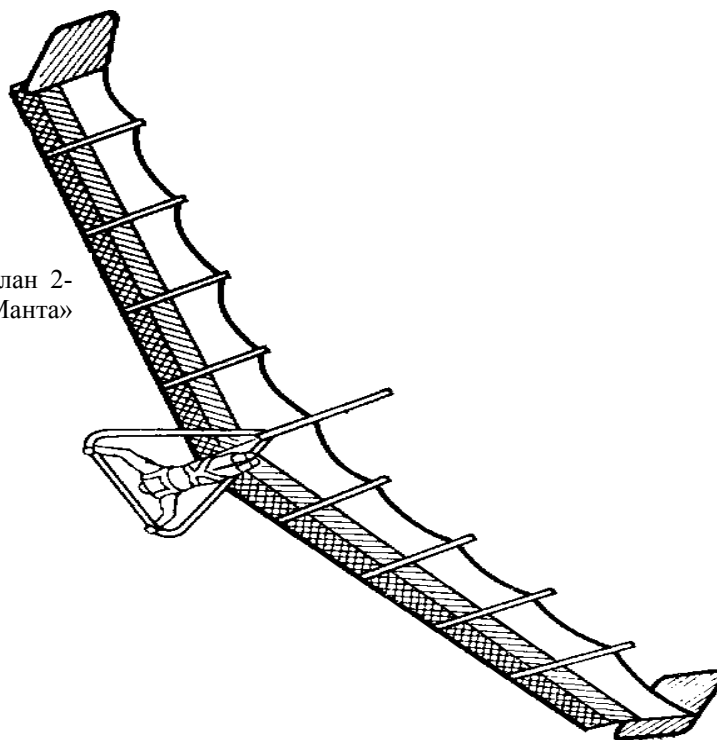
Рис. 118. Примерная схема спортивного дельтаплана

В настоящий момент решением международной комиссии по сверхлегкому полету при ФАИ утверждена классификация сверхлегких балансирных планеров (дельтапланов). Она включает в себя два класса аппаратов:

1-й класс: аппараты с гибким крылом, аэродинамическая поверхность которых формируется за счет набегающего потока, а управление балансирное;

2-й класс: аппараты, имеющие аэродинамическое управление или совмещающие балансирное управление с аэродинамическим (рис. 119).

Рис. 119. Дельтаплан 2-го класса фирмы «Манта» (Fledge-2)



## НАГРУЗКИ, ДЕЙСТВУЮЩИЕ НА ДЕЛЬТАПЛАН В ПОЛЕТЕ. ПРОЧНОСТЬ ДЕЛЬТАПЛАНА

Прочностью дельтаплана называется его способность воспринимать нагрузки без разрушений и необратимых деформаций. Нагрузки определяются необходимым запасом прочности и условиями эксплуатации дельтаплана. Деформации конструкции дельтаплана, возникающие вследствие действия этих нагрузок, должны быть упругими, т. е. исчезать после снятия нагрузки.

Жесткостью конструкции дельтаплана называется ее способность противостоять деформациям под действием заданных нагрузок.

Для того чтобы требования прочности и жесткости дельтаплана были выполнены, необходимо правильно рассчитать и построить дельтаплан и обеспечить его правильную эксплуатацию, т. е. создать такие полетные и наземные условия, в которых прочность данного дельтаплана соответствовала бы нагрузкам, действующим на него.

**Перегрузка.** Все силы, действующие на дельтаплан в полете, непрерывно меняются. Так, силы, действующие в установившемся прямолинейном планировании, могут смениться силами, возникающими при переходе в спираль, выходе из пикирования, полете в турбулентной атмосфере. Это изменение сил, действующих на дельтаплан, оценивается перегрузкой, т. е. величиной, показывающей, во сколько раз возникшая подъемная сила больше силы тяжести (веса):

$$n_y = \frac{Y}{G}$$

В прямолинейном установившемся планировании перегрузка равна

$$n_y = \frac{Y}{G} \approx 1$$

так как  $Y = G \cdot \cos\theta$ , а угол  $\theta$  мал, то  $Y \approx G$ .

Нагрузки на дельтаплан, допустимые в эксплуатации, должны быть такими, чтобы все элементы конструкции дельтаплана работали в пределах упругой деформации. Деформации, предшествующие разрушению, разделяются на два вида. Сначала при нагрузках, сравнительно далеких от тех, которые разрушают дельтаплан, конструкция деформируется таким обра-

зом, что после снятия нагрузки возвращается в исходное положение. Эти деформации являются упругими. Дальнейшее увеличение нагрузок связано с возможностью появления так называемых пластических или остаточных деформаций. При таких деформациях после снятия нагрузки элементы конструкции не возвращаются к исходному состоянию и, что не менее важно, прочность конструкции при этом уменьшается по отношению к исходной. Итак, установлено, что при увеличении нагрузки на дельтаплан сначала наступает предел упругих деформаций. Он характеризуется предельно допустимой эксплуатационной перегрузкой  $n_{y\max} = (+4; -2)$ . Далее при росте нагрузки появляются остаточные деформации, рост которых приводит в конце концов к разрушению конструкции. Этот предел нагрузок характеризуется разрушающей перегрузкой  $n_y^p$ . Соотношение разрушающей и предельно допустимой перегрузок характеризует запас прочности конструкции дельтаплана, который численно выражается через коэффициент безопасности  $f$ , равный

$$f = \frac{n_y^p}{n_{y\max}}$$

Величина коэффициента безопасности лежит в пределах  $f = 1,5 \div 2$ .

Перегрузка, связанная с турбулентностью атмосферы. При полете дельтаплана всегда возможна встреча с восходящими или нисходящими потоками. Допустим, что дельтаплан, двигаясь с углом атаки  $\alpha$ , встречает восходящий поток воздуха. Скорость встречного потока воздуха  $V$  складывается со скоростью восходящего потока  $W$ , и в результате набегающий поток  $V'$  подходит к дельтаплану под большим углом атаки  $\alpha + \Delta\alpha$  (рис. 120).

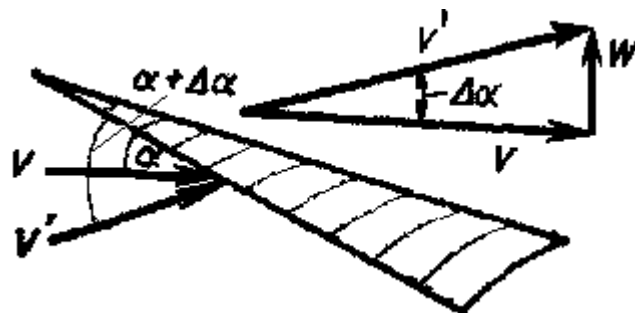


Рис. 120. Изменение угла атаки при входе дельтаплана в восходящий поток

При увеличении угла атаки подъемная сила возрастает ( $Y_{\text{восх}} > Y$ ) и соответственно увеличивается перегрузка

$$n_y = \frac{Y_{\text{âîñð}}}{G} > 1$$

Аналогично при попадании дельтаплана в нисходящий поток воздуха угол атаки уменьшается и перегрузка  $n_y < 1$ . Поэтому при полете в неспокойной атмосфере не следует допускать маневров, создающих большие перегрузки, так как совместно с перегрузками, вызываемыми турбулентностью атмосферы, суммарные перегрузки могут достигать значительных величин.

Перегрузка дельтаплана при входе в вертикальный поток воздуха будет тем больше, чем



Рис. 121. Изменение вертикальной скорости по ширине восходящего потока

больше скорость полета, так как изменение вертикальной скорости по ширине восходящего потока происходит не сразу, а постепенно (рис. 121), и дельтаплан, имеющий большую скорость, будет быстрее входить в восходя-



щий поток и получать большее приращение вертикальной составляющей  $W$  и соответственно большую перегрузку. При попадании дельтаплана в нисходящий поток на большой скорости углы атаки уменьшаются до таких малых значений, при которых может возникнуть флаттер несущей поверхности. Вход дельтаплана в восходящий поток на малой скорости (больших углах атаки) может привести к тому, что угол атаки возрастет до таких значений, что  $\alpha$  станет больше  $\alpha_{кр}$ , и произойдет срыв потока, вследствие чего дельтаплан может свалиться на крыло и войти в штопор. Следовательно, полет в турбулентной атмосфере должен проходить на скорости, равноудаленной от минимальной и максимальной, т. е. приблизительно на наивыгоднейшей скорости.

Усилия, действующие на конструкцию дельтаплана. Конструкция дельтаплана состоит из жесткого каркаса (килевая, поперечная, две боковые балки), тросовых растяжек и купола.

Под воздействием воздушной нагрузки  $P$  купол дельтаплана принимает определенную форму. Допустим, что купол в каждом сечении  $a-a$  (рис. 122) представляет собой дугу окруж-

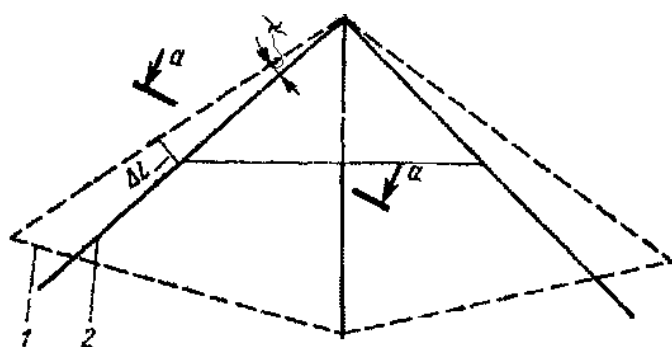


Рис. 122. Нагрузки, действующие на конструкцию дельтаплана: 1 – раскрой купола дельтаплана; 2 – каркас дельтаплана

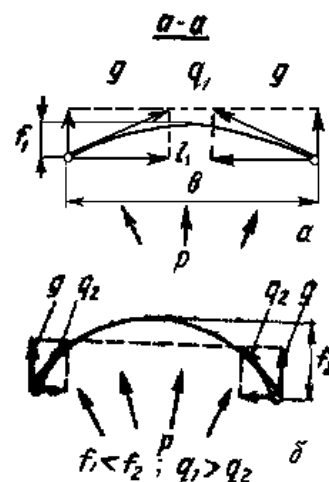


Рис. 123. Сечение крыла дельтаплана и нагрузки, действующие в сечении:  $a$  – при малой скорости;  $b$  – при большой скорости

ности.

Стрела прогиба купола  $f$  и кривизна дуги зависят от относительной разности между длиной купола в сечении  $a-a$   $l$  и расстоянием между балками в том же сечении  $b$  (рис. 123,а):

$$\frac{\Delta l}{b} = \frac{l - b}{b},$$

чем больше относительная разность  $\frac{\Delta l}{b}$ , тем больше стрела прогиба и кривизна (рис. 123,б).

Величина  $\Delta l$  определяется купольностью дельтаплана ( $\Delta l = L \cdot \sin \chi$ ).

Усилия от купола воспринимаются килевой и боковыми балками в виде распределенной нагрузки  $q$  (рис. 123), направленной по касательной к поверхности купола. Вертикальные составляющие нагрузки  $g$  уравновешены силой тяжести  $G$ . Очевидно, что величина распределенной нагрузки  $q$  определяется стрелой прогиба купола  $f$ , чем больше стрела прогиба (меньше радиус кривизны), тем меньше нагрузка  $q$  (рис. 123,а).

Боковая балка (без аутриггеров) является одним из наиболее нагруженных элементов конструкции дельтаплана. Рассмотрим усилия, действующие в ней.

Из графика 2 (рис. 124) видно, что наибольший изгибающий момент действует в боковой балке в месте стыка с поперечной, поэтому необходимо, чтобы в данном сечении боковая балка имела усиление в виде втулки или дополнительной трубы.

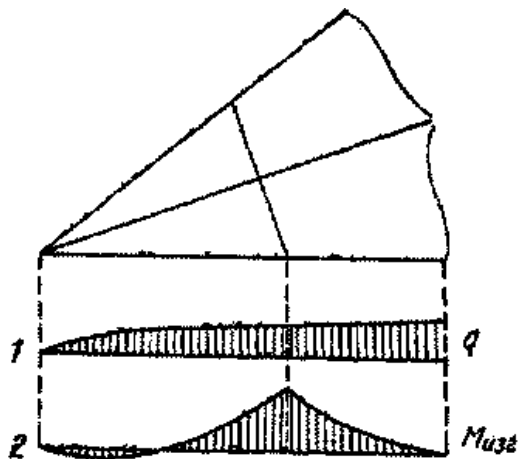


Рис. 124. Распределение нагрузки и изгибающий момент в боковой балке:  
1 – распределение нагрузки от купола по боковой балке;  
2 – эпюра изгибающего момента в боковой балке от нагрузки

Поперечная балка (как правило, самый нагруженный элемент каркаса) воспринимает достаточно большое усилие сжатия  $F$  (рис. 125). Очевидно, что сжимающая сила  $F$  увеличивается с увеличением нагрузки  $Q = \Sigma q$ , которая особенно сильно увеличивается при уменьшении купольности, и с уменьшением угла  $\gamma$  (уменьшением высоты трапеции).

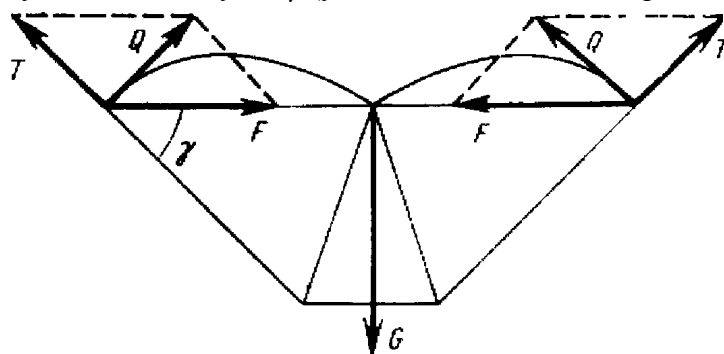


Рис. 125. К определению силы, действующей на поперечную балку:  
 $F$  — сила, действующая на поперечную балку;  $T$  — сила натяжения боковых растяжек;  
 $Q$  — сила, действующая от боковой балки

Боковые трубы трапеции передают усилия от нижних тросов на центральный узел (сила сжатия  $F'$ ) (рис. 126).

Ручка трапеции работает на растяжение (сила  $T'$ ) (см. рис. 126).

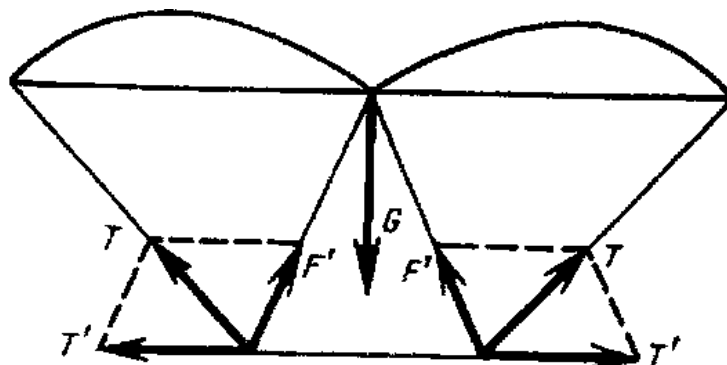


Рис. 126. К определению сил, действующих на трубы трапеции:  
 $T$  — сила, приложенная к боковой трубе от нижних тросов;  
 $T'$  — сила растяжения, действующая на ручку трапеции;  
 $F'$  — сила, действующая на боковые трубы трапеции

..... передает усилие от верхних тросов на центральный узел (например, при действии ветра на земле (рис. 127) или при неудачной посадке).

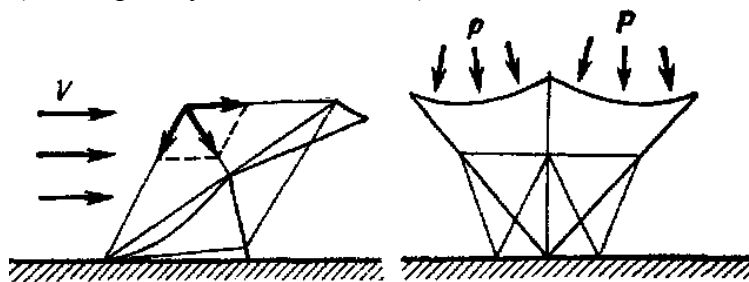


Рис. 127. Усилия, действующие на дельтаплан при ветре на земле

Поперечная балка, боковые трубы трапеции, труба мачты воспринимают сжимающие усилия. Элементы конструкции, подверженные сжатию, сохраняют свою несущую способность (устойчивость) до некоторой критической силы, определяемой из уравнения

$$F_{\text{крит}} = \frac{\pi^2 E \cdot J}{\mu \cdot l^2}$$

где  $l$  — длина трубы;  $\mu$  — коэффициент, зависящий от способа закрепления трубы (принимается  $\mu = 1$ );  $E \cdot J$  — жесткость трубы;  $E$  — модуль упругости (для дюралевых труб  $E = 7200 \text{ кг/мм}^2$ );  $J$  — момент инерции сечения (для трубы диаметром  $D$  и толщиной стенки  $\delta$

$$J = \frac{\pi}{8} \cdot D^3 \cdot \delta).$$

Боковая балка (без аутриггеров) в основном работает на изгиб. Максимальный изгибающий момент зависит от многих факторов: купольности, удлинения, конструктивных особенностей и т. д.

Формула  $M_{\text{изг}} = W \cdot \sigma_{\text{в}}$  определяет несущую способность трубы на изгиб, где  $\sigma_{\text{в}}$  — предел прочности при растяжении;  $W$  — момент сопротивления изгибу (для труб  $W = \frac{\pi}{8} \cdot D^2 \cdot \delta$ ).

Многие конструкции дельтапланов предусматривают разборку до размеров, удобных для транспортировки. Соединение разборных труб каркаса должно иметь прочность не менее прочности труб, например, соединение труб при помощи внутренних втулок (рис. 128).

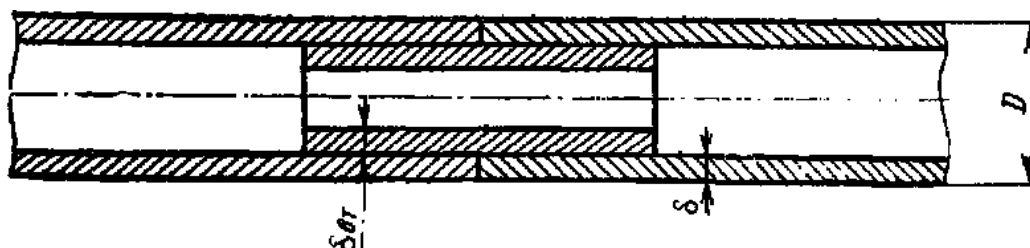


Рис. 128. Соединение труб каркаса при помощи внутренних втулок

Длина втулки должна быть не менее пяти диаметров трубы, материал втулки тот же, что и трубы. Чтобы прочность соединения была не менее прочности трубы, необходимо соблюдать условие:

$$\delta_{\text{втулки}} = \frac{D^2 \cdot \delta}{(D - 2\delta)^2}.$$

Однако практически следует выполнять втулку со стенкой несколько большей толщины вследствие погрешности технологии изготовления.

## МЕТЕОРОЛОГИЯ

Организация и безопасность полетов на дельтапланах в значительной мере зависят от метеорологических условий. Готовясь к полетам, спортсмен должен тщательно изучить состояние погоды в районе полетов. Надо хорошо разбираться в физической сущности атмосферных процессов, создающих различные метеорологические условия, и знать, какие условия благоприятствуют полетам на дельтапланах.

Под метеорологическими условиями подразумевается физическое состояние атмосферы в некоторый момент или промежуток времени. Физическое состояние атмосферы определяется рядом основных метеорологических элементов – температурой, влажностью, давлением воздуха, ветром, осадками, видимостью, Облачностью и т. д. Низкая облачность, туманы, порывистый ветер усложняют, а в ряде случаев исключают возможность полета на дельтаплане. Интенсивная турбулентность, сильное обледенение создают большие трудности в пилотировании и угрожают безопасности полетов.

**Строение атмосферы и факторы, определяющие погоду.** Земной шар окружен воздушной оболочкой – атмосферой, которая вращается вместе с ним. Физические свойства атмосферы – ее температура, влагосодержание, скорость движения меняются и по горизонтали и по вертикали; особенно резко они изменяются с высотой.

В вертикальном направлении атмосфера состоит из нескольких почти сферических слоев, каждый из которых имеет специфическое распределение температуры и других физических характеристик. В нижнем слое – тропосфере, простирающейся в умеренных широтах до высоты 9—11 км, сосредоточено около 80% атмосферного воздуха.

Из-за того, что в тропосфере содержится почти весь атмосферный водяной пар, здесь происходит образование облаков и выпадение из них осадков. Отметим, что атмосферные процессы в тропосфере являются главной причиной изменения погоды.

Поскольку полеты дельтапланов происходят в тропосфере, мы ниже будем в основном касаться характеристик именно этого слоя. Единственным источником энергии для всех атмосферных физических процессов является излучение (радиация) солнца. Но наибольшую часть тепловой энергии атмосфера получает не непосредственно от солнца, а от земли, нагреваемой солнечными лучами. Передача тепла от земли к атмосфере происходит также с помощью атмосферной турбулентности или вихревых движений и конвекции, т. е. подъема теплых частиц воздуха под действием архимедовой силы.

Атмосфера находится в непрерывном движении. Непосредственной причиной его служит неравномерность в горизонтальном распределении давления, вызываемая в свою очередь термической (температурной) неоднородностью атмосферы. Основной силой, заставляющей частицы воздуха перемещаться, являются силы барического градиента, т. е. перепада давления на единицу расстояния по горизонтали. Чем она больше, тем сильнее ветер. Под действием сил барического градиента воздух должен перетекать из области повышенного давления в область, где давление меньше. Однако в атмосфере на частицы воздуха влияют еще и отклоняющая сила вращения Земли (сила Кориолиса), центробежная сила и, наконец, сила трения. Под влиянием неоднородного прогрева поверхности Земли, распределения суши и моря, горных цепей и т. д. возникает сложная система общей циркуляции атмосферы, под которой понимается совокупность крупномасштабных воздушных течений над земным шаром. Элементами общей циркуляции, с возникновением, эволюцией и перемещением которых связаны наиболее существенные изменения погоды, являются атмосферные фронты, циклоны и антициклоны, к описанию которых мы переходим.

Воздушные течения, являющиеся элементами общей циркуляции атмосферы, состоят из однородных по условиям погоды масс воздуха. Горизонтальные размеры таких воздушных масс измеряются тысячами километров, вертикальные – километрами. Большую часть своих свойств – степень нагретости, влагосодержание, запыленность и т. д. – воздушные массы приобретают от подстилающей поверхности, т. е. участка земли, над которым они находятся длительное время. Передвигаясь в другие районы, они вызывают там изменения температуры, ветра, облачности, т. е. изменение погоды.

В пределах одной и той же воздушной массы метеорологические параметры по горизонтали меняются очень мало. Совсем иная картина наблюдается в узкой зоне между воздушными массами с различными свойствами, т. е. вблизи так называемых атмосферных фронтов. В них на расстояниях в несколько километров температура зачастую изменяется на  $5\text{--}10^\circ\text{C}$ , а ветер резко меняет свое направление и, кроме того, его скорость увеличивается или уменьшается в 2—3 раза. Именно при прохождении фронтов погода меняется наиболее резко.

Если фронт движется так, что после его прохождения холодный воздух заменяется более теплым, говорят о теплом, а при обратной ситуации — холодном фронте. Атмосферные фронты представляют собой наклонные поверхности с углом наклона, который обычно не превышает одного градуса.

На рис. 129 дан схематический вертикальный разрез теплого фронта с типичной для него облачной системой и осадками. При образовании теплого фронта теплый воздух медленно поднимается по клину холодного, одновременно оттесняя его (на рисунке вправо).

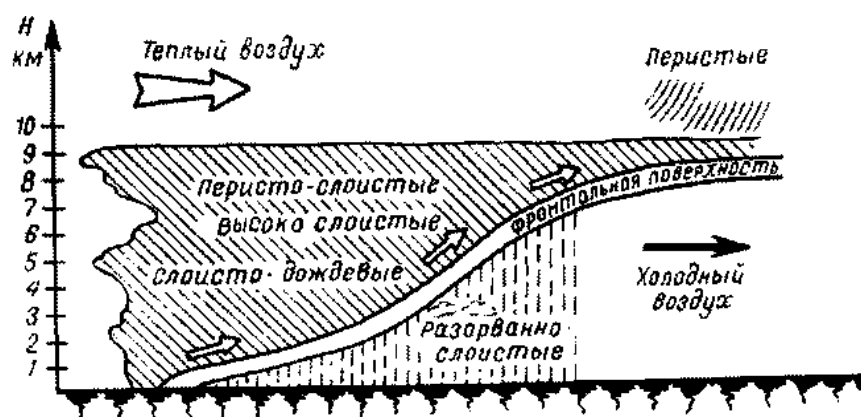


Рис. 129. Теплый фронт

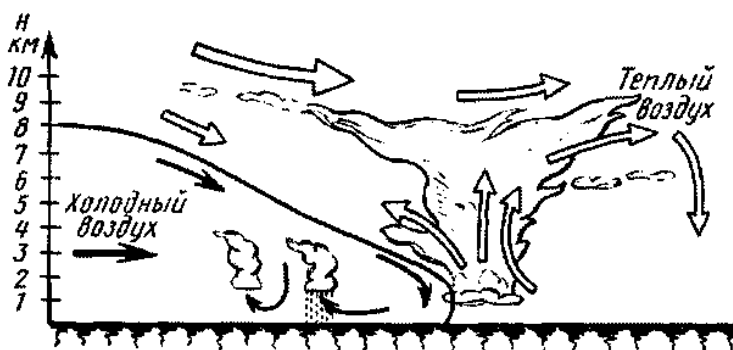


Рис. 130. Холодный фронт

Холодный фронт (рис. 130) образуется, когда холодный (а значит, тяжелый) воздух вклинивается под теплый, приподнимает и оттесняет его. Из-за большой скорости перемещения, характерной для многих холодных фронтов, теплый воздух перед клином холодного бурно поднимается, и здесь образуются мощные кучево-дождевые облака, грозы, ливни и шквалы. Из-за этого полеты в зоне, отстоящей от быстро движущегося холодного фронта на 30—50 км, часто бывают опасными, особенно летом. Следует отметить, что приведенные схемы фронтов отражают лишь наиболее типичные их особенности. В реальных условиях всегда наблюдаются те или иные отклонения от этих схем, обусловленные свойствами конкретных воздушных масс по обе стороны фронта, топографией местности и другими условиями.

На синоптических картах (специальных и в газетах) всегда хорошо видны области с замкнутыми концентрическими изобарами (линиями одинакового давления) с поперечниками, измеряемыми сотнями и тысячами километров. Если давление по направлению к их центру падает, они называются циклонами, а если растет — антициклонами. В северном полушарии ветер в циклонах направлен против хода часовой стрелки, а в антициклонах — по ходу часовой стрелки. В южном полушарии картина обратная.

Для циклонов типична пасмурная погода с продолжительными интенсивными осадками в

зоне фронтов и моросью — вдали от них. Антициклоны характеризуются слабыми ветрами. Нисходящие движения в них способствуют уменьшению насыщения воздуха водяным паром и обуславливают преобладание малооблачной погоды (летом).

### Ветер

Условия полета на дельтаплане в значительной степени зависят от наличия ветра и его характера.

..... — это горизонтальное движение воздуха относительно земной поверхности. Непосредственной причиной возникновения ветра, как указывалось выше, является неравномерное распределение атмосферного давления по горизонтали.

**Местные ветры.** Воздушные течения, возникающие и приобретающие характерные для них свойства под влиянием местных физико-географических и термических условий, называются .....

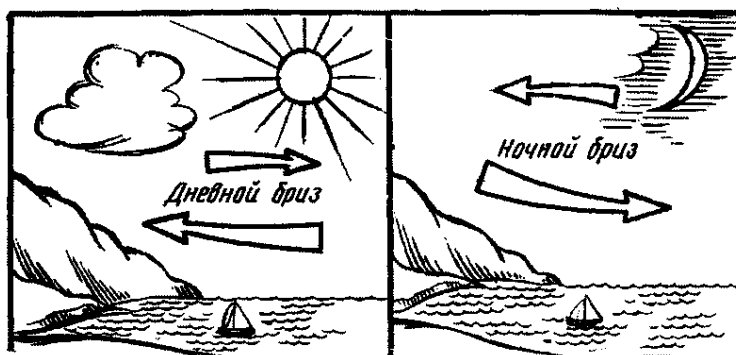


Рис. 131. Бриз

..... — ветры с суточной периодичностью, возникающие по берегам морей и больших озер, а также на некоторых больших реках. Дневной (морской) бриз направлен с моря на сушу, ночной (береговой) — с суши на море (рис. 131). Морской бриз возникает с 10—11 ч утра и распространяется в глубь континента на 20—40 км. Его вертикальная мощность достигает в среднем 1000 м. Береговой бриз возникает после захода солнца, распространяется от береговой линии на 8—10 км, достигая высоты около 250 м.

..... — местная циркуляция воздуха между горным хребтом и долиной с суточным периодом. Днем ветер направлен из долины вверх по нагретому склону, а ночью — со склонов горы в долину. Горно-долинные ветры наблюдаются во всех горных системах и особенно хорошо выражены в ясную погоду летом.

Существуют и другие местные ветры, например: бора, фён, афганец и др., которые здесь не рассматриваются, но которые нужно обязательно учитывать, если полеты проводятся в районах, где они имеют место.

**Термические восходящие потоки в атмосфере.** В атмосфере всегда существуют восходящие и нисходящие движения. Горизонтальные размеры индивидуальных вертикальных потоков воздуха чаще всего (особенно вблизи земли) не превышают десятки метров, а их скорость и направление непрерывно испытывают турбулентные, т. е. хаотические, изменения.

При некоторых метеорологических условиях возникают сравнительно крупные и устойчивые вертикальные потоки, которые могут быть использованы дельтапланеристами. К их числу, в первую очередь, относятся конвективные восходящие движения, возникающие в теплое время года из-за того, что вследствие неодинакового нагрева отдельных объемов воздуха плотность некоторых из них оказывается меньше, чем окружающей атмосферы.

Элементами конвекции являются хорошо известные планеристам термики. Они в большинстве случаев возникают над наиболее нагретыми участками почвы. Иногда (например, над холмами, скалами, лесными пожарами) термики как бы привязаны к теплым пятнам на поверхности земли и имеют форму струй, наклоненных вдоль ветра. Если ветер сильный, то такие струи рано или поздно отрываются от земли, превращаясь в изолированные объемы теплого (т. е. менее плотного) воздуха, так называемые пузыри (рис. 132), которые могут пере-

носиться ветром на несколько километров от места зарождения. Иногда пузыри образуются выше поверхности земли.

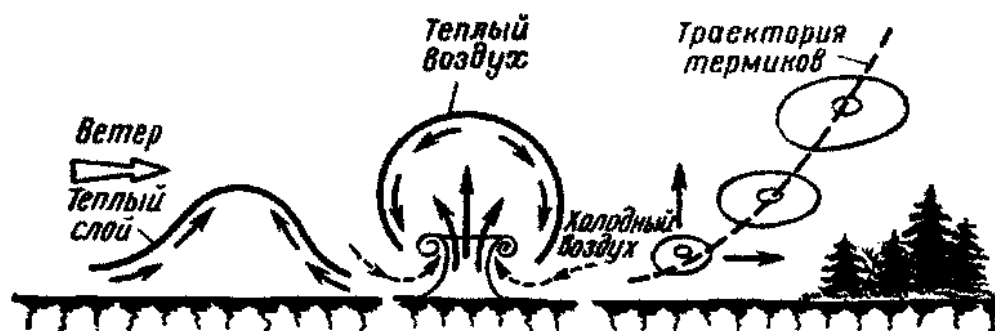


Рис. 132. Тепловые пузыри

**Строение термиков.** Мы уже говорили, что термики могут иметь форму либо струй, либо пузырей. Струеобразные термики чаще всего наблюдаются под кучевыми облаками и внутри последних. В нижних 100—200 м под облаками они имеют небольшие горизонтальные размеры, а выше сливаются в более или менее крупные конгломераты восходящих потоков с поперечником более 100 м. Внутри мощных кучевых и особенно кучево-дождевых облаков горизонтальные размеры конвективных струй подчас превышают 2 км.

Конвективные пузыри более типичны для ясной малооблачной погоды с умеренным или сильным ветром. Так же как и при струеобразной конвекции, размеры пузырей увеличиваются с высотой. Наиболее крупные пузыри образуются в результате объединения нескольких мелких термиков. Этому способствует то, что в кильватере поднимающихся пузырей атмосферное давление понижено, благодаря чему сюда втягиваются соседние, более мелкие термики. Процесс объединения термиков наиболее интенсивен в слое 200—500 м над поверхностью земли. Эти тепловые пузыри, если они достаточно больших размеров, могут быть использованы дельтапланеристами для получения некоторого выигрыша в высоте. Они почти бесполезны, если при этом возникает так называемое беспорядочное «кипение».

Внутри термиков обычно имеется вполне определенная циркуляция воздуха. В большей части струи движение воздуха вверх идет по спирали с вращением по ходу часовой стрелки или, чаще всего, против хода часовой стрелки. Примером вращающихся струй могут служить пыльные или песчаные вихри, наблюдающиеся в пустынях и степных районах (так называемые пыльные дьяволы).

В верхней части струй и внутри пузырей происходит вихревая циркуляция воздуха, имеющая форму тора (баранки). Она показана на рис. 132—133. Такая циркуляция способствует сохранению термика, препятствуя его перемешиванию с окружающим воздухом.

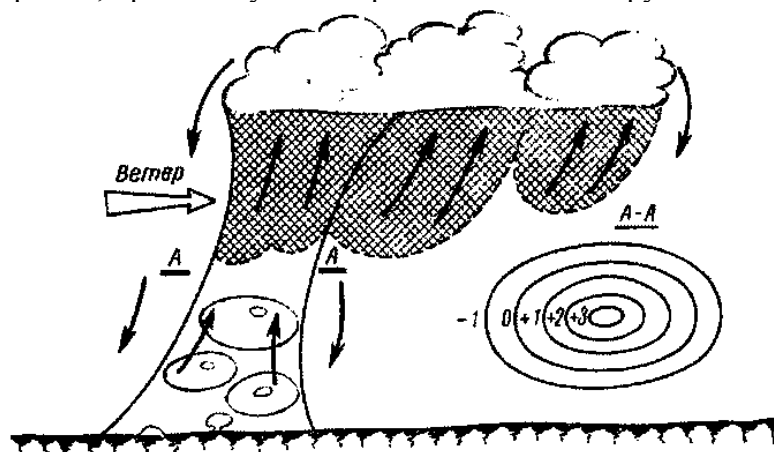


Рис. 133. Строение термиков

Горизонтальное сечение струй и пузырей имеет форму эллипса, вытянутого вдоль ветра. Ось, параллельная ветру, длиннее перпендикулярной на 15—20%. В крупных термиках эта разница иногда превышает 500 м, и ее следует учитывать при выполнении полетов на дельта-

планах.

Высота распространения термических потоков почти всецело определяется величиной перегрева термиков. Движение вверх может продолжаться до уровня (его называют уровнем конвекции), на котором запасы кинетической энергии исчерпываются. В умеренных широтах высота уровня конвекции в сухом воздухе обычно в околополуденное время равна 1—2 км. Утром и вечером она гораздо меньше. В Средней Азии термики подчас достигают высоты в 5—7 км.

Остановимся теперь на скоростях подъема воздуха в термиках. Скорости восходящего потока (и в струях, и в пузырях) максимальны в середине их горизонтального сечения и под облаками в 65% случаев достигают 2,5—4 м/с. Непосредственно под основанием кучевых облаков они иногда доходят до 5—6 м/с. Сбоку от восходящего потока обычно имеется широкий шлейф более слабых нисходящих движений. Дельтапланеристам важно помнить об этом и при полете под кучевым облаком быть готовыми ощутить сначала нисходящий поток, затем восходящий и, наконец, опять нисходящий. При наборе высоты под облаком не следует близко подходить к его нижней границе, так как восходящие потоки могут быть настолько сильными, что затянут дельтаплан внутрь облака. В 60—70% случаев внутри термика вместо острого максимума наблюдается участок с почти одинаковой скоростью. В больших термиках он занимает до 30% ширины восходящего потока. В умеренных широтах уровень наибольших скоростей восходящих потоков в среднем расположен в слое 0,7—0,8 км. Вероятность больших скоростей подъема термиков быстро убывает с ростом высоты. Вертикальные скорости воздуха растут от утра к середине дня, достигая максимума в 13—15 ч. К вечеру они постепенно ослабевают.

**Источники термиков.** Для облегчения поиска термиков во время полета надо знать места, над которыми встреча с ними наиболее вероятна. Следует помнить, что количество термиков, быстрота их образования, а также скорость восходящих потоков определяется характеристиками и расположением «темных пятен» на поверхности земли. Чем скорее и сильнее эти пятна нагреваются солнцем, тем эффективнее их влияние в производстве термиков, причем над большими пятнами образуются более крупные восходящие потоки. Вследствие того, что степень нагретости воздуха зависит от времени его пребывания над теплым участком, наиболее благоприятные условия для образования термиков создаются при штиле или при слабых ветрах.

Перейдем теперь к факторам, влияющим на скорость нагревания почвы. Нагревание земной поверхности очень сильно зависит от того, какую часть падающей солнечной энергии она поглощает, а какую отражает. Чем меньше поверхность отражает — тем большая часть солнечной радиации поглощается и тем быстрее идет нагревание. Поэтому чернозем должен нагреваться быстрее, чем, скажем, трава или лес (рис. 134).

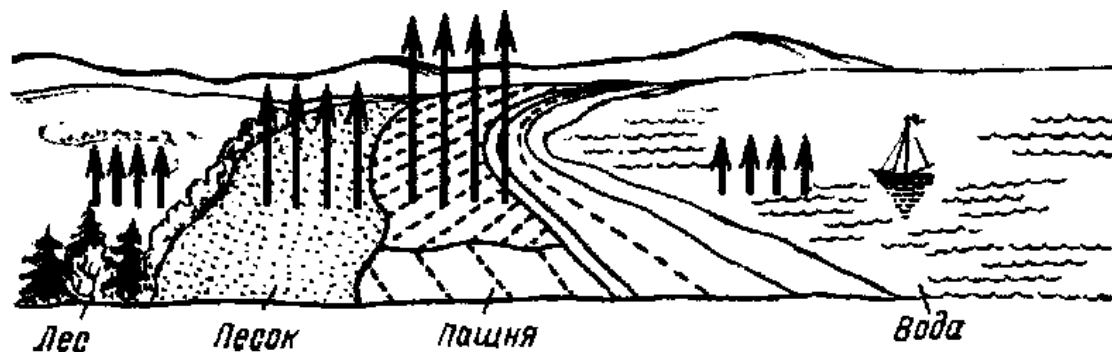


Рис. 134. Зависимость интенсивности восходящих потоков от характеристик земной поверхности

С утра термики в первую очередь возникают над более темными, а затем над сравнительно светлыми участками открытого грунта и лишь около полудня — над травянистыми лугами, лесами и над мелкими водоемами со стоячей водой и темным дном. Над глубокими водоемами термики образуются во второй половине дня, причем высота восходящих потоков в этом случае обычно не превышает 250—300 м.



Высокие и мощные термики чаще всего формируются над границами участков с резко отличающимися друг от друга характеристиками (берег – вода, лес – поле и т. д.). Устойчивые и высокие термики развиваются над районами лесных (торфяных) пожаров, над городами и поселками. Мощные термики развиваются и вдоль крутых берегов рек, сильно нагретых солнцем.

Выше уже говорилось, что ветер отрывает струеобразные термики от земли и они превращаются в пузыри теплого воздуха. Очень сильный ветер способствует выравниванию температуры почвы и препятствует образованию термиков. Если скорость ветра внутри конвективного слоя мало меняется с высотой, то термики могут выстраиваться в линии, параллельные ветру. Такие линии хорошо видны по наличию полос кучевых облаков, образующихся в верхней части термиков. Между такими полосами воздух опускается. Одновременно может существовать несколько линий термиков, расстояние между которыми в 2—3 раза превышает толщину конвективного слоя, длина каждой линии иногда равна нескольким десяткам километров, но чаще всего она не превышает 10—15 км.

### Турбулентность

Характерной особенностью атмосферных воздушных потоков является наличие в них вихрей, т. е. участков, на которых воздух вращается около некоторой оси. Оси вращения могут иметь любое направление, и лишь у таких гигантских вихрей, как циклоны и антициклоны, они всегда приблизительно вертикальны.

Наибольшее влияние на полеты оказывают сравнительно мелкие вихри с диаметром от нескольких метров до 500—600 м. Чаще всего эти вихри являются элементами атмосферной турбулентности. Лишь иногда, особенно у поверхности земли, образуются вихри, имеющие иную природу.

**Атмосферная турбулентность и ее происхождение.** Турбулентностью называется хаотическое, неупорядоченное движение, при котором траектории отдельных объемов воздуха имеют произвольную ориентировку по отношению к направлению основного (среднего) потока.

Атмосферные движения всегда более или менее турбулизованы: это проявляется в том, что в каждой точке потока скорость и направление его движения непрерывно изменяются — пульсируют, причем иногда эти пульсации по величине близки к скорости среднего движения. Причиной пульсаций является то, что скорости вихревого движения складываются со средней скоростью, вызывая тем самым ее увеличение или уменьшение. Частота пульсаций меняется от долей герца до десятков герц (колебаний в с). Она обратно пропорциональна размерам элементов турбулентности — вихрей.

Самые благоприятные условия для возникновения вихрей наблюдаются при обтекании неровностей рельефа. Поэтому у поверхности земли турбулентность наиболее интенсивная, особенно при сильных ветрах или при развитии конвекции. Конвекция турбулизирует поток даже при штилевых условиях.

Выше 1—1,5 км, где непосредственное влияние трения потока о подстилающую поверхность невелико, главными турбулизирующими факторами являются повышенные (по сравнению со средними) вертикальные контрасты температуры и ветра. Такая ситуация обычно наблюдается в слоях толщиной в несколько десятков или сотен метров. Поэтому и толщины слоев с интенсивной турбулентностью обычно не превышают 400—500 м.

Почти скачкообразное изменение температуры и ветра часто наблюдается на границе облачных слоев и при пересечении атмосферных фронтов — зон перехода от теплых к холодным массам. Поэтому на указанных участках зачастую происходит резкое усиление турбулентности. Значительна она подчас и у границ задерживающих слоев, т. е. слоев, в которых вместо обычного для тропосферы падения температуры с высотой она растет (инверсионные слои) или не меняется (изотермические слои).

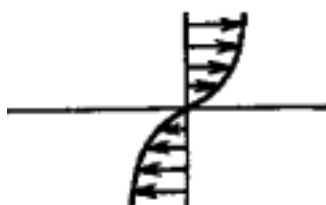


Рис. 135. Сдвиг ветра

Одним из распространенных случаев является турбулент-

ность, связанная со сдвигом ветра. Когда два слоя воздуха движутся с разными по силе и направлению скоростями, то слой между ними оказывается под действием противоположно направленных сил трения, которые разрушают этот слой (рис. 135). Такое распределение скоростей возможно только в случае большого перепада плотностей (теплый разреженный воздух движется над холодным, более плотным) и при малых скоростях потока. В большинстве же случаев неоднородность пограничного слоя быстро приводит к его турбулизации.

Особая ситуация возникает в условиях, изображенных на рис.136. Наиболее часто она случается зимой, когда относительно теплый воздух движется над котловиной, в которой застоялся холодный воздух.



Рис. 136. Сдвиг ветра над долиной при движении теплого воздуха над застойной зоной холодного воздуха

Благодаря тому, что турбулентные вихри обладают запасами кинетической энергии, они в состоянии самостоятельно перемешиваться внутри потока. Взаимодействуя между собой, они могут терять устойчивость и распадаться на более мелкие части. Если вначале все вихри могли иметь одинаковые размеры, то в дальнейшем под влиянием турбулентности в потоке одновременно могут оказаться вихри с различными размерами.

**Воздействие турбулентности на дельтаплан.** Хотя пульсации скорости потока могут иметь произвольные направления, их всегда можно разложить (мысленно) на вертикальную и горизонтальную составляющие. Хотя на условия полета влияют и горизонтальные и вертикальные пульсации скорости, однако наибольшее влияние оказывают последние, так называемые вертикальные порывы. Величины вертикальных порывов, как правило, не превышают 1—2 м/с, но иногда, особенно с подветренной стороны гор, а летом и в слое с интенсивной конвекцией, они достигают 10—15 м/с. В среднем наибольшая турбулентность наблюдается у земли, а самые «спокойные» потоки расположены в слое 4—6 км, где сильная турбулентность может наблюдаться лишь в мощных кучевых облаках.

При полете в турбулентной зоне дельтаплан пересекает атмосферные вихри, под воздействием которых то поднимается, то опускается. Чередующиеся перегрузки вызывают появление болтанки дельтаплана. Она тем интенсивнее, чем больше величина вертикального порыва и чем круче нарастает его скорость. В кучевых облаках такая турбулентность существует почти всегда.

Вне облаков самая сильная турбулентность наблюдается с подветренной стороны горных хребтов, где вихреобразование связано с деформацией потока, обтекающего гору. Заметная турбулентность может наблюдаться и над горами, а также вниз по потоку, куда вихри сносятся ветром.

**Крупные вихри вблизи земли.** В нижней части тропосферы, чаще всего у самой поверхности земли, могут образовываться более устойчивые и долгоживущие вихри, чем турбулентные. К ним относятся подветренные роторы, пыльные или песчаные вихри (микросмерчи) и вихри, возникающие при обтекании неровности рельефа.

**Подветренные роторы.** В подветренной зоне горных хребтов довольно часто существуют крупные цилиндрические вихри с почти горизонтальной осью — роторы. С ними связаны чрезвычайно сильные горизонтальные и вертикальные порывы воздуха. Наиболее крупными вихрями (с диаметром до 1 км) являются роторы, образующиеся у подветренного склона хребта (рис. 137). Они периодически отрываются и, уплывая вместе с потоком, вызывают

усиление турбулентности и вдали от гор. На месте уплывших образуются новые вихри. Характерно, что около основных роторов часто возникают крупные (хотя и меньше самих роторов) вихри, вращение которых уже не обязательно идет вокруг горизонтальной оси. Наличие такого вихревого скопления делает потоки в роторной зоне еще более порывистыми.

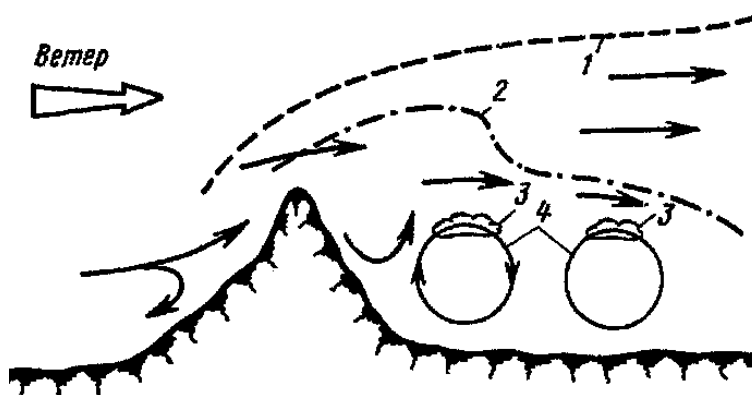


Рис. 137. Образование подветренного ротора

Полет дельтаплана внутри роторов может сопровождаться потерей управляемости и опасными перегрузками для конструкции. Поэтому надо по возможности избегать полетов вблизи подветренных склонов ниже верхней их кромки. Если это невозможно, то надо стремиться не пересекать роторы. Признаком их наличия может служить специфическая облачность, образующаяся в верхней части этих вихрей.

Роторные облака имеют вид разорванно-кучевых с небольшим вертикальным развитием и разорванными краями. Отдельные части этих облаков непрерывно меняют свой вид. При этом, в отличие от обычных кучевых облаков, они не смещаются потоком, а как бы стоят на одном и том же месте.

**Пыльные (песчаные) микросмерчи.** В теплое время года интенсивный нагрев поверхности земли приводит к развитию атмосферной конвекции. При этом над засушливыми и пустынными районами с рыхлой, слабо связанной с нижними слоями почвой иногда возникают сравнительно крупные пыльные или песчаные вихри, вращающиеся по ходу или против хода часовой стрелки вокруг вертикальной или слегка наклоненной оси. По своей структуре они представляют собой небольшие по размерам смерчи (торнадо). Американцы обычно называют их пыльными дьяволами. Мы в дальнейшем будем называть их для краткости микросмерч.

Наиболее характерной чертой пыльных микросмерчей является значительная устойчивость и упорядоченность движений внутри их, особенно заметная на фоне хаотической термической конвекции вблизи земной поверхности. Источником энергии для подобных вихревых движений является конвекция. В механизме закручивания воздуха внутри микросмерча еще много неясного.

Траектория перемещения микросмерчей в среднем параллельна направлению ветра, но на отдельных участках она может отклоняться в сторону на несколько десятков градусов. Особенно велико такое рыскание по курсу при слабых ветрах. В таких случаях перемещение пыльных вихрей вдоль поверхности земли происходит крайне неравномерно. Иногда они застывают на некоторое время над одним и тем же местом или начинают двигаться не в соответствии с направлением ветра, а следуя от одной наиболее возвышенной и нагретой части местности к другой. В целом микросмерчи могут переноситься на многие километры от места их возникновения.

Характерной особенностью микросмерчей является наличие в их центре нисходящего потока, а на периферии – интенсивных восходящих движений воздуха (рис. 138). Максимальные вертикальные скорости внутри пыльных вихрей близки к 10 м/с, а горизонтальные к 11–12 м/с. Размеры микросмерчей могут колебаться в широких пределах. Так, наблюдались их диаметры от одного-двух до нескольких сотен метров, а вертикальные мощности (толщины) – от нескольких метров до 1–1,5 км. Чаще всего толщина микросмерча не превышает нескольких

сотен метров. Время существования пыльных вихрей сравнительно редко превышает 20—30 мин. Чем больше толщина вихря, тем в среднем дольше он может существовать.

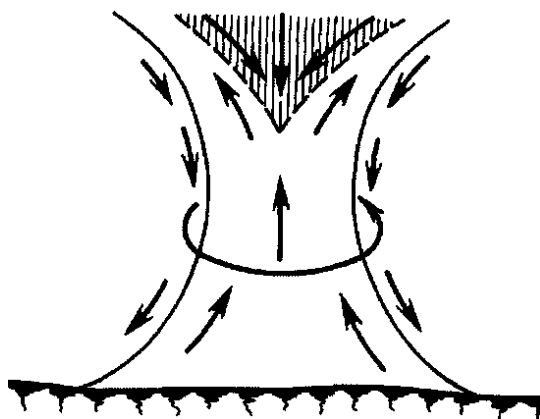


Рис. 138. Микросмерч

Особо отметим, что сильные вертикальные потоки внутри микросмерчей сочетаются с интенсивной турбулентностью. Поэтому пересечение этих образований на дельтаплане может привести к сильной болтанке и броскам. Особенно нежелательна встреча дельтаплана с нижней половиной микросмерчей, сбоку от которой обычно наблюдаются сильные нисходящие потоки. При попадании в них дельтаплан неожиданно может бросить вниз. Естественно, что это наиболее опасно в момент посадки и взлета.

**Возникновение вихрей при обтекании неровностей рельефа.** Так как полеты на дельтапланах наиболее часто совершаются в слое трения, т. е. в зоне механической турбулентности, то особое внимание необходимо уделить подробному рассмотрению условий полета вблизи препятствий.

На рис. 139 показано обтекание прямоугольного объекта, например здания. Из рисунка видно, что завихрения вызываются углами объекта. Этот же механизм образования турбулентности действует и при обтекании поверхностей естественного происхождения, когда они имеют изломы.

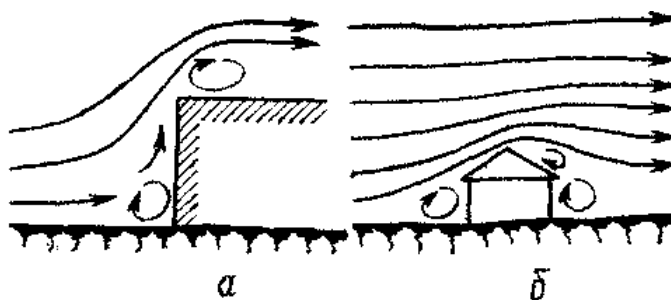


Рис. 139. Обтекание прямоугольного объекта (а) и отдельно стоящего здания (б)

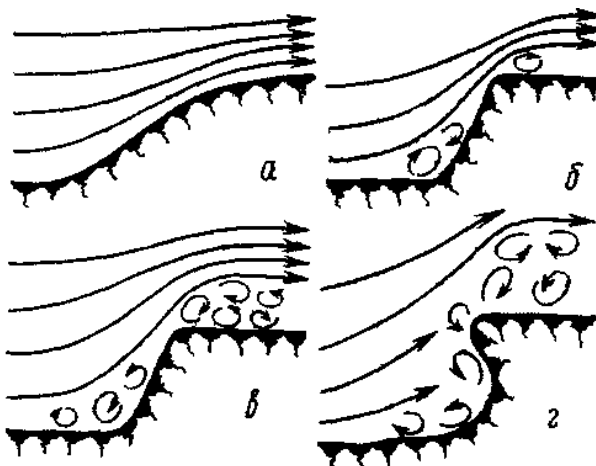


Рис. 140. Обтекание склонов различного профиля в сечении

На рис. 140 показано несколько случаев обтекания склонов различной формы в сечении. Плавный перегиб практически не турбулизирует поток (рис. 140, а). Резкий перегиб (рис. 140,б) при слабом ветре вызывает более или менее устойчивый вихрь. С усилением ветра образуется менее устойчивая, но более сильная вихревая зона (рис. 140,в). С ростом плотности турбулентность образуется при меньшей скорости ветра.

Радиус кривизны кромки склона — другой важный фактор, определяющий наличие турбулентности. Чем он меньше, т. е. чем острее кромка, тем сильнее турбулентность при той же скорости ветра. Склон, изображенный на рис. 140, г, потенциально опасен для полетов, так как здесь имеется турбулентность на вершине даже при слабом ветре. Условия турбулентности, близкие к рассмотренным выше, существуют также на гребнях холмов. На рис. 141 даны три типичных случая. В случае, показанном на рис. 141, а, мы видим обтекание слабым ветром гребня с пологим подветренным склоном. В случае, изображенном на рис. 141,б, показан подветренный ротор у гребня, возникающий при более сильном ветре и большей крутизне склона. Рис. 141,в иллюстрирует наиболее частый случай обтекания гребня, когда на подветренной стороне устанавливается зона сплошной турбулентности.

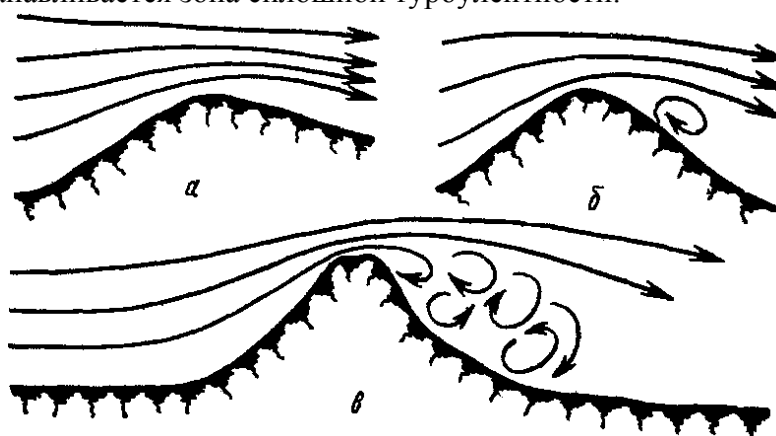


Рис. 141. Обтекание холмов и гребней различной формы в сечении..

С подветренной стороны гребня иногда возможно стартовать, используя нижнюю часть пригребного ротора, где воздух движется к вершине (рис. 142). Однако после старта аппарат окажется в зоне беспорядочных вихрей. Такой полет, когда аппарат непрерывно бросает во все стороны, могут позволить себе только очень опытные пилоты. Риск, на который они при этом идут, достаточно велик и он, конечно, должен быть оправдан целью такого опасного полета.



Рис. 142. Полет со стартом в предвершинном роторе

На рис. 143 показан крайний случай, когда подветренная сторона гребня имеет форму обрыва. Старт с него безусловно опасен даже при ветре 1 м/с.

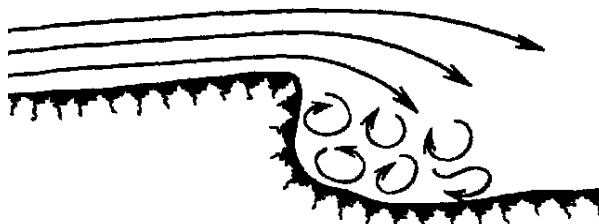


Рис. 143. Турбулентность над обрывом

Другой особый случай турбулентности имеет место при обтекании впадин (рис. 144). Ра-

зумеется, летать здесь нельзя. Если впадина достаточно длинная и ветер направлен вдоль нее, то в месте сужения будет наблюдаться усиление ветра, а также изменение его направления на наветренных краях. Степень завихренности потока будет зависеть от крутизны склонов, остроты кромок и скорости ветра (рис. 145).



Рис. 144. Обтекание впадин



Рис. 145. Обтекание лощины

Деревья являются наиболее распространенным препятствием для ветра. Возникающая от них турбулентность бывает интенсивнее при наличии листвы (рис. 146). Ряд деревьев, естественно, создает множество хаотических вихрей, однако если деревья расположены достаточно плотно, то этот ряд действует скорее как сплошная стена, а не как решетка. Например, если ветер дует поперек дороги, обсаженной по сторонам деревьями, то здесь будет турбулентность, как и при обтекании впадины. Полет над таким местом безусловно опасен. Иногда, правда, пролетая над обращенной к ветру стеной леса, можно ощутить подъем, как над склоном.

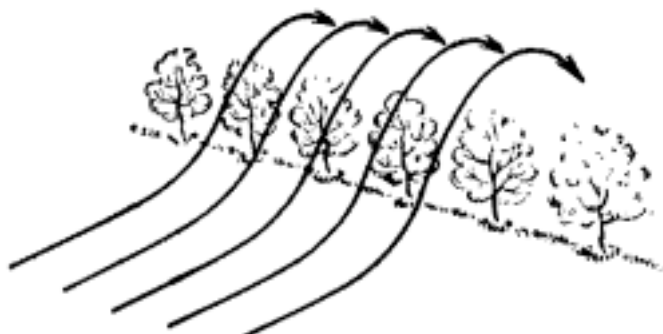


Рис. 146. Обтекание ряда деревьев

Старт в окружении деревьев требует дополнительной осторожности, так как дельтаплан весьма чувствителен к небольшим вихрям, особенно на больших, окосрывных углах атаки, которые неизбежны при старте.

Полеты в условиях турбулентности. Усвоив все, что говорилось выше о турбулентности, пилот должен овладеть техникой полета в болтанку и твердо знать, в каких случаях можно выполнять полет. Подчеркнем, что наблюдение за окружающей обстановкой необходимо для того, чтобы определить, что ожидает пилота в воздухе.

Осмотрев пространство впереди себя (против ветра), пилот должен составить четкое представление о возможных источниках возникновения турбулентности. При ветре турбулентная зона за большими холмами и гребнями простирается на значительные расстояния, и необходимо избегать попадания в нее.

Вихри от зданий и деревьев в зависимости от их размеров могут обладать значительной

энергией на удалении сотни метров по направлению ветра, и пилот должен проявлять максимум осторожности при посадке с подветренной стороны даже небольших препятствий.

Существуют различные способы визуального обнаружения турбулентности, например, наблюдение за дымом, вымпелами, за подброшенным пучком травы, пушистыми семенами растений. На рис. 147 показана дымовая струя в плавном и турбулентном потоках.

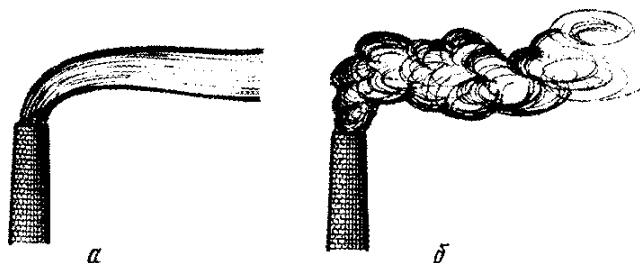


Рис. 147. Дымовая струя в плавном (а) и турбулентном (б) потоках

В любом случае порывы тех размеров, которые наиболее существенны для дельтаплана, можно почувствовать, стоя на ветру, однако важно подчеркнуть, что эти порывы могут встретиться уже в полете, хотя на земле при старте они не ощущались.

Величина нагрузки от турбулентности зависит от средней скорости ветра, удельной, нагрузки на крыло и полетной скорости. Чем меньше нагрузка на крыло, тем легче дельтаплан увлекается порывом. Так как сила, действующая на тело, пропорциональна ускорению потока относительно аппарата, то аппарат на больших скоростях подвергается значительно большим нагрузкам от порывов. Поэтому летать на повышенных скоростях в турбулентности и опасно. Чем меньше скорость, тем меньше нагрузка от порывов на аппарат. Однако, на слишком малых скоростях летать не менее опасно. Аппарат, летящий на околосрывном режиме, может свалиться на крыло под действием порыва. Лучшей скоростью при полете в болтанку будет та, которая находится между предельными режимами. Для большинства дельтапланов такой скоростью будет скорость вблизи максимального качества, т. е. около наивыгоднейшей.

Часто действие отдельного вихря на аппарат проявляется в ударном увеличении или уменьшении подъемной силы. Степень опасности зависит от того, какую перегрузку аппарата способны вызвать вертикальные порывы. Порывы, изменяющие перегрузку на единицу, безусловно опасны. Продолжительное действие турбулентности такой интенсивности может вызвать потерю контроля над положением в пространстве, так как при бросках вниз с ускорением, близким к ускорению свободного падения, наступает потеря веса и разгрузка купола дельтаплана. В дополнение к этому резкие броски вверх и вниз создают добавочную перегрузку, которая может быть опасной для аппарата в прочностном смысле.

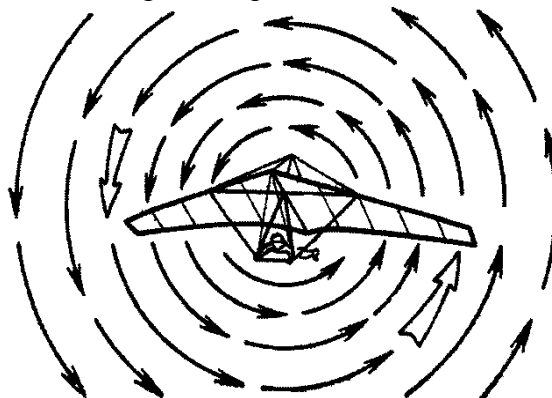


Рис. 148. Действие вихря с горизонтальной осью на дельтаплан

Большое внимание, уделенное вопросу турбулентности, объясняется ее большой опасностью для полетов. Наиболее заметно турбулентность проявляется в виде бросков аппарата вверх и вниз, однако и броски по крену нередки, т. е. в турбулентной атмосфере присутствуют вихри всех направлений вращения. На рис. 148 показан вихрь с горизонтальной осью его дей-

ствие наиболее опасно, если скорость дельтаплана близка к скорости сваливания и если полет происходит вблизи земли.

### **Признаки изменения погоды**

Заблаговременное знание состояния погоды и возможных ее изменений позволяет дельтапланеристу использовать хорошую летную погоду и предупредить серьезные последствия в случае неблагоприятных метеорологических условий.

Метеорологическая сводка бытового назначения не всегда достаточна для дельтапланериста, так как она относится к крупным районам и не отражает незначительных изменений погоды вблизи места проведения полетов. Дельтапланерист должен хорошо знать общие признаки изменения погоды, которые определяются анализом взаимодействия состояния метеорологических факторов: атмосферного давления, облачности, температуры воздуха, скорости и направления ветра, влажности и т. д., и уметь составить прогноз погоды по местным наблюдениям. Такой прогноз можно составить самому на ближайшие часы (до 12 ч), а приближенный – на сутки.

Чтобы составить или проверить прогноз, надо всего несколько минут, но эти минуты избавят от возможных неприятностей в полете. Нельзя доверять чистому небу, если прогноз свидетельствует о шторме.

При пользовании местными признаками нужно иметь в виду, что один признак не всегда гарантирует верность прогноза. Чем больше признаков, дающих одинаковые указания, тем больше вероятность правильности прогноза. Если признаки выражены нерезко и изменяются медленно, то погода будет изменяться медленно, и наоборот.

**Признаки устойчивой хорошей погоды:** высокое давление в течение нескольких дней медленно и непрерывно повышается;

- правильный суточный ход ветра: ночью тихо, днем значительное усиление ветра, на берегах морей и больших озер, а также в горах правильная смена ветров: днем с воды на сушу и из долин к вершинам, ночью – наоборот;
- правильный суточный ход температуры: днем повышение, ночью понижение; в зимнее время температура низкая, летом высокая;
- зимой ясное небо и только к вечеру при штиле могут наплывать тонкие слоистые облака; летом наоборот – развивается кучевая облачность и к вечеру исчезает;
- осадков нет; ночью сильная роса или иней;
- приземные туманы, исчезающие после восхода солнца;
- ясные безоблачные ночи (летом);
- в начале дня появляются неподвижные перистые облака, которые исчезают к вечеру;
- быстро темнеет после захода солнца; движение перистых облаков с востока на запад;
- солнце при заходе не меняет своей окраски, сохраняя беловато-желтый цвет;
- над сушей наименьшая температура перед восходом солнца, а наибольшая в 14—15 ч;
- дым, идущий из трубы, поднимается вертикально вверх;
- небо безоблачное, и после захода солнца на горизонте видна серебристая полоса;
- деформация диска солнца или луны при восходе или заходе.

**Признаки устойчивой плохой погоды:**

- низкое давление, мало изменяющееся или еще более понижающееся;
- отсутствие нормального суточного хода ветра; скорость ветра значительная;
- небо сплошь затянуто слоисто-дождевыми или слоистыми облаками;
- продолжительные дожди или снегопады;
- незначительные изменения температуры в течение суток; зимой относительно тепло, летом – прохладно.

**Признаки ухудшения погоды:**

- падение давления; чем быстрее падает давление, тем скорее изменится погода;
- ветер усиливается; суточные колебания его почти исчезают, направление ветра меняется;
- появление большого количества облаков различной формы, которые быстро движутся и могут совершенно закрыть горизонт;



- температура воздуха повышается к концу дня; быстрое движение перистых облаков с запада на восток;
- небо имеет белесоватый цвет;
- отсутствие росы ночью;
- небо с утра имеет красноватый цвет;
- дым, идущий из трубы, стелется горизонтально;
- усиление ветра к вечеру;
- день был безоблачный, к вечеру появляются облака,
- и солнце заходит в тучу;
- в начале или середине дня пчелы роем летят в улей;
- звезды мерцают синими оттенками; иногда ночью повышение температуры.

#### **Признаки улучшения погоды:**

- давление повышается;
- постепенное прояснение неба;
- дождь или снег выпадают временами и бывают довольно сильными, но не продолжительными;
- температура зимой понижается, летом повышается (после предварительного понижения);
- в течение дня идет сильный дождь, а к концу дня он ослабевает;
- к концу дня небо делается светло-красным;
- во второй половине дня появляется радуга;
- дым, идущий из трубы, поднимается вертикально;
- если в начале дня идет сильный дождь, а ветер почти отсутствует, то к середине дня можно ждать хорошей погоды.

**Признаки приближения шквала** - внезапного, сильного увеличения скорости ветра и мгновенных изменений его направления, особенно важно знать дельтапланеристу.

Наиболее подходящее время для возникновения шквалов – теплое время дня. Особенно часто шквалы возникают перед приближением мощных кучево-дождевых облаков.

Признаки, предвещающие приближение шквала, следующие:

- на непродолжительное время совершенно стихает ветер;
- на горизонте видна низкая, быстро движущаяся туча с очень резко очерченным контуром; в последнем случае шквал может сопровождаться дождем или градом;
- вслед за дождем сразу начинает дуть свежий ветер;
- на горизонте появляется пелена пыли.

#### **Метеорологический анализ местности**

Для обеспечения безопасности полетов на дельтапланах необходимо перед каждым вылетом проводить метеорологический анализ местности, над которой будут проводиться полеты.

Последовательность проведения метеорологического анализа следующая:

- определить главное направление ветра, наблюдая, например, за перемещением облаков или дыма;
- определить скорость этого ветра при помощи анемометра; этот замер производится после того, как достоверно установлено, что замеряется именно скорость главного ветра, а не его завихрения; следовательно, выполнять замер необходимо на вершине горы с наветренной стороны;
- изучить характер и рельеф поверхности земли, над которой будет проходить полет, а также место посадки с целью определения зон, где возможно образование турбулентности;
- в жаркие солнечные дни определить зоны, где возможно образование термических потоков; зимой термические потоки встречаются гораздо реже, разве что на склонах, свободных от снега;
- наметить наиболее благоприятный маршрут полета, привязываясь к характерным ориентирам на местности;
- необходимо помнить, что в горных условиях масштабы турбулентности гораздо выше, чем в равнинной местности при одной и той же скорости ветра; предельную силу ветра для каждого случая необходимо определять отдельно, в зависимости от рельефа местно-

сти.

**Таблица для визуальной оценки силы ветра**

Сила ветра, баллы	Название ветра	Скорость ветра (средняя)		Давление, кгс/м <sup>2</sup>	Влияние ветра на наземные предметы
		м/с	км/ч		
0	Штиль	0—0,5 (0)	0—1 (0)	0	Дым поднимается вертикально. Вымпел и листья на деревьях неподвижны
1	Тихий	0,6—1,7 (1)	2—6 (4)	0,1	Флюгер не устанавливается по ветру, колышутся отдельные листья. Дым поднимается наклонно, указывая направление ветра
2	Легкий	1,8—3,3 (2,5)	7—12 (9)	0,5	Ощущается как легкое дуновение. Слегка колеблются флаги и вымпел. Листья временами шелестят
3	Слабый	3,4—5,2 (4,5)	13—18 (16)	2	Листья и тонкие ветви деревьев постоянно колышутся. Высокая трава и посевы хлебов начинают колебаться. Ветер развеивает флаги и вымпелы
4	Умеренный	5,3—7,4 (6,5)	19—26 (23)	4	Приводит в движение тонкие ветви деревьев; поднимает с земли пыль. По высокой траве и посевам пробегают волны. Вытягиваются вымпелы
3	Свежий	7,5—9,8 (8,5)	27—35 (31)	6	Качаются ветви и тонкие стволы деревьев, шумит лес. Вытягиваются большие флаги
6	Сильный	9,9—12,4 (11)	36—44 (40)	11	Качаются толстые сучья деревьев, шумит лес. Высокая трава и посевы временами ложатся на землю, гудят телеграфные провода.
7	Крепкий	12,5—15,2 (14)	45—54 (50)	17	Качаются стволы деревьев, гнутся большие ветви и сучья, идти против ветра трудно. Слышится свист ветра около строений и неподвижных предметов
8	Очень крепкий	15,3—18,2 (17)	55—65 (60)	25	Качаются большие деревья, ломаются тонкие ветви и сухие, сучья. Идти против ветра трудно. Шум прибоя волн на побережьях больших озер и морей слышен на значительном расстоянии
9	Шторм	18,3—21,5 (20)	66—77 (72)	35	Небольшие повреждения строений, ломаются большие сучья деревьев, сдвигаются с места легкие предметы.
10	Сильный шторм	21,6—25,1 (23)	78—90 (84)	46	Разрушения, некоторые деревья могут быть сломаны.
11	Жестокий шторм	25,2—29	91—104	64	Значительные разрушения, ветер ломает стволы деревьев.
12	Ураган	Свыше 29	Свыше 104	Свыше 74	Катастрофические разрушения, деревья вырываются с корнем.

## ОКАЗАНИЕ ПЕРВОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ

Дельтапланерный спорт несмотря на свою зрелищность и кажущуюся простоту, как и все авиационные виды спорта, связан с определенным риском. Поэтому каждый спортсмен, занимающийся дельтапланерным спортом, должен обладать знаниями и навыками оказания первой медицинской помощи при несчастных случаях.

Анализ летных происшествий с зарубежными дельтапланеристами показывает следующее распределение травм по группам:

- |                                     |   |     |
|-------------------------------------|---|-----|
| 1. Травмы нижних конечностей и таза | — | 31% |
| 2. Травмы верхних конечностей       | — | 27% |
| 3. Травмы черепа и мозга            | — | 22% |
| 4. Травмы позвоночника              | — | 11% |

- |                              |   |    |
|------------------------------|---|----|
| 5. Травмы внутренних органов | — | 6% |
| 6. Прочие травмы             | — | 3% |

Рассмотрим наиболее возможные травмы, их признаки и первую медицинскую помощь, которую необходимо оказать пострадавшему в каждом конкретном случае.

### **Раны мягких тканей**

Рана — это нарушение целостности тканей, вызванное механическим воздействием. Различают раны резаные, колотые, ушибленные, размозженные, рваные. Раны могут быть поверхностные и глубокие, с повреждением сосудов, нервов и сухожилий. Тяжесть состояния и объем первой помощи зависят от характера, обширности, глубины и локализации раны.

**Признаки:** зияние краев раны, кровотечение.

**Первая помощь:** при всех видах ран накладывают асептическую повязку с помощью перевязочного пакета или стерильного бинта, что одновременно является способом остановки кровотечения. Предварительно края раны смазывают настойкой йода. После этого больной должен быть направлен в травматологическое отделение. Транспортировка на носилках лежа. При небольших ранах, не сопровождающихся сильным кровотечением, больного направляют в травматологический пункт или в поликлинику.

### **Растяжение связок**

Растяжения связок возникают главным образом в области голеностопного сустава при подворачивании стопы.

**Признаки:** боль, ограничение подвижности, припухлость, подкожное кровоизлияние.

**Первая помощь:** на поврежденный сустав накладывают давящую повязку и в первые часы применяют холод. После оказания помощи транспортировка в травматологический пункт или поликлинику.

### **Сотрясение или сдавление головного мозга**

Сотрясение головного мозга возникает при травме черепа. Тяжелая травма черепа сопровождается кровоизлиянием в полости черепа и образованием гематомы, которая вызывает сдавление головного мозга.

**Признаки:** при сотрясении головного мозга наступает потеря сознания, головокружение, тошнота, рвота. Кожные покровы бледные, холодные на ощупь. Пульс замедлен, напряжен. Тяжелое сотрясение мозга сопровождается продолжительным расстройством сознания, шоковым состоянием. Признаки сдавления головного мозга проявляются на фоне признаков сотрясения и часто зависят от величины и локализации кровоизлияния. Общими и наиболее характерными признаками являются: головная боль, нарушение сознания, нередко — судороги, пульс напряжен, до 30 ударов в минуту, одностороннее расширение зрачков.

**Первая помощь:** пострадавшего укладывают на носилки, голову поворачивают набок (для предупреждения западания языка и удушья рвотными массами). Транспортировка только на носилках в хирургическое (нейрохирургическое) отделение.

### **Вывихи**

Вывих — стойкое смещение суставных концов костей, входящих в состав того или иного сустава.

**Основные признаки:** измененная форма того или иного сустава, нарушается функция этого сустава, боль.

**Первая помощь:** при вывихах в суставах верхних или нижних конечностей проводится иммобилизация конечности с помощью шины и пострадавшего срочно госпитализируют в хирургическое отделение.

### **Переломы**

Перелом — это нарушение целостности кости, возникшее при ударе, давлении, сгибании. Если травма сопровождается повреждением кожи и мягких тканей, то такой перелом называется открытым.

**Признаки:** в месте перелома боль, деформация, ненормальная подвижность, при пальпации – костный хруст; бледность кожных покровов, расширение зрачков, наличие травматического отека в месте перелома. Возможны болевой шок и коллапс.

### **Основные приемы оказания помощи при переломах**

1. Если есть подозрение на перелом или даже сильный ушиб, нельзя двигать, тянуть, перемещать конечность до проведения иммобилизации.
2. Во всех случаях проводится иммобилизация перелома кости путем наложения шины, прибинтовыванием конечности к телу, укладыванием на щит, приданием необходимой позы.
3. Шина обязательно должна захватывать два для верхних конечностей и три для нижних конечностей сустава.
4. При закрытых переломах снимать с пострадавшего одежду не нужно.
5. Нельзя накладывать жесткую шину прямо на тело. Необходимо подложить мягкую подкладку из ваты, поролон, одежды и т. д.
6. Во время переукладывания пострадавшего на носилки и с носилок поврежденную конечность должен держать помощник.

### **Основные виды переломов**

#### **1. Переломы плеча, предплечья и кистей рук.**

**Первая помощь:** шинирование не менее двух суставов поврежденной конечности (выше и ниже перелома). Предплечье подвешивают на косынке.

#### **2. Повреждение ключицы и лопатки.**

**Первая помощь:** основная цель – устранить действие тяжести руки и плечевого пояса. Для этого необходимо отвести руки пострадавшего за спину и наложить застегивающее кольцо из бинта на плечи с захватом предплечий.

#### **3. Повреждение грудной клетки.**

**Первая помощь:** при переломе грудины и ребер накладывают давящую повязку из полотенца, бинтов и придают пострадавшему сидячее положение.

#### **4. Переломы нижних конечностей.**

**Первая помощь:** при переломах нижних конечностей необходимо накладывать шину сразу на три сустава.

#### **5. Переломы и ушибы тазовых костей.**

**Первая помощь:** иммобилизация костных повреждений очень трудна, так как даже произвольное движение нижних конечностей вызывает смещение отломков. Пострадавшего укладывают на щит, придав ему положение с полусогнутыми и слегка разведенными конечностями, под коленные суставы ставят валик (поза лягушки). Это несколько расслабляет мышцы и уменьшает боль.

#### **6. Травмы позвоночника и шеи.**

**Признаки:** кроме признаков, перечисленных выше, при поднятии вытянутых ног – усиление боли в области позвоночника.

**Первая помощь:** а) при повреждении шеи – иммобилизация шеи и головы. Под голову подложить валик, шею зафиксировать повязкой, пострадавшего привязать к носилкам для уменьшения подвижности; б) при повреждении позвоночника пострадавшего уложить на щит или широкую доску на спину или живот. Действовать следует осторожно, так как имеется опасность повреждения спинного мозга костными отломками.

**Помните:** во всех случаях переломов пострадавшего необходимо немедленно доставить в ближайшее лечебное учреждение.

**Внимание:** при открытых переломах вправление отломков категорически запрещается! Необходимо остановить кровотечение, наложить стерильную повязку и зафиксировать конечность шиной в том положении, в котором она находится.

**Помните:** всякое движение поврежденной конечности и неправильная иммобилизация может утяжелить травму – превратить закрытый перелом в открытый, вызвать шок, коллапс, кровотечение.

Одним из грозных осложнений при травме является травматический шок или коллапс.

## Травматический шок

**Признаки:** картина травматического шока состоит из двух фаз. Первая – возбуждение – часто не замечается. Это быстротечная двигательная реакция пострадавшего (в сознании). Лицо бледное, взгляд беспокойный, речевое возбуждение – жалобы, крик, дыхание учащенное, неравномерное, пульс напряженный. Вторая фаза – психическое угнетение, безучастное отношение к окружающему, резкое снижение реакции на боль при сохранении сознания, пульс учащенный, слабый, температура понижена, дыхание частое и поверхностное, кожа покрыта липким, холодным потом. Начало рвоты является признаком особо опасного состояния пострадавшего.

**Первая помощь:** необходимо как можно быстрее уменьшить боль, остановить кровотечение, провести иммобилизацию перелома. Для уменьшения боли рекомендуется пользоваться хлорэтилом, анальгином 2—3 таблетки), сердечными средствами – эфедрином, кордиамином, раствором валерианы. При ухудшении дыхания – искусственное дыхание (рот в рот). Согревание тела. Необходимо дать горячий сладкий чай или воду. Можно дать 100—120 мл 40%-ного спирта (водки).

**Внимание:** при наличии рвоты и ранений живота питье не давать! Обязательна немедленная госпитализация.

## Коллапс

Это также ответная реакция организма на боль при травме.

**Признаки:** бледность кожи, поверхностное и редкое дыхание, частый пульс, холодный липкий пот, низкая температура, спутанность и затемнение сознания.

**Первая помощь:** пострадавшего положить горизонтально без подушки, устранить боль, дать сердечные средства, согреть, дать питье внутрь, провести активное дыхание, оказать необходимую первую помощь при травме.

## Кровотечения

Кровотечение – излияние крови из кровеносных сосудов вследствие их повреждения. Кровотечение различается артериальное и венозное.

Артериальное кровотечение развивается при повреждении артерий и сопровождается большой кровопотерей.

**Признаки:** кровь изливается обильно, толчкообразно, имеет алый цвет.

**Первая помощь:** накладывается асептическая давящая повязка. При ранениях крупных сосудов конечностей – жгут, накладываемый выше места ранения и кровотечения. Госпитализируют в хирургическое отделение лежа на носилках.

Венозное кровотечение возникает при повреждении вен.

**Признаки:** при наружном кровотечении кровь темно-вишневого цвета изливается из раны медленной струей.

**Первая помощь:** наложение асептической давящей повязки на рану, с обязательной отметкой времени наложения.

## Отморожения

Отморожения – местное повреждение тканей, возникающее в результате длительного воздействия на них низкой температуры. Отморожению чаще всего подвергаются незащищенные части лица (нос, щеки), а также кончики пальцев рук и ног. Различают четыре степени отморожения: I степень – застойное покраснение и отек кожи, II степень – образование пузырей, наполненных жидкостью, III – омертвление мягких тканей (кожи и подкожной клетчатки), IV степень – омертвление всех тканей, включая и костную.

**Признаки:** больные жалуются на потерю чувствительности в области пораженных участков, иногда чувство холода или покалывания. Пораженные участки кожи бледные или имеют синюшную окраску. Установить степень отморожения сразу невозможно.

**Первая помощь:** согревание пострадавшего, для чего его переносят в теплое помещение или машину и дают горячее питье. Пораженный участок обрабатывают спиртом и на него на-

кладывают асептическую повязку. Пострадавшего направляют в травматологический пункт или в хирургическое отделение больницы.

### Утопление

Оказание первой помощи при утоплении необходимо начать немедленно после извлечения пострадавшего из водоема.

При этом нужно:

- освободить пострадавшего от одежды;
- освободить дыхательные пути от песка, ила, грязи и воды. Воду из дыхательных путей удаляют путем укладывания пострадавшего животом на колени и надавливания левой рукой на спину;
- начать производить искусственное дыхание по способу изо рта в рот или изо рта в нос и непрямой массаж сердца;
- при признаках оживления (зрачки суживаются, появляется дыхание, сердечная деятельность) пострадавшего на носилках срочно направляют в близрасположенное лечебное учреждение.

### Электротравма

Опасность для жизни представляет ток силой более 100 мА при напряжении 110 В.

**Признаки:** поражающее действие проявляется мгновенно, когда вслед за фибрилляцией сердца наступает его остановка. Однако ведущим симптомом является остановка дыхания. Период клинической смерти длится 8—10 мин. В местах входа и выхода тока — белые пятна, ожоги.

**Первая помощь:** пострадавшего освобождают от электропроводов и проводят комплекс мероприятий по оживлению: искусственное дыхание, непрямой массаж сердца.

## II. НАЗЕМНАЯ ПОДГОТОВКА

### ОБЩАЯ И СПЕЦИАЛЬНАЯ ФИЗИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА ДЕЛЬТАПЛАНЕРИСТА

Занятия дельтапланерным спортом требуют всесторонней физической подготовленности пилотов. Для успешного владения аппаратом в воздухе занимающимся необходимо развивать силовые способности, особенно мышц рук и плечевого пояса, а также быстроту и координацию движений. Для выполнения многократных подъемов в гору с дельтапланом требуется определенный уровень развития мышц ног и общей выносливости.

В связи с этим в тренировочные занятия дельтапланеристов необходимо включать упражнения из многих видов спорта, которые бы способствовали как общей, так и • специальной физической подготовке дельтапланериста. К ним относятся гимнастические упражнения, спортивные игры, лыжи, многие упражнения из легкой атлетики и других видов спорта.

Кроме того, дельтапланеристам рекомендуется ежедневно выполнять комплекс упражнений (типа утренней зарядки), способствующий развитию силы и поддержанию мышечного тонуса тех мышечных групп, на которые дельтапланерист должен обращать особое внимание. Большинство упражнений из комплекса, рекомендуемого дельтапланеристам, необходимо выполнять с отягощениями (резиновый бинт, гантели разного веса и т. п.). Причем желательно постепенно увеличивать величину отягощений (в разумных пределах) в связи с тем, что привычные нагрузки перестают вызывать положительные изменения в организме. Каждое упражнение выполняется до легкого утомления.

Рассмотрим примерный план учебно-тренировочного занятия по общей и специальной физической подготовке дельтапланеристов.

1. Бег с 2—3 ускорениями по 20 м – 5—7 мин.
2. Общеразвивающие упражнения на укрепление основных мышечных групп и увеличение

подвижности во всех основных суставах (со снарядами: набивные мячи, гантели, гимнастическая скамейка, резиновый бинт; на гимнастической стенке и без снарядов: в движении, на месте, в парах) – 15—20 мин.

3. Подвижные или спортивные игры (мини-футбол, баскетбол, волейбол), эстафеты – 10—15 мин.

4. Акробатические упражнения для улучшения деятельности вестибулярного аппарата, координации движений, динамического равновесия (перекаты, вперед-назад, в стороны, кувырки вперед-назад с возвышенности, через препятствие, сальто вперед с подкидного моста: с места и с разбега, сальто назад с подкидного моста: с поддержкой, с лонжей, со страховкой) – 30 мин.

5. Упражнения в упоре (равновысокие брусья): ходьба на руках в упоре, отжимание в упоре, в упоре лежа согнувшись, в стойке на руках – с помощью, «уголок» – 10 мин.

6. Упражнения в вися (перекладина, разновысокие брусья): подтягивание с отягощениями, из виса переворот в упор – опускание переворотом вперед в вис, обороты назад в упоре – 10 мин.

7. Упражнения в равновесии: ходьба, прыжки, повороты на узкой и высокой опоре – 10 мин.

8. Упражнения на укрепление голеностопного сустава, прыжки прямо, боком, спиной вперед, с поворотом, с приземлением в цель – 15 мин.

9. Упражнения со штангой и на тренажере на развитие основных мышечных групп (сгибатели и разгибатели туловища, ног, рук) – 20 мин.



10. Имитация полета на дельтаплане на простейшем тренажере (перекладина, подвесная система, гимнастическая палка). Это упражнение включают в учебно-тренировочное занятие как в начале, так и в конце – на фоне нарастающего утомления – 10—15 мин.

11. Упражнения на расслабление, на внимание, легкий успокаивающий бег, принятие теплого душа с термомассажем (сочетание горячей переменно с холодной водой).

Если есть возможность, необходимо использовать упражнения на специальной тренировочной аппаратуре: гимнастическом колесе (стационарном и подвижном), батуте и лопинге (см. журнал «Крылья Родины», 1979, №6, с. 21).

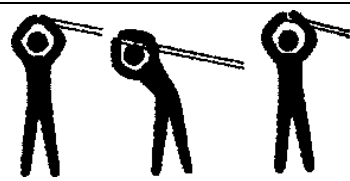
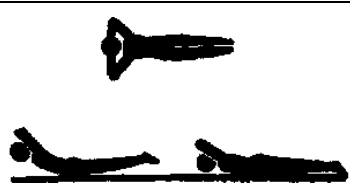

Кроме того, необходимо рекомендовать всем дельтапланеристам в обязательном порядке после сборки аппаратов (в полетные дни) общую разминку перед полетами (особенно в зимнее время), ибо последняя, как показывает богатая тренировочная практика и исследовательская информация, способствует улучшению деятельности всех систем организма — в том числе нервной, кардиореспираторной и мышечной – иными словами, способствует созданию повышенной, «боевой» готовности дельтапланериста.

#### Комплекс упражнений, рекомендуемый дельтапланеристам

№ п/п	Содержание упражнений	Графическая запись
1	И. П. — стоя на середине бинта, хват за концы; 1 — дугами в стороны руки вверх; 2 — и. п.	
2	И. П. — то же; 1 — согнуть руки в локтях вперед; 2 — и. п.; 3 — руки вверх (дугами вперед); 4 — и.п.	

3	И. П. — то же; 1 — согнуть руки к плечам в стороны; 2 — руки вверх; 3 — руки к плечам; 4 — и.п.	
4	И.П. — то же; 1 — наклон вперед; руки назад; 2 — и.п. (длина бинта короче)	
5	И.П. — то же, но с полунаклоном вперед; 1 — согнуть руки скрестно к плечам; 2 — и.п.	
6	И. П. — присед стоя на бинте, руки вверх; 1 — встать, руки вверх; 2 — и.п.	
7	И.П. — стойка ноги врозь спиной к месту закрепления бинта (3— 4м), руки внизу, хват за концы; 1 — руки вперед; 2 — руки вверх; 3 — руки вперед; 4 — и.п.	
8	И.П. — то же, но руки в стороны; 1 — руки вперед; 2 — руки в стороны	
9	И.П. — то же, но руки согнуты в локтях в стороны; имитация движений дельта-планериста при смещении вперед-назад, вправо-влево относительно управления	
10	И.П. — стоя лицом к месту закрепления бинта, наклон вперед, руки вверх, хват за концы; 1 — руки вниз (дугами вперед); 2 — и.п.	
11	И.П. — то же; 1 — руки вниз дугами в стороны (относительно туловища); 2 — и.п.	
12	И.П. — стоя ноги врозь, правым боком к месту закрепления бинта, руки вверх; 1 — наклон влево; 2 — и.п.	



13	И.П. — то же, но левым боком к месту закрепления бинта; 1 — наклон вправо; 2— и.п.	
14	И.П. — лежа на животе, руки за голову; 1 — прогнуться, поднять голову, плечи, ноги; 2— и.п.	
15	И.П. — стоя у опоры; приседание на левой ноге, правая вперед. То же на правой ноге	
16	И.П. — вис. Подтягивание (на косяке двери, на перекладине и т.п.)	
17	И.П. — упор лежа. Отжимания (постепенно увеличивать высоту опоры ног)	

И еще одно в качестве пожелания всем летающим на дельтапланах. В учебно-тренировочных полетах желательно учитывать и индивидуальные биоритмы: в критические дни и неблагоприятные периоды, когда все три основных биоритма (физический, эмоциональный и интеллектуальный) имеют отрицательные пики, необходимо отказываться от постановки сложных полетных задач, а лицам с неустойчивой нервной системой можно рекомендовать вообще в эти временные промежутки не летать (Физическая культура и спорт, 1979, № 7, с. 22).

## ТРЕНАЖНАЯ ПОДГОТОВКА

Тренажерная подготовка дельтапланеристов является одной из основных частей наземной подготовки. Она включает в себя как упражнения на тренажере, так и на собранном дельтаплане.

Тренажер представляет собой рулевую трапецию, шарнирно закрепленную или подвешенную на специальном каркасе или в любом удобном месте. (Если размеры специального каркаса позволяют, то для тренажера можно использовать собранный каркас дельтаплана.)

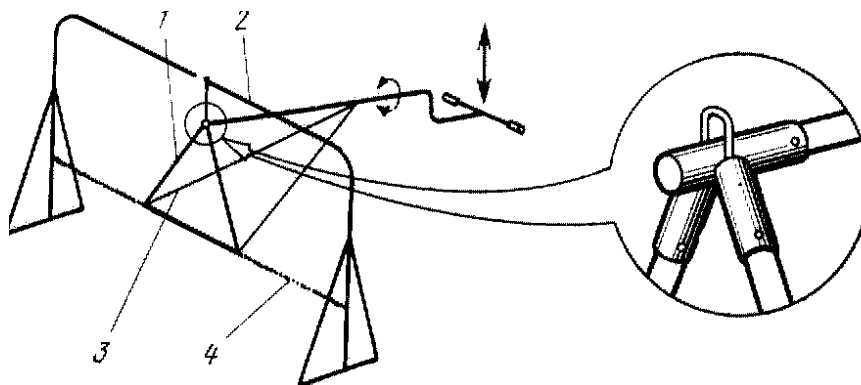


Рис.149. Примерная схема тренажера:  
1- рулевая трапеция; 2- специальный каркас; 3- трос; 4-резиновый жгут

На рис. 149 показана примерная схема тренажера. Натяжение резиновых жгутов необходимо отрегулировать таким образом, чтобы усилия на ручке трапеции соответствовали полетным. На [рис.207](#) показан тренажер литовских дельтапланеристов

## Упражнения на тренажере

Упражнение № 1. Отработка действий пилота по перемещению относительно рулевой трапеции (рис. 150).

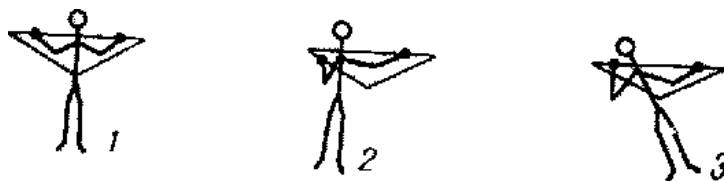


Рис. 150. Отработка действий пилота по перемещению тела относительно рулевой трапеции  
1 – среднее положение; 2 – правильно; 3 – неправильно

Цель: добиться твердых навыков действий пилота по перемещению центра тяжести тела.

Метод: пилот, заняв полетное положение, перемещает тело относительно рулевой трапеции вперед-назад, вправо-влево, следя за тем, чтобы не подменять отклонение центра тяжести тела вращением тела вокруг него (для горизонтальной подвесной системы).

Инструктор контролирует действия тренирующегося, обращая внимание на положение рук пилота на рулевой трапеции. Положение рук должно обеспечивать максимальное перемещение, пилота вправо-влево, без «перебирания» руками по рулевой трапеции,

Упражнение № 2. Отработка действий пилота на повороте.

Цель: добиться правильной последовательности и твердых навыков в выполнении поворотов.

Метод: тренирующийся занимает полетное положение и практически выполняет все действия пилота на повороте. Перед выполнением «поворота» пилот предварительно немного «берет ручку на себя» (для увеличения скорости), перемещает тело в сторону предполагаемого поворота, выдерживает данное положение и возвращает тело в среднее положение (рис. 151). Для выхода из поворота пилот перемещает тело в противоположную (повороту) сторону (для устранения крена и выравнивания аппарата), а затем занимает среднее положение. Инструктор контролирует действия пилота, обращая внимание на последовательность действий и его положение относительно ручки трапеции.



Рис. 151. Действия пилота при повороте

Упражнение № 3. Отработка действий пилота на посадке.

Цель: добиться твердых знаний и навыков в выполнении посадки.

Метод: пилот занимает полетное положение и по команде инструктора, голосом указывающего условную высоту до поверхности земли (например, 10 метров, 7, 5, 3, 1), последовательно выполняет все действия, необходимые на посадке (планирование, выравнивание, выдерживание, посадка с отдачей ручки). Предварительно инструктор должен задать условное направление ветра и в дальнейшем контролировать все действия пилота. В процессе тренажа инструктор может давать вводные пилоту и вводить «возмущения» на рулевую трапецию тренажера с целью выработки у пилота навыков парирования их.

Упражнение № 4. Отработка действий пилота на повороте с отдачей ручки.

Цель: добиться правильной последовательности и твердых навыков в выполнении поворота с отдачей ручки.

Метод: пилот занимает полетное положение. Перед выполнением «поворота» пилот предварительно «берет ручку на себя» (для увеличения скорости), перемещает тело в сторону предполагаемого поворота и одновременно кратковременно «отдает ручку от себя», выдерживает данное положение и возвращает тело в среднее положение. Для выхода из поворота пи-

лот перемещает тело в противоположную (повороту) сторону (для устранения крена и выравнивания аппарата), а затем занимает среднее положение (рис. 152).

Инструктор контролирует действия пилота, обращая внимание на последовательность действий и его положение относительно ручки трапеции.

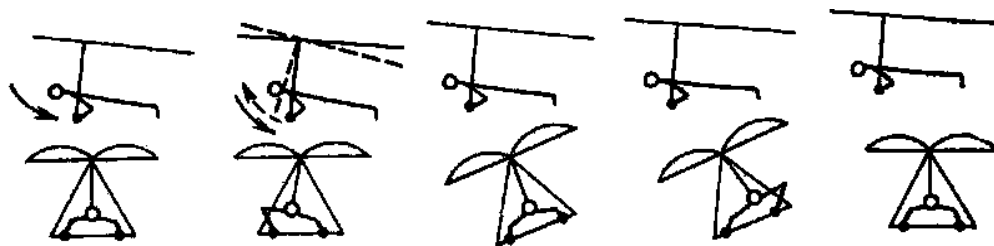


Рис. 152. Действия пилота при повороте с отдачей ручки

Упражнение № 5. Отработка действий пилота в особых случаях полета.

Цель: отработать у пилота твердые навыки действий в особых случаях полета.

Упражнение № 5а. Отработка действий пилота при затягивании в пикирование.

Метод: пилот занимает полетное положение. Инструктор имитирует вход аппарата в глубокое пикирование, резко уменьшая угол атаки до значений, соответствующих флаттерному пикированию, и голосом давая условный запас высоты над поверхностью земли (например, 200 м, 150, 100 и т. д.). Пилот должен энергичным движением ручки «от себя» попытаться «вывести» аппарат в нормальное положение. При «невыходе» из пикирования с первого раза пилот «берет ручку на себя» и опять энергично «отдает ее». И так несколько раз (рис. 153).

Инструктор контролирует действия тренирующегося, следя за тем, чтобы обеспечивалось энергичное и максимальное по амплитуде движение от себя.

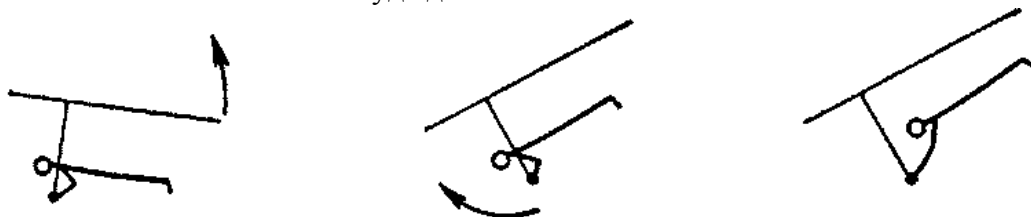


Рис. 153. Действия пилота при выводе дельтаплана из пикирования

При отсутствии условного запаса высоты (с 50 м) над поверхностью земли пилот должен из полетного положения быстро перейти в положение «стоя на ручке». Для этого необходимо перехватиться руками за верхние части стоек трапеции, подтянуться и поставить ноги на ручку рулевой трапеции, продолжая энергично пытаться вывести аппарат из создавшегося положения. Перед «встречей с землей» (условная высота подается инструктором) пилот должен закрепить руками сзади центрального узла, сгруппироваться и напрячь согнутые в коленях ноги (рис. 154).

Инструктор контролирует действия тренирующегося, обращая внимание на последовательность и энергичность действий пилота

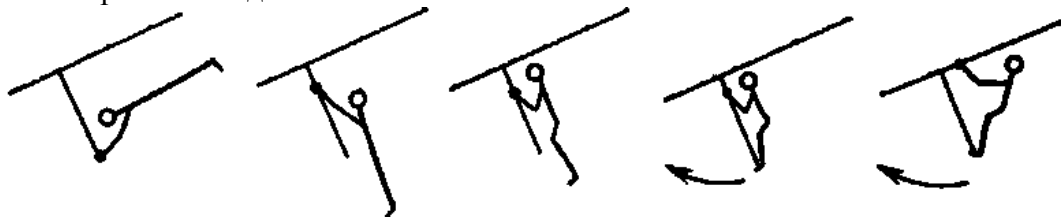


Рис. 154. Действия пилота при переходе в положение «стоя на ручке»

Упражнение № 5б. Отработка действий пилота при сваливании в штопор.

Метод: пилот занимает полетное положение. Инструктор имитирует на тренажере сваливание аппарата в штопор: увеличивает угол атаки (потеря скорости) и создает крен (сваливание на крыло), одновременно еще больше увеличивая угол атаки. Пилот должен вовремя

среагировать на «срыв» аппарата, плавно «беря ручку на себя» для увеличения скорости и энергично устранив крен, перемещая тело в противоположную сторону. Инструктор контролирует действия тренирующегося, обращая внимание на последовательность действий пилота.

Упражнение № 5в. Отработка действий пилота при обрыве (или неподцепке к аппарату) подвесной системы.

Метод: пилот, не подцепляясь к тренажеру (или к аппарату), старается забраться на рулевую трапецию одним из способов, показанных на рис. 155 (а, б, в). Инструктор контролирует действия тренирующегося.

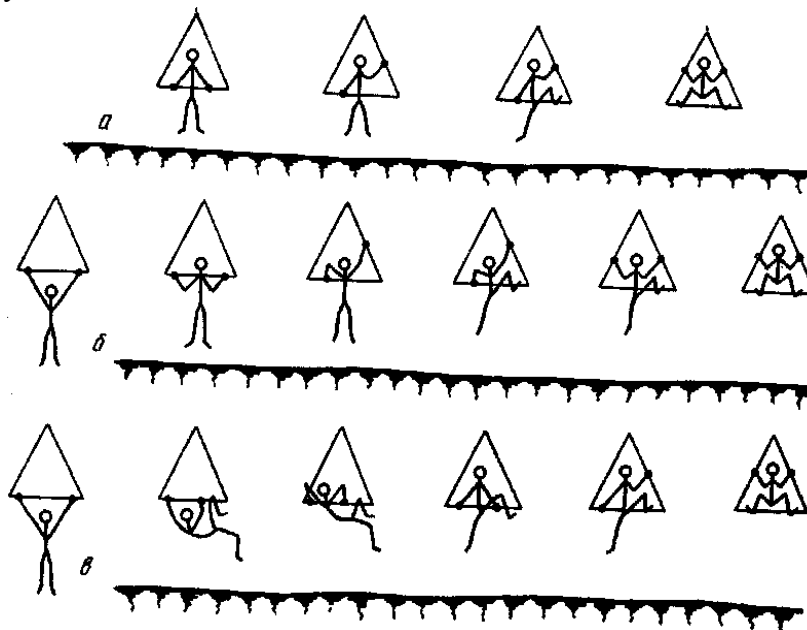


Рис.155. Действия пилота при обрыве (или неподцепке) подвесной системы

Упражнение № 5г. Отработка действий пилота при потере ориентации (например, в тумане, в облаках).

Метод: пилот занимает полетное положение. Инструктор имитирует на тренажере изменение крена и углов тангажа. Пилот должен, зафиксировав свое тело в среднем положении, стараться не изменять его и не реагировать на изменение углов крена и тангажа. Для лучшей фиксации тела пилот может положить ноги на нижние задние растяжки тренажера или аппарата. (Чтобы усложнить задание, пилоту можно завязать глаза.)

Инструктор контролирует действия тренирующегося, обращая внимание на жесткость фиксации и положение тела пилота относительно рулевой трапеции.

Упражнения № 4 и 5 предназначены в основном для тренировки опытных пилотов, а остальные – для начинающих. Все эти упражнения можно выполнять и на собранном каркасе дельтаплана, но это более сложно и менее рационально, так как не обеспечивает должного вмешательства инструктора в действия тренирующегося пилота (спортсмена).

### Упражнения на собранном дельтаплане

Упражнение №6. Сборка и разборка дельтаплана.

Цель: добиться правильной последовательности и прочных навыков в сборке и разборке дельтаплана.

Метод: тренирующийся практически выполняет все операции по сборке и разборке дельтаплана.

Инструктор проверяет правильность и последовательность действий тренирующегося.

Упражнение №7. Предполетный осмотр дельтаплана и подвесной системы (рис. 156).

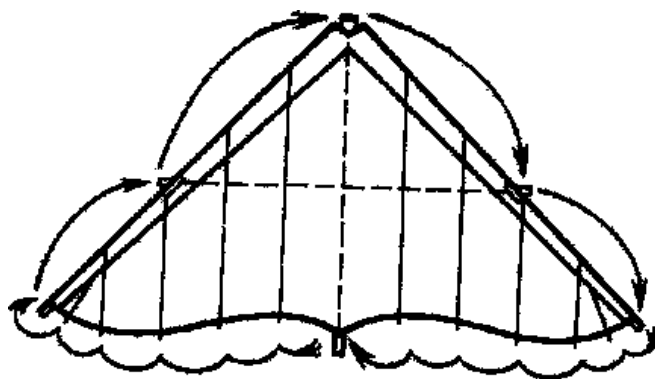


Рис. 156. Порядок предполетного осмотра дельтаплана

Цель: добиться правильной последовательности и твердых навыков в осмотре дельтаплана и подвесной системы перед вылетом.

Метод: пилот начинает осмотр дельтаплана с носового узла по ходу часовой стрелки, сверху донизу. Осматривая дельтаплан (целостность купола, тросов, труб; заделку лат и тросов; крепеж узлов), пилот переходит от узла к узлу и объясняет назначение узла и осмотра

Закончив осмотр аппарата, пилот осматривает подвесную систему (не перепутались ли ремни, работоспособность карабина подцепки и т.д.) и подцепляется к аппарату (для проверки правильности качества подцепки в полетном положении).

Инструктор контролирует действия и ответы пилота.

Упражнение №8. Отработка действий пилота по управлению аппаратом на старте (стоя на месте).

Цель: отработать у пилота твердые навыки по управлению аппаратом на старте.

Метод: пилот, не подцепляясь к аппарату, занимает стартовое положение (на ровном месте против ветра не более 3—6 м/с) и движением корпуса и рук управляет углом атаки и креном аппарата.

Для этого необходимо плечи разместить под стойками рулевой трапеции в верхней ее части, а руки на стойках (рис. 157). Поднимая аппарат, необходимо удерживать его на нулевом или очень малом положительном угле атаки и выправлять крены.

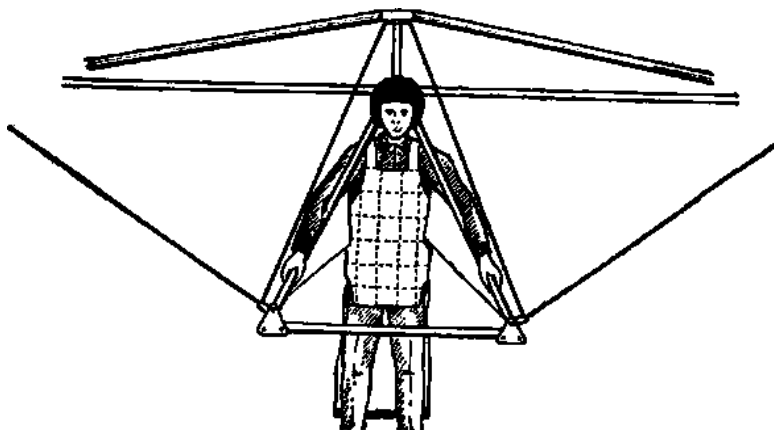


Рис. 157. Положение пилота на старте

Вращение плоскости крыла должно происходить вокруг точек его опоры на плечи. Для увеличения угла атаки необходимо «подать» ручку управления вперед, для уменьшения — назад (рис. 158).

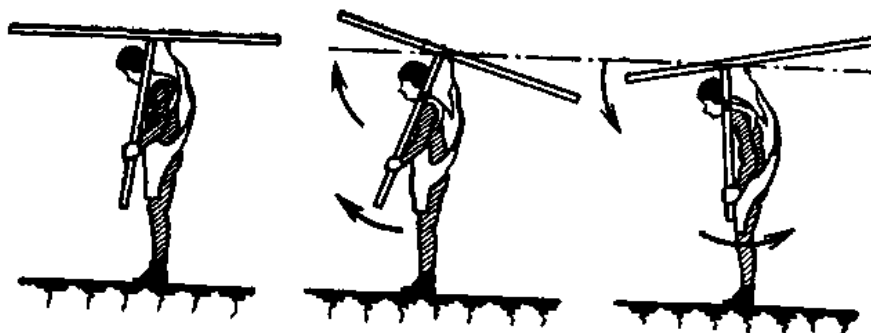


Рис. 158. Управление углом атаки дельтаплана на старте

Инструктор страхует тренирующегося за передние растяжки аппарата и контролирует его действия, не допуская опускания носа аппарата ниже уровня, при котором набегающий поток накрывает купол сверху.

Упражнение № 9. Отработка действий пилота по управлению аппаратом при разбеге (за минимальное время достичь максимальной скорости с углом атаки дельтаплана, обеспечивающим минимальное сопротивление на разбеге).

Цель: отработать у пилота твердые навыки по управлению аппаратом при разбеге.

Метод: пилот, не подцепляясь к аппарату, занимает стартовое положение (на ровном месте против ветра не более 6 м/с) и, управляя углом атаки и креном аппарата, начинает движение сначала шагом, а затем, по мере приобретения навыков, бегом, делая несколько энергичных шагов, не допуская подлета аппарата, и останавливается.

Инструктор страхует тренирующегося сзади за килевую балку.

Упражнение № 10. Отработка действий пилота по переноске собранного дельтаплана.

Цель: отработать у пилота твердые навыки по переноске собранного дельтаплана.

Метод: пилот, не подцепляясь к аппарату, поднимает его и, стараясь не допускать кренов, переносит собранный дельтаплан сначала по ровному месту, а затем, по мере приобретения навыков, вверх по склону (при ветре 4—7 м/с).

Необходимо помнить, что если дельтаплан начало переворачивать ветром, то не старайтесь его удерживать с очень большим усилием, так как это может привести к поломке консолей, трапеции или обрыву тросов. Лучше дать ему возможность свободно перевернуться и подстраховать его от удара о стоящие сзади препятствия. В этом случае дельтаплан примет нагрузку только от собственного веса.

Переносить дельтаплан нужно так, чтобы наветренный конец килевой балки был опущен вниз. При этом возможны два способа — носом вниз и носом вверх (рис. 159).

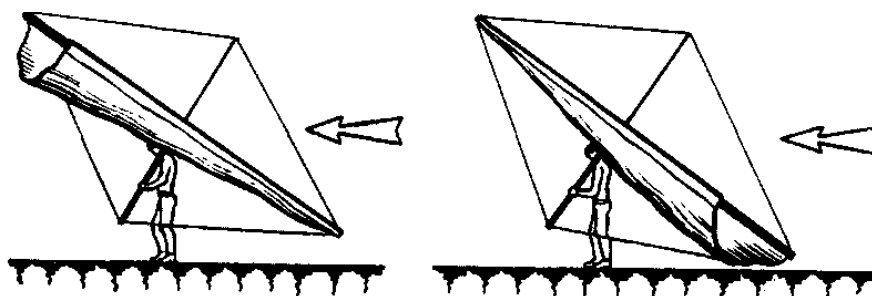


Рис. 159. Способы переноски дельтаплана

Дельтаплан необходимо всегда держать против ветра. Если ветер будет дуть под углом к оси дельтаплана, то возможно его переворачивание.

На склоне при ветре более 7 м/с можно применять другой способ переноски. Тренирующийся берет дельтаплан, установленный против ветра, за носовые растяжки и дает ему такой угол атаки, чтобы дельтаплан «принял» свой вес. Другой тренирующийся спортсмен берется за поперечину в районе бокового узла и устраняет крены (рис. 160).

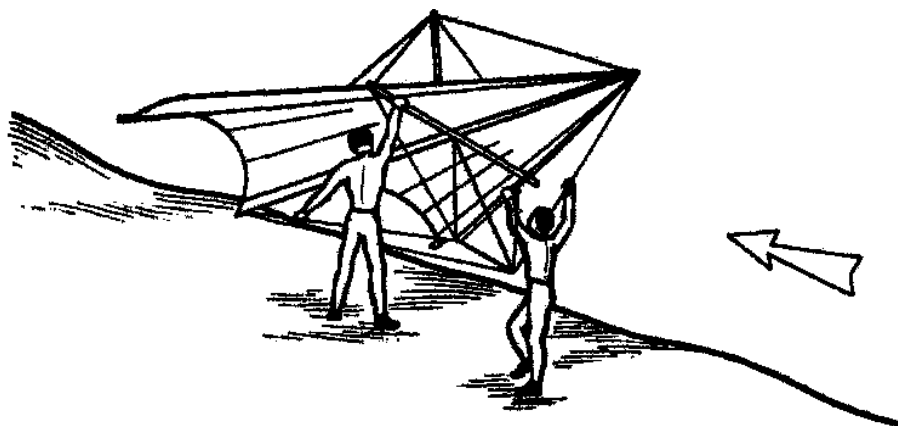


Рис. 160. Переноска дельтаплана на склоне при ветре более 7 м/с

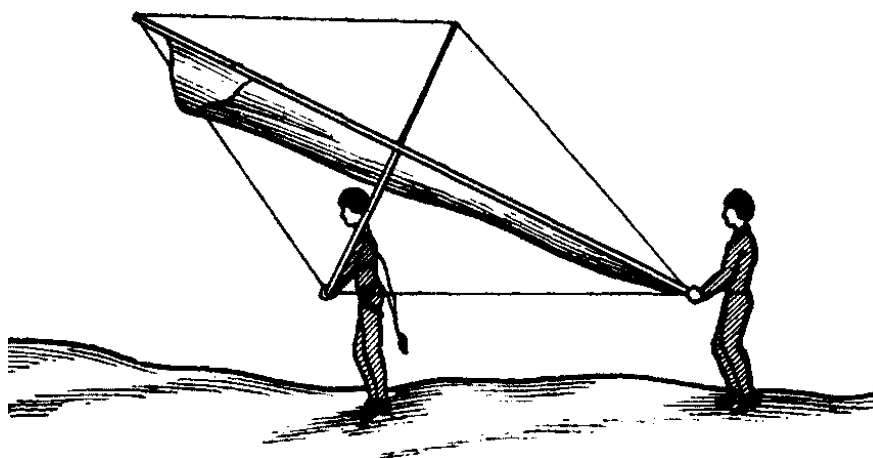


Рис. 161. Переноска дельтаплана вдвоем в безветренную погоду

Без ветра вдвоем дельтаплан лучше переносить следующим способом: один тренирующийся берется за ручку рулевой трапеции, а другой приподнимает и придерживает нос аппарата (рис. 161).

Инструктор контролирует действия тренирующихся, обращая внимание спортсменов на ориентацию аппарата относительно ветра.

## ВОПРОСЫ ПСИХОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ДЕЛЬТАПЛАНЕРИСТОВ

Дельтапланеризм – красивый и эмоциональный вид спорта. Человек, распластав крылья, подобно птице парит в воздухе – один на один со стихией, ощущая всем существом своим прелесть высоты, ветра в лицо и послушного его воле дельтаплана.

Но все это только первые впечатления. За кажущейся простотой скрывается огромный труд над собой и аппаратом, большое нервно-психическое напряжение, обусловленное управлением дельтапланом и выбором правильного решения в сложной ситуации. Рассчитывать можно только на свои силы, знания, умение и волю.

Для того чтобы пилот не растерялся в сложной ситуации и умел владеть собой, необходимо заранее подготовить его к возможным неожиданностям. В этом и заключается весь смысл программы как летно-методической подготовки дельтапланериста, так и психологической подготовки в частности.

Под психологической (или морально-психологической) подготовкой в широком смысле понимается формирование и активизация психики, обуславливающие успешное выполнение определенного вида труда, формирование умения использовать свои способности именно в данной деятельности.

Большое значение для уменьшения нервного напряжения имеет психическое состояние пилота перед полетом, его внутренняя готовность, настроенность на полет, уверенность в своих силах, т. е. его психофизиологическая подготовленность, от которой зависит успех выпол-

нения полетного задания и безопасность полетов. Нервно-психическое напряжение в полете находится в прямой зависимости от характера полетного задания, условий полета, опыта пилота, его психического состояния и индивидуально-психологических особенностей.

Важнейшим средством снижения нервно-психического напряжения является совершенствование летного мастерства. Как известно, напряженность возникает в начале обучения любому труду и уменьшается по мере выработки навыков. Вынужденно высокий темп деятельности вызывает и высокую напряженность, снизить которую можно лишь путем упрочения навыков.

Отрицательно сказывается на психическом состоянии спортсмена излишняя спешка и суетливость. Перед каждым полетом пилот должен иметь время на своеобразную психологическую подготовку именно к данному полету – внутренне собраться, сосредоточиться, продумать план полета и последовательность действий – как бы включить стереотип навыков и умений, который выработался за время работы и обеспечивает безошибочное выполнение всех необходимых операций в определенной последовательности и в привычном темпе. Отсутствие времени на такую подготовку, вынужденное ускорение привычного темпа может привести к невыполнению некоторых операций, ошибкам, вызвать излишнюю эмоциональную напряженность. Известны, например, случаи взлета с непристегнутой подвесной системой или даже вообще без нее (на них приходится до 20% летных происшествий).

Задача инструкторов и руководителей дельтаклубов – систематически разъяснять пилотам воздействие психического состояния на работоспособность организма, закономерности высшей нервной деятельности при формировании летных навыков.

Естественно, что на настроение пилота сказываются и его семейные отношения. Отрицательные эмоции, вызванные различными ситуациями в семье, на работе, могут накладываться, суммироваться с нервно-психическим напряжением полета и привести к перенапряжению, «срыву» нервной системы. Поэтому важно правильно понимать и оценивать психическое состояние пилота, его возможное влияние на выполнение и безопасность полета.

Важнейшим условием обеспечения безопасности полетов является готовность пилота к действиям в особых случаях полета. Наиболее доступным методом формирования такой готовности, методом развития и тренировки необходимых качеств является моделирование аварийных ситуаций на тренажерах и их теоретический разбор. Наряду с этим большое значение имеет психологическая настроенность, внутренняя подготовленность к возможности аварийной ситуации, т. е. такое психическое состояние, при котором любая случайность не является совершенно неожиданной.

Бывают случаи, когда высокие летные способности у человека сочетаются с недостаточной самооценкой, некоторой легкомысленностью. Это может привести к тому, что после первых относительно легких успехов у таких людей снижается качество техники пилотирования, появляются неудачи. Однако возросшее самомнение не позволяет им правильно оценивать допущенные ошибки. Они обвиняют в них инструктора, подозревают товарищей в зависти, предвзятости. Возникает внутренний конфликт, в разрешении которого имеет важное значение учет особенностей личности.

Естественно, что каких-либо готовых рецептов на все случаи дать нельзя – индивидуальные особенности потому и называются индивидуальными, что они у всех людей различны.

Дельтапланеристам свойственны как общие для всех советских людей чувства (чувство советского патриотизма, дружба, товарищество и т. п.), так и специфические, связанные с выполнением полетов. К условиям, которые могут вызвать наиболее ярко выраженные эмоциональные переживания пилотов в полете, в основном относятся следующие:

- полеты в новых (незнакомых) условиях, например, первые старты с большой высоты;
- изменение положения дельтаплана при выполнении фигур пилотажа;
- вынужденно высокий темп работы при недостатке времени;
- полет и посадка в сложных условиях;
- попадание в аварийную ситуацию и т. д.

Указанные ситуации могут вызвать у различных пилотов неодинаковые, иногда противоположные по характеру эмоции – у одних неуверенность в себе и в благополучном исходе по-



лета, у других – волевою активностью и повышенную энергию. Опасность может вызвать у отдельных пилотов чувство страха, которое подавляет психическую деятельность человека, ослабляет его умственные и физические силы. Однако, как правило, опасность в полете у пилотов вызывает чувство возбуждения. Это чувство повышает его жизненную энергию, обостряет сообразительность и находчивость. Чем активнее пилот в опасной ситуации, тем слабее его переживания и тем чаще он испытывает возбуждение.

Одним из важнейших путей преодоления страха является активная и сознательная деятельность, направленная на выполнение задания. Полет на дельтаплане требует большого напряжения моральных и физических сил, предельной концентрации воли.

Человеку нужна воля для преодоления внешних и внутренних препятствий (таких как лень, усталость, ложный стыд, ложное самолюбие, инертность и т. д. ).

**Воля** – есть способность человека сознательно управлять своей деятельностью при достижении поставленной цели. Цель может быть далекой или близкой. Иногда для ее осуществления может потребоваться вся жизнь.

Необходимыми условиями для воспитания воли являются:

Первое – формирование коммунистического мировоззрения и развития морально-политических качеств. Воля выражается в преодолении трудностей, а преодолевать трудности может лишь убежденный человек, знающий, во имя чего он это делает. Ясное понимание цели зависит прежде всего от убеждений и от мировоззрения.

Второе – принятие только посильных, исполнимых решений и намерений, которые могут быть осуществлены. Пилот, стремящийся воспитать в себе сильную волю, должен критически относиться к каждому намерению. Нужно всегда помнить, что неисполнение решения ослабляет волю.

Третье – воспитание высокой самокритичности, под которой следует понимать привычку критически оценивать свои действия, осознавать их последствия. При отсутствии самокритичности пилот не может правильно реагировать на замечания, перестает сознавать свои недостатки, не умеет отказываться от неправильно начатых действий. Большая требовательность к себе и окружающим – один из характерных признаков воли.

Четвертое – постоянная тренировка в преодолении внутренних и внешних препятствий, строгое выполнение наставлений, соблюдение предполетного режима, физическое воспитание, тренировка воли при выполнении повседневных дел. Физическая подготовка и занятия спортом во многом способствуют закаливанию воли.

Спорт делает человека выносливым, отважным, способствует выработке таких качеств, как настойчивость, Дисциплинированность, самообладание, инициативность и смелость.

Каждый пилот должен сознательно работать над воспитанием своей воли. Нельзя пренебрегать повседневной черновой работой, кажущейся на первый взгляд маленькой и незаметной. Воля воспитывается не только в больших, но и в первую очередь в повседневных, будничных делах.

Деятельность пилота дельтаплана в полете находится в прямой зависимости от обстановки и происходящих в ней изменений. Например, скоротечность изменения обстановки приводит к тому, что пилот для наблюдения за ней располагает иногда чрезвычайно малым временем. Чтобы своевременно все видеть, слышать и грамотно в зависимости от обстановки на все реагировать (действовать), пилот должен уметь быстро и правильно переключать и распределять свое внимание, т. е. вести осмотрительность. Для этого внимание пилотам необходимо развивать.

Первым условием для развития хорошего внимания является устойчивый интерес к полетам на дельтаплане. Всякое внимание зависит от интереса.

Вторым условием для развития внимания является выработка у пилота умения заставить себя произвольно сосредоточивать внимание в любой момент и на нужном объекте или действиях. Пилот должен стать хозяином своего внимания.

Третьим условием является выработка умения работать в неблагоприятных условиях. В этом случае пилот научится бороться с отвлекающими раздражениями, закалит свое внима-

ние.

Четвертым условием является обучение пилота всегда работать внимательно, так как невнимательность порождает рассеянность.

Знание наземной, воздушной обстановки и метеорологических условий, постоянная готовность к неожиданностям, до автоматизма отработанный порядок распределения и переключения внимания, умение по вспомогательным признакам определить место появления препятствий, опасного явления погоды — вот качества, которые должны прививаться пилотам в процессе обучения полетам на дельтаплане.

## ЭКИПИРОВКА ДЕЛЬТАПЛАНИСТА

Экипировка дельтапланериста включает в себя:

1. Подвесную систему
2. Шлем
3. Ботинки
4. Комбинезон (или брюки и куртка)
5. Перчатки
6. Налокотники и наколенники.

### Подвесная система

Подвесная система может быть двух типов: горизонтальная (лежачая) и вертикальная (сидячая).

Горизонтальная подвесная система обеспечивает большой диапазон изменения угла тангажа и меньшее аэродинамическое сопротивление пилота, чем вертикальная подвеска. Наличие лямок для ног («стремя») позволяет улучшить комфортные условия при длительных полетах (рис. 162, 163).

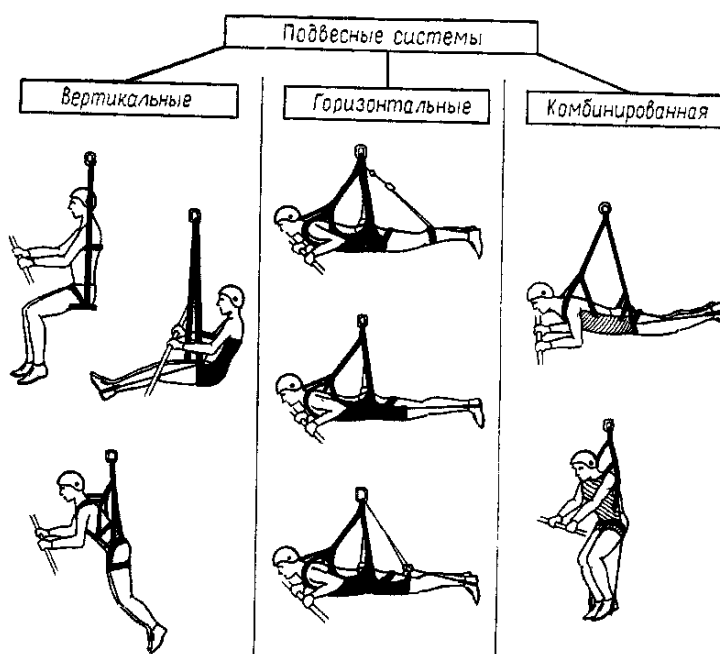


Рис. 162. Типы подвесных систем

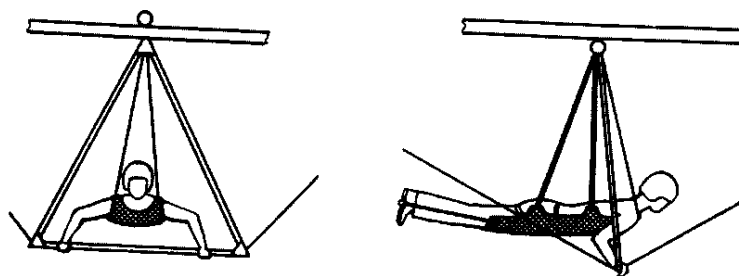


Рис. 163. Положение пилота при горизонтальной подвесной системе

Для первоначального обучения горизонтальная подвесная система должна обеспечивать «проскакивание» пилота при опущенном носе аппарата без касания земли в случае неудачной посадки. Для этого необходимо отрегулировать высоту подвески пилота таким образом, чтобы расстояние от ручки рулевой трапеции до пилота в горизонтальном положении аппарата было равно 10 — 25 см. В случае если расстояние от носового узла до точки подвески пилота мало (при большом носовом угле каркаса), необходимо сделать выносную штангу или подвешивать к хвостовой части киля (балки) нижнюю часть подвесной системы, для того чтобы обеспечить «проскакивание» пилота без касания земли (рис. 164).

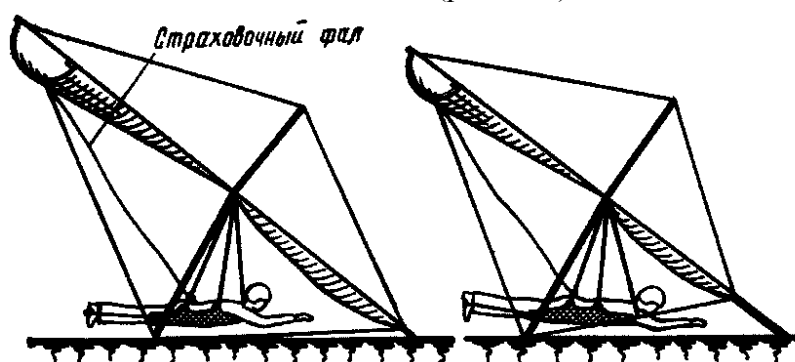


Рис. 164. Обеспечение «проскакивания» пилота при опущенном носе дельтаплана без касания земли

Необходимо при конструировании горизонтальной подвесной системы учитывать возможность перехода из вертикального положения в горизонтальное и обратно (при посадке). К недостаткам горизонтальной подвесной системы можно отнести сложность изготовления и необходимость индивидуальной подгонки к пилоту.

Вертикальная подвесная система не требует от пилота перехода в горизонтальное положение и обратно при посадке, проста в изготовлении и обеспечивает комфортные условия полета. Основной ремень вертикальной подвесной системы должен проходить под сиденьем на случай поломки последнего. Для удобства в полете вертикальная подвесная система часто снабжается распорными планками. Высота сиденья выбирается таким образом, чтобы в полете ручка трапеции находилась на уровне пояса (рис. 165).

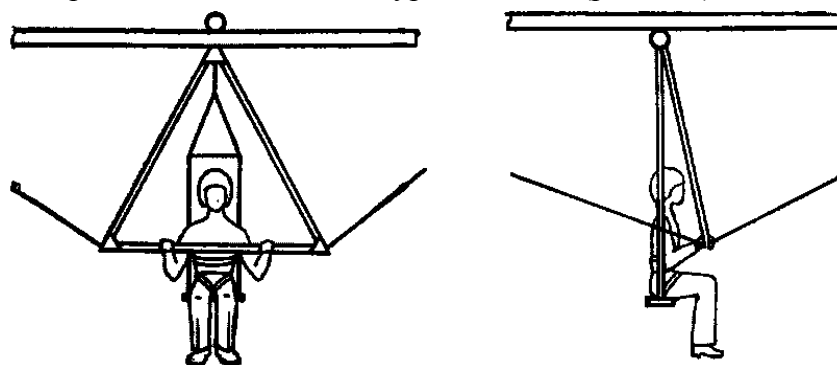


Рис. 165. Полетное положение пилота при вертикальной подвесной системе

К недостаткам вертикальной подвесной системы можно отнести:

- возможность повреждения ног пилота, так как в случае неудачной посадки первыми земли

касаются ноги пилота;

- меньший (по сравнению с горизонтальной подвесной системой) диапазон управления по тангажу;
- большее аэродинамическое сопротивление вертикально расположенного тела пилота, которое ухудшает летные характеристики аппарата.

И горизонтальная и вертикальная подвесные системы должны быть сконструированы таким образом, чтобы:

- исключить перевертывание пилота вниз головой и выпадение его из подвески;
- быть удобными в эксплуатации;
- обеспечивать необходимую прочность. Основные элементы подвесной системы и их соединения должны выдерживать перегрузки не меньше чем 10g;
- иметь ножные обхваты;
- не сдавливать грудную клетку пилота и не затруднять дыхание;
- изготавливаться из материалов, не подверженных гниению;
- иметь надежное и простое устройство для подцепки к аппарату и отцепки от него;
- не затруднять разбег пилота на взлете;
- иметь опрятный вид.

Шлем дельтапланериста должен отвечать следующим требованиям:

- быть парашютного или мотоциклетного типа;
- амортизационные ремни или подкладка должны быть отрегулированы так, чтобы исключить касание головы пилота внутренней поверхности шлема (зазор не менее 20 мм);
- шлем всегда должен быть застегнут, чтобы исключить произвольное его спадание и «наползание» на глаза пилота;
- шлем не должен мешать пилоту «слушать ветер» для определения скорости полета. Для этого, в случае если шлем плотно прилегает к ушам, необходимо сделать в этих местах несколько отверстий;
- желательно оборудовать шлем дугами безопасности для защиты нижней части лица.

Обувь дельтапланериста должна иметь толстую подошву с протектором (туристские ботинки). Лучше иметь обувь с высокой шнуровкой (высокими голенищами) для того, чтобы голеностопный сустав был защищен в случае неудачной посадки на ноги.

Одежда дельтапланериста (комбинезон или брюки и куртка) должны быть из прочной ткани джинсового типа, чтобы избежать царапин и ссадин. В зимнее время одежда должна быть легкой, теплой и не стеснять движений пилота.

Перчатки дельтапланериста должны защищать пальцы и кисти рук пилота от случайных царапин и ударов. Лучше всего для этих целей подходят перчатки для русского хоккея, у которых суставы пальцев защищены мягкими прокладками.

Наколенники и налокотники защищают локтевые суставы и суставы колен от ударов. Можно применять любого типа. Особенно они желательны для начинающих дельтапланеристов, падения которых неизбежны.

## **ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕМОНТ ДЕЛЬТАПЛАНА**

Правильной эксплуатацией будет такая, которая обеспечивает наиболее длительное сохранение заложенных в любую конструкцию свойств и характеристик.

При этом не должны допускаться:

- поломки и повреждения конструкции не только при полетах, но и при сборке, разборке и транспортировке;
- коррозия (гниение) при хранении;
- утеря отдельных частей.

Некоторые эксплуатационные характеристики закладываются еще в стадии проектирования и строительства дельтаплана. Сюда можно отнести:

1. Защиту труб от коррозии изнутри. Для этого следует очистить внутреннюю поверхность труб и покрыть ее смазкой. Не следует заглушать концы труб пробками с двух сторон. Полную герметичность таких заглушек обеспечить трудно, к тому же в трубах имеются отверстия. Все это приводит к накапливанию влаги, избавиться от которой будет весьма трудно.

2. Изготовление деталей из коррозионно-стойких материалов, обладающих необходимой прочностью.

3. Конструктивное обеспечение однозначной сборки спортсменами любой квалификации, т. е. четкую маркировку стыкуемых деталей и узлов, заделку всех лишних и незадействованных отверстий, маркировку правых и левых деталей, передних и задних тросов и т. д.

4. Правильный выбор конструкции стыков труб, заделки тросов в соответствии с нормами прочности.

5. Изготовление чехлов для переноски и хранения разобранного дельтаплана. Все съемные узлы и детали должны храниться в специальном мешке или сумке типа инструментальной из воздухопроницаемой ткани. При наличии в клубе нескольких дельтапланов каждый чехол, сумка из одного комплекта должны иметь одинаковую маркировку.

6. Конструктивно все крепежные элементы дельтаплана должны стопориться с применением минимального количества инструмента, а лучше всего от руки. При этом должна быть обеспечена надежность и контровка соединений. Не применять для сборки и разборки случайного, не предусмотренного для данных целей инструмента.

К числу эксплуатационных критериев относится транспортирование дельтаплана. При этом необходимо соблюдать следующие условия.

1. Купол необходимо переносить отдельно от металлических деталей, уложенным в сумку или рюкзак. Следить, чтобы с ним рядом не находились острые и режущие предметы. Чехол с трубами необходимо переносить с соблюдением мер, исключающих образование на них вмятин и изгибов.

2. При переноске дельтаплана в собранном виде следите за направлением ветра.

3. Переноску пакета с трубами осуществлять так, чтобы обеспечить безопасность окружающих при проезде общественным транспортом (при переноске его на плече задний конец должен быть выше переднего и находиться на высоте не менее 2 м) (рис. 166).

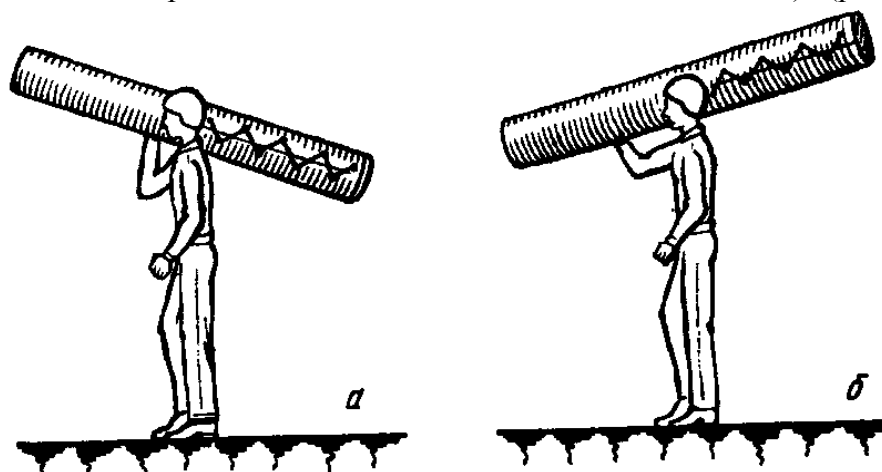


Рис. 166. Переноска дельтаплана в чехле: а — неправильно; б — правильно

При входе и выходе из транспорта пакет держите вертикально. При входе заносите первым верхний конец, при выходе — нижний.

**Сборка дельтаплана.** Сборку можно производить в следующей последовательности:

1. Соедините все продольные (килевую и боковые) трубы. Проверьте правильность их стыковки по маркировке.

2. Таким же образом соедините трубы поперечины.

3. Соберите рулевую трапецию и присоедините к ней нижние растяжки.

4. Положите на землю рулевую трапецию кронштейном стыковки вперед, положите

на нее поперечную балку и сверху продольные трубы.

5. Сдвиньте продольные трубы и наденьте на них купол. Следите, чтобы концы труб не порвали купол и не вышли из отверстий в карманах для боковых труб.

6. Соедините каркас центральным узлом, установите мачту с верхними растяжками.

7. Разведите боковые трубы и соедините их с поперечиной боковыми узлами. Закрепите у боковых узлов верхние и нижние растяжки.

8. Закрепите на заднем конце килевой балки нижние задние и верхнюю растяжки. Закрепите килевой карман купола.

9. Закрепите купол по концам боковых труб. Установите латы.

10. Поднимите дельтаплан за нос, отведите вперед рулевую трапецию и закрепите вместе с куполом передние растяжки (верхнюю и передние нижние).

11. Натяните с помощью тендеров или других натяжных элементов продольные и поперечные растяжки. Законтрите их.

12. Закрепите к верхним растяжкам килевой карман.

13. Обойдите дельтаплан и проверьте правильность сборки, надежность крепления и контровки (см. раздел «Тренажная подготовка»).

Во время сборки и полетов необходимо следить за тем, чтобы выполнялось следующее:

1. При надевании купола на каркас боковые балки были максимально сведены и их концы не порвали купол при зацеплении за швы или вырезы. Если купол плохо надевается, то не делайте резких рывков, а выясните и устраните причины. При разведении боковых балок следите, чтобы передний конец купола был закреплен у носового узла.

2. Не было острых углов и заусенцев на трубах, которые могут порвать купол.

3. Сборка и разборка производилась в строго определенной последовательности.

4. После сборки не было непредусмотренных натяжений или слабину тросов, изгиба или перегиба труб.

5. Трубы не имели вмятин глубиной более 1,5 мм и изгибов радиусом менее 3 м, т. е. со стрелой прогиба более 5 мм на длине 1 м. Эксплуатация труб с дефектами, превышающими вышеуказанные величины, запрещена.

6. Была полная и без задиров резьба на всех крепежных деталях. В случае нарушения резьбы крепеж заменить.

7. Не было бы коррозии и трещин на деталях и узлах. Детали, выполненные из материалов, подверженных коррозии, следует смазывать. Особое внимание необходимо обратить на отсутствие трещин в отверстиях труб, носового и центрального узлов, пластинах растяжек и соединениях труб рулевой трапеции.

8. Тросы не имели бы оборванных проволок.

9. На заделке каждого троса была контрольная петля. Вытяжка петли – сигнал, что трос «пополз» в заделке (рис. 167).

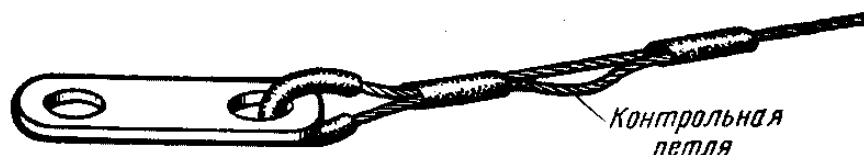


Рис. 167. Контрольная петля на заделке троса

10. Не было порывов материала, швов, усиливающих накладок, крепежных лент купола. Было надежное крепление элементов купола к носовому узлу, килевой балке, концам боковых балок.

11. В перерывах между полетами при наличии ветра дельтаплан стоял носом против ветра. При сильном ветре и перерывах между полетами отсоедините продольные тросы в носовом узле и положите дельтаплан на землю.

Не устанавливайте дельтаплан за препятствиями со стороны ветра, если они имеют размеры, сравнимые с размерами вашего аппарата. Завихрения от них могут опрокинуть дельтаплан (рис. 168).

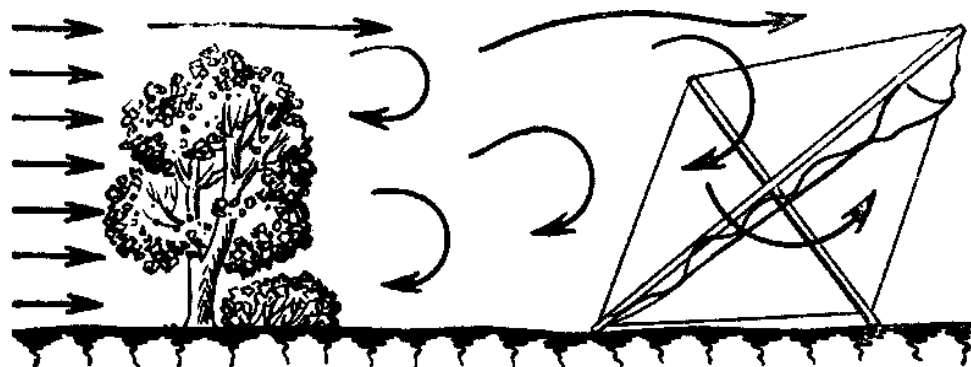


Рис. 168. Неправильная установка дельтаплана за препятствием со стороны ветра

В перерывах между тренировками храните дельтаплан с выполнением следующих правил:

1. Систематически, после каждой тренировки, очищайте его от грязи и влаги, при необходимости смазывайте сопрягаемые поверхности, просушивайте купол и детали.
2. Храните пакет в вертикальном положении в сухом прохладном помещении.

## ОСМОТРЫ ТЕХНИКИ

**Предполетные осмотры.** Они проводятся перед каждым полетом. При этом контролируется: надежность всех соединений, состояние стыковочных узлов, растяжек, купола. В последнюю очередь контролируется правильность положения подвесной системы на теле, ее прочность и присоединение к дельтаплану. В каждом дельтаклубе должна быть схема предполетного осмотра.

**Периодические осмотры.** Они проводятся ежемесячно, после выполнения 200 полетов или после большого перерыва в полетах на данном дельтаплане. Осматриваются все детали и узлы. Каркас — на отсутствие вмятин, изгибов труб, заусенцев на них, задиров, коррозии, трещин.

Особенно тщательно осматриваются: разъемные и неразъемные соединения, крепление растяжек, купола, крепежные детали, в которых не должно быть износа, деформаций, повреждения резьбы, расшатывания соединений. Производится при необходимости смазка всех сопрягаемых поверхностей. Тросы не должны иметь порывов прядей. На куполе проверяется отсутствие порывов, проколов, вытяжки, износа и ослабления полотна. Особое внимание необходимо обращать на купола из х/б ткани. Необходимо проверять прочность швов и вспомогательных деталей купола.

Проверяется комплектность крепежа и деталей, отсутствие на них коррозии, повреждений, трещин.

**Целевые осмотры.** Проводятся для выявления предполагаемой неисправности. Основанием для проведения целевого осмотра служат неудачные посадки, а также полученные данные по отказам в других дельта-клубах ДОСААФ страны и за рубежом. Кроме того, целевые осмотры проводятся при отклонении от нормального режима эксплуатации и хранения.

Данные периодических и целевых осмотров заносятся в журнал с указанием даты, цели осмотра, фамилии, и., о. проводившего осмотр, перечня замечаний, принятых мер и фамилии, и., о. ответственного за устранение замечаний.

## Ремонт дельтаплана

Рассмотрим основные виды и способы устранения наиболее часто встречающихся неисправностей.

**Изгиб или поломка труб рулевой трапеции.** Это наиболее часто встречающаяся неисправность у начинающих дельтапланеристов. Требования к изготовлению рулевой трапеции из труб, обладающих хорошей пластичностью, обусловлены тем, что хрупкий излом может

послужить причиной серьезной травмы спортсмена. Если труба сломалась или потеряла устойчивость, то ее можно отремонтировать следующим образом:

- I. вырезать часть трубы, потерявшей устойчивость или имеющей излом;
- II. подобрать кусок трубы (вставку) длиной на 200—250 мм больше вырезанного куска и внутренним диаметром на 0,2—1 мм больше наружного диаметра трубы трапеции;
- III. установить вставку на трубу трапеции с сохранением зазора между концами вырезанной части;
- IV. сверлить по концам вставки по 2 отверстия диаметром 6,2—6,5 мм и крепить болтами с гайками (рис. 169).

**Примечания:** 1. После окончания летного дня трубу заменить.

2. Желательно иметь запас труб трапеции для замены во время полетов.

**Обрыв растяжек.** Это серьезная поломка, так как от этих тросов зависит прочность дельтаплана в полете. Ремонт этой поломки в полевых условиях необходимо проводить только путем замены оборванного троса на новый. Для этой цели в комплекте запасного инструмента и приспособлений должны быть соответствующий инструмент, материалы, детали. Технология ремонта должна быть отработана заранее. Ни в коем случае не проводить подобный ремонт с помощью случайного инструмента и материалов.

**Изгиб труб каркаса.** В случае изгиба труб малым радиусом (менее 3 м) или образования вмятин глубиной более 1,5 мм они не должны допускаться в дальнейшую эксплуатацию. Изгибы радиусом более 3 м можно аккуратно править с применением подкладок, исключающих смятие трубы. При этом гибку производить поэтапно и точкигиба необходимо разносить по дуге (рис. 170).

**Порыв купола** может возникнуть при посадке на кусты, проволоку, сучья, а также при переноске собранного дельтаплана. Обычно разрывы ткани чаще всего возникают на материалах, имеющих малую прочность на раздир (надрыв-надрез). Это ткани типа АЗТ, болонья и им подобные. Ремонт данного дефекта необходимо производить капроновыми нитками по следующей технологии:

стянуть края разрыва швом через край в шахматном порядке. В начале и конце шва завязать узлы;

нашить усиление длиной и шириной не менее чем на 40—50 мм больше длины и ширины разрыва стежками длиной не более 3—5 мм (рис. 171). Усиление ставить из того же материала, из которого изготовлен купол.

**Другие виды поломок.** К ним можно отнести изгиб болтов, разрыв пластин, срыв резьбы болта или гайки, деформацию носового, центрального узлов и т. д.

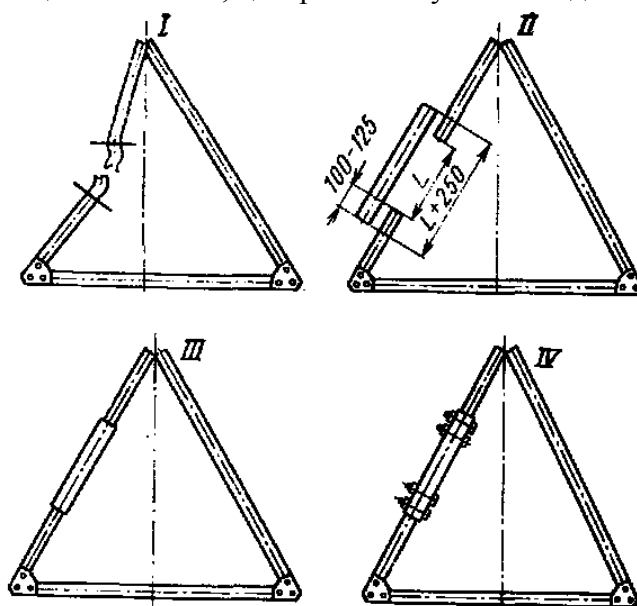


Рис. 169. Ремонт рулевой трапеции



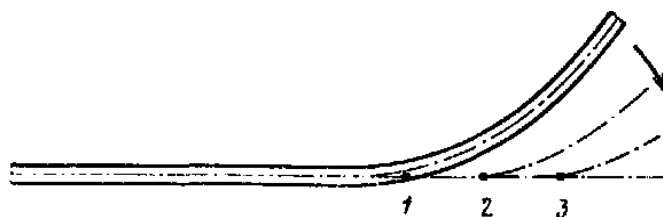


Рис. 170. Схема гибки трубы с исключением ее смятия: 1, 2, 3 — этапы гибки

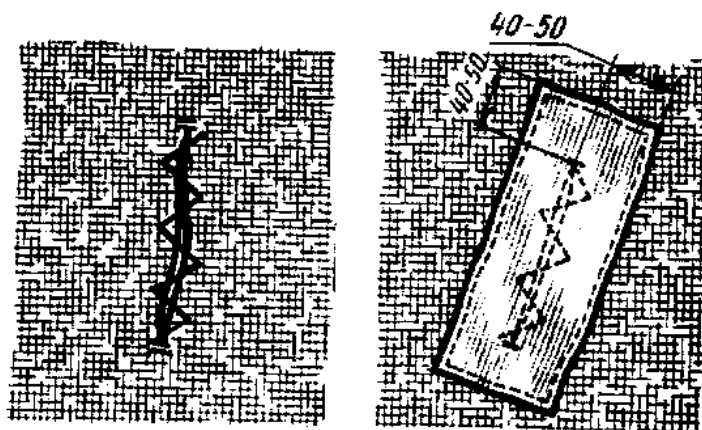


Рис. 171. Ремонт порыва купола в полевых условиях

Эти виды поломок устраняются путем замены деталей или узлов на кондиционные из имеющегося состава запасных частей.

Приблизительную проверку надежности каркаса и растяжек можно произвести следующим образом:

1. Самому тяжелому спортсмену пристегнуться в подвесной системе к дельтаплану.
2. Два (или четыре) человека поднимают аппарат за концы поперечной балки и выдерживают некоторое время. Этим проверяются поперечная балка и нижние боковые растяжки.
3. Аппарат поднимают за концы килевой балки и выдерживают. Этим проверяются нижние продольные растяжки и килевая балка.
4. Поднимается аппарат за носовой узел и концы боковых балок. Этим проверяются боковые балки.

После проверки производится осмотр каркаса, тросов, узлов, заделок и при отсутствии видимых нарушений и отклонений совершается пробный полет с горки высотой 10—15 метров. Положительный результат осмотра после пробного полета дает разрешение на продолжение полетов после ремонта.

### III. ЛЕТНАЯ ПОДГОТОВКА

#### ТРЕБОВАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ ПОЛЕТОВ НА ДЕЛЬТАПЛАНАХ

После сдачи зачетов по наземной подготовке и прохождения курса тренажной подготовки начинающие дельтапланеристы переходят к практическому выполнению полетов. Для допуска к полетам необходима теоретическая подготовка в объеме данного раздела.

##### Организация полетов в дельтаклубе

Целью правильной организации полетов на дельтапланах является выполнение наибольшего числа полетов при наименьших затратах сил и времени, при обеспечении безопасности полетов и предотвращения поломок дельтапланов. Кроме того, правильная организация полетов обеспечивает наиболее продуктивное и всестороннее обучение пилотов навыкам управления дельтапланом по программе летной подготовки.

Ответственным за проведение полетов на данный летный день является руководитель по-

летов (РП). Полеты должны быть организованы в соответствии с «Наставлением по производству полетов на дельтапланах».

### Выбор склонов для первоначального обучения

Склоны, предназначенные для обучения полетам на дельтапланах, должны отвечать определенным требованиям, обеспечивающим проведение безопасных полетов. К выбору склонов необходимо подходить очень серьезно.

Склоны для первоначального обучения должны соответствовать следующим условиям:

- иметь высоту над площадкой приземления 10—15 м и крутизну 15—20°;
- иметь ровную поверхность, покрытую травой, снегом или песком. (Не допускается наличие на склоне и площадке приземления пней, камней, деревьев, линий электропередач, строений и тому подобных препятствий.);
- плавно переходить в горизонтальный участок. На вершине должна быть площадка для подготовки к старту и разбега. Площадка для разбега не должна оканчиваться обрывом (рис. 172);
- иметь длину по фронту, свободную от препятствий, достаточную для проведения безопасных полетов;
- не иметь препятствий во всей зоне возможной посадки. Направление старта на место посадки должно быть против ветра;
- не иметь резких перегибов и перепадов — обрывов, бугров, контрсклонов и т. д. (рис. 173): в случае 1 при неудачном старте произойдет падение с обрыва, а резкое увеличение высоты полета при удачном старте будет дезинформировать спортсмена в отношении скорости полета.

В случаях 2 и 3 возможен удар о склон при недостаточной реакции спортсмена и слабых летных навыках по управлению дельтапланом, так как в этом случае возможна резкая отдача ручки от себя и потеря скорости;

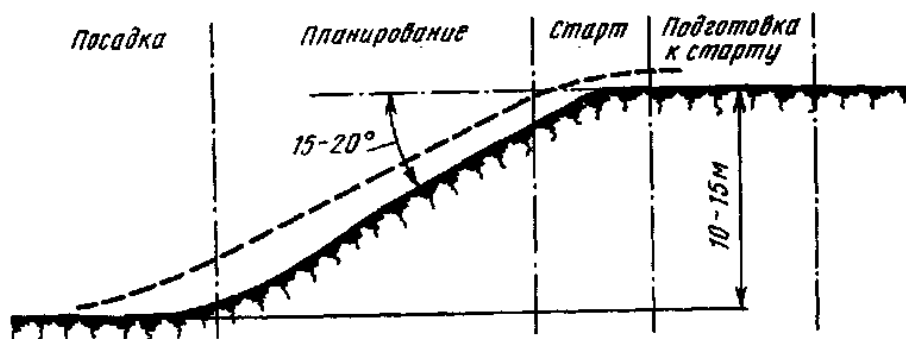


Рис. 172. Примерная схема склона для первоначального обучения

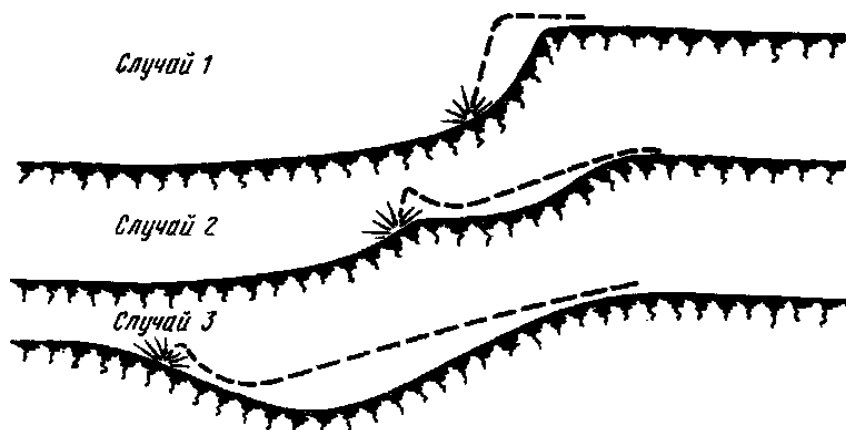


Рис. 173. Примеры неудачного выбора склонов для первоначального обучения

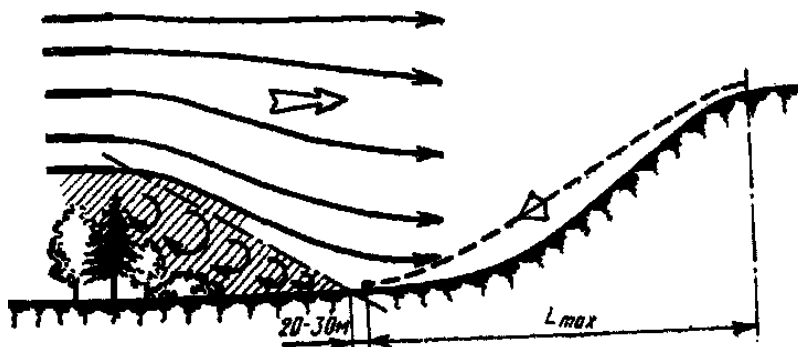


Рис. 174. Распределение зоны возмущенного потока у склона

- направление ветра должно быть на склон;
- не иметь со стороны ветра препятствий, возмущающих воздушный поток. Зона возмущенного потока не должна доходить до самой дальней точки приземления (рис. 174).

## ПРАКТИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ПОЛЕТОВ

В элементы полета входят:

- подготовка к полету,
- старт,
- планирование,
- повороты,
- посадка.

Рассмотрим эти элементы подробнее и постараемся проанализировать возможные ошибки и их последствия.

**Подготовка к полету.** Элементы этой фазы вы должны твердо усвоить при проведении тренажной подготовки (см. раздел «Тренажная подготовка»).

Подготовка к полету включает в себя предполетный осмотр аппарата, экипировки, проверку условий полета и оценку своей готовности к выполнению заданного упражнения.

Очень хорошие результаты при подготовке к полету дает наблюдение за действиями более опытных товарищей и анализ их полетов. Запоминайте положение рулевой трапеции относительно тела спортсмена в полете.

Если у вас в клубе несколько учебных дельтапланов, то привыкайте летать на одном и придерживайтесь этого правила до тех пор, пока уверенно не усвоите практику полетов.

Возьмите себе за правило проверять аппарат перед каждым стартом в соответствии с разделом «Эксплуатация и ремонт дельтаплана».

**После проверки аппарата наденьте подвесную систему, шлем, перчатки и наколенники. Проверьте правильность расположения ремней подвесной системы.**

Установите дельтаплан носом на землю против ветра. Пристегните (подцепите) подвесную систему к дельтаплану. Взявшись за центральный узел, потяните его на себя и установите плоскость крыла в горизонтальное положение.

Попросите товарища подержать нос дельтаплана, а сами примите в подвесной системе полетное положение. Проверьте еще раз правильность расположения ремней и попробуйте сделать имитацию управления по крену и тангажу. Проследите за правильностью выполнения ваших движений.

**В ДАЛЬНЕЙШЕМ, КАКОГО БЫ КЛАССА ВЫ НИ ДОСТИГЛИ, НИКОГДА НЕ СТАРТУЙТЕ ДО ТЕХ ПОР, ПОКА НЕ ПРОВЕРИТЕ ПОДВЕСНУЮ СИСТЕМУ В ПОЛЕТНОМ ПОЛОЖЕНИИ.**

## СТАРТ

Это один из самых сложных этапов полета. От правильности его выполнения во многом зависит дальнейший полет и действия спортсмена.

Старт может быть условно разделен на пять фаз:

- подготовка к старту,
- разбег (с малым углом атаки для достижения скорости отрыва за минимальное время),
- взлет (с увеличением угла атаки при достижении скорости отрыва),
- набор скорости после отрыва (путем уменьшения угла атаки),
- переход на режим планирования (с небольшим увеличением угла атаки) (рис. 175).

Рассмотрим последовательность действия спортсмена в каждой фазе, методы контроля, ошибки, их последствия и способы устранения.

### Подготовка к старту

**Проверьте направление ветра по ленточке, привязанной на передние растяжки. Мысленно проиграйте весь этап полета и свои действия в различных ситуациях.**

Будьте предельно собраны и готовы к возникновению неожиданных ситуаций (порывов ветра, потере скорости на старте, сносу и т. п.).

**Плотно прижмите рулевую трапецию к плечам, возьметесь руками за боковые стойки хватом спереди, поднимите дельтаплан.**

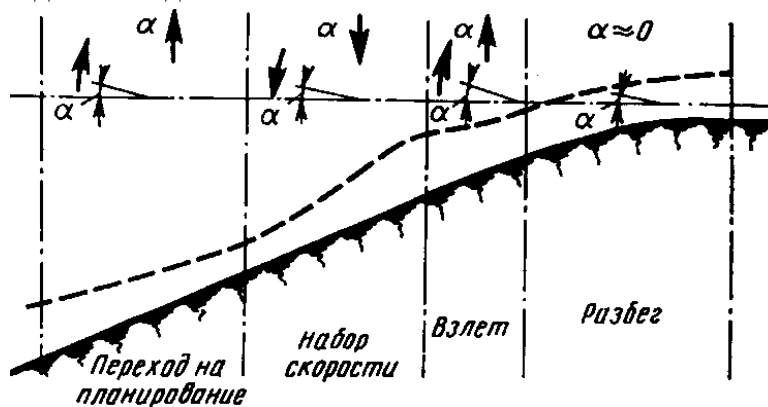


Рис. 175. Этапы взлета и изменения углов атаки

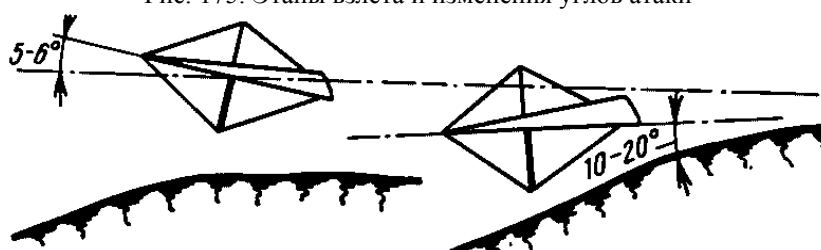


Рис. 176. Установка угла атаки на разных участках склона (горизонтальном и наклонном)

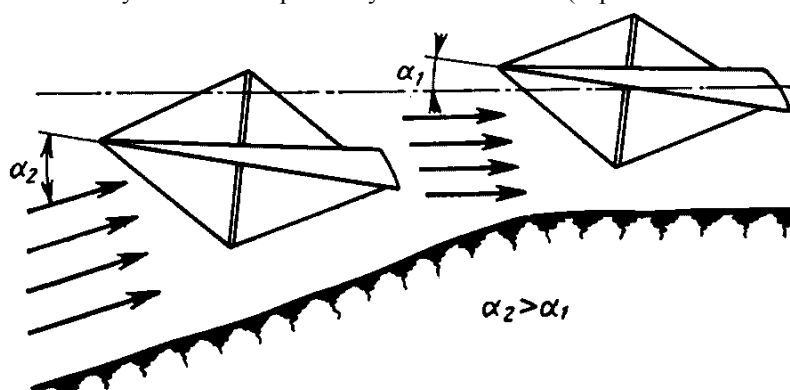


Рис. 177. Изменение углов атаки дельтаплана при переходе с горизонтального на наклонный участок склона

**Контроль.** Положение вашего тела должно быть удобным для разбега. Имейте в виду, что в таком положении вам надо будет бежать со скоростью около 25 км/ч. Подумайте, сможете ли вы сделать это с дельтапланом на плечах? Кроме того, во время разбега необходимо управлять дельтапланом, а для этого надо держать его плотно, чтобы вовремя почувствовать

появившиеся крены, изменения углов атаки и передать управляющие воздействия на рулевую трапецию.

### **Ошибки, их последствия и действия по устранению**

Плечи неплотно прижаты к рулевой трапеции, свободно проходят в ней или находятся впереди нее.

В этом случае вы не сможете достаточно хорошо и быстро разогнать свой аппарат, так как нет точки приложения силы. Необходимо опустить рулевую трапецию на шею, а затем поднять ее так, чтобы верхняя часть стоек упиралась впереди на плечи и предплечья. Ручка рулевой трапеции при этом может находиться ниже колен.

Тело согнуто в пояснице. Вы боитесь, что ручка рулевой трапеции будет мешать разбегу.

Однако в таком положении трудно будет бежать и управлять своим дельтапланом. Не бойтесь! Свое движение вы должны начать с подачи плеч вперед (вместе с дельтапланом) и занятия наклонного положения.

Перед началом движения установите необходимый для разбега угол атаки своего дельтаплана, устраните крены.

**Контроль.** Угол атаки контролируйте по надуванию встречным ветром передней части купола. Опустите нос дельтаплана, и как только купол начнет «полоскаться», поднимите его немного до наполнения ветром. Это будет оптимальный угол для разбега.

При старте с горизонтального участка и отсутствия ветра угол атаки можно контролировать по положению плоскости каркаса относительно горизонта. Он должен быть положительным и составлять приблизительно 5—6 с горизонтом. В случае старта со склона этот угол необходимо уменьшить. (С поверхностью склона он может составлять 10—20°) (рис. 176).

### **Ошибки, их последствия и действия по устранению**

**Угол атаки мал.** В этом случае на разбеге дельтаплан может перейти на отрицательный угол атаки, встречный поток резко опустит нос дельтаплана, и он ударится о землю. Вы пролетите сквозь рулевую трапецию вперед. Выполнив эту «эволюцию», вы сразу поймете, что не зря надели и хорошо застегнули шлем, не забыли надеть перчатки и наколенники.

**Угол атаки велик.** В этом случае дельтаплан будет работать, как тормоз, и тем лучше, чем больше вы попытаетесь набрать скорость. Взлететь с большим углом атаки вам не удастся и вы только сможете извлечь урок из теории полета дельтаплана об увеличении лобового сопротивления при увеличении угла атаки.

**Крен аппарата.** В этом случае, если вам все-таки удастся взлететь с креном, может произойти сваливание на крыло, так как скорость дельтаплана еще недостаточна для эффективного управления. Поэтому на старте очень внимательно следите за кренами и своевременно устраняйте их.

Контроль необходимо выполнять по положению тела относительно рулевой трапеции, высоте боковых балок над землей и руководствуясь указаниями инструктора.

## **Разбег**

**Начинайте интенсивный разбег против ветра с выдерживанием установленного угла атаки и устранением возникающих кренов. Для придания своему дельтаплану необходимой скорости толкайте его плечами и предплечьями вперед.**

**Контроль.** Ваш аппарат должен набирать скорость, не оказывая сильного сопротивления и не стремясь опустить нос. Сопротивление во время разбега должно нарастать плавно. Если оно уменьшается — угол атаки мал, если резко возросло — велик.

Помните, чем интенсивнее вы будете разбегаться, тем меньше будет времени на возникновение возмущающих воздействий по крену и углу атаки и тем быстрее вы достигнете скорости, достаточной для взлета.

## Ошибки, их последствия и действия по устранению

**Вялый разбег.** Он не позволяет достичь взлетной скорости дельтаплана. Кроме того, в этом случае время разбега увеличивается и появляется большая вероятность возникновения кренов и изменения углов атаки за пределы нормальных. Помните, что на малых скоростях дельтаплан неустойчив и требует больших затрат сил по его управлению.

При разбеге по склону угол атаки будет больше, чем при разбеге по горизонтальному участку, при одинаковом положении плоскости дельтаплана относительно горизонта (рис. 177). Учитывайте это при переходе с горизонтального участка стартовой площадки на склон.

**Крен.** Как об этом говорилось выше, он может привести к сваливанию на крыло. Для устранения крена на разбеге, не уменьшая скорости, сделайте шаг в сторону опустившегося крыла и переместите в ту же сторону ручку рулевой трапеции, вращая плоскость крыла вокруг точки опоры его на плечи. В случае большого крена лучше прекратить разбег.

**Разбег нормальный,** но у спортсмена психологический страх взлететь. Это приводит к тому, что он начинает замедлять свой бег, а дельтаплан по инерции падает вперед.

**Ранний отрыв.** Эта ошибка является следствием того, что спортсмен, не достигнув взлетной скорости, отдает ручку. Аппарат может немного взлететь, но тут же опуститься на землю.

Другой ошибкой бывает желание спортсмена, не достигнув взлетной скорости, оторваться путем прыжка вверх. Этого ни в коем случае делать нельзя. Полет — это скорость! Все попытки взлететь, не достигнув необходимого для этого минимума скорости, окончатся неудачей.

## Взлет

**В конце разбега сделайте последний, сильный толчок ногами (вперед, но не вверх) и кратковременно отдайте немного ручку управления, помогая этим своему дельтаплану оторваться от земли.**

При достаточной скорости и крутом склоне возможен взлет и без отдачи ручки.

**Контроль.** Момент отрыва вы почувствуете по тому, что через подвесную систему дельтаплан все сильнее и сильнее будет тянуть вас вверх. Бежать будет трудно, так как ноги начинают отрываться от земли. Ваш аппарат не должен после отрыва резко взмывать вверх.

## Ошибки, их последствия и действия по устранению

**Сильная отдача ручки.** Эта ошибка приведет к потере скорости, которая и так еще мала для нормального полета. Помните, что отдача ручки нужна только для отрыва вашего дельтаплана от земли, но не для набора высоты.

Если дельтаплан потерял скорость после отрыва, то плавно возьмите ручку трапеции на себя для увеличения скорости. В случае отсутствия запаса высоты для набора скорости необходимо приземлиться, энергично отдав ручку управления. Этим вы увеличите подъемную силу крыла и обеспечите более мягкую посадку.

## Набор скорости после отрыва

Сразу после отрыва плавно возьмите ручку на себя для набора необходимой скорости и поочередно перенесите руки с боковых стоек на ручку трапеции.

**Контроль.** После взятия ручки на себя ваш аппарат должен плавно опустить нос и перейти на набор скорости. Время взятия ручки на себя после взлета обычно не превышает 2—3 с. Слишком резкое снижение говорит о чрезмерном взятии ручки управления на себя (рис. 178).

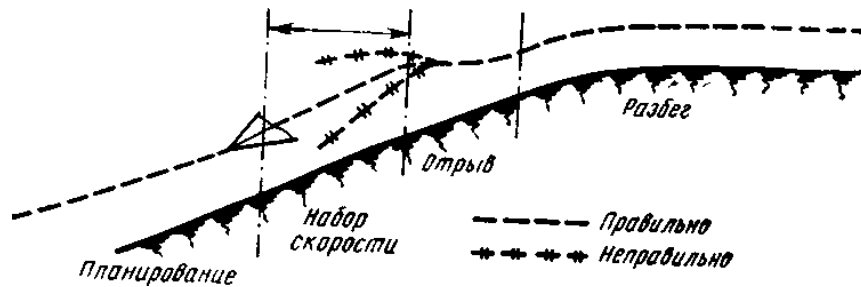


Рис. 178. Набор скорости после отрыва

### Ошибки, их последствия и действия по устранению

**Чрезмерное перемещение ручки управления на себя.** Эта ошибка может привести к переходу в пикирование, а малая высота полета не даст возможности своевременно вывести из него аппарат.

**Запаздывание с переносом рук на ручку трапеции.** Это приводит к тому, что сильно затрудняется управление аппаратом. Здесь необходимо пояснить вопрос, который часто задают начинающие дельтапланеристы: «Как переносить руки с боковых стоек на ручку трапеции?» Лучше всего их переносить по очереди, чтобы не терять контроля над управлением аппарата.

**Переход на режим планирования.** После набора необходимой скорости плавно верните ручку трапеции в положение, соответствующее нормальному режиму планирования.

Удалившись от склона на безопасное расстояние, приступайте к выполнению полетного задания.

### Трудности, возникающие при старте

**При разбеге ветер заходит сбоку (меняет направление).** Это явление встречается довольно часто, особенно в горах, где ветры нестабильны. Чтобы избежать неприятностей от такого рода явлений, достаточно развернуть нос дельтаплана против ветра и продолжать разбег вдоль линии наибольшего уклона.

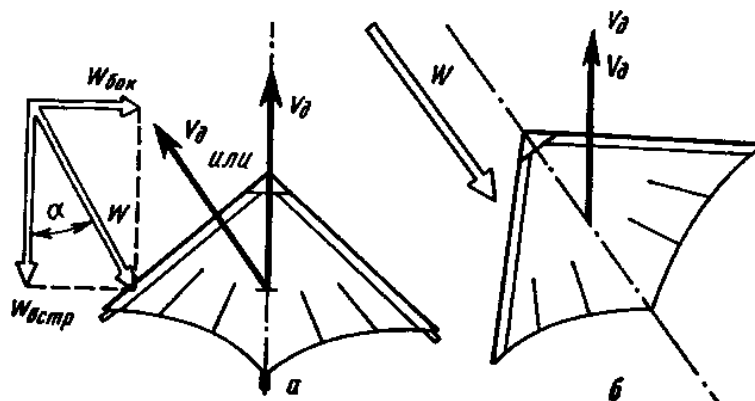


Рис. 179. Влияние бокового ветра на старт дельтаплана:  
а — неправильный старт; б — правильный старт

Такой маневр называется движение крабом и требует определенного навыка (рис. 179). Если все-таки управление затруднено, то лучше всего остановиться.

**Спортсмен разбегается «изо всех сил», а аппарат не взлетает.** Рассмотрим несколько возможных причин.

1. Очень мал угол атаки.
2. Вашей скорости недостаточно для взлета.

Необходимо знать, что для взлета необходимо развить скорость относительно воздуха около 25 км/ч. Сделать это с дельтапланом на плечах довольно трудно, но вполне возможно, если вы возьмете в союзники встречный ветер.

3. Слишком пологий склон выбран для взлета.
4. Ваш аппарат неправильно сбалансирован или неправильно установлена рулевая трапеция и выбрана точка подвески пилота. Попросите опытного спортсмена испытать ваш дельтаплан, чтобы убедиться в этом окончательно.

## ПЛАНИРОВАНИЕ

После отрыва от земли и набора скорости вы переходите на режим планирования. На этапе обучения лучше поддерживать скорость немного большую, чем скорость минимального снижения. Запас скорости необходим для лучшей управляемости и устойчивости вашего аппарата.

Отдавая ручку управления, вы увеличиваете угол атаки, при этом скорость дельтаплана уменьшается.

Перемещая ручку управления к себе, вы уменьшаете угол атаки, а скорость при этом увеличивается.

Эти движения нужно делать плавно и на небольшую величину. При наличии ветра угол планирования, а соответственно и дальность полета будут меняться. (См. «Теория полета дельтаплана».)

**Контроль скорости** может осуществляться по нескольким признакам:

- по шуму ветра в ушах,
- по положению рулевой трапеции относительно тела,
- по поведению аппарата,
- по указателю скорости или угла атаки.

**НИ В КОЕМ СЛУЧАЕ НЕ ПРИВЫКАЙТЕ КОНТРОЛИРОВАТЬ СКОРОСТЬ ПО ПЕРЕМЕЩЕНИЮ ОТНОСИТЕЛЬНО ЗЕМЛИ. ЭТО ОЧЕНЬ ГРУБАЯ ОШИБКА.**

Рассмотрим признаки увеличения и уменьшения скорости.

### Скорость уменьшается:

- стихает шум ветра в ушах;
- аппарат начинает резко снижаться, т. е. он переходит на режим парашютирования (не путать с пикированием);
- в полете аппарат становится неустойчивым по крену;
- ручка трапеции ушла вперед от нормального полетного положения. **На каждом аппарате для определенного интервала масс спортсменов положение ручки в нормальном режиме полета точно определено.** Запоминайте это положение по отношению к телу при полетах ваших товарищей, отработайте его на тренажере и в полете, контролируйте это положение (рис. 180).

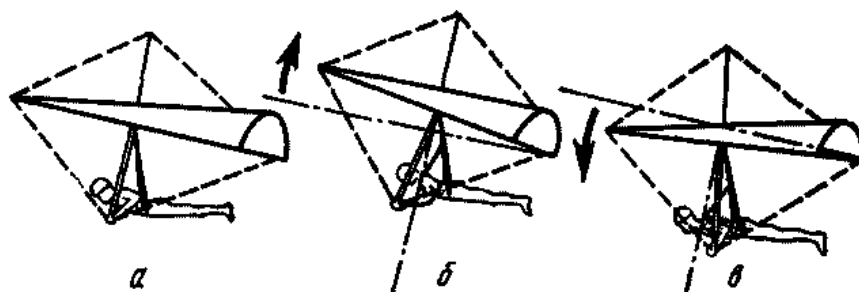


Рис. 180. Контроль скорости по положению ручки рулевой трапеции:  
а-нормальная скорость; б-скорость мала; в-скорость велика

### Скорость увеличивается:

- усиливается шум ветра в ушах;
- ручка трапеции ушла назад от нормального полетного положения.



## Ошибки, их последствия и действия по устранению

**Потеря скорости.** При высоте менее 5 м активно устраняйте возникающие крены и приготовьтесь к приземлению на режиме парашютирования. Имейте в виду что парашютирование с высоты более 5 м опасно

При высоте более 10 м возьмите плавно ручку управления на себя, наберите скорость, а перед посадкой отдайте ручку (рис. 181).

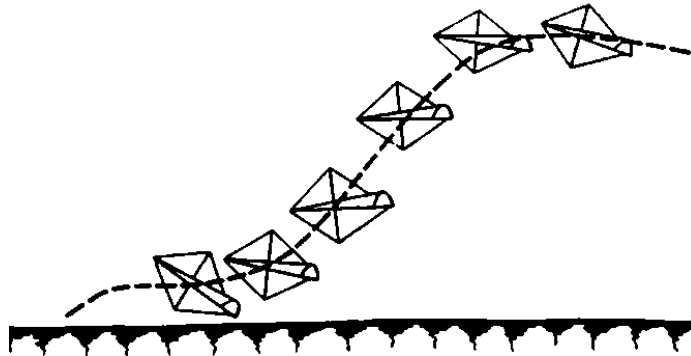


Рис. 181. Траектория дельтаплана при потере скорости

**Пикирование.** В этом случае плавно отдайте ручку управления до перехода дельтаплана в нормальный режим полета. В случае если высота мала, ручку отдавайте резко.

**Сваливание на крыло и переход в штопор.** Если при первых признаках потери скорости ваши действия были недостаточно правильными и активными, то дальнейшая ее потеря приведет к срыву потока на крыле, сваливанию на крыло (при малой высоте) и переходу в штопор (при большой высоте).

Выход из данной ситуации более сложен, так как необходимо управлять своим дельтапланом как по крену, так и по углу атаки. Сваливание на крыло чаще всего ведет к развороту на склон и падению на него (рис. 182). В данной ситуации действуйте следующим образом: не теряйтесь, возьмите плавно ручку управления на себя (для набора скорости) и переместите тело в сторону, противоположную крену. При наличии запаса высоты, правильных действиях вы можете успеть набрать необходимую скорость и вывести свой дельтаплан в нормальный режим полета.

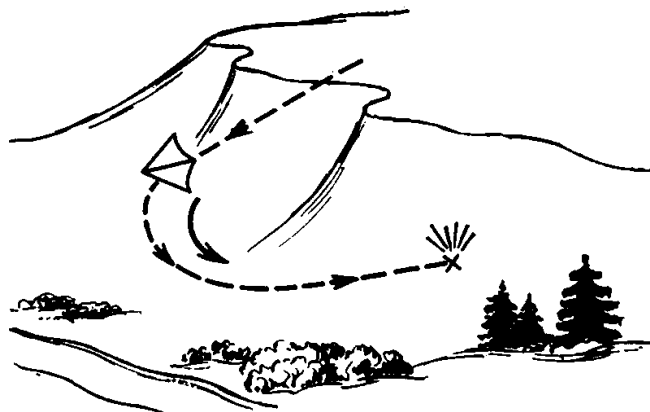


Рис. 182. Потеря скорости и разворот на склон

Необходимо помнить одно правило. Если у вас недостаточно высоты для вывода дельтаплана, то лучше совершить посадку с креном. При этом первыми удар о землю примут элементы конструкции каркаса (они будут работать как амортизаторы), а вы сами сможете избежать прямой встречи с землей.

Если вас несет на склон, то не отдавайте ручку управления от себя раньше времени, а сделайте это на высоте 2—3 м.

## ПОВОРОТЫ

Повороты на дельтаплане осуществляются путем перемещения тела пилота в сторону поворота (вправо-влево) относительно рулевой трапеции (рис. 183).

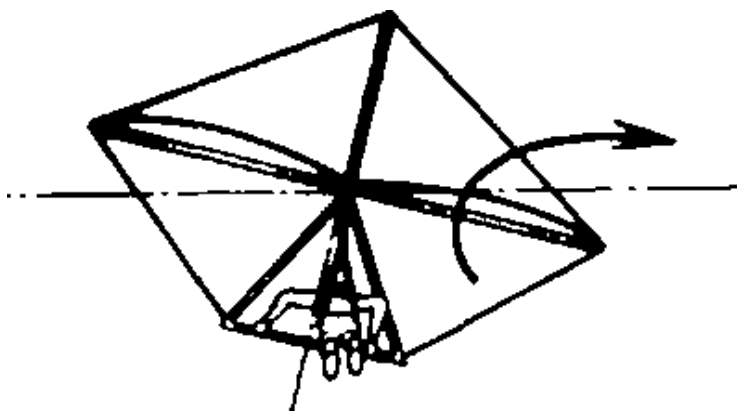


Рис. 183. Перемещение центра тяжести для выполнения виража на дельтаплане

Самое главное при выполнении поворотов — это правильное перемещение пилота относительно рулевой трапеции. Ошибка многих начинающих дельтапланеристов в том, что они подменяют перемещение тела его поворотом (рис. 184).

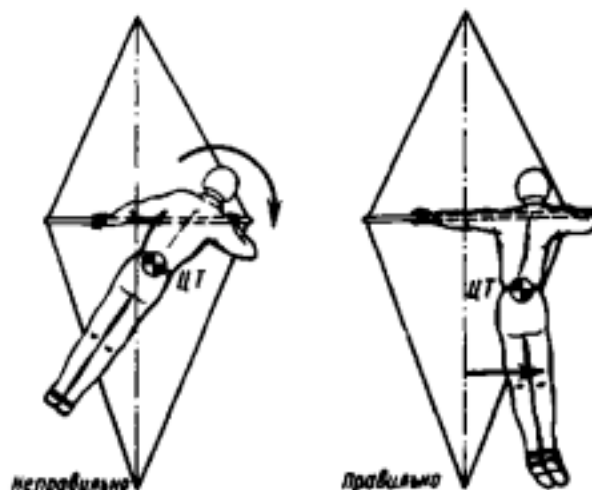


Рис. 184. Правильный и неправильный перенос центра тяжести спортсмена при выполнении виража на дельтаплане

Выполнение поворота условно можно разделить на четыре этапа:

- увеличение скорости (взять ручку управления на себя),
- перемещение тела в сторону поворота,
- выдерживание ручки управления. Во время выдерживания можно кратковременно от-  
дать ее от себя для уменьшения радиуса поворота,
- перемещение тела в нейтральное положение (относительно ручки управления) или  
кратковременно в сторону, противоположную повороту.

Прежде чем начать поворот, убедитесь в том, что путь свободен. Имейте всегда запас высоты и свободного пространства для выполнения поворотов. Повороты на высоте менее 10 м не выполняйте. Освоение поворотов начинайте постепенно с поворотов на 30—45°.

При выполнении поворота следует помнить, что вам необходимо будет сделать еще один противоположный поворот для захода на посадку против ветра.

**Контроль.** Правильность выполнения поворотов контролируйте по углу крена, времени перемещения и выдерживания тела пилота. Крен должен быть не более 25—30°. Необходимо учитывать, что при перемещении тела дельтаплан не сразу входит в поворот, а с некоторым запаздыванием, которое тем больше, чем выше скорость аппарата. То же самое, но в меньшей мере, наблюдается при выводе дельтаплана из поворота.

Ошибки, их последствия и действия по устранению

Мала скорость при входе в поворот. Эта ошибка влечет за собой сваливание на крыло. Если вы почувствовали, что дельтаплан помимо вашего желания увеличивает крен и уменьшает радиус поворота, то плавно возьмите ручку на себя (для набора скорости), а затем сделайте контрповорот. При своевременных и правильных действиях ваш аппарат выйдет из этой ситуации.

Скорость входа в поворот велика. При этом увеличивается радиус поворота. Если вам необходимо его уменьшить, то кратковременно отдайте ручку.

## ПОСАДКА

Снизившись до высоты приблизительно 10 м, закончите выполнение поворотов, зайдите против ветра, выровняйте крены и приготовьтесь к посадке.

Процесс посадки можно условно разделить на:

- выравнивание;
- выдерживание;
- собственно посадку (парашютирование);
- пробежку (рис. 185).

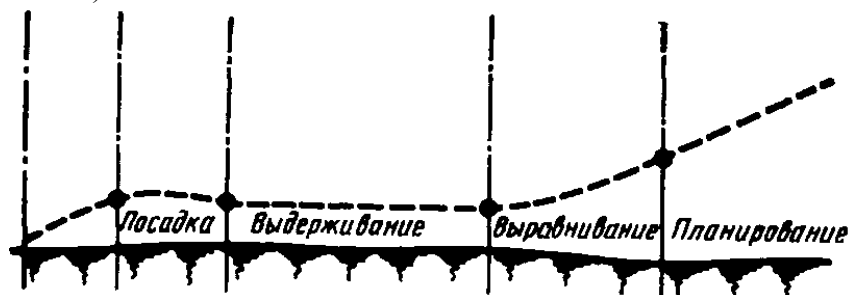


Рис. 185. Этапы посадки

Рассмотрим последовательность действий спортсмена при посадке:

- на высоте около 5 м возьмите немного ручку управления на себя для увеличения скорости и лучшей устойчивости вашего дельтаплана;
- на высоте 2—3 м начинайте плавно отдавать ручку управления для увеличения угла атаки и уменьшения скорости. Выровняйте аппарат до горизонтального полета;
- удерживайте свой дельтаплан в горизонтальном полете на высоте 1—1,5 м. При этом его скорость будет уменьшаться и начнет проявляться действие экранного эффекта земли, которое заключается в том, что на высоте 0,5—2 м дельтаплан будет лететь по более пологой траектории;
- на высоте 0,5 м, когда скорость аппарата снизится до минимальной, необходимо отдать ручку управления. При этом лобовое сопротивление дельтаплана значительно возрастет, скорость уменьшится практически до нуля и вы плавно приземлитесь;
- при наличии остаточной горизонтальной скорости совершите пробежку со своим дельтапланом вперед, удерживая большой угол атаки;
- поставьте дельтаплан на нос и сразу же отстегните подвесную систему.

**Контроль.** Все этапы посадки контролируйте по высоте полета дельтаплана над площадью приземления и его скорости. По мере приближения к земле скорость ветра, если он есть, падает, что вызывает увеличение скорости полета аппарата относительно земли. Помните, что ваша скорость относительно земли равна разности скорости дельтаплана и скорости ветра, т. е.

$$V_3 = V - W.$$

Допустим, что на высоте 5 м скорость ветра равна 15 км/ч, а на уровне земли 5 км/ч. Тогда при скорости дельтаплана на посадке 25 км/ч в первом случае вы будете лететь относительно земли со скоростью  $(25 - 15) = 10$  км/ч, а во втором — со скоростью  $(25 - 5) = 20$  км/ч.

## Ошибки, их последствия и действия по устранению

**Заход на посадку с боковым ветром.** При посадке с боковым ветром увеличивается вероятность ошибки в ориентировании аппарата против ветра, так как начинающие дельтапланеристы часто разворачивают свой аппарат навстречу набегающей земле.

При ветре слева земля на посадке будет набегать спереди и справа. И если вы развернете свой дельтаплан навстречу набегающей земле вправо, то это только ухудшит ваше положение, так как в конечном счете вы приземлитесь по ветру (рис. 186,а). Для правильной посадки в данном случае необходимо развернуть дельтаплан против ветра, т. е. влево (рис. 186,б). Направление ветра на площадке приземления определяется с помощью ветроуказателя.

Если вы вынуждены садиться с боковым ветром, то в данной ситуации необходимо пробежку после посадки совершать в направлении движения вашего аппарата, стараясь развернуть его при этом против ветра (пробежка «крабом»).

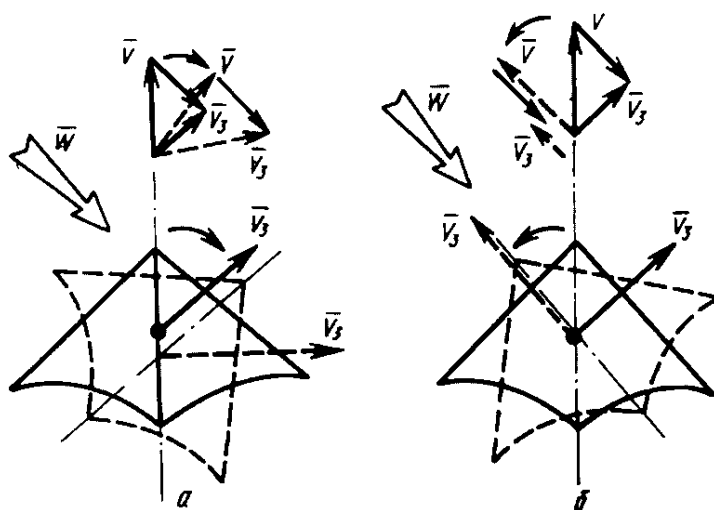


Рис. 186. Действие бокового ветра на перемещение дельтаплана относительно земли при посадке:

а — неправильно; б — правильно

**Недостаточно энергичная отдача ручки при приземлении.** Это приведет к тому, что вы приземлитесь с большой скоростью, при этом возможны падение и поломка аппарата.

**Позднее выравнивание и резкая отдача ручки от себя.** Это приведет к резкому взмыванию аппарата и падению со сваливанием на крыло. Если вы почувствуете, что после отдачи ручки ваш дельтаплан резко пошел вверх, то плавно возьмите ручку управления на себя.

Поздний вывод дельтаплана из поворота перед посадкой. В этом случае вы можете задеть консолью землю, дельтаплан развернет и возможна его поломка.

Чтобы избежать резкого столкновения с землей при неудачной посадке, рекомендуется устанавливать на ручку рулевой трапеции колеса, которые не только смягчат ваше приземление, но и защитят руки. Также можно закрепить подвесную систему за килевую балку таким образом, чтобы, не ограничивая возможностей пилота по управлению дельтапланом, предохранить его от ударов об элементы конструкции аппарата.

## ПАРЯЩИЕ ПОЛЕТЫ В ПОТОКАХ ОБТЕКАНИЯ

Если вы усвоили весь предыдущий материал и накопили достаточный опыт планирующих полетов, то следующим этапом вашей подготовки должен быть переход к выполнению элементов парящих полетов в потоках обтекания, куда входят полеты при ветре до 8 м/с с поворотами на 180°. Эти полеты обладают рядом специфических особенностей, обусловленных распределением направлений и величин скоростей потока при обтекании горы ветром.

Уровень мастерства спортсмена должен соответствовать этим условиям, а задача инструктора или руководителя полетов — определить возможность допуска спортсмена к паря-

щим полетам.

Рассмотрим некоторые характерные особенности рельефа склона и способы полета над ним.

### Мыс

Условия его обтекания таковы, что он рассекает поток и воздух движется почти параллельно его кромкам, практически не создавая вертикальной составляющей. При старте с мыса возникает необходимость разворачиваться после старта по ветру и идти к склону (траектория 1), где возможен набор высоты. Этот маневр достаточно сложен. При движении вперед и в сторону (траектория 2) вы сразу далеко уйдете от склона (рис. 187).

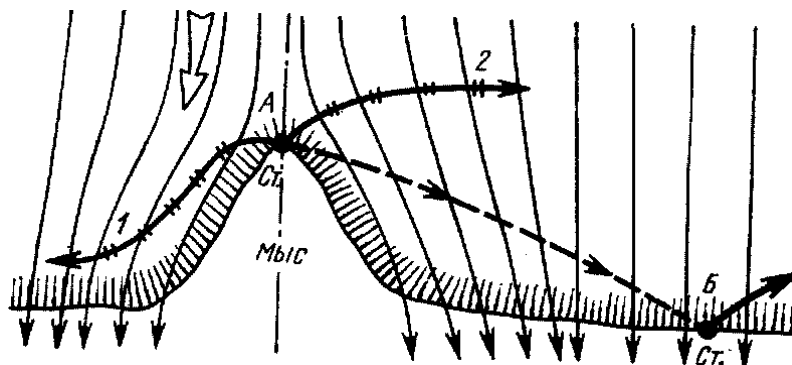


Рис. 187. Обтекание ветром мыса и выбор точки старта на нем (старт необходимо перенести в точку Б)

Условия полета над мысом в значительной мере определяются его размерами и формой. При полете над мысом возможна потеря высоты (рис. 188).

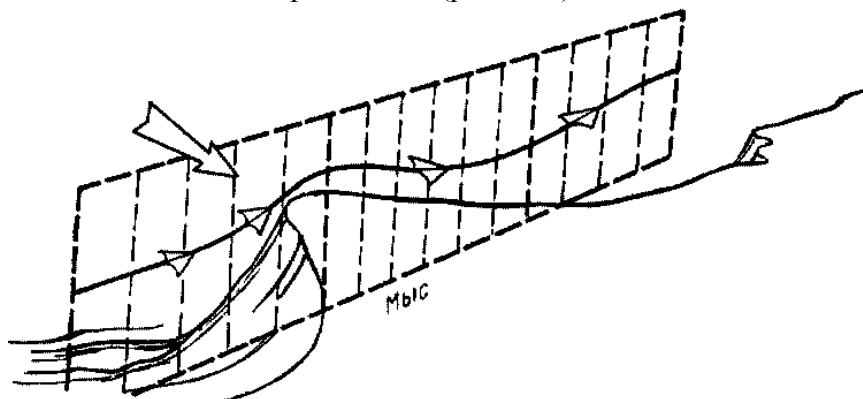


Рис. 188. Полет над мысом

Если вы летите к мысу, имея достаточный запас высоты, то вам необходимо действовать следующим образом:

- наберите максимум высоты перед приближением к мысу;
- летите над мысом на скорости, несколько большей наивыгоднейшей, учитывайте возможную потерю высоты;
- пройдя мыс, возобновите нормальный полет вдоль склона.

Если мыс имеет значительную ширину или у вас нет необходимого запаса высоты, то обойдите этот мыс.

### Лощина

Условия обтекания лощины показаны на рис. 189. При полете над лощиной также возможна потеря высоты, как и при полете над мысом (рис. 190).

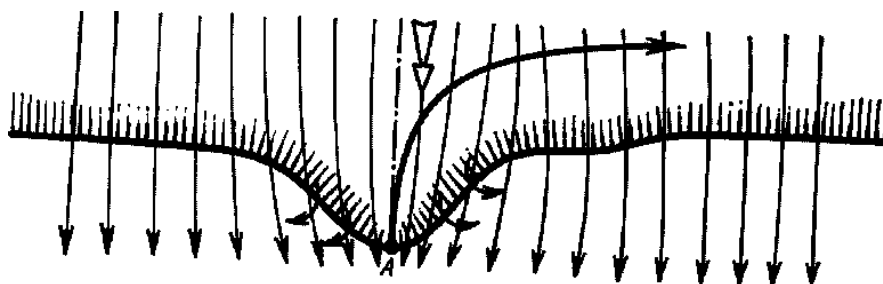


Рис. 189. Обтекание ветром лощины и выбор точки старта на ней

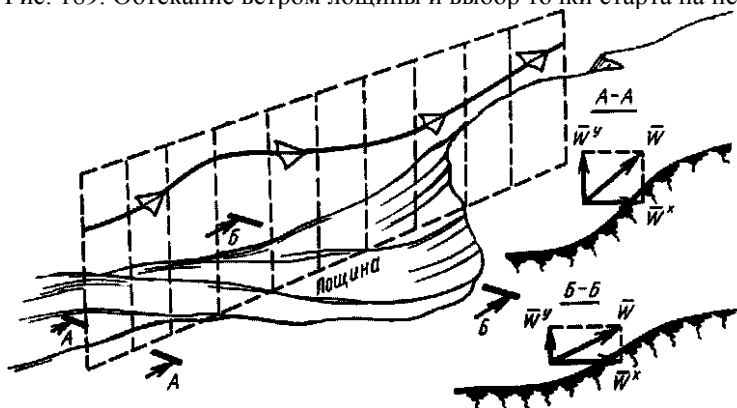


Рис. 190. Полет над лощиной

Если лощина достаточно широкая, то можно лететь вдоль ее склонов. При глубокой и узкой лощине лучше перелететь ее по кратчайшему пути.

Мыс и лощина еще опасны тем, что при ветре, направленном не по их оси, с подветренной стороны образуется турбулентность. Старт необходимо выполнять с наветренной стороны склона и двигаться по указанной траектории (рис. 191).

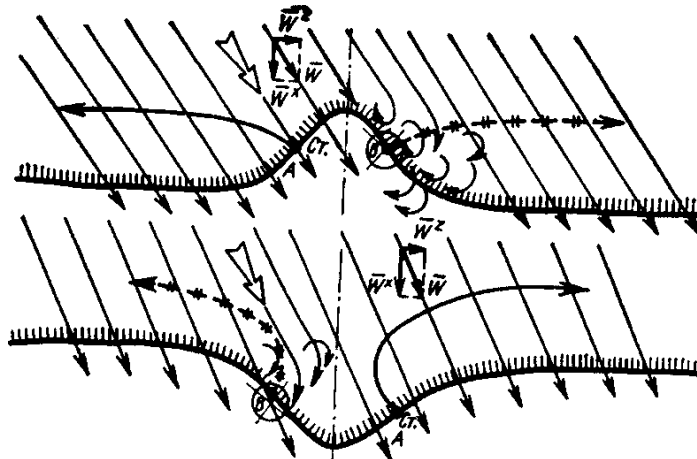


Рис. 191 Турбулентность у мыса и лощины при действии бокового ветра и выбор точки старта на них

### Обрыв

В этом случае на вершине образуется опасная турбулентная зона (рис. 192), поэтому полеты над обрывом следует совершать на достаточном удалении от него и максимально возможной высоте. Старт с обрыва при сильном ветре опасен.

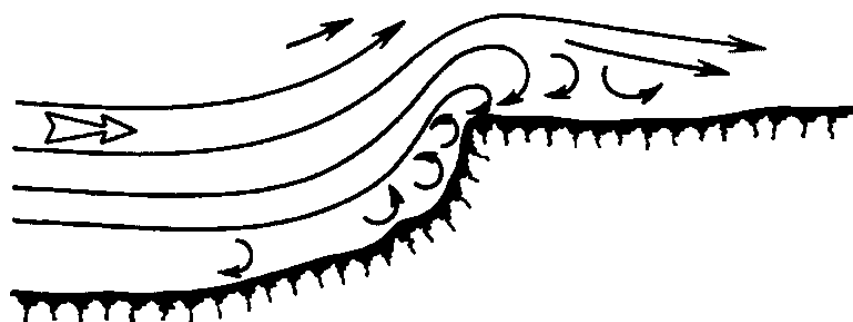


Рис. 192. Турбулентность у обрыва

При выполнении парящих полетов особое внимание необходимо обращать на выбор места старта и наличие безопасных мест посадки вдоль всей трассы полета на случай выхода из потока.

**Влияние препятствий, расположенных ниже точки старта.** К ним можно отнести кусты, деревья, скалы, строения, бугры и т. д. Все они образуют завихрения, в которые после старта может попасть дельтаплан (рис. 193). Поэтому место старта должно иметь плавный переход от склона к вершине, большое протяжение по фронту, отсутствие препятствий ниже точки старта, а также плоскую, достаточно протяженную вершину для обеспечения посадки на нее.

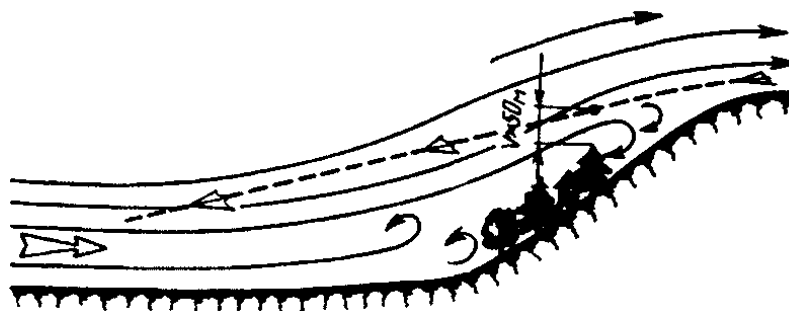


Рис. 193. Препятствия ниже точки старта и минимальная высота полета над ними

В случае сильного ветра старт необходимо совершать со страхующим, который должен держать ваш аппарат за передние растяжки. В момент старта он по вашей команде отбегает в сторону и вы стартуете. Не ждите, когда ветер начнет «трепать» ваш дельтаплан.

В сильный ветер старт происходит практически с места. После старта возьмите немного ручку управления на себя, наберите скорость, отойдите от склона и только после этого начинайте поворот вдоль склона. Не делайте поворот сразу после отрыва, так как у вас недостаточен запас скорости и возможен снос на склон.

**НЕ ЗАБЫВАЙТЕ О ТУРБУЛЕНТНОСТИ И ГРАДИЕНТЕ ВЕТРА У ЗЕМЛИ.**

При старте на крутом склоне и сильном ветре вас может «подбросить» почти вертикально вверх. Опасайтесь в этот момент брать резко ручку на себя или отдавать ее. Контролируйте скорость.

Посадку на вершину необходимо выполнять, имея запас высоты над вершиной, достаточный для выполнения поворота на угол более  $90^\circ$  и выравнивания аппарата перед посадкой (рис. 194). Место посадки должно находиться по возможности дальше от перегиба склона (30—50 м).





склона в долину» – необходимо приблизиться к склону;

– красный флаг поднят над головой, белый вытянут в сторону склона – «прекратить полет и садиться на склон или вершину»;

– красный флаг поднят над головой, белый вытянут в сторону долины – «прекратить полет и садиться в долину».

При парении над склоном нескольких дельтапланов поданный сигнал принимается и исполняется спортсменом, летящим впереди других в сторону старта.

Спортсмен-дельтапланерист при полете вдоль склона в сторону старта обязан внимательно следить за стартом и сигналами, подаваемыми руководителем полетов или конструктором. Парящие полеты нескольких дельтапланов над одним склоном можно проводить лишь при наличии широкого восходящего потока и достаточной протяженности склона, не затрудняющих расхождения аппаратов на встречных курсах.

### Правила расхождения дельтапланов в воздухе

Если при парении над одним склоном находятся два и более дельтаплана, то они в своем движении должны подчиняться определенным правилам. Эти правила заключаются в следующем:

1. Каждым спортсменом должна проявляться внимательность и осмотрительность, чтобы он мог заметить и избежать столкновения с другими дельтапланами или препятствиями.

2. Спортсмен, находящийся в аварийной ситуации, имеет преимущество прохода перед всеми другими участниками полетов, которые должны уступать ему дорогу.

3. Когда два спортсмена летят на встречных курсах приблизительно на одной высоте, то они должны свернуть вправо и разойтись левыми консолями.

4. Если курсы двух дельтапланов пересекаются, то право пути имеет тот, кто летит справа, т. е. если спортсмен видит дельтаплан справа от своего курса, то он должен уступить дорогу и сделать поворот вправо, чтобы разойтись с другим дельтапланом (рис. 196).

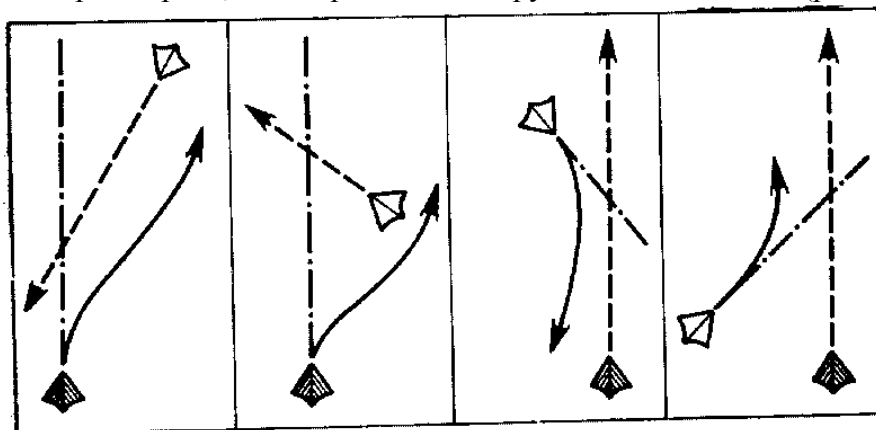


Рис. 196. Правила расхождения при пересекающихся курсах

5. Обгоняющий спортсмен должен пролетать правее обгоняемого. Обгоняемый дельтаплан имеет право пути, однако он не должен пользоваться этим правом для пересечения курса обгоняющего дельтаплана. Обгон на развороте запрещен.

6. Не допускается сближение дельтапланов в воздухе на расстояние менее 50 м.

7. Не допускается делать повороты на истинном или предполагаемом курсе другого дельтаплана. Перед поворотом убедитесь, что путь свободен.

8. Повороты должны совершаться только от склона, т. е. навстречу ветру.

9. Спортсмен, делающий заход на посадку или совершающий ее, имеет преимущество перед другими спортсменами, находящимися в воздухе.

10. Спортсмен, летящий или стартующий выше, сзади, уступает дорогу дельтапланам, летящим или стартующим ниже, впереди, и отвечает за безопасность полета.

11. Движение дельтапланов при парящих полетах вдоль склона должно быть организовано против хода часовой стрелки, т. е. при движении вправо держаться ближе, а при движении влево – дальше от склона (рис. 197).

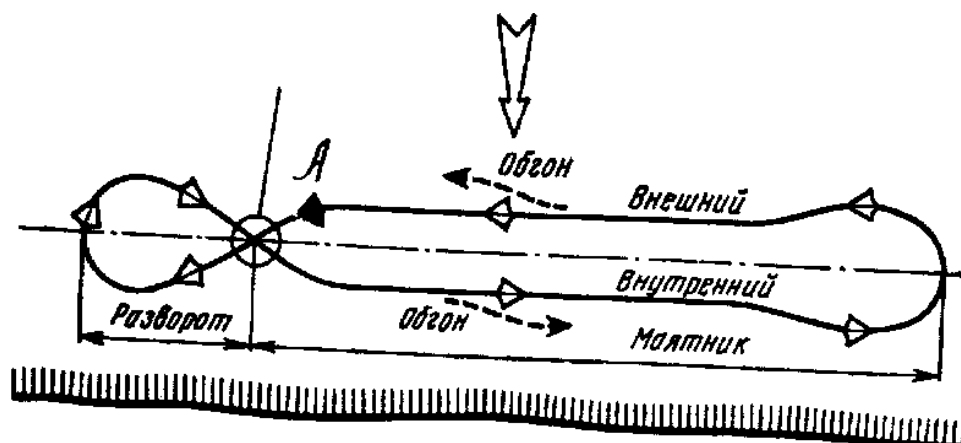


Рис. 197. Движение дельтапланов при парящих полетах вдоль склона

12. Спортсмен, находящийся в воздухе, имеет преимущество перед стартующим.

13. На развороте (рис. 197) должен быть только один дельтаплан, поэтому не следует близко подходить к дельтаплану, начинающему заход на разворот. Если же это произошло, то дельтаплан А должен отвернуть вправо и войти в разворот только после освобождения места поворота.

## ДЕЙСТВИЯ СПОРТСМЕНА В ОСОБЫХ СЛУЧАЯХ ПОЛЕТА

Каждый спортсмен обязан знать порядок своих действий в особых случаях полета, систематически тренировать на земле и в воздухе эти действия по управлению дельтапланом.

Действия спортсмена и РП зависят от характера особого случая и должны быть инициативными, уверенными и в первую очередь направленными на сохранение жизни спортсмена. К особым случаям полета относятся следующие:

- попадание в опасные метеоусловия (сильная болтанка, ветер);
- потеря пространственной ориентировки;
- попадание в зону спутной турбулентности от впереди летящего дельтаплана;
- ухудшение состояния здоровья;
- попадание в режимы, при которых дельтаплан непреднамеренно теряет устойчивость и управляемость;
- затягивание в облака;
- вынужденная посадка вне посадочной площадки;
- посадка на воду;
- посадка на строения;
- посадка на линию электропередач;
- частичная поломка дельтаплана в воздухе.

### Действия спортсмена при попадании в опасные метеоусловия

- Определить причину возникновения турбулентности и ее зону;
- Изменить курс полета в сторону наикратчайшего пути выхода из зоны болтанки;
- Устранять крены. Действия спортсмена должны быть не резкими во избежание раскачки дельтаплана по крену и тангажу;
- Скорость поддерживать наивыгоднейшей. Как правило, в такую ситуацию спортсмен может попасть при парении и при полете по маршруту.

### Действия спортсмена при потере пространственной ориентировки

- Зафиксировать свое тело относительно середины рулевой трапеции;
- Скорость держать наивыгоднейшей и ждать момента выхода из облаков или появления линии естественного горизонта, наземных ориентиров;
- При появлении ориентиров спортсмен производит ориентировку и заходит на посадку.

Потеря пространственной ориентировки происходит при попадании в облака, ливневый дождь, сильную дымку, туман и другие условия, при которых не просматривается линия естественного горизонта.

#### **Действия спортсмена при попадании в зону спутной турбулентности от впереди летящего дельтаплана**

Создать крен и уйти в сторону. Спортсмен должен знать физическую сущность спутной турбулентности от впереди летящего или стартующего дельтаплана и стремиться пересекать ее перпендикулярно.

#### **Действия спортсмена при ухудшении состояния здоровья**

Немедленно прекратить полет и произвести заход на посадку. Ухудшение состояния здоровья может произойти при продолжительном полете.

#### **Действия спортсмена при попадании в режимы, при которых дельтаплан непреднамеренно теряет устойчивость и управляемость**

а) при попадании в штопор: плавно притянуть ручку управления к себе, а затем выровнять дельтаплан (обычно это достигается перемещением спортсмена в сторону, противоположную возникшему крену);

б) при попадании во флаттерное пикирование, вывести из которого дельтаплан спортсмену не удастся: воспользоваться средствами спасения, если таковые имеются.

В случае неизбежного падения необходимо:

- встать ногами на ручку трапеции и откинуться на зад;
- перед встречей с землей немного согнуть ноги в коленях и напрячь их.

#### **Действия спортсмена при затягивании в облака**

Установить скорость немного больше наивыгоднейшей; лететь к ближайшему краю облака для вывода дельтаплана из потока. Данная ситуация может возникнуть при полете под нижней кромкой облаков в условиях сильных восходящих потоков и развивающейся кучево-дождевой облачности.

#### **Действия спортсмена при вынужденной посадке вне посадочной площадки**

Выбрать площадку с наименьшим количеством искусственных и естественных препятствий; определить направление ветра у земли (по дыму, пыли, деревьям, волнам и т. д.); при посадке на посеvy и кустарник верхушки растительности принимать за поверхность земли; при посадке на болото или кустарник выбирать участок с наиболее густой растительностью.

#### **Действия спортсмена при посадке на воду**

Рассчитать свой курс так, чтобы приводниться по возможности ближе к берегу; перед посадкой сделать глубокий вдох и задержать дыхание; после приводнения отсоединить подвесную систему и вынырнуть из-под дельтаплана. В случае зацепления за конструкцию дельтаплана не суетиться, а спокойно произвести отцепление и вынырнуть на поверхность.

#### **Действия спортсмена при посадке на лес**

Выбрать для посадки наиболее густую крону лиственного дерева или плотную группу деревьев одинаковой высоты; посадку производить на режиме парашютирования, принимая вершины крон за поверхность земли; после посадки взяться за ближайшую толстую ветвь и осмотреться; если дельтаплан висит непрочно и до ствола далеко, ожидайте помощи группы спасения.

### **Действия спортсмена при посадке на строения**

Выбрать широкую и плоскую крышу без проводов и антенн; посадку совершать на ближнюю часть крыши; если посадка произошла на дальнем крае крыши, то после посадки оттолкнуться от него и совершить старт для продолжения полета.

### **Действия спортсмена при посадке на линию электропередач**

Сделать маневр и попытаться «поднырнуть» под провода; если это не удалось, то приземляйтесь на один из крайних проводов и ни в коем случае не допускайте касания хотя бы еще одного провода.

### **Действия спортсмена при частичной поломке дельтаплана в воздухе**

Немедленно осмотреть дельтаплан и определить повреждение; встать ногами на ручку трапедии или растяжки под сохранившуюся часть купола и все усилия прилагать для поддержания горизонтального полета; перед ударом о землю напрячь все мышцы и немного согнуть ноги в коленях и тазобедренных суставах.

### **Действия спортсмена по устранению столкновения с прочими препятствиями**

Систематически производить осмотр воздушного пространства; при обнаружении препятствий определить их положение и принять решение на маневр для предупреждения столкновения (отвернуть вправо или влево, уйти вверх или вниз).

## **ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ НА ДЕЛЬТАПЛАНАХ**

Главной задачей клубов дельтапланеризма ДОСААФ является высококачественное выполнение планов летной и теоретической подготовки в установленные сроки, безусловное обеспечение безопасности полетов и исключение летных и чрезвычайных происшествий.

Безопасность полетов обеспечивается в первую очередь четкой их организацией и высококачественной подготовкой к ним пилотов-дельтапланеристов. Среди мероприятий по подготовке к полетам одно из важных мест занимает составление плановой таблицы. Правильно составленная таблица значительно облегчает руководство и создает благоприятные условия для обеспечения безопасности полетов.

Соблюдение методической последовательности в отработке задач и упражнений (от простого к сложному), совмещение теории с практикой, соответствие поставленных задач уровню подготовки, достигнутому каждым пилотом (спортсменом), также играют большую роль в обеспечении безопасности полетов.

Знание конструкции и правильная эксплуатация дельтаплана, обязательный предполетный осмотр аппарата и подвесной системы (в полетном положении), использование класса (типа) дельтаплана, соответствующего уровню подготовки пилота, во многом определяют безопасность полетов.

В успешном решении задачи обеспечения безопасности полетов важная роль принадлежит пилоту-дельтапланеристу, непосредственно выполняющему задание в воздухе. От того, как он будет подготовлен, как будет действовать в воздухе, от его моральных и волевых качеств, дисциплины и глубокого понимания своего долга и высокого чувства ответственности за точное выполнение полетного задания во многом будет зависеть безопасность, а отсюда и благополучный исход каждого полета.

Значительное влияние на безопасность выполнения конкретного полетного задания оказывает физиологическое, психологическое и эмоциональное состояние пилота перед данным вылетом. Одна из первостепенных задач медицинского обеспечения полетов — тщательный медицинский контроль за пилотами и оказание первой медицинской помощи в случае необходимости.

Метеорологические условия оказывают существенное влияние на выполнение всех видов полетов и их безопасность. Каждый пилот обязан уметь своевременно и грамотно оценивать метеорологическую обстановку и принимать правильное решение в случае ее изменения. Фактические и ожидаемые метеоусловия должны соответствовать уровню подготовки пилота-дельтапланериста.

Большая роль в обеспечении безопасности полётов принадлежит руководству полетами. Руководство полетами – это комплекс действий руководителя полетов (РП) и подчиненных ему лиц групп руководства и обеспечения направленных на четкое и непрерывное регулирование движением дельтапланов на земле и в воздухе с целью обеспечения своевременного и высококачественного выполнения полетных заданий каждым пилотом-дельтапланеристом с соблюдением безопасности полетов, проведение предварительной и предполетной подготовки.

Важное значение для безопасности полетов имеет умение пилота вести себя осмотрительно и умело действовать в особых случаях полета.

Строгий контроль за состоянием дельтадрома также способствует повышению безопасности полетов на дельтапланах.

## **ПАМЯТКА НАЧИНАЮЩЕМУ ДЕЛЬТАПЛАНЕРИСТУ**

1. Летать на дельтапланах могут лица не моложе 16 лет, прошедшие курс теоретической подготовки при клубах дельтапланеризма ДОСААФ, сдавшие успешно зачеты, не имеющие противопоказаний по состоянию здоровья. Спортсмены, имеющие слабое зрение, могут летать в хорошо закрепленных очках.

2. Летать можно только при наличии аптечки со средствами первой медицинской помощи и при знании способов оказания доврачебной помощи.

3. Не летайте в одиночку. Минимальная группа должна быть не менее трех человек.

4. Полеты, хотя бы частично проходящие над водоемами, следует проводить только спортсменам, умеющим плавать и нырять. Желательно иметь на рулевой трапеции поплавки.

5. Не летайте: в плохую погоду; при встречном ветре силой более той, которая соответствует вашей степени подготовки и классу дельтаплана; при боковой составляющей ветра более 2 м/с; при порывистом ветре более 6 м/с; при попутном ветре, турбулентности и пониженной, менее 500 м, видимости; в сумерках.

6. Непосредственно перед стартом следует оценить состояние воздушного потока в направлении взлета, возможность появления порывов, вихрей или изменения направления ветра. Оцените свою готовность к выполнению данного полета, если у вас есть сомнения, лучше отложите его.

7. Зона старта должна быть свободной от препятствий и зрителей. Не бравировать и не выполнять полетов «на зрителя».

8. В полете постоянно контролируйте скорость и направление ветра, свое положение относительно площадки приземления, препятствия. Не следует летать над препятствиями на малой высоте (особенно при ветре более 4 м/с).

9. Выбор площадки приземления производите заранее, на старте: определите наиболее безопасный маршрут полета и придерживайтесь его. Посадку выполняйте против ветра. При ветре более 4 м/с не заходите на посадку на площадки, ограниченные препятствиями, которые могут вызвать завихрения воздуха.

10. При полете по ветру на малой высоте будьте особенно внимательны и контролируйте свою воздушную скорость, а не скорость относительно земли.

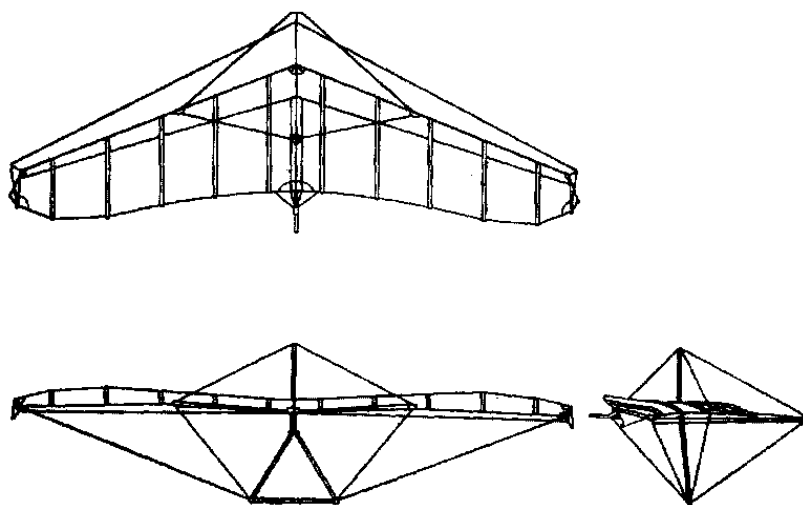
11. Не заходите на посадку в направлении стоящих на площадке людей.

12. Никогда не летайте при плохом самочувствии, моральных и физических травмах.

13. Никогда не летайте наперекор погоде и прочим объективным и субъективным факторам в угоду собственному нетерпению или на потеху зрителям.

14. Стартуйте против ветра.

15. Поворачивайте против ветра.  
16. Приземляйтесь против ветра.  
**СЧАСТЛИВЫХ ВАМ ПОЛЕТОВ!**



[Рис.198](#). Дельтаплан «Gryphon» (Великобритания) фирма Wasp

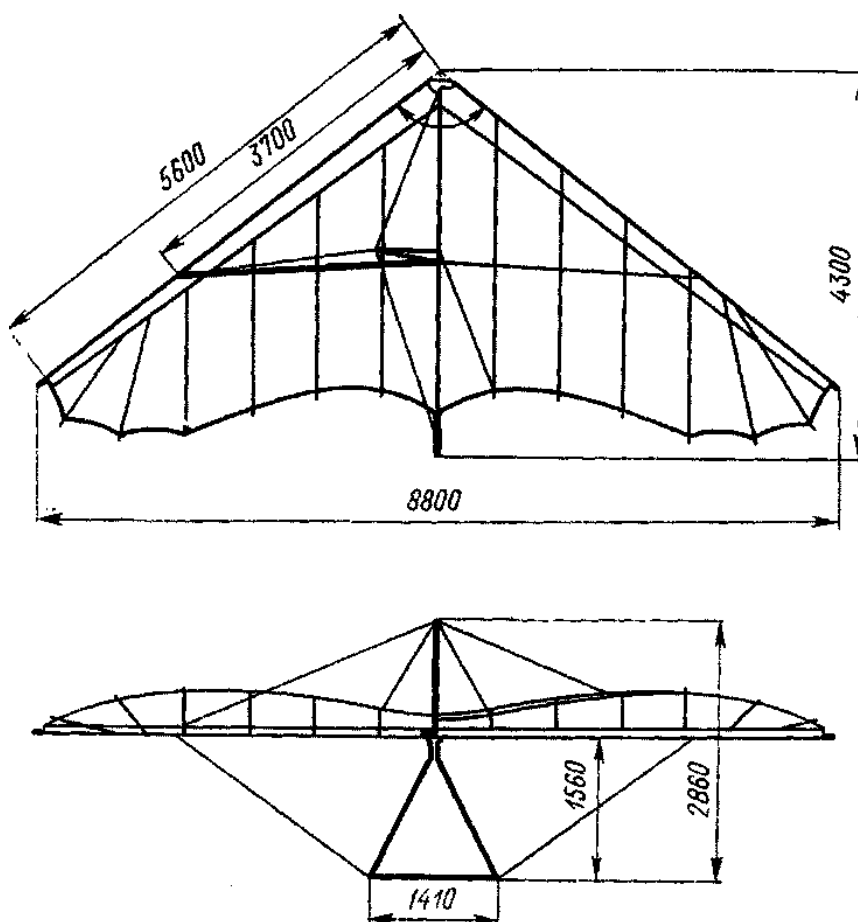
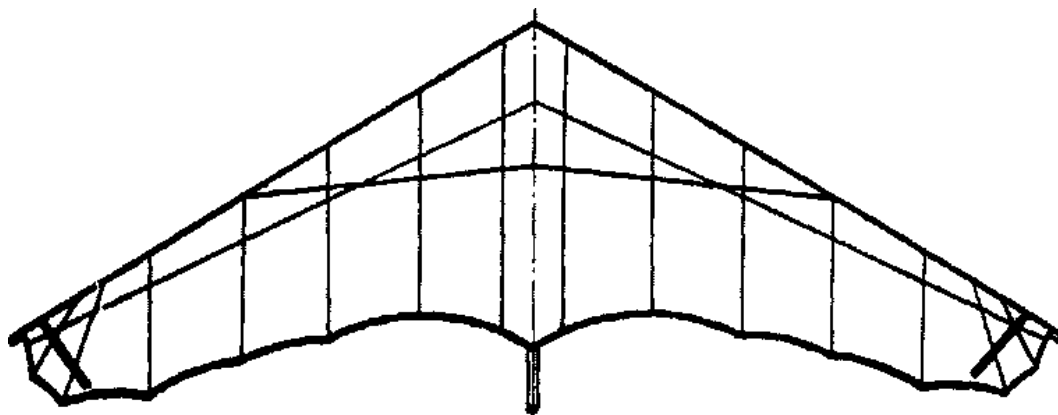


Рис. 199. Дельтаплан «Славутич-УТ» (СССР), фирма ОКБ Антонова О. К.



[Рис. 200.](#) Дельтаплан "Славутич-спорт" (СССР), фирма ОКБ Антонова О. К.

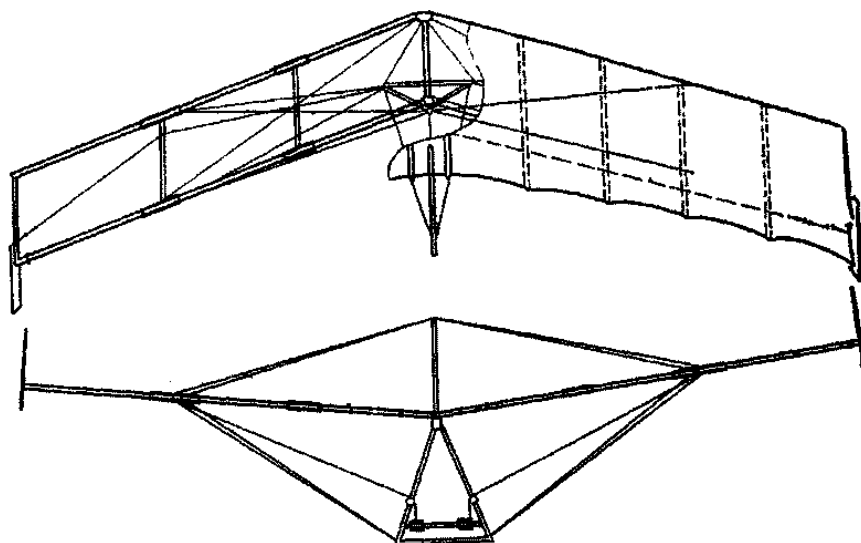


Рис. 201. Дельтаплан «Fledge-2» (США), фирма Manta

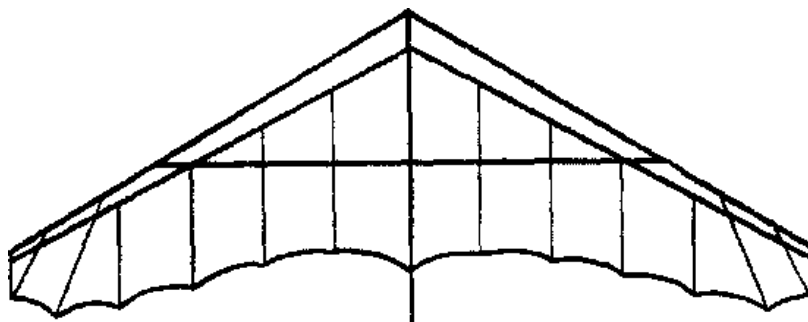
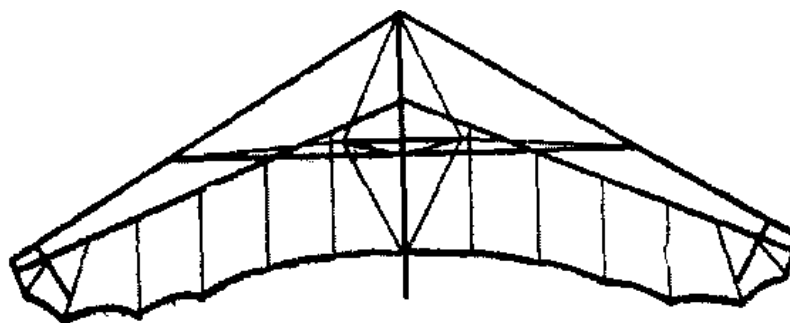
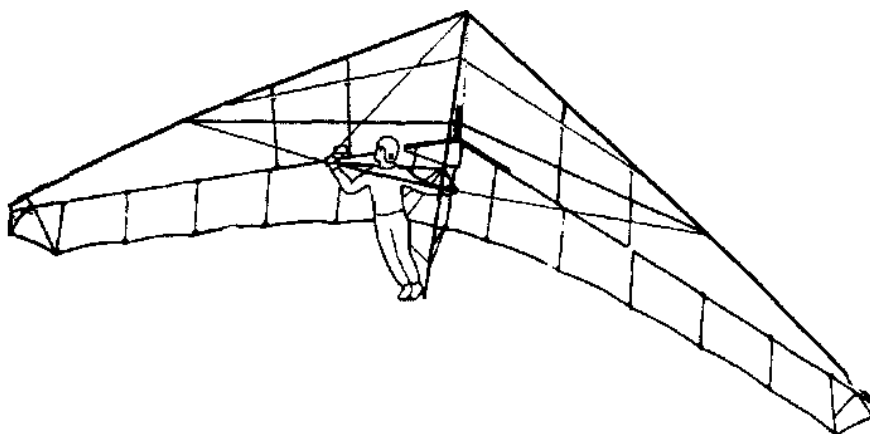


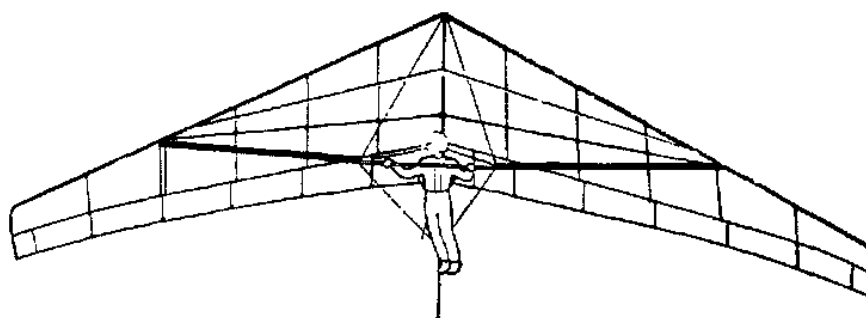
Рис. 202. Дельтаплан «SK-2SS» (Франция), фирма B. Danis



[Рис. 203.](#) Дельтаплан «Atlas» (Франция) фирма La mouette



[Рис. 204.](#) Дельтаплан «Azur» (Франция), фирма La mouette



[Рис. 205.](#) Дельтаплан «Firebird — CX» (ФРГ), фирма Firebird

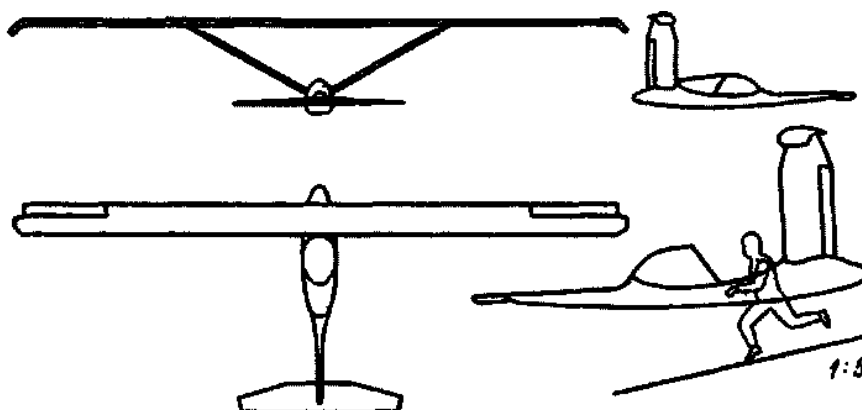
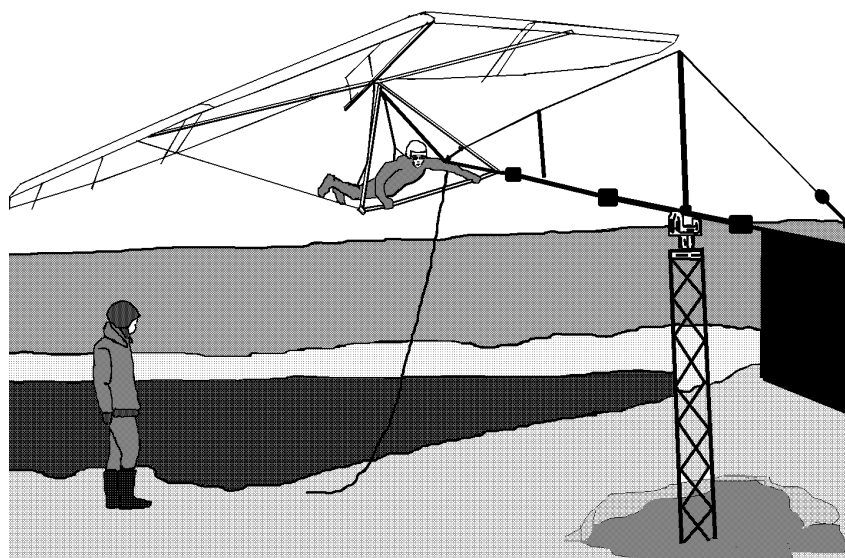


Рис. 206. Ультралегкий планер «Canard-2FL» (Швейцария), фирма Canard aviation



[Рис. 207.](#) Тренажер литовских дельтапланеристов