

г. МОСКВА  
Детско-юношеский клуб СЛА "ПУЛЬСАР"  
ОФ СЛА РОССИИ

---

В. А. Тюшин

**МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ  
ДЛЯ НАЧАЛЬНОЙ  
УЧЕБНО-ЛЕТНОЙ ПОДГОТОВКИ  
СПОРТСМЕНОВ-ПАРАПЛАНЕРИСТОВ  
ПО КУЛП-СД-88**

( в помощь инструктору )

1998 год

В. А. Тюшин

**Методическое пособие для начальной учебно - летной подготовки спортсменов  
- Парапланеристов по КУЛП-СД-88"**

Обложка  
Авторское предисловие к интернет-версии  
Предисловие  
Введение  
Глава 1. Основы аэродинамики  
Глава 2. Конструкция и эксплуатация Параплана  
Глава 3. Основы управления Парапланом  
Глава 4. Авиационная метеорология  
Глава 5. Организация полетов и действия пилота в особых случаях  
Глава 6. Основы оказания доврачебной помощи  
Постановки упражнений летной подготовки  
Заключение. Рекомендуемая Литература

**ВВЕДЕНИЕ**

Будущим пилотам и пилотессам, собирающимся учиться летать по этой книжке.

С давних лет люди с завистью смотрели на птиц, свободно парящих в поднебесье. Старинные книги почти всех народов, многие летописи, легенды и памятники хранят изображения крылатых людей, но лишь в XX веке человечество начало 'оперяться'.

Если тебе 18 лет и ты не мыслишь себя вне авиации, подавай документы в летное училище, с 17-ти можно начать летать на планере в аэроклубе, с 16-ти - прыгать с парашютом. А что, если летать очень хочется, а 16-ти еще нет? А что, если по каким-либо причинам (например 'медицинским') дорога в 'большую авиацию' закрыта, а летать все равно хочется?

Не огорчайся. Кроме 'большой авиации', еще есть 'малая'. В ней своя прелесть. Хотя Парапланы и дельтапланы не могут летать на скоростях и высотах 'большой авиации', но, тем не менее, они живут по тем же законам и дарят пилоту такие же, а может быть, даже и большие, чувства свободы и победы над пространством. Я встречал летчиков, которые на самолете работали, а собственно Летали на Параплане. Этому есть объяснение. В самолете летчик отделен от Неба гермокабиной, сложнейшим приборным оборудованием, командами наземных диспетчерских служб, которые 'ведут' его от взлета до посадки. А на Параплане человек летит сам. Он может взмыть к облакам или пройти в считанных сантиметрах над землей, на лету собирая цветы со склона горы, понаблюдать за орлом, парящим в полтора-двух десятках метров от него, или просто полюбоваться великолепными панорамами, открывающимися с высоты птичьего полета.

Но для того чтобы насладиться полетом, часами парить над землей, совершать длительные маршрутные полеты, нужно много и серьезно учиться. Полеты на сверхлегких летательных аппаратах (СЛА) требуют выдержки, хладнокровия, умения быстро оценить меняющуюся обстановку и принять единственно правильное решение. Пилот СЛА должен быть не только пилотом, но и метеорологом, штурманом, техником своего аппарата. Нужно детально продумывать на земле каждый свой Полет. В Небе ошибаться нельзя. Если 'вдруг' влетаешь в ситуацию, к которой на земле не приготовился, найти правильное решение в воздухе часто в условиях нервного стресса и постоянного дефицита времени практически невозможно. А если растерялся, испугался, не знаешь, что делать: пощады не жди! Присесть передохнуть на край облачка, собраться с мыслями, посоветоваться с друзьями не получится... Поэтому очень хочется сказать каждому только собирающемуся в свой первый Полет: ПОЛЕТЫ - ЭТО ЗДОРОВО И ОЧЕНЬ ИНТЕРЕСНО, НО С НЕБОМ НУЖНО БЫТЬ НА 'Вы' !!!

Желаю удачи! Пусть число Ваших взлетов всегда равняется числу мягких посадок.

Тюшин Вадим

Несколько слов инструкторскому составу.

В последние годы все большую популярность приобретают полеты на Парапланах. Параплан относительно недорог, прост в эксплуатации, удобен в транспортировке. Благодаря своему малому весу Параплан оказался по силам даже детям. Авиационный спорт существенно помолодел. Однако методик обучения подростков полетам нет. Специализированной литературы почти нет. Поэтому и возникла идея поделиться опытом работы в данной области.

Эта книжка не является полнокровным учебником. Это, скорее, 'краткий курс' подготовки пилота-Парапланериста, определяющий базовые ступеньки на трудной дороге в Небо.

Считаю необходимым отметить, что дорога эта действительно не простая. Дельтапланерист с более чем 20-тилетним стажем Евгений Дмитриевич Табакеев рассказал, что страховые фирмы Швейцарии в начале лета 1995 года в 10-12 раз подняли ставки для желающих застраховаться Парапланеристов из-за резкого роста травматизма в нашем виде спорта.

Думаю, что все объясняется кажущейся простотой в управлении Парапланом, недопониманием подавляющим большинством пострадавших того, что ПОЛЕТЫ - ДЕЛО СЕРЬЕЗНОЕ, того, что С НЕБОМ НУЖНО БЫТЬ НА 'Вы'. А порой, и отношением к Параплану как к 'воздушному велосипеду' (причем, трехколесному).

Особенность Параплана в том, что полет на нем в простых метеоусловиях действительно не представляет сложности. Но простота эта обманчива. Стоит подуть ветерку, набежать облачку, и все меняется. Если пилот оказывается не готов к тому, что его аппарат может швырнуть порывом ветра на склон, не знает, как быстро расправить купол, который из красивого и, казалось бы, надежного крыла 'вдруг' превращается в бесформенную тряпку, то дело дрянь...

Данная методика обкатывалась с 1995 года во время моей работы в клубе 'ПУЛЬСАР' и ориентирована на физически развитых подростков в возрасте от 14 лет.

Пособие состоит из курса лекций по начальной теоретической подготовке и постановок упражнений летной подготовки. Постановки упражнений написаны на базе книги: "КУРС УЧЕБНО-ЛЕТНОЙ ПОДГОТОВКИ СПОРТСМЕНОВ-ДЕЛЬТАПЛАНЕРИСТОВ ДОСААФ СССР (КУЛП-СД-88)", разработанной в отделе дельтапланерного спорта УАП и АС ЦК ДОСААФ СССР и Центрального дельтапланерного клуба ДОСААФ СССР В. И. Забавой, А. И. Кареткиным, А. Н. Иванниковым и изданной в Москве в 1988 году.

Пособие выполнено в двух вариантах: 'инструкторском' и 'курсантском'. Предполагается, что перед началом занятий эти материалы будут не только у инструктора, но и у курсантов.

Комментарий к курсу лекций.

Читая лекции о Парапланах, хотелось не ограничиваться только Парапланерной тематикой, а постараться коснуться и 'большой авиации', ориентируясь на тех, кто, почувствовав интерес к полетам на Параплане, решит пойти учиться в авиационный ВУЗ или летное училище. Для этого в курс включены и чисто 'самолетные' картинки и понятия. Этой же цели, 'вылавливаю' неслучайной думающей публики, служат вопросы, введенные в текст лекций. Перед началом занятий можно предупредить курсантов о том, что те, кто проявит шустрость и сообразительность в быстрых и правильных ответах на поднимаемые вопросы, будут пользоваться преимуществами на экзаменах. Это не только существенно оживит обстановку на лекциях, но и поможет инструктору выявить в группе наиболее перспективных и интересных ребят.

Экзамен полезно разделить на две части. После предварительного зачета по темам 'аэродинамика', 'конструкция' и 'управление Парапланом' можно начать наземную подготовку и первые подлеты. А по окончании теоретического курса провести итоговый экзамен по всему прочитанному материалу, делая основной упор на 'метеорологию', 'особых случаях' и 'медицине'.

Как показала практика, основная часть времени на лекциях уходит на ЗАДИКТОВЫВАНИЕ курсантам необходимой информации. Причем, в процессе записывания (под диктовку инструктора) у курсантов уже не остается ни сил, ни времени на анализ того, что они записали. Из-за отсутствия у школьников студенческого опыта конспектирования лекций, разбираться в своих 'каракулях' при подготовке к экзамену им часто оказывается очень непросто. Для решения данной проблемы пособие изготавливается в двух вариантах:

'инструкторском' и 'курсантском'. 'Курсантские' экземпляры раздаются перед началом теоретических занятий. Их отличие от 'инструкторских' состоит в том, что из 'курсантских' вариантов удалены ответы на вопросы. По ходу занятия и обсуждения поднимаемых вопросов правильные ответы курсанты будут вписывать в свои книжки самостоятельно.

Дополнительным положительным моментом наличия 'курсантского' варианта пособия является то, что у курсантов появляется возможность почитать конспекты самостоятельно и приходить на занятия уже подготовленными. В этом случае занятие из монолога преподавателя может превратиться в диалог, во время которого преподаватель будет не столько пересказывать написанный в пособии текст, сколько отвечать на вопросы и рассказывать что-либо дополнительное, полагая, что все, что написано в конспектах, курсантам уже известно.

Комментарий к постановкам упражнений летной подготовки.

Для начала хотелось бы повторить очевидные истины, прописанные еще в "КУЛП-СД-88":

- Нельзя переходить на новое упражнение, не освоив предшествующие.
- Количества полетов, задаваемые в постановках упражнений, являются минимально допустимыми и могут корректироваться только на сторону увеличения.

- Тренаж падений.

ПОДАВЛЯЮЩЕЕ БОЛЬШИНСТВО ТРАВМ, КОТОРЫЕ Я НАБЛЮДАЛ НА УЧЕБНЫХ ПОЛЕТАХ, ПРОИСХОДИЛО ИЗ-ЗА НЕУМЕНИЯ КУРСАНТОВ ПРАВИЛЬНО ПАДАТЬ.

Я еще не видел ни одного пилота, который научился бы летать, ни разу не шлепнувшись. Летом 1997 года на Юге мне довелось очень приятно и полезно пообщаться с группой десантников. В частности, ребята рассказали, что в ВДВ перед прыжками все участвующие в прыжках обязаны проходить предпрыжковую подготовку (без исключений, без учета званий, должностей и прочих заслуг). Травмы на прыжках иногда случаются, но ломают руки-ноги, как правило, 'пузатые' майоры и подполковники, считающие себя слишком 'крутыми' для того, чтобы кувырнуться на 'предпрыжковой' в одном строю с солдатами.

Для того чтобы в аварийной ситуации курсант сработал как надо, необходимо, чтобы группировку в падении курсант выполнял автоматически, не думая, на уровне подсознания, на уровне рефлекса. Для этого необходимо не ограничиваться разовой отработкой упражнения, а проводить тренажи перед началом каждого летного дня. Тренироваться в объеме предпрыжковой подготовки по программам ВДВ, наверное, не обязательно, но кувырнуться всем (включая инструкторский состав) хотя бы по 1-2 раза было бы очень полезно.

- Подъем купола в полетное положение.
- Пробежки с поднятым куполом.
- Подлет.

НЕ ТОРОПИТЕСЬ ПОДНИМАТЬ КУРСАНТА В ПЕРВЫЙ ПОЛЕТ. ГЛАВНАЯ ОСОБЕННОСТЬ РАБОТЫ С ДЕТЬМИ И ПОДРОСТКАМИ СОСТОИТ В ТОМ, ЧТО ОНИ ОЧЕНЬ ЧАСТО НЕ ПОНИМАЮТ УРОВНЯ ОПАСНОСТИ ДЕЛА, КОТОРЫМ НАЧАЛИ ЗАНИМАТЬСЯ!!!

Параплан является исключительно устойчивым аппаратом. Но это справедливо только в том случае, если купол поднят правильно, если он нормально раскрылся. Если же крыло получилось 'кривое', то и полетит оно криво... А управлять аппаратом на данном этапе обучения курсант умеет только 'теоретически', и, куда его понесет 'покривевшее' крылышко, никому неизвестно...

ЭТИ УПРАЖНЕНИЯ ЯВЛЯЮТСЯ БАЗОВЫМИ. Если принять за 100% количество усилий, которые необходимо затратить на то, чтобы начать парить в динамическом восходящем потоке (ДВП), то на отработку надежного старта из этой сотни я отвел бы 25-30%.

- Отработка посадки в заданном месте.
- Полет по заданной траектории с посадкой в цель.

ПОСАДКА В ЦЕЛЬ - ВТОРОЙ ПО СЛОЖНОСТИ ЭЛЕМЕНТ ОБУЧЕНИЯ ПОСЛЕ ОТРАБОТКИ ПОДЪЕМА КУПОЛА И ВЗЛЕТА.

Это не только умение сесть там где этого хочет пилот, а не там куда его занесет ветер (без чего, кстати, нельзя переходить к полетам на больших высотах), Это, прежде всего, ТОНКАЯ РАБОТА С КУПОЛОМ. Поворотики на высоте - одно. Маневры при заходе на цель - совсем другое. Здесь расстояния измеряются в метрах, счет времени идет в долях секунд. В предшествующих упражнениях курсант учился основным принципам управления Парапланом. Здесь движения оттачиваются. Перед увеличением высоты полета над рельефом местности курсант должен научиться 'чувствовать' аппарат.

В пособие не включены постановки упражнений на освоение полетов в термических восходящих потоках (ТВП) по следующим причинам.

- Прежде всего потому, что это пособие по НАЧАЛЬНОЙ подготовке. Оно ограничивается освоением парения в ДВП.
- Если курсант нормально освоил парение в ДВП, то, на мой взгляд, острой необходимости в формальном описании упражнений для обучения полетам в ТВП нет. Для начала освоения полетов в ТВП, вполне достаточно информации из курса лекций, а также уточняющих указаний инструктора на предварительной и предполетной подготовках.
- За базу постановок упражнений летной подготовки взят "КУЛП-СД-88". Он был переписан лишь для внесения поправок, вызванных некоторым отличием в методиках обучения полетам на Параплане и дельтаплане. Отличия эти проявляются прежде всего на первых шагах обучения. На этапе освоения полетов в ТВП каких-то особенных, чисто 'Парапланерных' тонкостей я не вижу. При появлении же необходимости в формальных описаниях упражнений можно обратиться к "КУЛП-СД-88".

Желаю удачи! Буду благодарен за конструктивную критику и полезные замечания.

Тюшин Вадим

#### БЛАГОДАРНОСТИ

Спасибо директору клуба 'ПУЛЬСАР' Фирсову Павлу и инструкторам клуба Крахиной Жанне и Ракитину Сергею за полезные замечания, нашедшие отражение в постановках упражнений летной подготовки. Должен отметить, что если бы Фирсов Павел не создал бы клуб 'ПУЛЬСАР', то и книжка скорее всего бы не появилась.

Спасибо Крахиной Жанне также за моральную поддержку и полезные идеи по курсу лекций теоретической подготовки.

Спасибо моей жене Марине за огромную помощь в подборе материалов и подготовке лекции по основам оказания доврачебной помощи.

Спасибо президенту ОФ СЛА России В. И. Забаве, директору компании "Параавис" А. С. Архиповскому, членам клуба "Пульсар" Киренской Марии, Крутько Павлу и Баранову Алексею за конструктивную критику первого издания пособия.

Огромное и отдельное спасибо моей маме Владимирской Татьяне Павловне за простановку запятых и прочую редакторскую правку.

## Параплан. Основы аэродинамики

1. Введение.
  - 1.1. Аэродинамика.
  - 1.2. Примеры обтекания воздушным потоком твердых тел различной формы.
    - 1.2.1 Симметричное обтекание.
    - 1.2.2 Несимметричное обтекание.
  - 1.3. Силы, действующие на безмоторный летательный аппарат (ЛА) в прямолинейном полете с постоянной скоростью в неподвижном воздухе.
2. Системы координат (СК).
  - 2.1. ЗЕМНАЯ СК.
  - 2.2. СВЯЗАННАЯ СК.
  - 2.3. СКОРОСТНАЯ СК.
3. Разложение полной аэродинамической силы на составляющие.
  - 3.1. Понятия подъемной силы и силы сопротивления.
  - 3.2. Вернемся к рассмотрению сил, действующих на ЛА при выполнении прямолинейного полета с постоянной скоростью в неподвижном воздухе.
4. Характерные углы, определяющие ориентацию ЛА в пространстве.
  - 4.1. Углы, определяющие ориентацию ЛА относительно земной поверхности.
  - 4.2. Углы, определяющие ориентацию ЛА относительно воздушного потока.
  - 4.3. Углы, определяющие ориентацию траектории движения ЛА относительно земной поверхности.
5. Обтекание воздушным потоком тонкой пластины.
  - 5.1. Схемы обтекания тонкой пластины.
  - 5.2. Поляра крыла.
  - 5.3. Понятие АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО КАЧЕСТВА.
6. Закритические углы атаки, понятия штопора и заднего сваливания.
7. Обтекание воздушным потоком реального крыла.
  - 7.1. Основные геометрические характеристики реального крыла.
  - 7.2. Образование дополнительной подъемной силы на крыле с несимметричным профилем.
  - 7.3. Составляющие коэффициента сопротивления  $S_x$ .
  - 7.4. Индуктивное сопротивление крыла.
  - 7.5. Зависимость формы поляры крыла от формы профиля.
8. Пограничный слой (ПС).
  - 8.1. Понятие пограничного слоя.
  - 8.2. Обтекание воздушным потоком вращающегося шара.

## 1. Введение.

### 1.1. Аэродинамика.

**Аэродинамика - наука, изучающая процессы обтекания твердых тел жидкостями и газами.**

Процессы взаимодействия твердых тел с жидкостями и газами (при малых скоростях и температурах набегающего потока) описываются одними и теми же уравнениями. При больших скоростях (около - и сверхзвуковых) воздух начинает сжиматься и вести себя существенно иначе. Мы будем рассматривать основы аэродинамики малых (дозвуковых) скоростей.

**ПОЛНАЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКАЯ СИЛА - сила, с которой набегающий воздушный поток воздействует на твердое тело.**

**ЦЕНТР ДАВЛЕНИЯ - точка приложения полной аэродинамической силы.**

Можно сказать и так: воздушный поток воздействует (ДАВИТ) на твердое тело с силой, которая называется ПОЛНАЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКАЯ СИЛА. Точка приложения этой силы (той, которая ДАВИТ): ЦЕНТР ДАВЛЕНИЯ.

$$\bar{R} = \bar{C}_r * q * S;$$

$R$  - Полная аэродинамическая сила.

$C_r$  - Коэффициент полной аэродинамической силы.

$q$  - Динамический напор.

$S$  - Эффективная площадь тела.

$$q = \frac{\rho * V^2}{2};$$

$\rho$  - Плотность воздуха.

$V$  - Скорость тела относительно воздуха (или 'воздушная скорость' тела).

**Физический смысл 'Cr':** Тела, имеющие одинаковую форму (при разных линейных размерах), взаимодействуют с набегающим потоком воздуха одинаково. Можно сказать, что  $C_r=R$  при продувке тела некоего единичного размера воздушным потоком единичной интенсивности (плотность и скорость). Такого рода коэффициенты очень широко используются в аэродинамике. Они позволяют исследовать характеристики летательных аппаратов (ЛА) на уменьшенных моделях.

При взаимодействии твердого тела с потоком воздуха не важно, движется ли тело в неподвижном воздухе или неподвижное тело обтекается движущимся воздушным потоком. Возникающие силы взаимодействия будут одинаковы. Но с точки зрения УДОБСТВА изучения этих сил нам легче иметь дело со вторым случаем. Именно на этом принципе основана работа аэродинамических труб, где неподвижные модели ЛА обдуваются потоком

воздуха, разгоняемым мощными вентиляторами.  
Смотри рисунок 1.



**Впр:** Почему вентилятор ставится за исследуемым телом, а не перед ним?

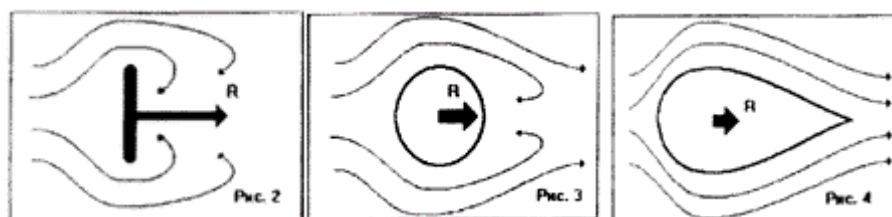
**Отв:** Для исследований нужен ровный (ламинарный) поток, а за вентилятором воздух закручивается (турбулизируется).

### 1.2. Примеры обтекания воздушным потоком твердых тел различной формы.

Полная аэродинамическая сила зависит от формы тела и его ориентации относительно набегающего потока воздуха. Рассмотрим примеры обтекания воздухом тел разной формы при одинаковом поперечном сечении.

#### 1.2.1 Симметричное обтекание.

Рассмотрим три тела: пластину, установленную поперек потока, шар и тело каплевидной формы. Смотри рисунки 2, 3, 4.



● За пластиной, установленной поперек воздушного потока, образуются мощные завихрения. Сила, с которой воздушный поток воздействует на нее, максимальна.

● При обтекании шара зона вихрей будет существенно меньше, так как воздуху 'проще' обтекать закругленные поверхности.

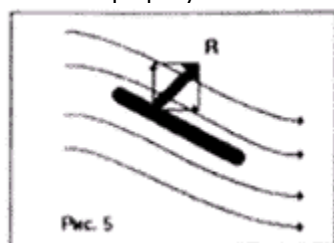
● При обтекании тела каплевидной формы завихрений практически не образуется. Сила взаимодействия минимальна.

#### 1.2.2 Несимметричное обтекание.

В рассмотренных выше случаях  $R$  была направлена по потоку. При обтекании же некоторых тел полная аэродинамическая сила может быть направлена не только вдоль потока воздуха, но и иметь боковую составляющую.

**Впр:** Привести пример такого обтекания.

**Отв:** Смотри рисунок 5.



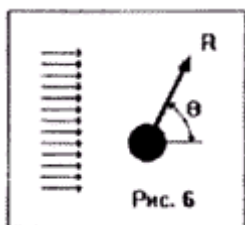
При обтекании наклоненной пластины воздушная масса - отбрасывается 'вниз'. Пластина же 'стремится вверх', как бы отталкиваясь от набегающего потока воздуха.

Именно на принципе отклонения полной аэродинамической силы от направления движения воздушного потока основывается возможность полетов почти всех типов ЛА тяжелее воздуха.

**Примечание.** Полная аэродинамическая сила НИКОГДА не может быть направлена навстречу набегающему потоку, так как молекулы воздуха, встречаясь с обтекаемым телом, всегда его 'толкают назад' и никогда не смогут 'двинуть вперед'. По этой же причине невозможен случай, чтобы  $R$  была направлена перпендикулярно потоку, не имея составляющей вдоль него.

### 1.3. Силы, действующие на безмоторный летательный аппарат (ЛА) в прямолинейном полете с постоянной скоростью в неподвижном воздухе.

Для того чтобы не привязываться к какому-либо конкретному типу ЛА (Параплан, дельтаплан, планер), будем считать ЛА материальной точкой. Пусть по результатам продувок в аэродинамической трубе было определено, что полная аэродинамическая сила  $R$  отклоняется от направления движения воздушного потока на угол  $\theta$ . Смотри рисунок 6.



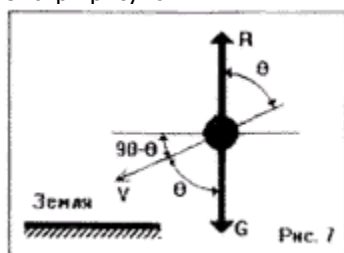
При взаимодействии твердого тела с потоком воздуха не важно, движется ли тело в неподвижном воздухе или неподвижное тело обтекается движущимся воздушным потоком. Если скорость тела относительно воздуха (воздушная скорость) не меняется, то и возникающие силы будут одинаковы. Если было определено, что при обтекании неподвижного тела сила  $R$  отклонилась на угол  $\theta$ , то при движении тела в неподвижном воздухе направление действия и величина  $R$  останутся такими же (относительно направления воздушного потока). Из 1-го и 2-го законов Ньютона следует, что тело остается в покое или движется равномерно и прямолинейно, если сумма действующих на него сил равна нулю.

На безмоторный ЛА действуют две силы:

- 1) Сила тяжести  $G$ .
- 2) Полная аэродинамическая сила  $R$ .

Пусть безмоторный ЛА выполняет прямолинейный полет с постоянной скоростью в неподвижном воздухе. Сила тяжести  $G$  направлена вниз. Очевидно, что аэродинамическая сила  $R$  должна смотреть вверх и быть той же величины, что и  $G$ .

Смотри рисунок 7.



$R$  возникает при ДВИЖЕНИИ тела относительно воздуха и определяется формой тела и его ориентацией в воздушном потоке. Для того чтобы сила  $R$  была направлена вверх, траектория движения тела (его скорость  $V$ ) должна быть наклонена к земле на угол 90-град. Для того чтобы тело летело 'далеко', нужно, чтобы угол отклонения полной аэродинамической силы  $\theta$  был максимально большой (но он не может равняться или превысить 90 градусов). При  $\theta=0$  тело станет опускаться вертикально вниз.

## 2. Системы координат (СК).

В авиации используются следующие системы координат:

- земная СК;
- связанная СК;
- скоростная СК.

### 2.1. ЗЕМНАЯ СК.

СК 'привязана' к земле.

Используется для определения положения ЛА как точечного объекта относительно наземных ориентиров. Для ближних перелетов при расчетах взлета и посадки применяют прямоугольную (Декартову) СК. Для дальних полетов, когда необходимо учитывать то, что Земля - 'шарик', полярную.

Оси координат обычно привязываются к базовым наземным ориентирам, используемым при прокладке маршрута полета. Смотри рисунок 8.



### 2.2. СВЯЗАННАЯ СК.

СК 'привязана' к конструкции ЛА.

Используется для определения положения различных объектов ВНУТРИ ЛА (агрегаты, элементы конструкции, экипаж, пассажиры, грузы и прочее).

Расположение осей координат:

- X - Вдоль строительной оси ЛА от 'носа' к 'хвосту'.
- Y - Вверх перпендикулярно плоскости крыла и оси X.
- Z - В плоскости крыла образует 'правую тройку' с осями X и Y.

Смотри рисунок 9.



### 2.3. СКОРОСТНАЯ СК.

СК 'привязана' к скорости ЛА относительно ВОЗДУХА.

Используется для определения положения ЛА относительно воздушного потока и расчета аэродинамических сил.

При исследованиях ЛА в аэродинамической трубе фактически 'привязана' к трубе.

Расположение осей координат:

● X - По направлению вектора скорости набегающего потока воздуха.

● Z - 'На нас' в плоскости крыла перпендикулярно оси X

● Y - 'Вверх' перпендикулярно плоскости XZ.

Смотри рисунок 10.



### 3. Разложение полной аэродинамической силы на составляющие.

#### 3.1. Понятия подъемной силы и силы сопротивления.

Для УДОБСТВА выполнения аэродинамических расчетов полная аэродинамическая сила R раскладывается на три взаимно перпендикулярные составляющие по осям СКОРОСТНОЙ СК.

$$\vec{R} = \vec{Y} + \vec{X} + \vec{Z};$$

**R** - Полная аэродинамическая сила.

● Y - Подъемная сила.

● X - Сила сопротивления.

● Z - Боковая сила.

Формулы подъемной силы и сопротивления очень похожи на формулу полной аэродинамической силы:

$$Y = C_y * \frac{\rho * V^2}{2} * S; \quad X = C_x * \frac{\rho * V^2}{2} * S;$$

$C_y$  - Коэффициент подъемной силы.

$C_x$  - Коэффициент сопротивления.

$\rho$  - Плотность воздуха.

V - Скорость тела относительно воздуха (или 'воздушная скорость' тела).

S - Эффективная площадь тела.

**ВНИМАНИЕ: В природе не существует самостоятельно действующих подъемной силы и силы сопротивления.** Они являются составными частями полной аэродинамической силы. Если принять величину боковой силы Z=0, то согласно теореме Пифагора:

$$R^2 = Y^2 + X^2; \quad \text{или} \quad C_R^2 = C_y^2 + C_x^2;$$

#### 3.2. Вернемся к рассмотрению сил, действующих на ЛА при выполнении прямолинейного полета с постоянной скоростью в неподвижном воздухе.

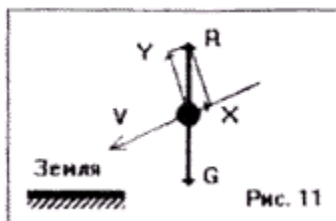
На безмоторный ЛА действуют две силы.

● Сила тяжести G, направленная вертикально вниз.

● Полная аэродинамическая сила R, направленная вертикально вверх и уравновешивающая G.

На рисунке 11 показано разложение полной аэродинамической силы R на подъемную силу Y и силу сопротивления X.

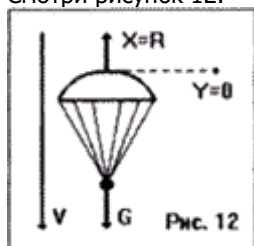
**X. Разложение R на Y и X строится относительно воздушной скорости ЛА.**



**ПОДЪЕМНАЯ СИЛА, ХОТЯ И НАЗЫВАЕТСЯ -ПОДЪЕМНОЙ, НО ОНА НЕ ОБЯЗАНА БЫТЬ.**

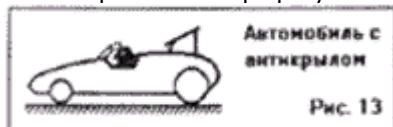
**'ПОДНИМАЮЩЕЙ', ОНА НЕ ОБЯЗАНА БЫТЬ НАПРАВЛЕНА 'ВВЕРХ'.** На рисунке 11 видно, что Y относительно земной поверхности направлена не только 'вверх', но и немного 'вперед' (вдоль проекции

траектории полета на землю), а  $X$  не только 'назад', но и немного 'вверх'. Если рассмотреть помет круглого парашюта, который фактически не летит, а опускается вертикально вниз, то в этом случае  $Y=0$ , а  $X$  совпадает с  $R$ . Смотри рисунок 12.



**Впр:** Назвать случаи применения в технике 'антикрыльев'. То есть крыльев, которые специально устанавливаются таким образом, чтобы создаваемая ими подъемная сила была направлена 'вниз'.

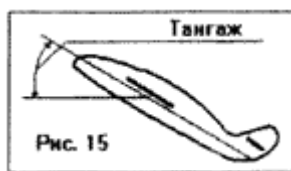
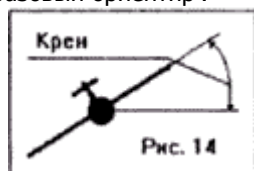
**Отв:** Гоночный автомобиль прижимается на большой скорости антикрылом к дороге для улучшения сцепления колес с трассой. Смотри рисунок 13.



#### 4. Характерные углы, определяющие ориентацию ЛА в пространстве.

##### 4.1. Углы, определяющие ориентацию ЛА относительно земной поверхности.

- **КРЕН** - Смотри рисунок 14 (угол между осью  $Z$  связанной СК и плоскостью  $XZ$  земной СК.).
- **ТАНГАЖ** - Смотри рисунок 15 (угол между осью  $X$  связанной СК и плоскостью  $XZ$  земной СК.).
- **КУРС** - Угол между проекцией строительной оси ЛА (ось  $X$  связанной СК) на землю (плоскость  $XZ$  земной СК) и направлением на некоторый 'базовый ориентир'.



Различают истинный, магнитный, приборный и условный курсы.

**Впр:** Что такое истинный, магнитный и приборный курсы?

**Отв:**

- **ИСТИННЫЙ курс:** Измеряется относительно географической **точки** - географического северного полюса.
- **МАГНИТНЫЙ курс:** Измеряется относительно географической точки-магнитного северного полюса.
- **ПРИБОРНЫЙ курс:** Это то, что показывает бортовой компас со всеми его погрешностями.

Смотри рисунок 16.



Курс измеряется в градусах, от 0-я до 360-ти. Направление на север: 0. На восток: 90. На юг: 180. На запад: 270. На величину вариации (угла отклонения приборного курса от магнитного) влияют не столько погрешности в настройке бортового компаса, сколько местные возмущения магнитного поля. Если, например, рядом с обычным туристическим компасом положить магнит, то стрелка компаса, скорее всего, нацелится куда угодно, но только не на север.

При планировании полета с использованием компаса, пилот СЛА должен заблаговременно позаботиться о том, чтобы его 'бортовой' компас располагался возможно дальше от намагниченных предметов экипировки и оборудования.

- **УСЛОВНЫЙ курс (пеленг)** - Угол между проекцией строительной оси ЛА (ось  $X$  связанной СК) на землю (плоскость  $XZ$  земной СК) и направлением на какой-либо произвольный ориентир.

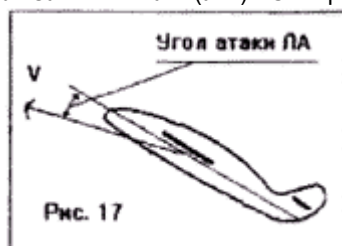
Обычно в качестве базовых ориентиров в авиации используются радиостанции, Направление на радиостанцию может быть определено с помощью специальной антенны имеющей форму рамки. Определив пеленги на две-три



радиостанции и зная их наземные координаты, экипаж ЛА может с достаточной точностью определить свое положение на местности. Используемый для этих целей на самолетах и вертолетах прибор носит название РАДИОКОМПАС. Сверхлегкие ЛА (СЛА) не имеют подобного оборудования из-за его большого веса и габаритов. В настоящее время все более широкое применение находят приборы GPS (Global Positioning System), позволяющие ориентироваться по навигационным спутникам. Имея минимальные габариты и вес, такой прибор может определить свои координаты на местности с точностью до нескольких десятков метров. Стоит это оборудование недешево, но оно очень полезно на соревнованиях и в длительных маршрутных полетах над малознакомой местностью.

#### 4.2. Углы, определяющие ориентацию ЛА относительно воздушного потока.

● **УГОЛ АТАКИ ЛА (У А)** - Смотри рисунок 17 (угол между осью Х связанной СК и плоскостью ХZ скоростной СК.).

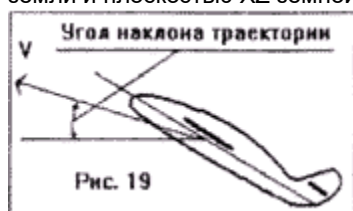


● **УГОЛ СКОЛЬЖЕНИЯ** - Смотри рисунок 18 (угол между осью Х связанной СК и плоскостью ХУ скоростной СК.).



#### 4.3. Углы, определяющие ориентацию траектории движения ЛА относительно земной поверхности.

**УГОЛ НАКЛОНА ТРАЕКТОРИИ** - Смотри рисунок 19 (угол между скоростью ЛА относительно земли и плоскостью ХZ земной СК.).

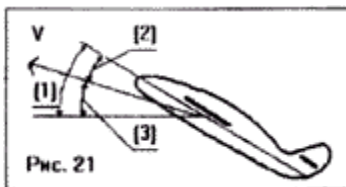


● **НАПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТА** - Смотри рисунок 20 (угол между проекцией скорости ЛА относительно земли на землю и направлением на 'базовый ориентир': северный полюс).



Следует обратить внимание на разницу между понятиями 'направление полета' и 'курс'. Нос ЛА может 'смотреть' в одну сторону (то есть курс), а лететь он может в другую из-за сноса ветром. Это особенно важно учитывать при полетах на сверхлегких ЛА (СЛА), чья воздушная скорость невелика и обычно соизмерима со скоростью ветра.

**Впр:** Назвать углы, отмеченные на рисунке 21.



**Отв:**

(1)- Тангаж.

(2)- Угол атаки.

(3)- Угол наклона траектории.

## 5. Обтекание воздушным потоком тонкой пластины.

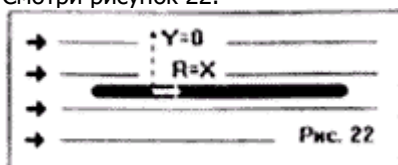
### 5.1. Схемы обтекания тонкой пластины.

Разделим полную аэродинамическую силу  $R$  на составляющие: подъемную силу  $Y$  и силу сопротивления  $X$ . Рассмотрим зависимость этих составляющих от угла установки пластины к набегающему потоку воздуха (угла атаки).

● Пластина расположена вдоль потока (угол атаки равен нулю).

Так как поток воздуха пластиной не отклоняется,  $Y=0$ . Сопротивление  $X$  минимально, но не нуль. Оно будет создаваться силами трения молекул воздуха о поверхность пластины. Полная аэродинамическая сила  $R$  совпадает с силой сопротивления  $X$ .

Смотри рисунок 22.

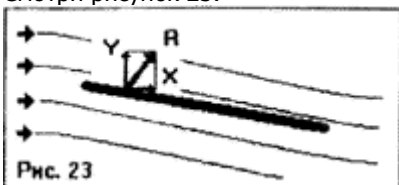


На рисунках 27 и 28 отметить точку (0).

● Пластина начала отклоняться.

Из-за сдвига потока появилась подъемная сила  $Y$ . Сопротивление  $X$  немного увеличивается, так как увеличилось поперечное сечение пластины по отношению к потоку. Следует отметить, что на малых углах атаки подъемная сила растет быстрее, чем сопротивление.

Смотри рисунок 23.

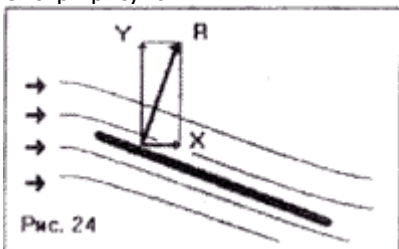


На рисунках 27 и 28 отметить точку (1).

● Увеличиваем наклон пластины.

Из-за увеличения схода потока подъемная сила увеличивается.  $Y_2 > Y_1$ . Очевидно, что сопротивление тоже растет.  $X_2 > X_1$ .

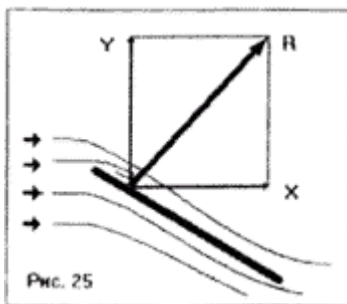
Смотри рисунок 24.



На рисунках 27 и 28 отметить точку (2).

● Увеличиваем наклон пластины.

Воздуху становится 'труднее' плавно обтекать сильно наклоненную пластину. Над верхней поверхностью начинает образовываться микровихрь. Подъемная сила хотя и увеличивается ( $Y_3 > Y_2$ ), но существенно медленнее чем раньше. Сопротивление продолжает быстро расти.  $X_3 > X_2$ . Следует отметить, что на больших углах атаки рост сопротивления обгоняет рост подъемной силы. Смотри рисунок 25.

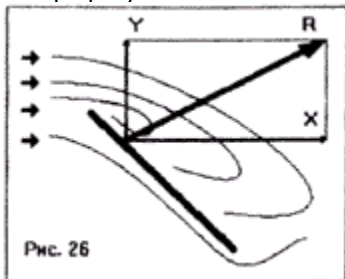


На рисунках 27 и 28 отметить точку (3).

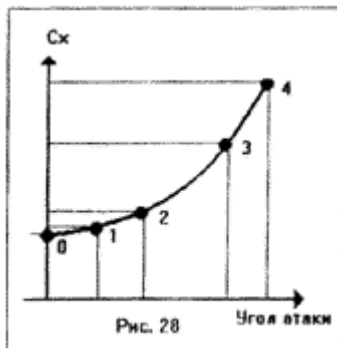
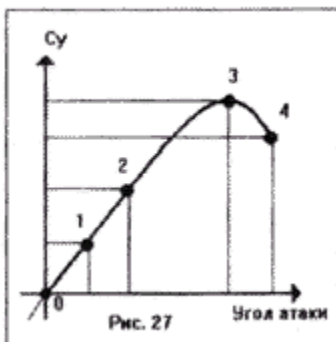
● Увеличиваем наклон пластины.

Воздушный поток не в состоянии плавно обтекать пластину. Происходит СРЫВ ПОТОКА. За пластиной образуется мощный вихрь. Подъемная сила падает.  $Y_4 < Y_3$ . Сопротивление резко растет.  $X_4 > X_3$ .

Смотри рисунок 26



На рисунках 27 и 28 отметить точку (4).



## 5.2. Поляра крыла.

Объединим графики на рисунках 27 и 28 в график на рисунке 29.



Получившаяся кривая называется ПОЛЯРА КРЫЛА - основной график, характеризующий летные свойства крыла. Откладывая на осях координат значения коэффициентов подъемной силы  $C_y$  и сопротивления  $C_x$ , этот график показывает величину и направление действия полной аэродинамической силы  $R$  (при условии что боковая сила  $Z=0$ ).

Если считать, что воздушный поток движется вдоль оси  $C_x$  слева направо, а центр давления тела находится в центре координат ( $C_y=0$ ,  $C_x=0$ ), то для каждого из разобранных ранее углов атаки коэффициент  $C_g$  будет идти из центра координат ( $C_y=0$ ,  $C_x=0$ ) в точку поляры, соответствующую заданному углу атаки.

**Характерные точки и соответствующие им углы атаки (УА) на поляре.**

● КРИТИЧЕСКИЙ УА - УА, при превышении которого начинается срыв потока.

На этом УА  $C_y$  максимально- ЛА может удерживаться в воздухе на минимально возможной скорости. Это полезно при заходе на посадку. Смотри точку (3) на рисунках 26 и 28.

Значения  $C_y$  и  $C_x$  определяют величину  $C_r$ . Для обеспечения равномерного прямолинейного полета сумма сил, действующих на ЛА, должна быть равна нулю. То есть полная аэродинамическая сила  $R$  должна равняться весу тела  $G$ . Вес тела постоянен. Следовательно, и  $R$  не должно изменяться.

$$R = C_r * \frac{\rho * V^2}{2} * S;$$

Для сохранения постоянного значения  $R$  при увеличении  $C_r$  скорость полета  $V$  уменьшится, так как плотность воздуха  $\rho$  и площадь крыла  $S$  остаются неизменными.

● **ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УА - УА, при котором  $C_x$  минимально.**

На этом УА ЛА может лететь с максимальной скоростью.

● **НАИВЫГОДНЕЙШИЙ УА - УА, обеспечивающий максимально возможное отношение  $C_y/C_x$ .**

При установке крыла на наивыгоднейший УА угол отклонения полной аэродинамической силы  $R$  от направления движения воздушного потока максимален. Смотри рисунок 28.

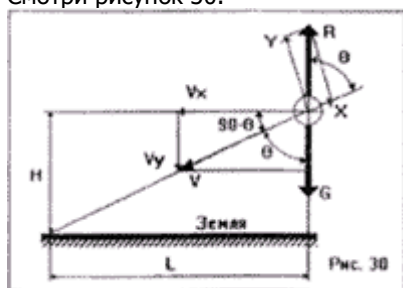
### 5.3. Понятие АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО КАЧЕСТВА.

**АЭРОДИНАМИЧЕСКОЕ КАЧЕСТВО - отношение  $C_y/C_x$  при установке крыла на наивыгоднейший УА.** То есть максимально возможное отношение  $C_y/C_x$  для заданного крыла.

$K = C_y/C_x$  (При установке крыла на наивыгоднейший угол атаки.)

**Впр:** Если безмоторный ЛА с  $K=5$  находится на высоте  $H=100$  метров и воздух неподвижен, то какое максимальное расстояние  $L$  он может пролететь?

**Отв:** Вернемся к рассмотрению равномерного прямолинейного полета безмоторного ЛА в неподвижном воздухе. Смотри рисунок 30.



Аэродинамическое качество равно отношению коэффициентов подъемной силы и сопротивления:  $K = C_y/C_x$ . Из формул определения подъемной силы и сопротивления:  $C_y/C_x = Y/X$ .

Следовательно:  $K = Y/X$

Разложим скорость полета ЛА относительно **земли  $V$  на** горизонтальную и вертикальную составляющие  $V_x$  и  $V_y$ . Траектория полета ЛА наклонена к земле **на** угол  $90-\theta$ . Из подобия прямоугольных треугольников по углу  $\theta$  видно:  $Y/X = V_x/V_y$ .

Очевидно, что отношение дальности полета  $L$  к высоте  $H$  равно отношению скоростей  $V_x/V_y$ :  $L/H = V_x/V_y$

Таким образом:  $K = C_y/C_x = Y/X = V_x/V_y = L/H$

То есть  $K = L/H$ . Если  $K=5$ , а  $H=100$ , то  $L=5*100=500$ .

Ответ: , высоты 100 метров на аппарате с качеством 5 можно пролететь 500 метров.

**АЭРОДИНАМИЧЕСКОЕ КАЧЕСТВО ПОКАЗЫВАЕТ, СКОЛЬКО МЕТРОВ ПО ГОРИЗОНТАЛИ МОЖЕТ ПРОЛЕТЕТЬ АППАРАТ ПРИ ПОТЕРЕ ОДНОГО МЕТРА ВЫСОТЫ ПРИ УСЛОВИИ ТОГО, ЧТО ВОЗДУХ НЕПОДВИЖЕН.**

### 6. Закритические углы атаки, понятия штопора и заднего сваливания.

**Впр:** Кто знает авиационное слово 'штопор' и может объяснить, как и почему в него может попасть самолет?

**Отв:** При выходе крыла за критический угол атаки происходит срыв потока. Происходит он обычно не совсем одновременно на правой и левой консолях. На 'сорвавшейся' консоли РЕЗКО падает  $Y$  и растет  $X$ . В результате самолет валится вниз, одновременно закручиваясь вокруг 'сорвавшейся' консоли.

На Парашуте штопор невозможен. При выходе на закритические углы атаки аппарат попадает в режим 'заднего сваливания'. **ЗАДНЕЕ СВАЛИВАНИЕ - ЭТО УЖЕ НЕ ПОЛЕТ, А ПАДЕНИЕ.** Купол Парашута складывается и уходит вниз и назад за спину пилота так, что угол наклона строп достигает 45-55 градусов. Пилот падает к земле спиной. При падении с высоты 20-30 метров в режиме заднего сваливания проблемы со здоровьем пилоту гарантированы. Чтобы не попасть в беду, мы будем изучать этот режим на практических занятиях. Нас будут интересовать ответы на два вопроса. Как не попасть в 'сваливание'? Что делать, если аппарат все-таки сорвался? Тогда этот режим будет разобран подробнее.

### 7. Обтекание воздушным потоком реального крыла.

#### 7.1. Основные геометрические характеристики реального крыла.

Обычно форму крыла определяют, задавая профиль, вид сверху, угол крутки и угол поперечного  $V$ .

**ПРОФИЛЬ КРЫЛА** - сечение крыла плоскостью, параллельной плоскости симметрии (рисунок 31 сечение А-А).

Иногда под профилем понимают сечение, перпендикулярное передней или задней кромке крыла (рисунок 31 сечение Б-Б).



**ХОРДА ПРОФИЛЯ** - участок прямой, соединяющий наиболее удаленные точки профиля. Длину хорды обозначают через 'b'.

Описывая форму профиля, применяют прямоугольную систему координат с началом в передней точке хорды. Ось ОХ направляют по хорде от передней точки к задней, а ось ОУ - вверх. Верхняя и нижняя границы профиля задаются по точкам с помощью таблицы или формулами. Контур профиля строят также, задавая среднюю линию и распределение толщины профиля вдоль хорды. Смотри рисунок 32.



Основными геометрическими характеристиками профиля являются следующие (смотри рисунок 32).

$$\bar{c} = \frac{c}{b};$$

- ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ТОЛЩИНА.

$$\bar{X}_c = \frac{X_c}{b};$$

- ОТНОСИТЕЛЬНАЯ КООРДИНАТА МАКСИМАЛЬНОЙ ТОЛЩИНЫ.

$$\bar{f} = \frac{f}{b};$$

- ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ВОГНУТОСТЬ.

$$\bar{X}_f = \frac{X_f}{b};$$

- ОТНОСИТЕЛЬНАЯ КООРДИНАТА МАКСИМАЛЬНОЙ ВОГНУТОСТИ.

$$\bar{R}_n = \frac{R_n}{b};$$

- ОТНОСИТЕЛЬНЫЙ РАДИУС НОСКА.

$2\tau$  - УГОЛ ЗАОСТРЕНИЯ ЗАДНЕЙ КРОМКИ.

Описывая форму крыла, используют следующие понятия и характеристики (смотри рисунок 31):

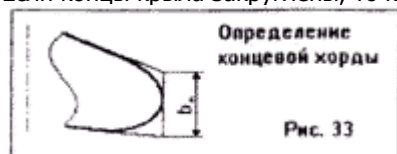
● **РАЗМАХ КРЫЛА** - расстояние между плоскостями, параллельными плоскости симметрии и касающимися концов крыла.

● **b(r) МЕСТНАЯ ХОРДА** - хорда профиля в сечении Z.

● **b<sub>0</sub> ЦЕНТРАЛЬНАЯ ХОРДА** - местная хорда в плоскости симметрии.

● **b<sub>k</sub> КОНЦЕВАЯ ХОРДА** - хорда в концевом сечении.

Если концы крыла закруглены, то концевая хорда определяется так как это показано на рисунке 33.



**БАЗОВАЯ ПЛОСКОСТЬ КРЫЛА** - плоскость, содержащая центральную хорду и перпендикулярная плоскости симметрии.

● **S** - ПЛОЩАДЬ КРЫЛА - площадь проекции крыла на его базовую плоскость.

● **X<sub>пк</sub>** - УГОЛ СТРЕЛОВИДНОСТИ ПО ПЕРЕДНЕЙ КРОМКЕ - угол между касательной к линии передней кромки и плоскостью, перпендикулярной центральной хорде.

● **Ф<sub>кп</sub>(z)** - МЕСТНЫЙ УГОЛ КРУТКИ - угол между местной хордой и базовой плоскостью крыла.

**Примечание 1:** Крутка считается положительной, если координата 'y' передней точки хорды больше координаты 'y' задней точки хорды.

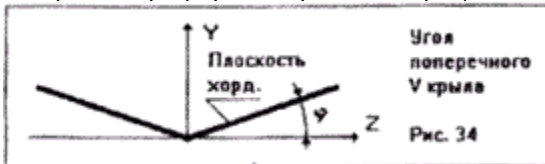
**Примечание 2:** Различают геометрическую и аэродинамическую крутки.

● Геометрическая крутка: Закладывается при проектировании ЛА.

● Аэродинамическая крутка: Возникает в полете при деформации крыла под действием аэродинамических сил.

**Примечание 3:** Наличие крутки приводит к тому, что отдельные участки крыла устанавливаются к воздушному потоку на разных углах атаки.

● **Ф(z)** МЕСТНЫЙ УГОЛ ПОПЕРЕЧНОГО V КРЫЛА-смотри рисунок 34 (угол между проекцией на плоскость, перпендикулярную центральной хорде, касательной к линии 1/4 хорд и базовой плоскостью крыла).



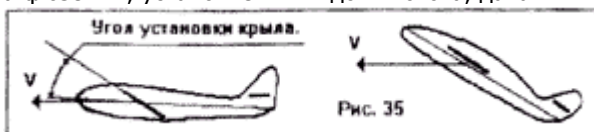
● **УГОЛ АТАКИ КРЫЛА** - Угол между центральной хордой крыла и плоскостью XZ скоростной системы координат.

**Впр:** Есть ли разница между углами атаки (УА) крыла и самолета?

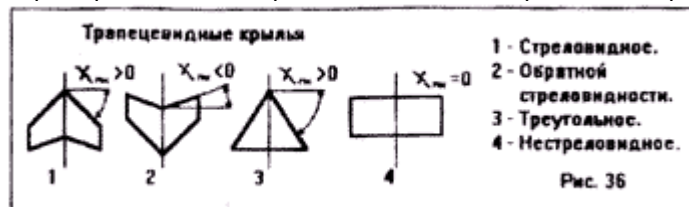
**Отв:** Угол атаки самолета измеряется относительно строительной оси самолета.

Крыло обычно устанавливают под некоторым углом к ней. Угол этот называется - **УГОЛ УСТАНОВКИ КРЫЛА**.

**УА<sub>КРЫЛА</sub> = УА<sub>САМОЛЕТА</sub> + УГОЛ<sub>УСТАНОВКИ</sub> КРЫЛА.** Делается это для того, чтобы при полете самолета в крейсерском режиме крыло, установленное под некоторым углом к потоку, создавало 'хорошую' подъемную силу, а фюзеляж, установленный вдоль потока, давал минимальное сопротивление. Смотри рисунок 35.



Форма трапецевидных крыльев однозначно определяется тремя параметрами (смотри рисунок 36):



$\lambda = \frac{l^2}{S}$ ; **УДЛИНЕНИЕ КРЫЛА** - **Отношение** квадрата размаха к площади крыла:

$\eta = \frac{b_o}{b_k}$ ; **СУЖЕНИЕ КРЫЛА** - Отношение длин центральной и концевой хорд.

**X<sub>пк</sub>** - УГОЛ СТРЕЛОВИДНОСТИ ПО ПЕРЕДНЕЙ КРОМКЕ.

## 7.2. Образование дополнительной подъемной силы на крыле с несимметричным профилем.

На рисунке 37 показана схема обтекания несимметричного профиля.



Рассмотрим две струйки воздуха, обтекающие верхнюю и нижнюю поверхности профиля. Профиль обтекается без завихрений. Молекулы воздуха в струйках 1 и 2, подходящие одновременно к передней кромке крыла, должны также одновременно отойти от задней кромки. Из рисунка видно, что длина траектории струйки воздуха, обтекающей верхнюю поверхность профиля, (1) больше, чем длина траектории обтекания нижней поверхности (2). Над верхней поверхностью молекулы воздуха движутся быстрее и располагаются реже, чем внизу. Возникает **РАЗРЯЖЕНИЕ**. Разница давлений под нижней и над верхней поверхностями крыла приводит к появлению дополнительной подъемной силы. В отличие от пластины, при нулевом угле атаки на крыле с подобным профилем подъемная сила будет не нуль.

Наибольшее ускорение обтекающего профиля потока возникает над верхней поверхностью вблизи передней кромки. Соответственно там же наблюдается и максимальное разрежение. На рисунке 38 показаны эпюры распределения давления по поверхности профиля.



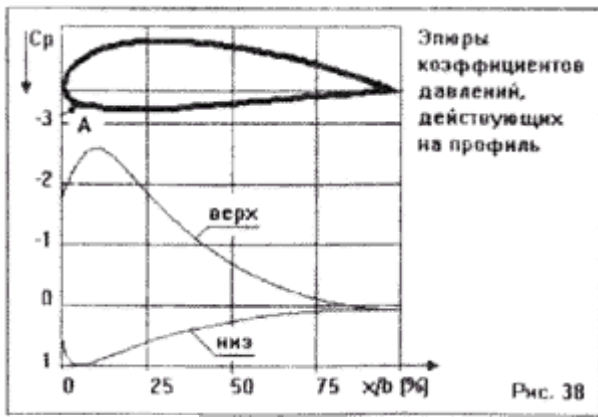


Рис. 38

$$C_p = \frac{P - P_n}{q_n}; \quad q_n = \frac{\rho_n * V_n^2}{2};$$

$C_p$  - Коэффициент давления.

$P$  - Давление в потоке.

$P_n$  - Давление в невозмущенном потоке.

$q_n$  - Скоростной напор невозмущенного потока.

$\rho_n$  - Плотность воздуха в невозмущенном потоке.

$V_n$  - Скорость невозмущенного потока.

Примечание: Твердое тело, взаимодействуя с потоком воздуха, изменяет его характеристики (давление, плотность, скорость). Под характеристиками невозмущенного потока мы будем понимать характеристики потока на бесконечно большом удалении от исследуемого тела. То есть там где исследуемое тело с потоком не взаимодействует (не возмущает его).

Коэффициент  $C_p$  показывает относительную разницу между давлением воздушного потока на крыло и атмосферным давлением в невозмущенном потоке. Там где  $C_p < 0$  поток разрежен. Там где  $C_p > 0$  поток испытывает сжатие.

Особо отметим точку 'А'. Это критическая точка. В ней происходит разделение потока. В этом месте скорость потока равна нулю, давление максимально и равно давлению торможения, а коэффициент давления  $C_p = 1$ .

$$P_o = P_n + q_n;$$

$P_o$  - Давление торможения.

$P_n$  - Давление в невозмущенном потоке.

$q_n$  - Скоростной напор невозмущенного потока.

Распределение давлений по профилю существенно зависит от формы профиля, угла атаки и может значительно отличаться от приведенного на рисунке. Важно лишь уяснить, что **основная часть подъемной силы образуется на первых 25% хорды профиля за счет разрежения воздушного потока над верхней поверхностью крыла.**

### 7.3. Составляющие коэффициента сопротивления $C_x$ .

$C_x = C_x(\text{профильное}) + C_x(\text{индуктивное})$

$C_x(\text{профильное}) = C_x(\text{давления}) + C_x(\text{трения})$

$C_x = C_x(\text{давления}) + C_x(\text{трения}) + C_x(\text{индуктивное})$

$C_x(\text{давления})$ : определяется формой профиля.

$C_x(\text{трения})$ : зависит от шероховатости обтекаемой поверхности.

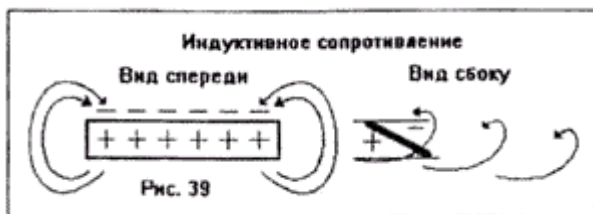
$C_x(\text{индуктивное})$ : возникает из-за закручивания потока на концах крыла.

### 7.4. Индуктивное сопротивление крыла.

При обтекании крыла над верхней и под нижней поверхностями давление воздуха оказывается разным. Внизу больше, наверху меньше. Собственно, это и определяет возникновение подъемной силы. В 'середине' крыла воздух течет строго от передней кромки к задней. На концах же картина обтекания меняется. Воздух, стремясь из зоны повышенного давления в зону пониженного давления, перетекает из под нижней поверхности на верхнюю через законцовки крыла. Воздушный поток при этом закручивается. С концов крыла срываются два вихря, которые некоторое время 'живут' в атмосфере, а затем постепенно рассасываются. Очевидно, что чем разница давлений над верхней и под нижней поверхностями крыла больше, тем образующиеся вихри интенсивнее.

**Вихри, срывающиеся с законцовок крыла, называются СПУТНЫМИ СТРУЯМИ.**

Энергия, затрачиваемая на образование этих вихрей, и определяет индуктивное сопротивление крыла. Смотри рисунок 39.



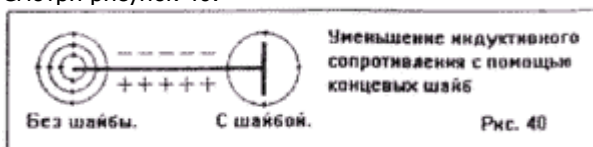
Способы уменьшения индуктивного сопротивления:

- Увеличение удлинения крыла.
- Установка концевых шайб.
- Отрицательная кривизна крыла (уменьшение углов атаки на законцовках консолей).

**Примечание 1: УДЛИНЕНИЕ КРЫЛА** - отношение квадрата размаха к площади крыла. У крыла с бесконечным размахом (или бесконечным удлинением) индуктивное сопротивление равно нулю.

**Примечание 2:** Концевые шайбы - это вертикальные плоскости, устанавливаемые на законцовках консолей. Они препятствуют перетеканию воздуха и, таким образом, уменьшают индуктивное сопротивление.

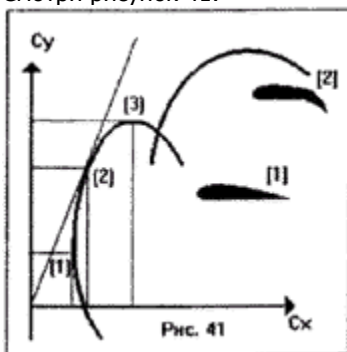
Смотри рисунок 40.



**Примечание 3:** Уменьшение углов атаки на законцовках консолей на Парапланах не применяется, так как ведет к увеличению вероятности подворота консолей.

## 7.5. Зависимость формы поляры крыла от формы профиля.

Смотри рисунок 41.



**Впр:** На рисунке 41 для профиля [1] показаны точки (1), (2), (3). Назвать соответствующие **им** углы атаки.

**Отв:** (1)- Экономический УА.  
(2)- Наивыгоднейший УА.  
(3)- Критический УА.

**Впр:** Какое крыло лучше, судя по полярам на рисунке 41?

**Отв:** Каждое крыло хорошо для 'своего' режима полета:

[1]- Имеет лучшее аэродинамическое качество. Это полезно в полете.

[2]- Имеет большие значения  $C_y$ . Это полезно при заходе на посадку для уменьшения посадочной скорости.

## 8. Пограничный слой (ПС).

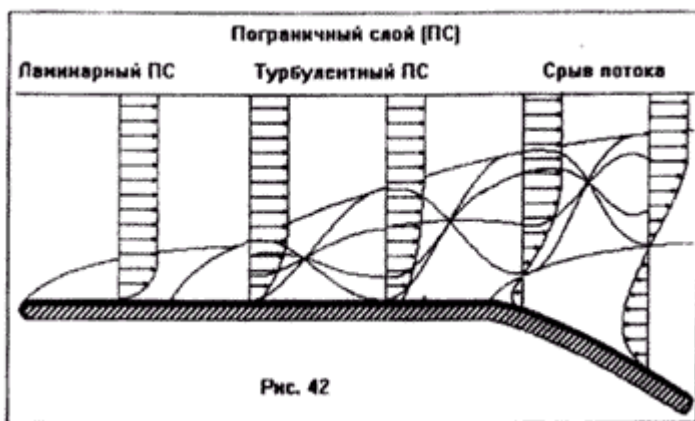
### 8.1. Понятие пограничного слоя.

**ПОГРАНИЧНЫЙ СЛОЙ** - тонкий слой воздуха, непосредственно примыкающий к обтекаемой поверхности и тормозящийся о нее.

На расстоянии НУЛЬ от обтекаемой поверхности скорость потока относительно поверхности равна НУЛЮ. По мере удаления от поверхности ее влияние уменьшается и скорость потока увеличивается. Толщина ПС для сверхлегких ЛА(СЛА) составляет 2-12 мм. ПС бывает ЛАМИНАРНЫЙ (ровный) и ТУРБУЛЕНТНЫЙ (вихревой).

Смотри рисунок 42.





Ламинарный ПС бывает на очень гладких поверхностях обтекания, как правило, при малых скоростях и температурах набегающего потока. По мере удаления от передней кромки толщина ПС увеличивается и он из ламинарного обычно превращается в турбулентный. На Парапланах и дельтапланах из-за шершавости материала, из которого изготовлены крылья, ПС практически всегда турбулентный. При увеличении толщины ПС до некоторого критического значения происходит его отрыв от обтекаемой поверхности. Обсуждавшийся ранее 'срыв потока' фактически определяется отрывом ПС.

## 8.2. Обтекание воздушным потоком вращающегося шара.

**Впр:** Игравшие в футбол слышали о таком приеме, как 'закрутка' мяча. 'Крученный' мяч летит иначе, чем 'некрученный'. Очевидно, что в воздухе на него действует какая-то аэродинамическая сила. Как эта сила образуется и куда направлена?

**Примечание 1:** Этот эксперимент можно провести в домашних условиях, если использовать не тяжелый мяч, а легкий круглый надувной воздушный шар. Если шар закрутить и бросить вперед, то полетит он не прямо, а по дуге.

**Примечание 2:** Отвлечемся от футбола и мяча. Формально задача сводится к тому, что нужно определить, как будут взаимодействовать между собой вращающийся шар и набегающий на него поток воздуха.

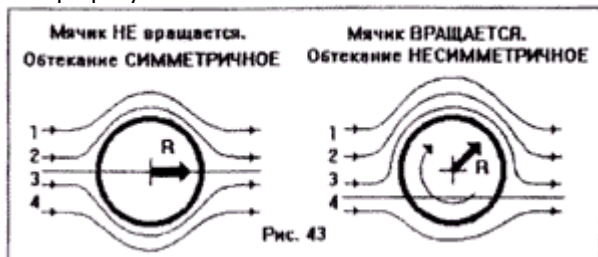
**Отв:** Для ответа на вопрос следует вспомнить две разобранные темы.

- Пограничный слой (1).

- Механизм образования дополнительной подъемной силы на крыле с несимметричным профилем (2).

Нарисуем схемы обтекания невращающегося и вращающегося шаров.

Смотри рисунок 43.



Если мяч не вращается, то воздух обтекает его симметрично. Условные струйки воздуха 1 и 2 обходят его сверху, а 3 и 4 снизу. Аэродинамическая сила  $R$  направлена вдоль набегающего потока.

Если мяч начинает вращаться, то картина его обтекания меняется. Так как на поверхности тела скорость воздуха относительно тела равна нулю (1), то струйка 3, при приближении к вращающейся поверхности мяча как бы 'захватывается' ею, 'прилипает' к ней и начинает обходить мяч сверху. Обтекание мяча становится **НЕСИММЕТРИЧНЫМ**.

Далее все происходит, как на крыле с несимметричным профилем. Струйка 3 бежит 'дальней дорогой', струйка 4 - 'ближней'. Струйка 3 бежит быстрее. Над мячом возникает разрежение. У  $R$  появляется боковая составляющая направленная, в данном случае, вверх.

## Параплан. Конструкция и эксплуатация Параплана

### 1. Введение.

### 2. Купол Параплана.

#### 2.1. Конструкция.

#### 2.2. Материалы

##### 2.2.1 Требования к тканям.

##### 2.2.2 Используемые ткани.

#### 2.3. Эксплуатация.

- 2.4. Контрольный осмотр.
- 2.5. Перечень неисправностей, при которых эксплуатация купола не допускается.
- 2.6. Ремонт.
  - 2.6.1 Порывы ткани до 30 мм.
  - 2.6.2 Порывы ткани свыше 30 мм.
  - 2.6.3 Частичные разрушения швов.
- 3. Стропая система.
  - 3.1. Конструкция.
  - 3.2. Конструкция стропы.
  - 3.3. Материалы.
    - 3.3.1 Требования к стропам.
    - 3.3.2 Используемые материалы.
  - 3.4. Эксплуатация.
  - 3.5. Контрольный осмотр.
  - 3.6. Перечень неисправностей, при которых эксплуатация стропной системы не допускается.
  - 3.7. Ремонт.
    - 3.7.1 Восстановление поврежденной оплетки (при условии того, что силовые нити не пострадали).
    - 3.7.2 Замена строп.
- 4. Свободные концы.
  - 4.1. Конструкция.
  - 4.2. Используемые материалы.
  - 4.3. Эксплуатация.
  - 4.4. Контрольный осмотр.
  - 4.5. Перечень неисправностей при которых эксплуатация свободных концов не допускается.
  - 4.6. Ремонт.
- 5. Подвесная система
  - 5.1. Эксплуатация и текущий ремонт.

## 1. Введение.

Параплан - это сверхлегкий летательный аппарат, созданный на базе семейства двух оболочковых планирующих парашютов. Принципиальное отличие Параплана от парашюта заключается в его предназначении.

Парашюты родились с развитием авиации прежде всего как средство спасения экипажа из гибнущего ЛА. Хотя в дальнейшем область их применения расширилась, парашют, тем не менее, является не летательным аппаратом, а средством мягкого спуска груза с неба на землю. Требования, предъявляемые к парашюту, достаточно просты: он должен надежно раскрываться, обеспечивать безопасную скорость снижения и, при необходимости, доставлять в заданное место груз с большей или меньшей точностью приземления. Первые парашюты имели круглые купола и были неуправляемыми. В дальнейшем, по мере развития техники, конструкция куполов совершенствовалась. Были изобретены парашюты-крылья. Они оказались не совсем парашютами. Их принципиальное отличие от 'круглых' состояло в том, что купол, благодаря особой форме, начинал работать как крыло и, создавая подъемную силу, позволял парашютисту не просто опускаться вниз, а выполнять планирующий полет. Точность приземления таких парашютов стала такой, что при соответствующей квалификации спортсмен-парашютист мог приземляться на метку диаметром 10-15 см. Появившаяся возможность выполнения планирующего полета на парашюте и родила идею Параплана.

**ПАРАПЛАН ЯВЛЯЕТСЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТОМ.** Хотя первые Парапланы мало чем отличались от прыжковых парашютов-крыльев, тем не менее, предназначались они были именно для полета. Пилот-Парапланерист не выпрыгивал из летящего самолета, а стартовал со склона горы, и задача у него была не опуститься на землю, а лететь, причем, желательно подольше и подальше. Постепенно Параплан все дальше и дальше уходил от своего прародителя - парашюта. Сейчас, несмотря на некоторое сходство с парашютом, Параплан - это уже принципиально иной летательный аппарат. Аэродинамическое качество лучших Парапланов перевалило 8, в то время как у парашютов оно составляет всего 2. Внешний вид летящего Параплана схематично показан на рисунке 1.



**Впр:** Что такое аэродинамическое качество?

**Отв:**

**Аэродинамическое качество** - Максимально возможное отношение коэффициентов подъемной силы  $C_y$  и сопротивления  $C_x$ . Или, что тоже самое, отношение  $C_y/C_x$  при установке крыла на наивыгоднейший угол атаки. Можно сказать, что аэродинамическое качество показывает сколько метров по горизонтали может пролететь безмоторный ЛА при потере одного метра высоты (если воздух неподвижен).

**Впр:** Что такое угол атаки крыла?

**Отв:** Угол между центральной хордой крыла и плоскостью ХZ скоростной системы координат.

**Впр:** Что такое наивыгоднейший угол атаки?

**Отв:** Угол атаки, при котором отношение  $C_y/C_x$  максимально.

Купол создает подъемную силу, удерживающую Параплан в воздухе.

**Впр:** Что такое подъемная сила?

**Отв:**

**Подъемная сила** - это составляющая полной аэродинамической силы, ориентированная вдоль оси Y скоростной системы координат.

**Впр:** Что такое полная аэродинамическая сила? Куда она направлена, если безмоторный ЛА выполняет прямолинейный полет с постоянной скоростью?

**Отв:**

**Полная аэродинамическая сила** - сила, с которой воздушный поток воздействует на тело. Если тело летит равномерно и прямолинейно, то сумма всех сил, действующих на него, равна нулю. На тело действуют ДВЕ силы: сила тяжести  $G$ , которая всегда направлена вниз, и уравнивающая ее полная аэродинамическая сила  $R$ . Для того чтобы сумма  $G$  и  $R$  была равна нулю,  $R$  должна быть направлена вверх и по величине равняться  $G$ .

Пилот находится в подвешенной системе. Она связана с куполом стропной системой и свободными концами.

Строчная система выполняет еще одну функцию: участвует в формировании формы купола.

## 2. Купол Параплана.

### 2.1. Конструкция.

Купол Параплана сохранил от парашюта только название, фактически, это крыло. И выполняет оно те же функции, что и крылья самолета или планера. Но крыло это мягкое. В нем нет ни одного жесткого элемента. Крыло собирается из полотнищ ткани, формирующих верхнюю и нижнюю поверхности. Между ними вертикально вшиваются нервюры, определяющие профиль крыла. Различают силовые и промежуточные нервюры. К силовым нервюрам крепятся стропы. Промежуточные используются только для поддержания формы профиля. На рисунке 2 схематично показан разрез купола по силовой нервюре.



По передней кромке расположены воздухозаборники. Через них внутренняя полость купола наполняется воздухом, и он приобретает форму крыла, поддерживаемую в полете избыточным давлением воздуха внутри купола, создаваемым скоростным напором. В нервюрах прорезаны перепускные отверстия, предназначенные для обеспечения свободного перетекания воздуха внутри купола. Это ускоряет наполнение купола на старте и облегчает его раскрытие в случае подслоений в воздухе. Носки нервюр усилены полужесткими пластинами. Эти пластины повышают жесткость передней кромки, что значительно облегчает старт, уменьшая вероятность 'залипания' воздухозаборников. Стропы крепятся к каркасным лентам, устанавливаемым для более равномерной передачи нагрузок от ткани купола к стропам.

### 2.2. Материалы.

#### 2.2.1 Требования к тканям.

##### 1) Воздухонепроницаемость.

##### 2) Легкость и прочность.

**Впр:** На какой поверхности купола (верхней или нижней) должно отсчитываться более строгое требование воздухонепроницаемости материала?

**Отв:**

**На ВЕРХНЕЙ.** Разница давлений между внутренней полостью и верхней поверхностью купола существенно больше чем между внутренней полостью и нижней поверхностью. Следовательно нагрузка на ткань верхней поверхности тоже больше. Кроме того, воздухопроницаемость ткани на верхней поверхности купола приводит к перетеканию воздуха из внутренней полости купола на его верхнюю поверхность. Такая 'подпитка' увеличивает толщину пограничного слоя (ПС), способствует его отрыву. Отрыв ПС ведет к срыву потока и 'заднему сваливанию' Параплана.

#### 2.2.2 Используемые ткани.

●Лаке (болонья со специальной воздухонепроницаемой пропиткой).

- Гельвинор (импортная).
- Каррингтон (импортная).

Лаке тяжелее импортных тканей, но дешевле и проще чинится в случае повреждений. До недавнего времени из лаке изготавливались Парапланы, предназначенные для учебных полетов, а из импортных шились спортивные крылья. Сейчас, из-за роста цен на лаке, использование импортных тканей существенно расширилось. Изготовление из импортной ткани учебных куполов облегчает отработку начинающими пилотами старта и сокращает время наземной подготовки.

### 2.3. Эксплуатация.

- **Не держите купол на солнце дольше, чем это абсолютно необходимо для выполнения полетов.**

Ткани, из которых изготавливаются купола, разрушаются ультрафиолетовым излучением солнца. В перерывах между полетами купол следует уложить в тень или компактно сложить и накрыть рюкзаком, подвесной системой, одеждой. При несоблюдении данного требования потери прочности ткани за один летний сезон эксплуатации могут составить до 30%.

- **Не подвергайте купол нагреву свыше 50 С.**

В жаркий день в закрытых автомобилях на стоянке или в невентилируемой палатке температура может превысить 50 С. Это разрушает ткань и воздухопроницаемую пропитку.

- **Не летайте в мороз.**

При температуре воздуха ниже -15 С воздухопроницаемая пропитка ткани становится хрупкой и начинает разрушаться.

- **Держите Параплан сухим. Если он намок, высушите его в тени или в помещении. Не храните Параплан мокрым.**

При проведении полетов в зимнее время по окончании полетов из внутренней полости купола следует вытряхнуть снег и высушить купол в теплом помещении.

Если вы намочили купол в морской воде, необходимо тщательно промыть его пресной водой (в том числе изнутри) так как кристаллизовавшаяся соль разрушает воздухопроницаемую пропитку ткани и ослабляет стропы вплоть до необходимости их замены.

- **Недопустимо выполнение полетов на мокром куполе.**

Мокрая ткань под нагрузкой деформируется. В результате летные свойства Параплана быстро и необратимо ухудшаются.

- **Не стирайте купол с мылом или иным моющим средством. Пользуйтесь только водой. Никогда не трите ткань во избежание ее повреждения.**

Для 'стирки' купол раскладывается на ровной и чистой поверхности и чистится влажными губкой или мягкой тряпкой.

- **Берегите параплан от пыли. Избегайте приземления на песок.**

Частицы песка и пыли разрушают воздухопроницаемую пропитку ткани. Накапливающиеся внутри купола песок, листья, траву следует регулярно вытряхивать.

- **Следите за тем, чтобы при приземлении купол не падал на землю воздухозаборниками.**

Удар воздухозаборниками о землю приводит к резкому скачку давления внутри купола. Это ослабляет ткань, швы, разрушает воздухопроницаемую пропитку. Если купол падает на землю воздухозаборниками, его следует затормозить энергичным и глубоким захватом клеванта.

- **Не допускайте того чтобы при укладке Параплана в рюкзак в нем оставались живые насекомые.**

Если, по окончании полетов в летнее время, не вытряхнуть из купола кузнечиков и прочую живность, то она, безуспешно пытаясь выбраться на свободу, будет прогрызать в ткани купола отверстия диаметром 3-5 мм.

### 2.4. Контрольный осмотр.

Купол собран из полотнищ ткани и сшит нитками. С ним могут произойти две беды:

- ткань порвется;
- швы разойдутся.

Это и нужно проверить в приведенной ниже последовательности.

- 1) Проверить верхнюю и нижнюю поверхности купола на отсутствие повреждений. Проверить целостность швов крепления нервюр к верхней и нижней поверхностям.
- 2) Проверить целостность швов крепления нервюр в районе воздухозаборников.
- 3) Проверить целостность нервюр в местах расположения перепускных отверстий.

### 2.5. Перечень неисправностей при которых эксплуатация купола не допускается.

- Не допускаются любые незащитные (или незаклеенные) порывы ткани.
- Не допускается разрушение любых швов.

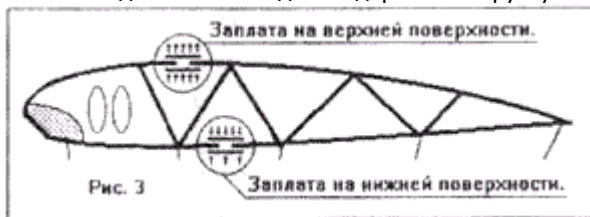
### 2.6. Ремонт.

#### 2.6.1 Порывы ткани до 30 мм.

Небольшие повреждения заклеиваются клейким капроном типа 'репстоп'. Размер заплатки должен быть "таким, чтобы ее границы были удалены от краев порыва ткани купола не менее, чем на 15 мм.

При починке верхней поверхности всегда накладывается ДВЕ заплатки: с внешней и с внутренней сторон. Давление воздуха внутри крыла значительно больше давления над крылом. Герметичность закрытия порыва обеспечивается заплатой, устанавливаемой со стороны внутренней части крыла. 'Верхняя' заплатка не несет силовой нагрузки, но нужна, для того чтобы аккуратно прикрыть края порыва и предотвратить его расширение. Смотри рисунок 3.

При починке нижней поверхности купола также рекомендуется ставить две заплаты так как давление воздуха внутри крыла больше давления под крылом. Но если размер пробоины в куполе незначителен, а 'репстопа' очень мало, то можно ограничиться одной заплатой устанавливаемой с внешней стороны купола. Разница давлений в крыле и под крылом относительно невелика и установленная 'снизу' заплатка обычно в состоянии достаточно надежно держать нагрузку. Смотри рисунок 3.



#### 2.6.2 Порывы ткани свыше 30 мм.

В зависимости от серьезности повреждения зашиваются пилотом самостоятельно или на фирме-производителе. При наложении заплатки место шва рекомендуется проклеивать мягким резиновым клеем типа 'Момент' для уменьшения утечек воздуха через отверстия, пробитые в ткани швейной иглой.

#### 2.6.3 Частичные разрушения швов.

Разрушающиеся (обычно от времени и старости) швы рекомендуется восстанавливать 'вручную' без использования швейной машины. Этот способ относительно медленный, но он дает возможность пилоту не пробивать в ткани новые дыры, а тянуть нитку через уже имеющиеся отверстия 'старого' шва.

При восстановлении шва следует помнить, что каждое новое отверстие, пробитое швейной иглой, уменьшает прочность и без того уже изрядно потрепанной от старости) ткани.

### 3. Стропная система.

#### 3.1. Конструкция.

Стропы не только 'связывают' купол Парашюта с пилотом, но и участвуют в формировании формы купола. Для повышения жесткости крыла полезно подвести к нему возможно большее число строп. Но увеличение числа строп ведет к увеличению массы Парашюта и его аэродинамического сопротивления.

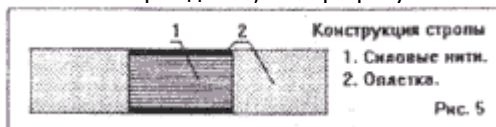
Уменьшение числа строп достигается за счет их разветвления по мере приближения от свободных концов к куполу. Очевидно, что нагрузка на одну стропу после разветвления уменьшается, следовательно диаметр строп верхних ярусов тоже можно уменьшить без потери в прочности. Смотри рисунок 4.



Стропы по местам их крепления к куполу делятся на группы (ряды). За рубежом ряды строп называются по первым буквам латинского алфавита; 'A', 'B', 'C', 'D'. 'A' ряд расположен ближе всего к передней кромке купола. За ним следуют 'B', 'C' и 'D' ряды. У нас часто используются цифровые обозначения; I, 2, 3 и 4 ряды. Отметим отдельно идущие к задней кромке стропы управления. С их помощью пилот подгибает заднюю кромку купола. Это приводит к изменению аэродинамических характеристик Парашюта и последующему маневрированию.

#### 3.2. Конструкция стропы.

Нагрузку в стропе несут спрятанные под защитной оплеткой нити. Оплетка нужна для предохранения силовых нитей от повреждения, Смотри рисунок 5.



На некоторых Парашютах, предназначенных для выполнения рекордных полетов, устанавливаются стропы без защитной оплетки. Уменьшение диаметра строп дает выигрыш в аэродинамическом сопротивлении. Уменьшается вес Парашюта. Но при этом существенно снижается долговечность и надежность стропной системы. Фирмы-производители применяют такие стропы на Парашютах, выставляемых на крупные соревнования для 'выжимания' из аппарата всех резервов. На серийных Парашютах они не используются.

#### 3.3. Материалы.

##### 3.3.1 Требования к стропам.

- 1) Стропа не должна растягиваться под нагрузкой.
- 2) Легкость и прочность.

**Впр:** Почему на спасательных авиационных парашютах устанавливаются стропы, растягивающиеся под нагрузкой, а на Парашютах такие стропы применять нельзя?

**Примечание:** Не следует думать, что парашютные стропы растягиваются, как резиновые жгуты. Стропа длиной 5-6 метров под нагрузкой растянется не более, чем на 10-15 см.



#### Отв:

На парашюте растягивающиеся стропы помогают гасить динамический удар возникающий в момент раскрытия купола. На Параплане такого рода нагрузки отсутствуют. Жесткость строп обеспечивает заданную форму куполу-крылу.

**Примечание:** Длина строп Параплана составляет 5-6 метров. Если, например при монтаже строп, допускается ошибка на 15-20 мм. хотя бы по одной стропе, то это уже может существенно ухудшить летные свойства аппарата. Следует также отметить, что растягивающиеся стропы ставятся на парашюты с круглыми куполами. На парашютах-крыльях используются нерастягивающиеся стропы для поддержания у купола-крыла заданной формы.

#### 3.3.2 Используемые материалы.

- Кевлар.
- СВМ.
- Суперамид.

#### 3.4. Эксплуатация.

● **Не ходите по стропам, не перегибайте, не скручивайте их.**

Частые перегибания и скручивания строп приводят к размягчению и последующему разрушению защитной оплетки. Если же наступить тяжелым ботинком на лежащую на остром камне стропу, то, скорее всего, 'грустно' станет не только оплетке, но и силовым нитям

#### 3.5. Контрольный осмотр.

Необходимо проверить целостность силовых нитей и защитных оплеток. Стropy проверяются последовательно по рядам в направлении от свободных концов к куполу в следующей последовательности:

**1) Проверить целостность защитной оплетки и соединительных швов в местах соединений с замками свободных концов.**

**2) Проверить целостность защитной оплетки и силовых нитей (в том числе под неповрежденной оплеткой) по всей длине стропы.**

**3) Проверить целостность защитной оплетки и соединительных швов в местах развилок и соединений с куполом.**

**Примечание 1:** Особое внимание следует уделять стропам I и 2 рядов, так как на них приходится основная доля аэродинамических нагрузок. 1 ряд - 30%, 2 ряд - 40%, 3 ряд - 20%. 4 ряд - 10%.

**Примечание 2:** Силовые нити не 'тянутся' под нагрузкой. Оплетка же может растягиваться. Иногда случается так, что после сильных рывков в воздухе силовые нити лопаются, а оплетка остается неповрежденной. Такая стропа на ощупь становится тоньше и мягче по сравнению с неповрежденными и подлежит замене.

#### 3.6. Перечень неисправностей при которых эксплуатация стропной системы не допускается.

- Стропа подлежит замене в случае ПОДОЗРЕНИЯ на повреждение силовых нитей или при повреждении защитной оплетки в местах соединений с замками свободных концов, в 'развилок' и местах соединения с куполом.
- На стропях нижнего яруса (длинных) 1 -го и 2-го рядов строп не допускается более одного бандажа на одной стропе.
- На остальных стропях не допускается более двух бандажей на одной стропе.

#### 3.7. Ремонт.

##### 3.7.1 Восстановление поврежденной оплетки (при условии того, что силовые нити не пострадали).

Место повреждения может быть закрыто бандажом. ВНИМАНИЕ: Бандажи уменьшают прочность строп. Не экономьте на стропях. Если есть возможность не ставить бандаж, а заменить стропу, то лучше заменить стропу.

##### 3.7.2 Замена строп.

Замена строп должна выполняться на фирме-производителе. При замене стропы пилотом самостоятельно ее длина берется из технического паспорта Параплана или по симметрично расположенной стропе другой консоли.

**ВНИМАНИЕ:** Длина строп Параплана обычно составляет не менее 5-6 метров. Если при монтаже строп допускается ошибка на 15-20 мм. хотя бы по одной стропе, то это уже может существенно ухудшить летные свойства аппарата.

#### 4. Свободные концы.

##### 4.1. Конструкция.

На первых Парапланах свободные концы повторяли парашютную технику. От карабинов крепления подвесной системы наверх поднималось по две лямки: передняя и задняя. К передним лямкам крепились стропы, идущие к передней части купола. К задним: остальные стропы и стропы управления. Со временем, по мере развития Парапланерной техники, появилось множество иных, более сложных конструкций. Мы рассмотрим лишь один из вариантов. Смотри рисунок 6.



Дополнительные органы управления Парапланом (рисунок 6).

- Триммер: укорачивание свободного конца четвертого ряда смещает центр тяжести (пилота) относительно крыла назад. Это увеличивает угол атаки крыла и уменьшает скорость полета.

- Ускоритель: укорачивание свободных концов первого и второго рядов смещает центр тяжести (пилота) относительно крыла вперед. Это уменьшает угол атаки крыла и увеличивает скорость полета.

Поскольку усилия, необходимые для работы с ускорителем, достаточно велики, пилот управляет им ногами. Для этого от ускорителя вниз спускаются стропы, заканчивающиеся стременем. Надавливая ногами на стремя, пилот укорачивает передние свободные концы. При снятии нагрузки со стремени купол мгновенно принимает исходную форму под действием аэродинамических сил.

**Примечание:** Благодаря плавающей установке свободного конца третьего ряда строп при управлении Парапланом с помощью триммеров или ускорителя форма профиля купола почти не меняется.

#### 4.2. Используемые материалы.

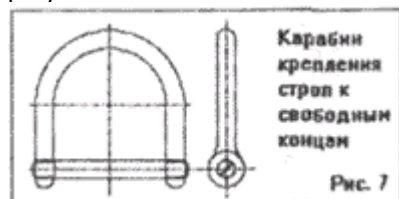
- Прочные капроновые ремни.

**Примечание:** Свободные концы рассчитываются на максимальную перегрузку в 8g. Но при этом максимально допустимая нагрузка на них не должна быть менее 600 кг.

#### 4.3. Эксплуатация.

- Следите за резьбовыми соединениями карабинов крепления строп к свободным концам.

Следует регулярно проверять затяжку резьбовых соединений и беречь карабины от ржавчины. Ржавчина не только уменьшает прочность карабина, но и делает его поверхность шершавой. А это, в свою очередь, ведет быстрому износу трущихся о нее защитных оплеток строп. Схема одной из конструкций карабина показана на рисунке 7.



#### 4.4. Контрольный осмотр.

1) Проверить затяжку резьбовых соединений карабинов крепления строп.

2) Проверить целостность силовых ремней и швов.

3) Проверить состояние 'липучек' крепления клевант на свободных концах и клевантах.

#### 4.5. Перечень неисправностей при которых эксплуатация свободных концов не допускается.

- Не допускаются любые повреждения силовых ремней и швов.

- Не допускается наличие ржавчины на карабинах крепления строп.

- При легком встряхивании свободных концов 'липучки' должны удерживать клеванты на свободных концах.

#### 4.6. Ремонт.

Как правило, свободные концы не требуют ремонта, за исключением работ по замене липучек, крепящих клеванты. При интенсивной эксплуатации Параплана в учебных целях липучки обычно меняются раз в два-три месяца.

#### 5. Подвесная система

**Примечание:** Спинки изготавливаются из углепластика или кевлара. Кевларовые существенно лучше, но и дороже.

##### 5.1. Эксплуатация и текущий ремонт.

После полетов (особенно учебных) и неудачных посадок подвесную систему нужно чистить. Так как на ней будет только земля, а не жир, то можно это делать влажной тряпкой без мыла.

При многократных неудачных посадках нижняя часть подвесной системы начинает рваться. Чинить лучше сразу, не дожидаясь, пока маленький порыв превратится в большую дыру. Необходимо также следить за целостностью швов, замков, силовых ремней.

## Параплан. Основы управления Парапланом

1. Основные принципы управления Парапланом.
  - 1.1. Аэродинамический способ управления.
  - 1.2. Балансирный способ управления.
2. Управление горизонтальной скоростью полета.
  - 2.1. Аэродинамическое управление.
    - 2.1.1 Торможение Параплана клевантами.
    - 2.1.2 Режим заднего сваливания.
  - 2.2. Балансирное управление.
    - 2.2.1 Торможение Параплана.
    - 2.2.2 Разгон Параплана.
3. Управление Парапланом по курсу.
  - 3.1. Аэродинамическое управление.
  - 3.2. Обратное вращение.
    - 3.2.1 Ввод.
    - 3.2.2 Восстановление.
  - 3.3. Балансирное управление.
4. Сертификация и классификация Парапланов.
  - 4.1. Испытания на прочность.
  - 4.2. Летные испытания.
  - 4.3. Классификация Парапланов.
    - 4.3.1 Купола первого уровня (standard).
    - 4.3.2 Купола второго уровня (performance).
    - 4.3.3 Купола третьего уровня (competition) по сертификации DHV или SHV.
  - 4.4. Необходимое дополнение.
  - 4.5. Качественная оценка летных характеристик Параплана.
    - 4.5.1 Удельная нагрузка на крыло или площадь купола.
    - 4.5.2 Удлинение крыла.
    - 4.5.3 Облики современных 'учебного' и 'спортивно-тренировочного' Парапланов.
5. Требования к одежде пилота.
  - 5.1. Требования к защитному шлему.
  - 5.2. Требования к куртке и брюкам.
  - 5.3. Требования к обуви.
  - 5.4. Перчатки (желательно).
6. Простейший планирующий полет (подлет).
  - 6.1. Действия пилота при выполнении подлета.
  - 6.2. Предстартовые осмотр и подготовка Параплана.
  - 6.3. Техника отработки подъема купола в полетное положение будет разобрана позднее.
  - 6.4. Разбег и взлет.
  - 6.5. Полет и приземление.
  - 6.6. Самостраховка пилота и страховка пилота помощником.
    - 6.6.1 Самостраховка пилота.
    - 6.6.2 Страховка пилота помощником.

---

### 1. Основные принципы управления Парапланом.

Существует два способа управления Парапланом:

- аэродинамический;
- балансирный.

В полете обычно оба способа используются одновременно.

#### 1.1. Аэродинамический способ управления.

Затягивая клеванты и стропы управления, пилот подгибает заднюю кромку купола. Это приводит к изменению аэродинамических сил, действующих на Параплан, и, далее, к изменению траектории полета.

Если по какой-либо причине клеванты запутались ('потерялись' или оборвались), можно управлять Парапланом с помощью свободных концов четвертого ряда строп. Глубина зажатия свободных концов должна быть примерно в два раза меньше, чем при управлении клевантами.

**Впр:** Что такое центр давления (ЦД)?

**Отв:** ЦД - точка приложения полной аэродинамической силы.

**ВНИМАНИЕ I:** Центры давления и тяжести на Параплане расположены очень далеко друг от друга. Это приводит к постоянному запаздыванию реакции Параплана на управляющие воздействия пилота. Пилот должен помнить об этом и предугадывать характер поведения купола в воздухе на 1 -2 секунды вперед.

При изменении формы купола происходит изменение сил, действующих на КУПОЛ Параплана. Сначала начинает изменяться траектория полета КУПОЛА. Пилота же (центр тяжести) держат в воздухе не аэродинамические силы, а силы натяжения строп. Поэтому поначалу пилот продолжает двигаться по исходной траектории, и лишь спустя некоторое время, когда купол Параплана 'уйдет' уже достаточно далеко и стропы наклонятся, тоже начнет менять траекторию своего движения.



**ВНИМАНИЕ 2:** Чрезмерно энергичные движения клевант приводят не к энергичному маневрированию, а к раскачке Параплана. ДВИЖЕНИЯ КЛЕВАНТ ДОЛЖНЫ БЫТЬ ПЛАВНЫМИ. Если раскачка все же возникла, следует просто поднять клеванты в верхнее положение. В спокойную погоду колебания погаснут сами собой через 2-5 секунд.

### 1.2. Балансирный способ управления.

Своим перемещением в подвесной системе, а также перемещением подвесной системы относительно купола с помощью триммеров или ускорителя пилот может изменять положение центра тяжести относительно крыла Параплана. Это приводит к изменению ориентации крыла относительно воздушного потока и, далее, к изменению аэродинамических сил и траектории полета. Выполнение энергичных маневров данным способом невозможно, но в этом случае форма крыла не меняется, купол не тормозится и потери высоты при выполнении маневров оказываются несколько меньше.

### 2. Управление горизонтальной скоростью полета.

#### 2.1. Аэродинамическое управление

##### 2.1.1 Торможение Параплана клевантами.

При затягивании клевант пилот подгибает заднюю кромку купола. Из курса аэродинамики известно, что это приводит к увеличению значений коэффициентов подъемной силы  $C_y$  и сопротивления  $C_x$  купола. Причем,  $C_x$  растет быстрее, чем  $C_y$ . В результате отношение  $C_y/C_x$  уменьшается. Траектория полета наклоняется к земле.

**Впр:** Почему при увеличении  $C_y$  и  $C_x$  происходит уменьшение скорости полета?

**Отв:** Значения  $C_y$  и  $C_x$  определяют величину  $C_g$ . Для обеспечения равномерного прямолинейного полета сумма сил, действующих на ЛА, должна быть равна нулю. То есть аэродинамическая сила  $R$  должна равняться весу тела  $G$ . Вес тела постоянен. Следовательно, и  $R$  не должно изменяться.

$$R = C_g \cdot \frac{\rho \cdot V^2}{2} \cdot S;$$

Для сохранения постоянного значения  $R$  при увеличении  $C_g$  скорость полета  $V$  уменьшится, так как плотность воздуха  $\rho$  и площадь крыла  $S$  остаются неизменными.

**Впр:** Что произойдет с Парапланом, если зажать клеванты РЫВКОМ?

**Отв:** Продольная раскачка. При изменении формы КУПОЛА происходит изменение аэродинамических сил, действующих на КУПОЛ. Если клеванты зажать быстро, то и купол затормозится быстро. Силы же, действующие на пилота в момент изменения формы крыла, не меняются, и он, продолжая движение, как бы вылетает вперед из-под купола.

При быстром отпускании ранее зажатых клевант купол устремляется вперед, обгоняя пилота. Происходит клевок. Глубина клевка зависит от типа аппарата, степени торможения и скорости подъема клевант. На учебно-тренировочных Парапланах она может составить от 2 до 5 метров.

##### 2.1.2 Режим заднего сваливания.

При торможении Параплана его ориентация относительно земли почти не меняется, так как центры давления и тяжести расположены далеко друг от друга. А поскольку траектория полета наклоняется вниз, то угол атаки крыла увеличивается.

**Впр:** Что такое угол атаки крыла?

**Отв:** Угол между центральной хордой крыла и плоскостью ХZ скоростной системы координат.

Чем глубже зажимаются клеванты, тем сильнее тормозится Параплан, тем больше наклоняется к земле траектория его полета и увеличивается угол атаки.

Угол атаки не может расти бесконечно. После выхода крыла за КРИТИЧЕСКИЙ угол атаки произойдет срыв потока. Плавность обтекания крыла воздухом прервется, и оно начнет, складываясь, валиться вниз и назад за спину пилота. Этот режим называется ЗАДНЕЕ СВАЛИВАНИЕ.

На многих Парапланах выход из сваливания оказывается проблематичным из-за непредсказуемости поведения аппарата в момент раскрытия крыла. По этой причине в настоящее время исследование поведения Парапланов в глубоком сваливании исключено даже из программ повышения квалификации опытных пилотов.

Для того чтобы знать, до каких пор можно зажимать клеванты, мы будем моделировать вход в сваливание на безопасно малой высоте. Необходимо почувствовать, как ведет себя аппарат в момент входа в сваливание, и научиться возвращаться в нормальный полет, не дожидаясь, когда аппарат действительно начнет падать.

Упражнение выполняется следующим образом. Сначала вы тормозите Параплан и снижаетесь до безопасной высоты (2-3 метра). На этой высоте (с которой нестрашно упасть) вы продолжаете торможение и добиваетесь входа в сваливание. Вход в сваливание вы почувствуете по началу резкого ускорения вашего снижения. В этот момент нужно рывком поднять клеванты на 10-15 см. для возвращения аппарата в режим парашютирования. Если поднять клеванты в верхнее положение, купол восстановится быстрее, но далее последует мощный клевок вперед. Он должен быть остановлен кратковременным энергичным поджатием клевант. Техника выхода из сваливания первым способом проще, и мы будем отрабатывать сначала именно ее. Позднее можно попробовать и второй способ.

**ЗАДАЧА ПИЛОТА: ПОНЯТЬ ХАРАКТЕР ПОВЕДЕНИЯ АППАРАТА, А НЕ ЗАПОМНИТЬ ПОЛОЖЕНИЕ КЛЕВАНТ В МОМЕНТ ВХОДА В СВАЛИВАНИЕ.**

Приведенное выше утверждение принципиально важно. Положение клевант в момент входа в сваливание на разных аппаратах может быть очень разное, а ведут они себя все примерно одинаково. Кроме того, длина строп управления может регулироваться, что также влияет на положение клевант в момент входа в сваливание.

### 2.2. Балансирное управление.

Торможение и разгон выполняются с помощью триммеров и ускорителей.

#### 2.2.1 Торможение Параплана.

При затягивании триммеров центр тяжести смещается назад. Это приводит к уменьшению горизонтальной скорости полета. Но поскольку при этом профиль крыла не искривляется, то сопротивление увеличивается незначительно. Поэтому потеря аэродинамического качества будет существенно меньше, чем при выводе Параплана на ту же скорость при помощи клевант.

Триммеры используются при необходимости выполнения полета на пониженной скорости в течение относительно длительного времени или при старте в штиль для уменьшения взлетной скорости.

### 2.2.2 Разгон Параплана.

Если отпустить триммера и зажать ускоритель, то центр тяжести сместится вперед и скорость полета увеличится.

**ВНИМАНИЕ:** При полете на максимальной скорости РЕЗКО увеличивается вероятность подслоения передней кромки купола.

Это происходит из-за того, что крыло выводится на минимальные углы атаки. Если при этом аппарат попадает в нисходящий поток, еще больше уменьшающий угол атаки, то угол атаки может оказаться отрицательным. Что и приведет к слоению передней кромки.

## 3. Управление Парапланом по курсу.

### 3.1. Аэродинамическое управление.

Управление по курсу осуществляется поджатием одной из клевант со стороны требуемого направления поворота. Рассмотрим подробнее механизм выполнения, например, правого виража. Смотри рисунок 1.



Пусть Параплан летит прямолинейно (Рис. 1 Поз. 0). При зажатии правой клеванты правая сторона купола тормозится. Купол Параплана слегка разворачивается в сторону заторможенной консоли и продолжает движение вперед, но уже со скольжением (Рис. 1 Поз. 1). Появившаяся в результате него боковая сила начинает увлекать купол вправо. В то время как купол Параплана начинает разворачиваться, тело пилота продолжает двигаться по прямой и как бы вылетает из-под купола, накрывая его при этом (Рис. 1 Поз. 2). Возникший таким образом крен приводит к появлению боковой составляющей подъемной силы, величина которой значительно превосходит величину боковой силы, появившейся из-за скольжения купола. Виращ переходит в свою вторую энергичную фазу, при которой угловая скорость разворота Параплана по курсу может достигать значений 70-120 град/сек, а крен 60-80 град. (Рис. 1 Поз. 3). Выход из виража осуществляется возвращением зажатой клеванты в нейтральное положение.

В полете необходимо постоянно помнить о небольшом запаздывании реакции Параплана на ваши действия и вносить соответствующие поправки в управление. Время запаздывания зависит от маневренных характеристик Параплана и глубины зажатия клевант. Оно составляет в среднем 0.5-1.5 секунды при входе в разворот и 0.5-2.0 секунды при выходе из разворота.

### 3.2. Обратное вращение.

Обратное вращение (или негативная спираль) начинается, когда с части крыла, вокруг которой производится поворот, срывается поток, а центр вращения оказывается на поверхности купола и движется к его центру.

Можно сказать и так: на одной консоли срывается поток, и она начинает валиться вниз и назад. Другая же, продолжая движение вперед, закручивается вокруг сорвавшейся. Параплан падает вертикально вниз, причем сорвавшаяся консоль, вращаясь, движется в воздушном потоке задней кромкой вперед.

### **ВНИМАНИЕ: ВЫВОДИТЬ ПАРАПЛАН НА РЕЖИМЫ, БЛИЗКИЕ К ОБРАТНОМУ ВРАЩЕНИЮ, ОПАСНО.**

На высотах до 100 метров выход из режима для опытного пилота проблематичен, а для начинающего практически невозможен. В случае падения проблемы со здоровьем пилоту гарантированы, так как человек падает спиной и возможности нормально сгруппироваться у него нет.

#### 3.2.1 Ввод.

Купол войдет в обратное вращение, если вы сначала затяните обе клеванты до начала срыва потока (заднего сваливания), а затем одну продолжите тянуть дальше вниз, а другую быстро отпустите вверх.

Можно сорвать Параплан в обратное вращение и при полете на большой скорости, если, при попытке выполнения энергичного разворота слишком резко и глубоко зажать клеванту.

#### 3.2.2 Восстановление.

1) Умеренно быстро вернуть клеванты в положение, соответствующее скорости минимального снижения.

Приготовиться удерживать купол клевантами от клевка вперед. Если восстановления не произойдет, то:

2) Противоположной клевантой остановить вращение. Затем натянуть обе клеванты до положения, когда купол зависнет и начнет падать (начало заднего сваливания), и сразу отпустить клеванты, заставляя купол клонуть вперед, набирая скорость и восстанавливая давление в ячейках после срыва потока.

3) Кратковременным энергичным поджатием клевант парировать клевок, не позволяя куполу перелететь вас.

Обратное вращение принципиально отличается от координированного поворота. Использование противоположной клеванты при обратном вращении, как указано в (2), оправдано только для прекращения

вращения. Ее чрезмерное зажатие может ввести купол в обратное вращение в противоположном направлении. При этом появляется опасность того, что пилот и купол начнут вращаться с разными угловыми скоростями, что приведет к скручиванию свободных концов и защемлению строп управления. Последнее ЧРЕЗВЫЧАЙНО ОПАСНО, так как купол становится неуправляемым. Если это произойдет, следует попытаться раскрутить свободные концы, схватив их как можно выше и прикладывая усилия в направлении, противоположном их закручиванию. Но лучше всего в подобной ситуации воспользоваться запасным парашютом.

### 3.3. Балансирное управление.

Направление полета может быть изменено путем перемещения центра тяжести пилота в подвесной системе. Большее нагружение правых свободных концов приводит к проседанию правой стороны купола, правому крену и далее - к правому развороту.

Данный способ позволяет несколько уменьшить потерю высоты во время выполнения виража, благодаря тому что купол не тормозится клевантой, однако скорость выполнения такого разворота существенно меньше.

В полете обычно аэродинамический и балансирный способы управления используются совместно.

## 4. Сертификация и классификация Парапланов.

Существует множество конструкций Парапланов. Постоянно появляются новые модели. Летные характеристики различных Парапланов существенно отличаются. В результате начинающий пилот часто оказывается перед проблемой выбора: аппаратов много, а летать хочется на самом-самом... Попробуем разобраться в этом многообразии.

В настоящее время существует три основных программы испытаний и сертификации.

- Программа Швейцарской дельтапланерной федерации (SHV).
- Программа Германской дельтапланерной федерации (DHV).
- Программа администрируемая ACPULS, которая начиналась как программа ассоциации французских производителей, а затем расширилась до международных масштабов.

Специфические испытательные стандарты каждой организации постоянно совершенствуются, и письменная информация об отдельных элементах этих программ быстро устаревают. Однако основные принципы и цепи испытаний куполов остаются неизменными.

Цели испытаний при сертификации:

- Определить, отвечает ли Параплан критериям летной годности с точки зрения прочности, летных характеристик и поведения, а также восстановления после срывов потока и сложений.
- Определить особенности поведения сертифицируемой модели в различных ситуациях.

Традиционно это выражалось присвоением Параплану определенного УРОВНЯ, по которому он сертифицировался. Уровень определяется тем, как аппарат ведет себя при различных маневрах и сложениях, и тем, насколько необходимо вмешательство пилота для исправления сложения. Изначально DHV использует систему из трех уровней, а ACPULS и SHV пользуются двухуровневой системой. В настоящее время ACPULS и SHV отошли от использования уровней и дают полный отчет о поведении купола при испытаниях.

### 4.1. Испытания на прочность.

При испытании на прочность по методике ACPULS и SHV Параплан буксируют за автомобилем (без пилота). Скорость автомобиля увеличивается до тех пор, пока измеряемая аэродинамическая сила не достигнет восьмикратного веса пилота. Скорость поддерживается постоянной в течение 5 секунд, и, если купол или стропы не порвались, Параплан проходит испытание. Имеется также динамический тест, в котором купол резко нагружают, наполняя его за разгоняющимся автомобилем. При этом Параплан крепится к автомобилю калиброванной на шестикратный вес пилота обрывной стропой. Если рвется обрывная стропа без причинения ущерба куполу, то аппарат проходит испытание.

### 4.2. Летные испытания.

Летные испытания включают ряд маневров.

- Наполнение купола и взлет.
- Приземление.
- S-образные повороты с изменением курса на противоположный.
- Складывание (коллапсирование) купола с подворотом передней кромки, как симметрично так и несимметрично.
- Спираль.
- Выполнение обратного вращения ("negativ spin").
- Изучение режимов установившегося срыва потока ("constant stall").
- Полное затягивание строп управления для вывода Параплана в режим заднего сваливания ("full stall").

В каждом испытании к Параплану предъявляются специфические требования по его поведению, выполнение которых обязательно для прохождения сертификации.

## 4.3. Классификация Парапланов.

### 4.3.1 Купола первого уровня (standard).

ДОЛЖНЫ БЫТЬ ПРИГОДНЫ ДЛЯ НАЧИНАЮЩИХ ПИЛОТОВ.

Они не должны требовать специальных навыков для безопасного полета. Они должны самостоятельно восстанавливаться без участия со стороны пилота при небольших сложениях.

**ВНИМАНИЕ:** Приведенное выше утверждение необязательно верно для ВСЕХ куполов первого уровня. Вы должны следовать рекомендуемому производителем купола уровню навыков и рекомендациям инструктора. Это также не означает, что пилоты куполов первого уровня не обязаны приобретать навыки обращения с куполом по восстановлению его из сложений только потому что купол первого уровня должен восстанавливаться самостоятельно. Пилот не всегда может иметь достаточный запас времени и высоты, для того чтобы просто ждать.

Купола первого уровня наиболее устойчивы к самопроизвольным сложениям от турбулентности. Их реакция на ошибки пилота и на влияние турбулентности обычно достаточно мягкая.

#### **4.3.2 Купола второго уровня (performance).**

НЕПРИГОДНЫ ДЛЯ НОВИЧКОВ.

Они чаще подвержены спонтанным сложениям в турбулентности, менее склонны восстанавливаться самостоятельно. Даже незначительные ошибки в действиях пилота при восстановлении купола могут быстро привести к более серьезным сложениям или к обратному вращению.

При полетах на куполах второго уровня все происходит значительно быстрее. Действия пилота должны быть своевременными и правильными.

#### **4.3.3 Купола третьего уровня (competition) по сертификации DHV или SHV.**

ПРИГОДНЫ ТОЛЬКО ДЛЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ И ОПЫТНЫХ ПИЛОТОВ.

Большинство куполов третьего уровня представляют попытки конструкторов в достижении максимального аэродинамического качества, в жертву которому часто приносится устойчивость купола. Они требуют от пилота постоянных и правильных управляющих воздействий на протяжении всех фаз полета.

#### **4.4. Необходимое дополнение.**

Испытания и сертификация Парапланов - это молодая и несовершенная пока наука. Результаты сертификационных испытаний достоверны лишь для конкретного испытанного купола и могут быть неприменимы для другого купола той же модели, если он в процессе эксплуатации подвергся изменениям за счет естественного износа (вытягивание строп, рост воздухопроницаемости ткани, уменьшение прочности строп и ткани купола). Облет Параплана во время испытаний, которые обычно проводятся в спокойной атмосфере, не всегда может предсказать его поведение в турбулентности, в условиях реального полета. Кроме того, испытание куполов отчасти субъективно, поскольку оно полагается в некоторой степени на личные впечатления пилота-испытателя. Не все купола одного уровня равноценны.

Сертификация - это первый, но не единственный критерий при выборе купола. Выбирая Параплан, следует не только узнать, к какому уровню он относится, но и весьма полезно исследовать репутацию, которую аппарат заслужил в процессе его эксплуатации другими пилотами.

Начинающим пилотам желательно летать на надежных куполах первого уровня, до тех пор пока они не приобретут твердых навыков, позволяющих безопасно осваивать более сложную технику. ЧЕМ ЛУЧШЕ ПАРАПЛАН ЛЕТАЕТ, ТЕМ ВЫШЕ ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К КВАЛИФИКАЦИИ ПИЛОТА.

#### **4.5. Качественная оценка летных характеристик Параплана.**

Попробуем качественно (на глаз) оценить зависимость летных характеристик Параплана от удельной нагрузки на крыло или площади купола и удлинения крыла.

##### **4.5.1 Удельная нагрузка на крыло или площадь купола.**

Удельная\_нагрузка\_на\_крыло = Масса\_ЛА / Площадь\_крыла.

Влияние увеличения удельной нагрузки на крыло путем увеличения массы пилота при полете на одном и том же Параплане или уменьшении площади купола для пилота заданной массы. (+)

● Увеличивается стабильность купола при полете в условиях турбулентности. (+;-)

● Увеличивается полетная скорость.

Увеличение полетной скорости, с одной стороны, дает возможность летать при более сильном ветре, а с другой, увеличивая посадочную скорость, несколько затрудняет выполнение приземления на площадку ограниченных размеров.

● Из-за увеличения полетной скорости и скорости снижения становится сложнее обрабатывать узкие и слабые восходящие потоки.

Рекомендуемая удельная нагрузка на крыло для Парапланов составляет 2.5-3.2 (кг/кв. метр). Площади купола учебных Парапланов составляют 16-28 кв. метров. У спортивных аппаратов, предназначенных для выполнения длительных парящих полетов, она не менее 25 кв. метров.

**Примечание:** Существуют модификации учебных Парапланов с большими площадями купола (30 кв. метров). Такие аппараты обычно используются для полетов на парамоторах, полетов вдвоем или для тяжелых пилотов, весящих свыше 90 кг.

##### **4.5.2 Удлинение крыла.**

**Впр:** Что такое удлинение крыла?

**Отв:** Отношение квадрата размаха крыла к его площади.

Влияние увеличения удлинения крыла?

● Уменьшение индуктивного сопротивления дает увеличение аэродинамического качества и полетной скорости.

● Ухудшается маневренность по курсу (увеличивается радиус разворота).

● При попытке выполнения энергичного разворота крыло большого удлинения проще сорвать в обратное вращение.

● Крыло большого удлинения менее стабильно. Оно чаще складывается при полете в условиях турбулентности, его труднее расправить. « Большое удлинение способствует возникновению продольной раскачки при полете в неровный ветер или при чрезмерно энергичном маневрировании скоростью.

В настоящее время удлинение крыла на учебных Парапланах в среднем составляет 4-5, на спортивных аппаратах оно не менее 5.

##### **4.5.3 Облики современных 'учебного' и 'спортивно-тренировочного' Парапланов.**

**Учебный Параплан.**

● Относительно небольшая площадь купола (16-28 кв. метров).

● Крыло небольшого удлинения (до 5).

**Параплан спортивно-тренировочного класса.**



● Большая площадь купола (не менее 25 кв. метров).

**Примечание:** Увеличение стабильности купола и повышение полетной скорости достигается за счет взятия пилотом в полет балласта. В качестве балласта используются мешки с водой. При обработке 'слабого' восходящего потока вода сливается 'за борт'.

● Большое удлинение крыла (не менее 5).

**Примечание:** Приведенные выше численные характеристики являются усредненными данными по рынку отечественной Парапланерной техники на период 1997-1998 годов.

## **5. Требования к одежде пилота.**

Одежда должна быть удобной, не стесняющей движения и, при этом быть достаточно прочной для обеспечения защиты пилота в случае неудачной посадки или падения.

### **Состав экипировки Парапланериста:**

- защитный шлем;
- куртка и брюки из прочного материала (или комбинезон);
- ботинки с прочной подошвой (лучше полусапожки);
- тонкие кожаные перчатки (желательно).

### **5.1. Требования к защитному шлему.**

По критерию стоимость-эффективность прекрасно подходит обычный мотоциклетный шлем. Следует лишь обратить внимание на то, чтобы его передняя часть не нависала над глазами и не закрывала пилоту обзор вверх.

Можно использовать парашютные шлемы. Они значительно прочнее и надежнее мотоциклетных, но имеют один недостаток. Парашютный шлем закрывает уши и в нем очень плохо слышно.

Существует множество импортных специализированных пара-дельта-планерных шлемов. Они удобнее, легче, имеют более обтекаемую форму, но и в 10-12 раз дороже. Такие шлемы имеет смысл приобретать пилотам, собирающимся летать профессионально, участвовать в соревнованиях. На этапе первоначального обучения без них можно обойтись, хотя, конечно, если есть деньги... Летать в них очень удобно и приятно.

Следует также отметить тот факт, что при полетах зимой шлем оказывается не только средством защиты головы при падениях, но и исключительно теплой, непродуваемой никакими ветрами шапкой.

### **5.2. Требования к куртке и брюкам.**

ЗАПРЕЩАЕТСЯ летать с голыми локтями и коленями. Если летом в плотной и застегнутой на все пуговицы куртке вам стало жарко, ее можно снять, остыть, отдохнуть. Ну, а непосредственно перед стартом лучше снова одеться, чтобы не иметь неприятностей в случае неудачной посадки. Представьте себе на мгновение, что будет с вашими локтями и коленями, если 'проехать' на них пару метров по сухой земле, каменистой россыпи или влететь в какой-нибудь колючий куст...

Наилучшим образом подходят хлопчатобумажные костюмы типа армейской полевой формы, туристические 'штурмовки'. Они легкие, прочные, недорогие, легко стираются. В них нежарко, так как хлопок пропускает воздух, и тело может дышать. В тоже самое время, они достаточно плотные и не продуваются ветром.

Можно использовать джинсовые костюмы. Следует лишь обратить внимание на то, чтобы брюки не обтягивали ноги слишком плотно. Летом в обтягивающих брюках жарко, так как они препятствуют испарению пота. Зимой холодно. Ветер такие брюки легко продувает, а поддеть под них что-либо утепляющее сложно.

Не рекомендуется использовать одежду из синтетических материалов. Кожа под ней не дышит. При интенсивной физической нагрузке, когда пилот, например, поднимается на гору, ему будет жарко. Но стоит остановиться на отдых, сразу станет холодно. Такие броски организма из жары в холод (особенно зимой) - верный путь к простуде.

Существует множество специализированных комбинезонов. Они очень удобные, но, правда, и стоят весьма недешево.

Зимой, при проведении учебных полетов, кроме легкой 'летней' куртки, весьма полезно иметь теплую куртку (шубку), для того чтобы не замерзнуть во время отдыха в перерывах между полетами.

### **5.3. Требования к обуви.**

Обувь должна иметь прочную подошву, чтобы защитить ноги при падениях и жестких посадках. Очень удобно использовать полусапожки (типа армейских). У полусапожек есть ряд преимуществ перед ботинками. Полусапожки защищают голеностопный сустав от подворачивания. В отличие от ботинок в тугозавязанные полусапожки зимой не набивается снег. Летом к закрытым сапожками брюкам не цепляются колючки.

Не рекомендуется летать в кроссовках. ЗАПРЕЩАЕТСЯ ЛЕТАТЬ В КЕДАХ. Тонкая и мягкая подошва не защитит ноги при сильном ударе о землю (а то и о камни). Кроме того, резиновая подошва очень хорошо скользит по влажной траве. Можно поскользнуться на разбеге или при посадке. При попытке взлета в сильный ветер после дождя или по росе вас может запросто 'сдуть' ветром.

### **5.4. Перчатки (желательно).**

Перчатки не являются строго обязательным атрибутом экипировки, но, тем не менее, весьма полезны. Перчатки не только защитят руки от холода зимой или в длительном полете, но и обезопасят кисти рук при падении, помогут выпутаться при случайной посадке на колючий куст. В перчатках удобнее переносить купол, так как пальцы не режутся о стропы.

Перчатки должны быть тонкие и кожаные. Только такие, обеспечивая должную защиту рук, дают возможность пилоту 'чувствовать' пальцами клеванты и стропы Параплана.

## **6. Простейший планирующий полет (подлет).**

### **6.1. Действия пилота при выполнении подлета.**

- 1) Выполнить предстартовые осмотр и подготовку параллана.

- 2) Убедиться в отсутствии препятствий на стартовой площадке, способных помешать подъему купола и разбегу.
- 3) Убедиться в отсутствии в воздухе Парапланов, дельтапланов или других ЛА, способных помешать выполнению полета.
- 4) Убедиться в том, что посадочная площадка свободна и на ней нет предметов и людей, способных помешать выполнению безопасной посадки.
- 5) Доложить руководителю полетов (РП) о готовности к старту.
- 6) Поднять купол с земли в полетное положение.
- 7) Удерживая купол в полетном положении, проверить правильность раскрытия и наполнения его воздухом.
- 8) Выполнить дополнительный беглый контроль обстановки в воздухе и на земле непосредственно перед началом разбега.
- 9) Разбежаться и взлететь.
- 10) Выполнить прямолинейный планирующий полет.
- 11) На высоте 1.0-1.5 метра плавно зажать клеванты на глубину полностью вытянутых рук и приземлиться на две ноги.

Все операции от начала подготовки к полету до взлета должны четко выполняться. Пилот, при переходе от одной операции к последующей, должен контролировать процесс перехода и иметь возможность как сознательно задержать переход, так и не переходить вообще, оставаясь на текущей операции, или возвратиться, при необходимости, к предыдущей.

Доклад пилота РП о готовности к старту нужен для повышения БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТА благодаря дополнительному контролю со стороны РП готовности пилота к полету.

**ХАРАКТЕРНАЯ ОШИБКА:** Попытка ускорения прохождения контрольных операций старта (вплоть до их игнорирования) из-за чрезмерно большого желания новичка поскорее взлететь.

## **6.2. Предстартовые осмотр и подготовка Параплана.**

- 1) Разложить Параплан 'подковой' строго против ветра.
- 2) Проверить правильность подцепки подвесной системы к Параплану.
- 3) Проверить закрытие замков подвесной системы и контровку карабинов подцепки подвесной системы к Параплану.
- 4) Проверить воздухозаборники купола на отсутствие заливаний.
- 5) Проверить стропы на отсутствие перехлестов и на отсутствие в них посторонних предметов (ветки, трава). Убедиться в том, что стропы не цепляются за неровности грунта.
- 6) Взять передние свободные концы и клеванты в руки и принять исходное положение для подъема купола.

## **6.3. Техника отработки подъема купола в полетное положение будет разобрана позднее.**

Пока лишь отметим, что ОТРАБОТКА НАДЕЖНОГО СТАРТА - САМЫЙ ТРУДОЕМКИЙ ЭТАП ОБУЧЕНИЯ.

Может быть, это покажется странным, но на этапе первоначального обучения, в первых подлетах пилот должен как можно меньше думать собственно о полете, а уделить максимум внимания процессу вывода купола в полетное положение.

На самом деле все очень просто. Если пилот начинает перед стартом слишком много думать о полете, то доля внимания, отводимая на подъем купола, неизбежно уменьшается. В результате крыло над головой пилота может получиться 'кривое'. А если еще в придачу не проконтролировать правильность его раскрытия (что не мудрено, если все мысли горе-пилота уже 'в небе') и начать разбег... 'Кривое крыло'... Оно ведь и полетит 'криво'... Ну, а если к этому безобразию еще приложить отсутствие у 'пилота' летного опыта, то последствия такого полета могут

оказаться малоприятны.

НА ПЕРВЫХ ШАГАХ ОБУЧЕНИЯ СЛЕДУЕТ УДЕЛЯТЬ МАКСИМУМ ВНИМАНИЯ ОТРАБОТКЕ НАДЕЖНОГО СТАРТА.

#### **6.4. Разбег и взлет.**

Разбег следует выполнять энергично, возможно более широкими шагами, сохраняя постоянной нагрузку на грудную перемычку подвесной системы, не допуская кренов и продольной раскачки купола Параплана. В процессе разгона Параплана клеванты должны быть в верхнем положении.

ХАРАКТЕРНАЯ ОШИБКА: 'Запрыгивание' в подвесную систему. Почувствовав, что Параплан должен вот-вот взлететь, пилот прекращает разбег, усаживается в подвесной системе. Параплан же, не достигший взлетной скорости, оседает вниз. В результате полет, как правило, заканчивается, так и не успев начаться.

РАЗБЕГ СЛЕДУЕТ ПРОДОЛЖАТЬ ДО ТЕХ ПОР, ПОКА ПАРАПЛАН САМ НЕ ОТОРВЕТ ВАС ОТ ЗЕМЛИ.

#### **6.5. Полет и приземление.**

Первые подлеты будут выполняться на высоте 1-5 метров. После взлета следует сохранять вертикальное положение тела, смотреть вперед и вниз, определяя расстояние до земли. Перед посадкой на высоте 1.0-1.5 метра плавно зажать клеванты на глубину полностью вытянутых рук и приземлиться на две ноги. В случае невозможности выполнения мягкой посадки необходимо принять меры по самостраховке.

#### **6.6. Самостраховка пилота и страховка пилота помощником.**

##### **6.6.1 Самостраховка пилота.**

1) Если купол выходит из-под контроля, его необходимо уложить на землю (погасить). Для этого:

- Энергично зажать обе клеванты и, сделав 3-4 шага в сторону купола, снять натяжение со строп. При необходимости намотать стропы управления на кисти рук.
- Если купол не гаснет или пилот оказывается сбит с ног порывом ветра, обоими руками подтягивать к себе купол за ОДНУ (любую) стропу управления. « Если клеванты 'потерялись' (запутались или оборвались), подтягивать к себе купол Параплана за ОДНУ (любую) стропу, пока он не погаснет.
- После того как купол погаснет, не следует преждевременно отпускать клеванты и стропы, чтобы отпущенный 'на свободу' купол не наполнился воздухом и не потащил бы вас снова.

2) В случае падения ЗАПРЕЩАЕТСЯ пытаться смягчить удар руками. Руки следует прижать к туловищу. Первый удар должны принять плотно сжатые и слегка согнутые в коленях ноги. Ту часть энергии удара, которую ноги погасить не смогут, следует перевести во вращение, уходя, при необходимости, на кувырок. После прекращения вращения погасить купол.

##### **6.6.2 Страховка пилота помощником.**

ВНИМАНИЕ: при оказании помощи помощник должен избегать попадания в стропы Параплана.

- Если помощник находится за куполом Параплана, то он должен, стоя на месте, дать куполу обвить себя. При этом парусные свойства купола исчезнут и он перестанет тащить пилота.
- Если помощник находится перед куполом Параплана, то он должен быстро захватить ОДНУ стропу (желательно стропу управления), обмотать ее на 1-2 оборота вокруг кисти руки и, стоя на месте, удерживать купол от дальнейшего движения по ветру. Захватывать стропу следует возможно ближе к куполу.
- НЕ ИМЕЕТ СМЫСЛА пытаться останавливать, пилота, хватаясь за него самого. При скорости ветра свыше 5 м/с стоящий 'парусом' купол Параплана в состоянии потащить по склону и пилота, и самого помощника.

## **Параплан. Авиационная метеорология**

### **1. Введение.**

#### **1.1. Основные характеристики погоды.**

#### **1.2. Влияние погоды на проведение полетов.**

Понятия простых и сложных метеоусловий.

### **2. Составляющие элементы погоды и их влияние на безопасность полетов.**

#### **2.1. Атмосферное давление.**

#### **2.2. Температура воздуха.**

#### **2.3. Влажность воздуха.**

#### **2.4. Направление и скорость ветра.**

##### **2.4.1 Глобальные причины возникновения ветра.**

##### **2.4.2 Локальные причины возникновения ветра.**

###### **2.4.2.1 Термический ветер и береговой бриз.**

###### **2.4.2.2 Горный бриз.**

###### **2.4.2.3 Циклоны и антициклоны.**

###### **2.4.2.4 Местные ветры.**

##### **2.4.3 Ветер у земли.**

- 2.5. Облачность
    - 2.5.1 Образование облаков.
    - 2.5.2 Классификация облаков.
    - 2.5.3 Кучевые облака нижнего яруса.
    - 2.5.4 Кучево-дождевые и грозовые облака.
    - 2.5.5 Слоистые облака.
    - 2.5.6 ВЫПОЛНЕНИЕ ПОЛЕТОВ В ОБЛАКАХ ЗАПРЕЩАЕТСЯ.
  - 2.6. Осадки.
  - 2.7. Видимость.
  - 2.8. Простые метеоусловия (ПМУ).
  - 3. Динамический восходящий поток (ДВП).
    - 3.1. Обтекание холма воздушным потоком.
    - 3.2. Образование ДВП у склонов различных форм.
  - 4. Термический восходящий поток (ТВП).
    - 4.1. Условия возникновения термических потоков.
      - Стабильность и неустойчивость слоев атмосферы.
        - 4.1.1 Стабильность.
        - 4.1.2 Неустойчивость.
        - 4.1.3 Формирование термических потоков.
      - 4.2. Развитие термической активности в течение суток.
        - 4.2.1 Ночная инверсия.
        - 4.2.2 Развитие.
        - 4.2.3 Окончание.
      - 4.3. Структура термических потоков.
        - 4.3.1 Структура развитого ТВП.
        - 4.3.2 Тепловые пузыри (ТП).
      - 4.4. Поиск ТВП.
        - 4.4.1 Места способствующие образованию термических потоков.
        - 4.4.2 Над перечисленными ниже местами более вероятно появление нисходящих потоков.
        - 4.4.3 Признаки по которым можно обнаружить наличие ТВП.
    - 4.5. Кучевые облака. Особенности полетов вблизи кучевых облаков.
      - 4.5.1 Структура кучевого облака венчающего активный ТВП.
      - 4.5.2 Образование грозовых облаков. Жизненный цикл грозового облака.
      - 4.5.3 Зависимость положения восходящего потока от формы облака.
5. Температурные инверсии.
  - 5.1. Образование инверсий.
  - 5.2. Разрушение инверсий.
6. Турбулентность.
  - 6.1. Причины возникновения турбулентности.
  - 6.2. Турбулентность, вызванная механическими препятствиями.
7. Атмосферные фронты.
  - 7.1. Холодный фронт.
  - 7.2. Теплый фронт.
8. Стационарные волны.

## 1. Введение.

Метеорология изучает процессы, происходящие в атмосфере. Сеть метеостанций гидрометеорологической службы позволяет определять погоду в различных регионах страны и, с некоторой вероятностью, строить прогнозы на будущее. Кроме того, метеослужбы имеются во всех аэропортах.

**ПОГОДА - состояние атмосферы, наблюдаемое в конкретный момент времени над конкретным местом.**

### 1.1. Основные характеристики погоды.

- Атмосферное давление.
- Температура воздуха.
- Влажность воздуха.
- Направление и скорость ветра.
- Облачность.
- Осадки.
- Видимость.

### 1.2. Влияние погоды на проведение полетов. Понятия простых и сложных метеоусловий.

В зависимости от возможности проведения полетов погода бывает летная и нелетная. Метеоусловия при летной погоде разделяют на простые (ПМУ), сложные (СМУ) и минимально допустимые (МИНИМУМ) в зависимости от сложности управления ЛА в конкретной обстановке. Деление это достаточно условное и определяется летными характеристиками конкретного ЛА.

Анализ статистики летных происшествий показывает, что в 30% случаев погода является основной или сопутствующей причиной возникновения аварийной ситуации. Наиболее опасно попадание в СМУ для начинающих пилотов с недостаточными теоретической, практической и психологической подготовками.



## 2. Составляющие элементы погоды и их влияние на безопасность полетов.

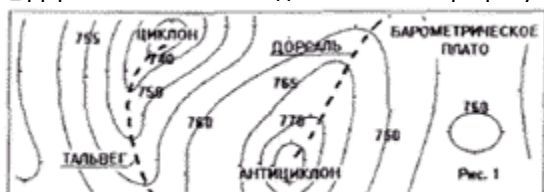
### 2.1. Атмосферное давление.

Наличие атмосферного давления было открыто в середине 17-го века. За нормальное давление на уровне моря принято давление водяного столба высотой около 10 метров, что равно 760 мм. ртутного столба или 1013.2 гПа (1 Паскаль - давление силой 1 Ньютон на 1 кв. м.). С увеличением высоты над уровнем моря давление падает. Разреженность воздуха приводит к увеличению как полетной, так и взлетной и посадочной скоростей. Так, например, при старте с пика Ленина (7134 метра над уровнем моря) скорость должна быть в 1.6 раза больше, чем при полете в нормальных условиях.

Атмосфера Земли все время находится в движении. Это приводит к постоянным отклонениям значения давления от нормальных. Непосредственно на безопасность полетов изменение давления в месте организации полетов не влияет, но оно является одним из основных признаков грядущего изменения погоды. Падение давления обычно свидетельствует о приближении ухудшения погоды, повышение - об улучшении.

В литературе можно встретить следующие термины.

- Циклон: область пониженного давления. Антициклон: область повышенного давления.
- Барометрическое плато: большая область, где атмосферное давление меняется очень мало.
- Тальвег: ось низких давлений.
- Дорсаль: ось высоких давлений. Смотри рисунок 1.



### 2.2. Температура воздуха.

Непосредственно на безопасность полетов температура воздуха не влияет, но она является фактором, ограничивающим возможность эксплуатации Парашюта. В зимних условиях следует воздерживаться от полетов при низкой температуре воздуха.

**Впр:** До какой температуры допускается эксплуатация Парашюта?

**Отв:** До -15 С.

При установившейся погоде температура воздуха имеет ярко выраженный суточный ход с максимумом в 14-15 часов и минимумом перед восходом солнца. В летнее время к полудню приземный слой воздуха нагревается от прогретой почвы и начинает подниматься вверх. Так формируются **ТЕРМИЧЕСКИЕ ВОСХОДЯЩИЕ ПОТОКИ**. С одной стороны эти потоки позволяют выполнять длительные маршрутные полеты, но с другой, существенно **УСЛОЖНЯЮТ ПРОЦЕСС УПРАВЛЕНИЯ ПАРАПЛАНОМ.** Учебные полеты во время развития термической активности обычно прекращаются.

### 2.3. Влажность воздуха.

Влажность воздуха характеризуется содержанием в нем водяных паров. Количество влаги в воздухе колеблется от 1% до 4%. Причем, с ростом температуры максимально возможная концентрации водяного пара в воздухе увеличивается. Для нас важно не столько абсолютное содержание воды в воздухе, сколько относительная влажность.

**ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ВЛАЖНОСТЬ - отношение концентрации водяного пара в воздухе к его максимально возможной концентрации при данной температуре.**

Относительная влажность измеряется в процентах. 0% - воздух абсолютно сухой. 100% - концентрация растворенного в воздухе водяного пара максимальна.

**Впр:** Можно ли летать при относительной влажности воздуха 100%?

**Отв:** Можно, но не нужно. При 100%-ной влажности содержание воды в воздухе максимально. Она начинает конденсироваться в виде росы или тумана. Купол Парашюта мокнет. Взлететь на мокром крыле можно, но такие полеты быстро и необоротно портят летные характеристики Парашюта.

### 2.4. Направление и скорость ветра.

**ВЕТЕР - горизонтальное перемещение воздуха из областей высокого давления в области низкого давления.**

Скорость и направление ветра являются наиболее важными факторами, влияющими на безопасность полетов. Наилучшим для проведения учебных полетов на парашюте является ровный встречный ветер скоростью 2-3 м/с.

Выполнение учебных полетов при скорости ветра свыше 6 м/с затрудняется из-за того, что в случае ошибок на старте ветер может 'сдуть' начинающего пилота. Подъем купола в штиль осложнен тем, что часто возможен лишь 'прямой старт', а также тем, что пилот вынужден начинать разбег сразу после подъема купола, что, в свою очередь, затрудняет выполнение контроля правильности раскрытия купола.

Направление ветра (как и курс ЛА) измеряется в градусах. В метеорологии под направлением ветра понимается направление, ОТКУДА дует ветер. То есть северный ветер (направление 0 град.) дует с севера на юг. Восточный ветер (направление 90 град.) дует с востока на запад. В авиации используется понятие аэронавигационного ветра. Под направлением аэронавигационного ветра понимается направление, КУДА дует ветер.

Аэронавигационный северный ветер (направление 0 град.) дует с юга на север. Аэронавигационный восточный ветер (направление 90 град.) дует с запада на восток.

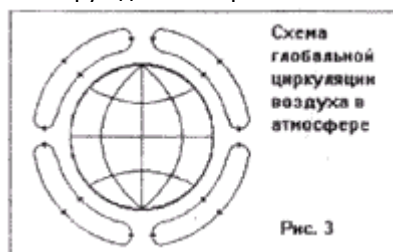
Это различие объясняется тем, что для неподвижно стоящего на земле наблюдателя (метеоролога) удобнее иметь дело с первым случаем. Штурман же, при расчете траектории полета ЛА, использует так называемый треугольник скоростей, в котором путевая скорость ЛА (скорость относительно земли) определяется как сумма воздушной скорости ЛА и скорости ветра. Смотри рисунок 2.



#### 2.4.1 Глобальные причины возникновения ветра.

Причиной возникновения всех ветров является неравномерность прогрева земной поверхности и атмосферы. Более теплый воздух поднимается вверх. А на 'освободившееся' место приходят расположенные по соседству холодные массы.

Над экватором прогретый солнцем воздух поднимается вверх. В основании поднимающихся столбов воздуха возникают области разряжения. Более холодный воздух, расположенный по обе стороны от экватора, устремляется в область низких экваториальных давлений. Нагреваясь, он в свою очередь поднимается вверх и на больших высотах перемещается к полюсам. Охладившись там, он опускается вниз и вновь возвращается к экватору вдоль поверхности земли. Смотри рисунок 3.

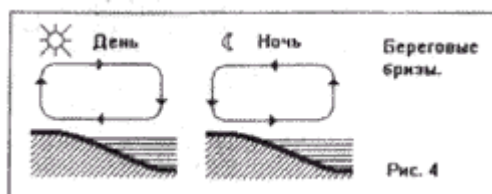


#### 2.4.2 Локальные причины возникновения ветра.

##### 2.4.2.1 Термический ветер и береговой бриз.

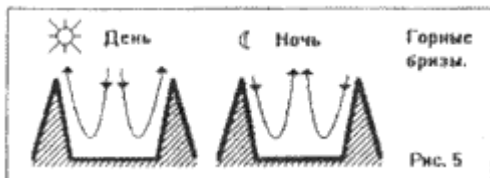
В яркий солнечный день земная поверхность нагревается солнцем, причем нагрев происходит неравномерно. Такие участки, как пашня, каменистые или песчаные почвы, нагреваются значительно быстрее, чем зоны, покрытые водой или густой растительностью. Нагретый над полем воздух уходит вверх и замещается холодным воздухом, например, расположенного рядом озера. В этот момент на границе поля и озера подует легкий ветерок.

Аналогичная картина наблюдается на берегу моря. Днем суша нагревается быстрее, чем море. Нагретый над земной поверхностью воздух поднимается вверх и замещается холодным воздухом с моря. Ветер дует с моря на берег. Ночью земная поверхность быстро охлаждается, море становится теплее, чем суша, и ветер начинает дуть с берега в море. Эти ветра называются береговыми бризами. Их скорость может достигать 10 м/с. Смотри рисунок 4.



##### 2.4.2.2 Горный бриз.

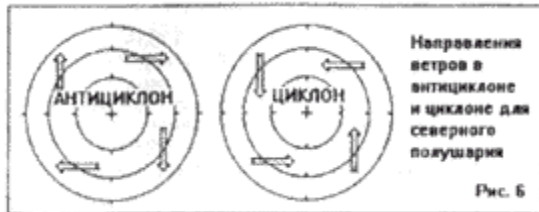
Горные бризы являются результатом того, что днем воздух, расположенный вблизи горных склонов, прогревается сильнее, чем воздух, находящийся дальше от поверхности. Теплый воздух поднимается вдоль склонов, создавая разрежение на дне долины. Массы холодного воздуха из центра долины устремляются в зону разрежения. Образуется горный восходящий бриз. Ночью наблюдается противоположное явление. Воздух над горными вершинами охлаждается быстрее, чем центральный столб воздуха. Холодный воздух стекает вниз по склонам, в то время как столб теплого воздуха в центре долины поднимается вверх. Образуется горный нисходящий бриз. Смотри рисунок 5.



#### 2.4.2.3 Циклоны и антициклоны.

Образующиеся над земной поверхностью обширные области пониженного и повышенного давления (циклоны и антициклоны) приводят к возникновению ветров, направление и скорость которых сильно отличаются от направления 'глобального' ветра.

Если бы Земля была неподвижной, ветер дул бы непосредственно из областей высокого давления в области низких давлений, однако в результате вращения Земли происходит отклонение воздушных потоков вправо в северном полушарии и влево в южном. В северном полушарии ветер циркулирует по часовой стрелке вокруг антициклонов и в противоположном направлении вокруг циклонов. Смотри рисунок 6.



**Если в северном полушарии встать лицом к ветру, то область высоких давлений будет слева, а область низких - справа.**

**Примечание:** Это явление можно наблюдать в домашних условиях. При вытекании воды из ванны у сливного отверстия поток закручивается.

#### 2.4.2.4 Местные ветры.

Это ветры, характерные для относительно небольших, ограниченных по площади местностей. Сила и направление таких ветров определяется особенностями рельефа конкретной местности.

В качестве примера можно привести ветер 'бора' который регулярно проносится над Новороссийском и порой наносит городу существенный ущерб.

Новороссийск расположен в долине на берегу Черного моря. Когда холодные массы воздуха начинают спускаться с гор в море, то, проходя по ущельям, они сильно ускоряются. В результате случается, что проносившийся над городом ветер достигает ураганной силы.

#### 2.4.3 Ветер у земли.

**ГРАДИЕНТ ВЕТРА - изменение скорости и направления ветра с высотой относительно земной поверхности.**

Из-за трения движущегося воздуха о землю, скорость ветра у поверхности меньше, чем на высоте. Заметный рост скорости ветра наблюдается до высот порядка 300-350 метров над землей. Этот эффект уже рассматривался в курсе аэродинамики (пограничный слой). Необходимо лишь отметить то что неровности рельефа и термическая активность турбулизируют приземные слои воздуха и порой изменяют направление ветра у земли относительно потока на высоте. Смотри рисунок 7.



### 2.5. Облачность

#### 2.5.1 Образование облаков.

Облака состоят из бесчисленного множества микроскопических капель воды, образующихся при конденсации растворенного в воздухе водяного пара. Если нагретый у земли и насыщенный водяным паром воздух начинает подниматься вверх, то на высоте он охлаждается. С уменьшением температуры максимально возможная концентрация воды в воздухе уменьшается и вода начинает конденсироваться в виде облака.

**ТОЧКА РОСЫ - температура воздуха, при охлаждении до которой начинается конденсация влаги.**

Кроме тумана, образующегося в охлаждающемся от соприкосновения с холодной землей воздухе, все облака образуются в воздухе, который поднимается вверх.

Облачность определяется количеством облаков, покрывающих небесный свод. Она определяется на глаз по 10-ти бальной шкале: 0 баллов - небо без облаков, 10 баллов - небо полностью закрыто облаками.

**Впр:** Почему запотевают очки, если их внести с мороза в теплую комнату?

**Отв:** Теплый воздух комнаты охлаждается о холодные стекла очков. Содержащаяся в воздухе влага конденсируется на стеклах в виде росы.

### 2.5.2 Классификация облаков.

Облака отличаются друг от друга по форме, размерам, высоте расположения над землей, но все это многообразие может быть легко систематизировано если разделить их по типу и высоте расположения над землей.

Разделение по типу.

● **Кучевые облака:** Отдельные плотные образования с плоскими основаниями и округлыми вершинами. Они могут быть маленькими или огромными, если развиваются в грозовые.

● **Слоистые облака:** Однообразный слой светло-серого цвета. Под действием ветра облака могут разделяться на отдельные клочья с рваными краями. Занимают обширные районы, часто блокируя солнечный свет. Летом могут давать моросящие осадки.

Смотри рисунок 8.



Разделение по высоте.

● **Верхний ярус:** выше 6000 метров.

● **Средний ярус:** от 2000 до 6000 метров.

● **Нижний ярус:** ниже 2000 метров.

Нас, в первую очередь, будут интересовать кучевые облака нижнего яруса и грозовые облака. Существует множество разновидностей облаков, но ими мы пока заниматься не будем.

### 2.5.3 Кучевые облака нижнего яруса.

Облака хорошей погоды. Образуются при конденсации влаги из охлаждающихся термических потоков. Похожи на горы хлопка или цветную капусту. Являются отличными указателями на наличие и расположение термиков.

При выполнении парящего полета на Парплане или дельтаплане в случае приближения к нижней кромке облака следует прекратить набор высоты и не допускать попадания аппарата внутрь облака.

Мы вернемся к обсуждению структуры кучевого облака при разборе строения термического восходящего потока.

### 2.5.4 Кучево-дождевые и грозовые облака.

Эти облака по сути являются суперразвитыми кучевыми облаками. Внешне они похожи на кучевые облака, но существенно мощнее. Имеют вид гор или огромных башен. Для пилота СЛА грозовые облака чрезвычайно опасны. Они являются источниками ливневых дождей, гроз, шквалов, града.

**ПРИ ПРИБЛИЖЕНИИ ГРОЗОВОГО ОБЛАКА ПОЛЕТЫ ДОЛЖНЫ БЫТЬ ПРЕКРАЩЕНЫ.**

Передняя часть облака, называемая "фронтом грозы", является источником сильной турбулентности и мощных восходящих потоков. Пилот, приблизившийся к нижней части облака, рискует быть втянутым в него и потерять контроль над своим аппаратом. За фронтом грозы следует зона осадков и нисходящих потоков. На земле проход грозового фронта сопровождается сильными порывами ветра, что делает посадку проблематичной. Смотри рисунок 9.



Когда такое облако приближается к вашей посадочной площадке, не дожидайтесь последнего момента для посадки, не пытайтесь использовать связанные с ним восходящие потоки. Лучше воспользуйтесь предшествующими ему спокойными зонами для того, чтобы как можно быстрее приземлиться. Не забывайте, что для укрытия аппарата необходимо некоторое время. **Гроза на расстоянии 20 км. может оказаться над вами менее чем через 20 минут.**

### 2.5.5 Слоистые облака.

Эти облака образуются при МЕДЛЕННОМ перемещении больших масс воздуха. Это происходит, например, в атмосферных фронтах или в циклонах. В некоторых случаях низкие слоистые облака могут быть образованы, когда атмосферная турбулентность, перемешивая воздух, поднимает его выше уровня конденсации водяного пара.

**Примечание:** Атмосферным фронтом называют границу между теплой и холодной воздушными массами. Если вперед движется холодный воздух, то это холодный фронт. Если вперед движется теплый воздух, то это теплый фронт. Влияние атмосферных фронтов на погоду будет разобрано позднее.

При полете вблизи или внутри слоистого облака болтанка обычно отсутствует, но существенно снижается возможность пилота вести обзорность. Это особенно опасно при полете вблизи от склона горы или, если в воздухе находятся несколько аппаратов.

### 2.5.6 ВЫПОЛНЕНИЕ ПОЛЕТОВ В ОБЛАКАХ ЗАПРЕЩАЕТСЯ.

- В облаке пилот теряет возможность вести осмотренность. Возможны столкновения с другими аппаратами или со склоном при полете вблизи горы.
- Внутри мощных кучевых, кучево-дождевых и особенно в грозовых облаках находятся восходящие и нисходящие потоки с вертикальными скоростями до 10-15 м/с. Нагрузки на аппарат могут оказаться настолько велики, что появляется реальная опасность его разрушения.
- В условиях сильной болтанки, при отсутствии видимости земли и линии горизонта пилот может потерять пространственную ориентировку и контроль над аппаратом.
- При затягивании аппарата восходящим потоком грозового облака на большую высоту, пилот может потерять сознание от недостатка кислорода и погибнуть от холода.

**Примечание:** Вертикальное развитие грозовых облаков может достигать 10-15 тысяч метров при высоте нижней кромки над землей (или базе облака) менее 1 тысячи метров.

### 2.6. Осадки.

Очевидно, что в дождь летать нельзя.

**Впр:** Можно ли летать зимой в снегопад?

**Отв:** Летящий в лицо пилота снег может существенно затруднить ведение осмотренности. Если снег пилота не слепит, то летать можно.

### 2.7. Видимость.

**ВИДИМОСТЬ - максимальное расстояние, на котором человек с нормальным зрением при дневном освещении различает предметы.**

- Плохая видимость: менее 3км.
- Средняя видимость: от 3км. до 10км.
- Хорошая видимость: свыше 10 км.

Видимость ухудшают туман, дымка, пыль, дождь, снегопад.

Если начинающий пилот с места старта не в состоянии наблюдать за площадкой, запланированной для приземления, то это существенно усложняет полет, поскольку может так случиться, что лишь в воздухе пилот сможет обнаружить, что посадочная площадка закрыта, например, другими Парапланами или дельтапланами, и будет вынужден, меняя план полета, выполнять посадку в ином, возможно, малоприспособленном для этого месте.

### 2.8. Простые метеоусловия (ПМУ).

Для Параплана сложность метеоусловий, главным образом, определяется скоростью и направлением ветра.

**Под простыми метеоусловиями мы будем подразумевать погоду при которой:**

- Скорость ветра до 4 м/с. Ветер ровный, встречный.
- Отсутствуют термические восходящие потоки.
- Условия видимости обеспечивают беспрепятственный просмотр с места старта всей траектории полета и посадочной площадки.

При организации полетов зимой допускаются незначительные осадки в виде снега, если они не будут мешать пилоту вести осмотренность.

### 3. Динамический восходящий поток (ДВП).

**При обтекании воздушным потоком горного хребта или холма воздух, преодолевая возникшее на его пути препятствие, начинает подниматься вверх. Эта область называется ДВП.**

ДВП может существовать, только когда дует ветер и только около препятствий, заставляющих обтекающий их воздушный поток подниматься вверх. С точки зрения удобства выполнения полетов ДВП хорош тем, что наличие восходящего потока можно легко определить по наличию склона и дующего на него ветра. На заре дельтапланеризма в начале 70-х годов первые длительные полеты могли выполняться только в ДВП, так как летные характеристики первых дельтапланов не позволяли вести поиск и обработку термических потоков. Тогда же регистрировались первые рекорды длительности пребывания в воздухе.

*Первый рекордный полет в 1 час 4 минуты был зарегистрирован 6 сентября 1971 года в Калифорнии. Он был выполнен американцем Дэйвом Кшборном. А в сентябре 1974 года Харви Мелчер на Гавайских островах парил уже почти сутки - 20 часов 47 минут. Максимальная же зарегистрированная продолжительность парящего полета на океанском побережье составила 32 часа.*

Возможность выполнения полетов такой продолжительности объясняется тем, что дующие над океаном ветры исключительно стабильны и совместно с Гавайскими вулканическими склонами обеспечивают длительно действующий и спокойный восходящий поток. Когда время висения в таком потоке стало определяться уже не мастерством пилота и летными характеристиками аппарата, а простой человеческой выносливостью, интерес к такого рода рекордам пропал. Сейчас парение в ДВП рассматривается лишь как удобное место для поиска термических потоков, как стартовая точка маршрутного полета.

#### 3.1. Обтекание холма воздушным потоком.

С наветренной стороны холма воздух поднимается, образуя ДВП. Над вершиной скорость потока может несколько возрасти. За холмом воздушный поток опускается, часто закручиваясь при этом в мощный вихрь называемый подгорным ротором. Смотри рисунок 10.





**Впр:** Какова причина ускорения воздушного потока над вершиной?

**Отв:** Ситуация аналогична рассмотренному в курсе аэродинамики случаю обтекания крыла с несимметричным профилем. Струйка воздуха над вершиной холма ускоряется, чтобы 'не отстать' от потока на высоте.

Ощутимое ускорение воздушного потока над вершиной возникает при скоростях ветра не менее 5-6 м/с. Обычно оно не наблюдается над изолированными горами или холмами. Однако из-за ограниченности скорости Параплана при парении в ДВП следует с определенной осторожностью приближаться к вершине холма для того, чтобы аппарат не был снесен в подгорный ротор.

Восходящий поток в подгорном роторе может возникнуть у холмов значительной высоты с достаточно крутыми склонами. При скорости ветра над вершиной 10-20 м/с внизу может дуть 2-3 м/с в обратную сторону.

**Полеты на подветренной стороне холма чрезвычайно опасны!!!** При удалении от склона аппарат неизбежно попадает в мощный нисходящий поток подгорного ротора. Дальнейшее развитие событий будет печально.

### 3.2. Образование ДВП у склонов различных форм.

● **ПОЛОГий СКЛОН:** ДВП низкий и широкий. Сммотри рисунок 11,

● **КРУТОЙ СКЛОН:** ДВП узкий и высокий. Сммотри рисунок 11.



● **УЗКИЙ ХОЛМ:** Воздух, почти не поднимаясь вверх, обтекает холм с боков. ДВП практически отсутствует. Сммотри рисунок 12.

● **СКЛОН ИЗРЕЗАН ОВРАГАМИ:** Основной поток воздуха идет по оврагам. Внутри ложбин от неровностей грунта и обычно растущих там кустов образуются вихри. Над оврагами мощные восходящие потоки. Сммотри рисунок 12.



● **БОКОВОЙ ВЕТЕР:** Зона парения резко сужается. От ложбин на склоне идут вихри, существенно затрудняющие пилотирование.

### 4. Термический восходящий поток (ТВП).

Как говорилось ранее, под действием Солнца поверхность Земли нагревается и нагревает находящийся над ней воздух. Нагретый воздух поднимается вверх, образуя термики. Наиболее мощные термические потоки наблюдаются летом после полудня при хорошем прогреве земли. По мере удаления потока от земли он охлаждается. Поток прекращает свое существование, когда температура воздуха в потоке сравнивается с температурой окружающей среды.

Именно благодаря освоению ТВП для пилотов безмоторных СЛА стали возможны длительные маршрутные полеты протяженностью в сотни километров.

#### 4.1. Условия возникновения термических потоков.

##### Стабильность и неустойчивость слоев атмосферы.

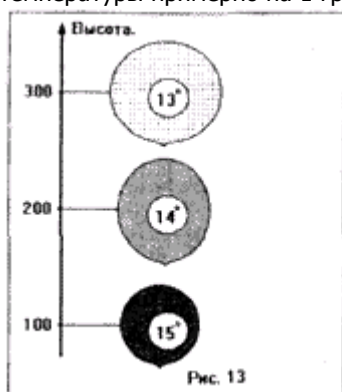
Воздух является очень плохим проводником тепла. Поэтому достаточно большой объем воздуха, обладающий одной температурой и перемещающийся в атмосфере с другой температурой, практически не отдает и не получает тепла от окружающей среды.

Если частица воздуха поднимается, давление в ней уменьшается. Это приводит к уменьшению ее температуры. И наоборот. Если частица воздуха опускается, давление в ней увеличивается. Это приводит к увеличению ее температуры.

**Примечание 1:** В качестве примера зависимости между температурой и давлением в газе можно привести нагрев велосипедного насоса сжимаемым воздухом при накачке шин.

**Примечание 2:** Процессы, происходящие без теплообмена с окружающей средой, называются *адиабатическими*.

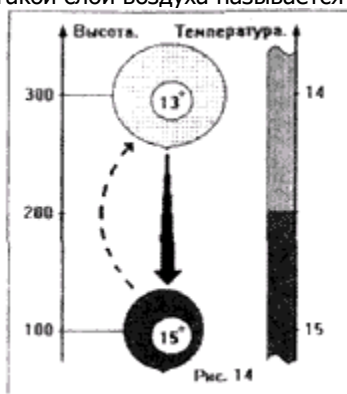
В приземных слоях атмосферы поднятие частицы воздуха на 100 метров приводит к уменьшению ее температуры примерно на 1 градус. Смотри рисунок 13.



##### 4.1.1 Стабильность.

Представим себе слой атмосферы, в котором вертикальное убывание температуры меньше, чем 1 градус на 100 метров. Пусть на высоте 100 метров температура воздуха равна 15 °C, а на высоте 300 метров - 14 °C.

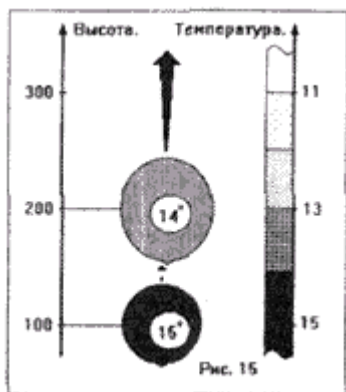
Если каким-либо образом 'толкнуть' частицу воздуха с высоты 100 метров, так, чтобы она поднялась до высоты 300 метров, то ее температура уменьшится на 2 градуса и станет равна 13 °C. Частица будет холоднее окружающей среды и, следовательно, более плотной. Поэтому она снова опустится на свой исходный уровень. Такой слой воздуха называется стабильным. Смотри рисунок 14.



##### 4.1.2 Неустойчивость.

Пусть вертикальное убывание температуры происходит быстрее, чем 1 градус на 100 метров высоты. Пусть температура воздуха на высоте 100 метров равна 15 °C, а на высоте 300 метров - 11 °C.

Стартовавшая с высоты 100 метров частица воздуха будет иметь температуру 14 °C на высоте 200 метров. Эта температура будет больше температуры окружающей среды. В результате частица воздуха продолжит свое движение вверх. Такой атмосферный слой называется неустойчивым. Смотри рисунок 15.



В нестабильном слое случайно переместившиеся вверх частицы оказываются теплее окружающего воздуха, и их восходящее движение продолжается.

Очевидно, что если частица воздуха вдруг со своего уровня опустится вниз, то ее температура хотя и увеличится, но все равно будет меньше температуры соседних слоев воздуха. Это приведет к продолжению нисходящего движения частицы.

#### 4.1.3 Формирование термических потоков.

Атмосфера состоит из последовательности стабильных и нестабильных слоев. Термические потоки образуются в нестабильных слоях и блокируются стабильными (в частности инверсиями).

Вообще говоря, в атмосфере редко встречаются нестабильные слои. Убывание температуры обычно соответствует адиабатическому: 1 градус на 100 метров высоты. Но если определить среднюю температуру для нулевой высоты (например 20 °C), то на некоторых участках, более благоприятных для прогрева, температура может оказаться выше средней (например 22 °C). Именно в таких местах и зарождаются термические потоки. Воздух, стартовавший от земли с температурой 22 °C, будет подниматься, сохраняя разницу в 2 градуса с окружающими слоями, до тех пор пока не встретит блокирующий стабильный слой.

На стабильность атмосферы указывают:

- ровный ветер;
- закрытое слоистыми облаками небо;
- плохая видимость (дымка, туман);
- стелющийся вдоль земли дым от костра.

На нестабильность атмосферы указывают:

- порывистый ветер;
- кучевые облака (чем они выше тем мощнее термические потоки);
- прозрачный воздух, хорошая видимость;
- поднимающийся высоко над землей дым;
- пылевые смерчи. Смотри рисунок 16.

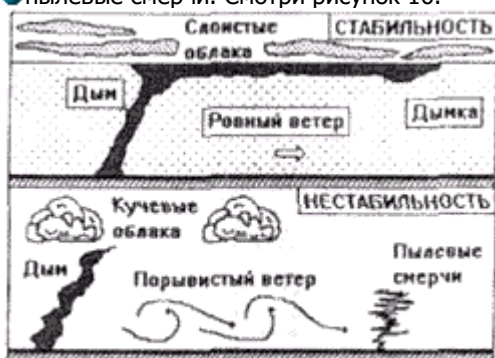


Рис. 16

## 4.2. Развитие термической активности в течение суток.

### 4.2.1 Ночная инверсия.

Ночью не подогреваемая солнцем земля теряет тепло путем излучения. Охлаждение земли передается самым нижним слоям атмосферы, в то время как более высокие слои охлаждаются слабо. Максимальное охлаждение достигается к рассвету. В это время при удалении от земли на расстояние порядка нескольких сотен метров температура будет увеличиваться. Далее она начинает понижаться как обычно. Таким образом, за ночь у земли создается устойчивый инверсионный слой в котором термические потоки невозможны.

Такая инверсия проявляется тем сильнее, чем более ясной была ночь. Это объясняется тем, что при наличии облаков потери тепла землей уменьшаются так как часть излученного землей тепла, отражаясь от облаков, возвращается обратно.

### 4.2.2 Развитие.

После восхода солнце начинает подогревать землю. Происходит это очень неравномерно. Над наиболее нагретыми участками начинают формировать термические потоки. Сначала эти потоки слишком слабы для их использования пилотами СЛА, но они постепенно разрушают образовавшуюся ночью у земли инверсию.



После разрушения **ночной** инверсии термическая активность быстро нарастает. **Максимум интенсивности достигается к середине второй половины дня (около 15 часов).**

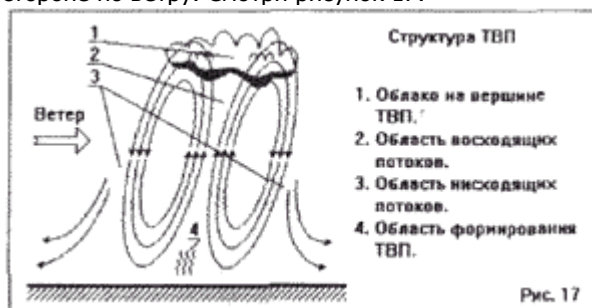
#### 4.2.3 Окончание.

К вечеру температура воздуха у земли начинает медленно уменьшаться. Потоки становятся более слабыми и широкими ('мягкими'). Расстояния между ними увеличиваются. Постепенно все потоки исчезают.

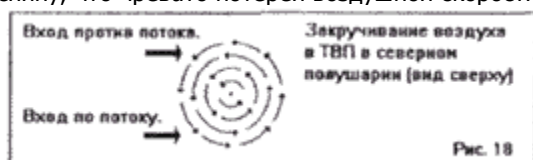
### 4.3. Структура термических потоков.

#### 4.3.1 Структура развитого ТВП.

В середине - восходящий поток. По краям - нисходящие. Если воздух достаточно влажный, то вершину ТВП может венчать кучевое облако. Впрочем ТВП не всегда завершается образованием облака. Тогда его следует искать по другим признакам. Способы обнаружения ТВП будут разобраны позже. Поднимающийся в ТВП воздух сносится ветром. Поэтому в полете его нужно искать не над местом возможного образования, а несколько в стороне по ветру. Смотри рисунок 17.



Следует отметить то, что мощные термики часто ведут себя подобно областям пониженного давления (циклонам) и закручивают поднимающийся воздух. В северном полушарии воздух закручивается против часовой стрелки, в южном: по часовой стрелке. Можно рассчитывать на лучший подъем аппарата, если он вращается против потока (вправо или по часовой стрелке в северном полушарии). Это объясняется тем, что в таком случае аппарат движется медленнее (относительно земли) и для его удержания в потоке нужен меньший угол крена. Это полезно и в смысле безопасности. Если вы входите в термик по его вращению, то можно получить удар потоком в спину, что чревато потерей воздушной скорости и может привести к складыванию купола. Смотри рисунок 18.



В условиях реального полета не стоит рассчитывать на вход в термические потоки только против их вращения, так как заранее определять точные местоположения потоков обычно не представляется возможным. Но при обработке уже найденного потока полезно СТАВИТЬ АППАРАТ В ПРАВУЮ СПИРАЛЬ (в северном полушарии) для увеличения скорости набора высоты.

В наших широтах ТВП дают восходящую скорость в среднем порядка 2 м/с, но максимальные наблюдаемые значения составляют около 7-8 м/с.

Можно смоделировать образование ТВП дома. Для этого следует взять кастрюлю возможно больших размеров и налить туда воды. После того как вода успокоится, на дно кастрюли через тонкую трубку влить еще немного воды, подкрашенной какой-либо краской, но так, чтобы она не перемешалась с основной массой. Затем поставить кастрюлю на плиту и начать ее медленно подогревать. Нагреваясь, нижний подкрашенный слой будет подниматься вверх, образуя термики. Холодная (неокрашенная) вода станет опускаться на дно кастрюли, имитируя нисходящие потоки.

**Примечание:** Если для эксперимента вы задумаете использовать 'пищевую' посуду, подумайте, можно ли будет после эксперимента (то есть после краски) готовить в ней еду.

#### 4.3.2 Тепловые пузыри (ТП).

ТП встречаются значительно чаще регулярных (непрерывных) термиков. Они возникают при недостаточной 'подпитке' ТВП нагревающимся у земли воздухом или, если ТВП разрывается меняющимся по высоте ветром. ТП, если они больших размеров, можно использовать для набора высоты. Но они становятся практически бесполезны, если начинают дробиться и возникает беспорядочное кипение. В этом случае ТП могут начать представлять опасность как источники турбулентности. Смотри рисунок 19.



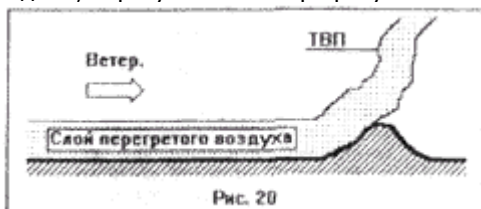
#### 4.4. Поиск ТВП.

##### 4.4.1 Места способствующие образованию термических потоков.

**Термические потоки следует искать над участками земной поверхности, подвергающимися наибольшему прогреву солнцем.**

- Каменистые россыпи.
- Песчаные почвы.
- Сухие поля.
- При условии неустойчивости приземного воздуха пригорок (даже небольших размеров) может стать 'генератором' ТВП.

Если гонимый ветром перегретый слой приземного воздуха наталкивается на бугор, то, обтекая его, он начинает подниматься вверх. Получив таким образом вертикальный импульс, воздух часто продолжает свой подъем, образуя ТВП. Смотри рисунок 20.



- Обращенные к солнцу склоны холмов. Вогнутые склоны нагревают воздух быстрее выпуклых. Смотри рисунок 21.



- Возвышенности и плоскогорья.

Над возвышенностями слой атмосферы тоньше, рассеивание солнечных лучей меньше и, следовательно, прогрев поверхности сильнее. Воздух на высоте холоднее воздуха в долине. Совместное действие этих факторов ведет к увеличению неустойчивости атмосферы на плоскогорьях и усилению там термической активности.

Вершины холмов с высотой свыше 300 метров могут оказаться над слоем ночной инверсии. Это приведет к образованию над ними утром терминов задолго до их появления в долине.

##### 4.4.2 Над перечисленными ниже местами более вероятно появление нисходящих потоков.

**Болота, озера, реки.**

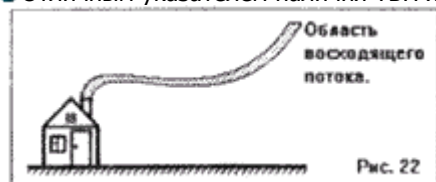
Над мелкими и занимающими большие площади болотами возможно образование восходящих потоков, но потоки эти, как правило, слабые и образуются над наиболее сухими участками.

Зимой возможно образование термиков над незамерзшими водными поверхностями так как они оказываются теплее суши.

- Низины.
- Зеленые (влажные) поля.
- Лес.

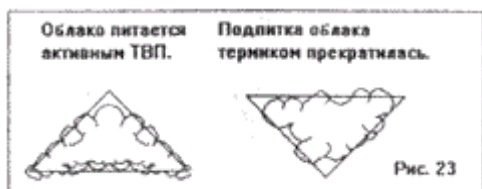
##### 4.4.3 Признаки по которым можно обнаружить наличие ТВП.

- Если вы сидите в штиль на горе и вдруг на вас набегающий слабый, но быстро крепчающий ветерок, то это значит, что где-то рядом начал формироваться ТВП. А место уходящего наверх нагретого воздуха занимает холодный.
- Отличным указателем наличия ТВП являются высоко поднимающиеся дым или пыль. Смотри рисунок 22.



- На ТВП может указать пролетающий рядом дельтаплан или Парашют, если он вдруг начинает набирать высоту.
- В момент входа в ТВП пилот может ощутить теплое дуновение набегающего потока воздуха, а также почувствовать, как аппарат начинает подниматься вверх.
- Кучевое облако часто указывает на 'вершину' ТВП.

При поиске ТВП по кучевым облакам следует обратить внимание на их форму. На активный ТВП указывает растущее облако с широким основанием и вытянутой вверх вершиной (*треугольник с вершиной, направленной вверх*). Если подпитка облака термиком прекратилась, то основание облака становится размытым, а основная его масса сосредоточивается в верхней части (*треугольник с вершиной, направленной вниз*). Искать восходящие потоки под таким облаком не имеет смысла. Смотри рисунок 23.

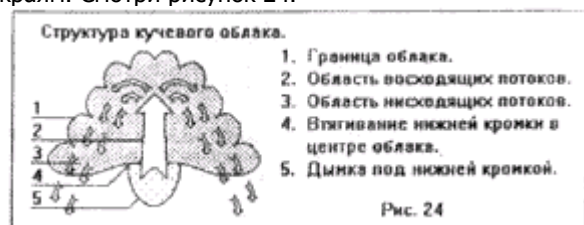


- Птицы больших размеров и веса 'чувствуют' термики и активно используют их для набора высоты.
- На ТВП указывают случайно занесенные на большую высоту листья, бабочки, мошки, мелкий мусор.
- Ласточки поднимаются на высоту вслед за затянутыми в ТВП мошками.

#### 4.5. Кучевые облака. Особенности полетов вблизи кучевых облаков.

##### 4.5.1 Структура кучевого облака венчающего активный ТВП.

В центральной части облака находятся восходящие потоки, по краям нисходящие. Диаметр восходящего потока обычно составляет около 1/3 диаметра облака. По мере приближения к нижней кромке облака скорость восходящего потока увеличивается. Облако начинает как бы 'подсасывать' выпаривающий аппарат. Внутри облака вертикальные скорости потоков еще возрастают и в мощных кучевых и грозовых облаках достигают 10-15 м/сек. Следует отметить то, что нижняя кромка облака в центральной его части расположена несколько выше чем по краям. Смотри рисунок 24.



Эффект 'подсасывания' и ускорения потоков внутри облака объясняется тем, что при конденсации водяного пара выделяется тепло. Это тепло подогревает находящийся внутри облака воздух. Формируется как бы вторичный термин, который и разгоняет потоки внутри облака. Пилоту, при приближении к облаку, следует учитывать явление 'подсасывания', заблаговременно прекратить набор высоты и не допускать попадания аппарата внутрь облака.

Наличие восходящих и нисходящих потоков приводит к тому, что нижняя кромка в центральной части облака находится несколько выше, чем по краям. Если оказавшийся под нижней кромкой в центре облака пилот попытается уйти по прямой к его краю, то, вероятнее всего, некоторое время он будет вынужден лететь внутри облака вне видимости земли.

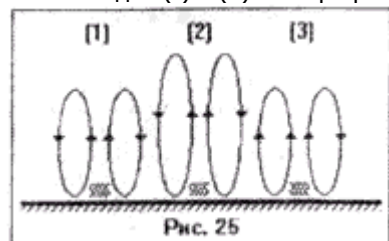
Если восходящий поток под облаком очень интенсивный и в воздухе есть пыль, то вокруг пылевых частиц начинается конденсация водяного пара еще до достижения потоком нижней кромки облака. В результате под облаком образуется зона 'дымки'. Дымка под облаком и высокая скорость подъема аппарата должны просигнализировать пилоту о необходимости более раннего прекращения набора высоты.

##### 4.5.2 Образование грозовых облаков. Жизненный цикл грозового облака.

Грозовые облака по своей сути являются суперразвитыми термическими кучевыми облаками. Для их образования необходимы мощная термическая активность и высокая влажность воздуха. Рассмотрим процесс образования и развития грозового облака.

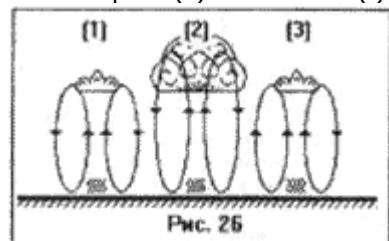
- В результате солнечного прогрева и неустойчивости приземного воздуха сформировалась мощная термическая активность.

Мощность расположенных по соседству термиков, как правило, различна. Пусть термик (2) оказался сильнее своих соседей (1) и (3). Смотри рисунок 25.



- Над термиками начинают образовываться облака.

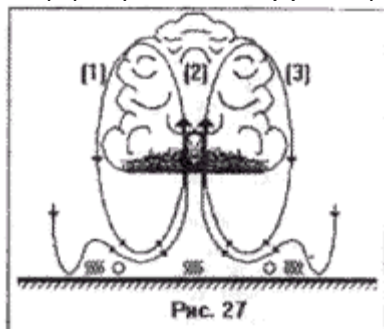
Так как термик (2) сильнее чем (1) и (3), то и облако (2) растет быстрее чем (1) и (3). Смотри рисунок 26.



Большее выделение тепла за счет конденсации пара в облаке (2) приводит к еще большему увеличению мощности восходящего потока в (2) по сравнению с (1) и (3).

● Нисходящие потоки из облака (2) подавляют термики (1) и (3).

Нисходящие потоки от (2) не просто подавляют (1) и (3), а перенаправляют их и заставляют питать быстрорастущее облако (2). Смотри рисунок 27.



Облако (2) отрывается от питавшего его термика. Оно начинает как бы жить своей жизнью продолжая быстро увеличиваться уже только за счет засасывания масс приземного влажного воздуха благодаря внутреннему прогреву. Облака (1) и (3) исчезают. Формирующееся грозовое облако заметно темнеет из-за увеличения содержания в нем воды.

● Восходящий поток затягивает капли воды в облаке на большую высоту, и они превращаются в град.

Затянутые в облако массы воды и образовавшийся град удерживаются во взвешенном состоянии благодаря продолжению подпитки облака влажным приземным воздухом. Размеры облака продолжают увеличиваться.

Выросшее грозовое облако оказывается в состоянии неустойчивого равновесия. С одной стороны, накопленные массы воды и града стремятся опуститься вниз. С другой, подпитка облака влажным приземным воздухом создает восходящий поток, удерживающий их на высоте и, кстати, продолжающий гнать наверх все новые и новые массы влаги.

● Накопленные в облаке вода и град лавинообразно опускаются вниз.

В результате высасывания всей влаги приземного воздуха или перехода в более сухой район подпитка грозового облака уменьшается. Это нарушает равновесие, и накопленные в облаке массы воды и града лавинообразно опускаются вниз, затягивая за собой холодный воздух верхних слоев атмосферы. Быстрое перемещение больших объемов воды и воздуха приводит к возникновению разрядов статического электричества. Сверкают молнии. Гремит гром. Нисходящие потоки воздуха создают под облаком зону сильных порывов ветра.

Нисходящие потоки холодного воздуха стабилизируют приземные слои атмосферы. Подавлению термической активности также способствуют быстрое охлаждение земной поверхности дождем и охлаждение воздуха за счет частичного испарения дождевых капель.

● После подавления термической активности и потери избыточной влаги грозовое облако начинает постепенно рассасываться.

Признаком начала формирования грозового облака является появление под быстрорастущим кучевым облаком очень широкого и поэтому относительно спокойного восходящего потока с вертикальной скоростью около 1 -2 м/с. Пилоту не следует обманываться рассчитывая на приятное парение в 'легкообрабатываемом' потоке. Лучше, не дожидаясь его усиления, приземлиться чтобы не оказаться втянутым в грозовую тучу.

**ВНИМАНИЕ: В ПОТОК ПОД ГРОЗОВЫМ ОБЛАКОМ ЛЕГКО ВОЙТИ, НО ИЗ НЕГО ОЧЕНЬ ТРУДНО ВЫЙТИ.**

#### 4.5.3 Зависимость положения восходящего потока от формы облака.

● Облако малого размера: поток прямо под ним;

● Облако среднего размера: поток под наиболее толстой (наиболее темной) частью.

● Облако большого размера: под таким облаком может быть несколько восходящих потоков различной интенсивности, но найти их часто бывает трудно, так как подлежащая обследованию область довольно велика.

Если из-за сильного ветра вершина облака оказывается сдвинута относительно его основания, то восходящий поток следует искать с наветренной стороны облака. Смотри рисунок 28.



## 5. Температурные инверсии.

Температура воздуха при изменении высоты над земной поверхностью меняется. В тропосфере (самом нижнем слое атмосферы) с увеличением высоты обычно температура воздуха падает, но порой встречаются слои, где температура воздуха с высотой не меняется или даже начинает повышаться. Такие слои называются соответственно изотермическими и инверсионными.

**ТЕМПЕРАТУРНЫЙ ГРАДИЕНТ - изменение температуры по мере возрастания высоты.**

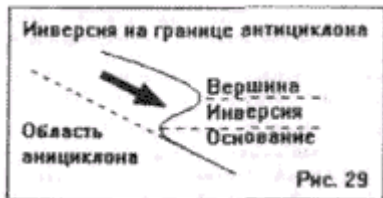
### 5.1. Образование инверсий.

● Охлаждение нижнего слоя воздуха от соприкосновения с более холодной поверхностью земли.

Это может произойти ночью и ранним утром, когда остывшая без подогрева солнечным светом земля начинает охлаждать нижние слои воздуха. После прохождения теплого фронта (замещение большой массы холодного воздуха теплым) приземный слой пришедшего теплого воздуха может начать охлаждаться от еще не успевшей нагреться земли.

- Близ более холодный морской воздух проникает на побережье теплым днем (бриз), инверсия часто образуется в месте столкновения морского и наземного воздуха.
- Инверсия может образоваться между соседними слоями воздуха, движущимися с разными скоростями и в разных направлениях.
- Снижение верхнего слоя на границах антициклона.

В антициклонах в верхних слоях атмосферы скапливается 'лишняя' масса воздуха. На границах антициклона эта масса начинает 'соскальзывать' вниз. (Это явление называется сходимостью.) По мере опускания давление в ней возрастает, и она нагревается. Воздух внутри антициклона и за его пределами не движется. Его температура не меняется. Итак, отступающий воздух разогревается, а воздух, расположенный у поверхности, нет, так как опускаться ему некуда. Это часто приводит к инверсии на некотором расстоянии от земли. Обычно такие инверсии образуются на высоте около 2000 метров над землей. Смотри рисунок 29.



- Временные инверсии образуются на сравнительно небольших территориях, где холодный воздух верхних слоев атмосферы опускается на границах грозовых облаков.

## 5.2. Разрушение инверсий.

- Благодаря солнечному теплу.

Этот вопрос уже рассматривался при разборе развития термической активности в течение суток.

- Благодаря широко распространенному вертикальному движению.

В местах, где инверсия образуется из-за антициклонов, обычно опускаются большие воздушные массы. Обратный процесс - подъем воздуха - ведет к подъему инверсии и ее исчезновению. В результате инверсия ведет себя, как широкий батут, который как бы 'проминается' под излишней массой воздуха в антициклоне и затем медленно возвращается в первоначальное положение.

## 6. Турбулентность.

### ТУРБУЛЕНТНОСТЬ - хаотически вихревое движение воздуха.

Если посмотреть на Землю из космоса, то будет видно, что вся атмосфера охвачена вихревым движением. Нас будут интересовать вихри, размеры которых соизмеримы с размерами Парашюта. Попадание Парашюта в вихри размером от нескольких десятков до нескольких сотен метров обнаруживается по неожиданным подъемам или провалам аппарата. Вихри меньших размеров трясут и раскачивают Парашюта. Они могут вызвать подслоение консолей крыла или всей передней кромки в зависимости от их интенсивности и того, какая часть крыла попадает в нисходящий поток.

### 6.1. Причины возникновения турбулентности.

- 1) Механические препятствия, мешающие плавному течению воздуха.
- 2) Неустойчивость воздуха на границах термических потоков и в кучевых облаках.
- 3) Сдвиг ветра: если два слоя воздуха движутся с разными по величине и направлению скоростями, то промежуточный слой закручивается.
- 4) Спутные струи от впереди летящих аппаратов.

**Впр:** Что такое 'спутная струя'?

**Отв:** Из-за разницы давлений на нижней и верхней поверхностях крыла воздух перетекает с нижней поверхности на верхнюю через законцовки крыла. С концов крыла летящего аппарата сходят вихри. Некоторое время они живут в воздухе. Затем постепенно рассасываются. Эти вихри называются спутными струями.

**Примечание:** На образование турбулентности оказывают большое влияние температура и устойчивость воздуха. Теплый и неустойчивый воздух значительно легче закручивается в вихри, чем холодный и устойчивый.

### 6.2. Турбулентность, вызванная механическими препятствиями.

Ощутимая для Парашюта турбулентность возникает при скорости ветра свыше 4-5 м/с. Она зависит от скорости ветра, формы и размеров препятствия, возмущающего воздушный поток. Смотри рисунок 30.





**Впр:** Есть ли разница, с точки зрения образования турбулентности, в процессе обтекания деревьев зимой и летом?

**Отв:** Летом деревья покрыты листьями и являются большей помехой для ветра. Следовательно, летом вихри за ними мощнее, чем зимой.

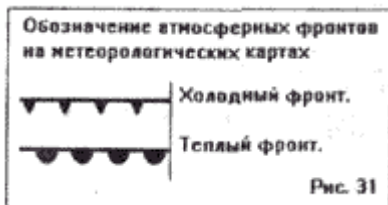
## 7. Атмосферные фронты.

**АТМОСФЕРНЫЙ ФРОНТ** - граница между теплой и холодной воздушными массами.

Виды фронтов.

● Если вперед движется холодный воздух, то это **холодный фронт**.

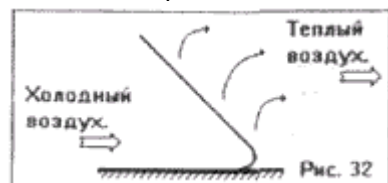
● Если вперед движется теплый воздух, то это **теплый фронт**. Обозначение фронтов на метеорологических картах показано на рисунке 31.



**Примечание:** Существует ряд разновидностей атмосферных фронтов, но мы их пока рассматривать не будем.

### 7.1. Холодный фронт.

Холодный воздух, стелясь вдоль земли, БыСТРО вытесняет теплый. Скорость движения фронта достаточно велика и может превышать 60 км/ч. Время прохождения фронта часто составляет несколько часов. Схема движения воздушных потоков в холодном фронте показана на рисунке 32.



Если теплый воздух, замещаемый холодным, нестабилен, то на границе между теплым и холодным воздухом формируются грозовые облака. Идут грозы. Возможны шквалы и град. Если до и после прохождения фронта условия стабильные, то формируются в основном слоистые облака. В этом случае фронт протекает вяло и наблюдается медленное очищение неба от облаков после фронта. Смотри рисунок 33.



**Впр:** Чем объясняются отличия в прохождении фронта при вытеснении стабильного и нестабильного теплого воздуха.

**Отв:** Вытесняемый нестабильный воздух активнее стабильного поднимается вверх и быстрее уступает место холодному. При быстром подъеме на высоту больших масс воздуха происходит их быстрое охлаждение и быстрая конденсация содержащейся в них влаги, что, в свою очередь, ведет к бурному образованию облаков и к грозам.

После прохождения холодного фронта обычно устанавливается холодная и ясная погода. В первые несколько дней часто наблюдается мощная термическая активность, позволяющая выполнять длительные

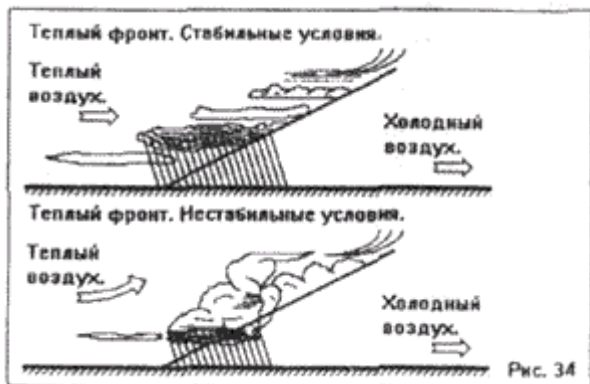


маршрутные полеты. Это объясняется тем, что приземный слой пришедшего холодного воздуха начинает быстро нагреваться не только благодаря солнечному теплу, но и от еще не успевшей остыть земли.

## 7.2. Теплый фронт.

Теплый воздух набегаает на холодный сверху и МЕДЛЕННО вытесняет его. Теплые фронты движутся медленнее холодных. Их скорость не превышает 25 км/ч. Время прохождения фронта обычно составляет несколько дней. Небо закрывается сплошным слоем слоистых дождевых облаков. Приближение теплого фронта можно предсказать по тому, что за день или два появляются перистые облака далее развивающиеся в перисто-слоистые и перисто-кучевые. По мере приближения фронта эти облака постепенно опускаются и уплотняются.

Если приходящий теплый воздух стабилен, то нас ожидают длительный период до дождя и в основном спокойные условия, возможно, до самого фронта. В случае прихода неустойчивого воздуха пройдут проливные дожди, чередующиеся с мелкими, морозящими, возможна сильная турбулентность с грозами. Смотри рисунок 34.



Прохождение теплого фронта способствует образованию инверсий. Термическая активность становится незначительной или совсем исчезает. После прохождения теплого Фронта часто устанавливается тихая и теплая погода, создающая прекрасные условия для учебных полетов.

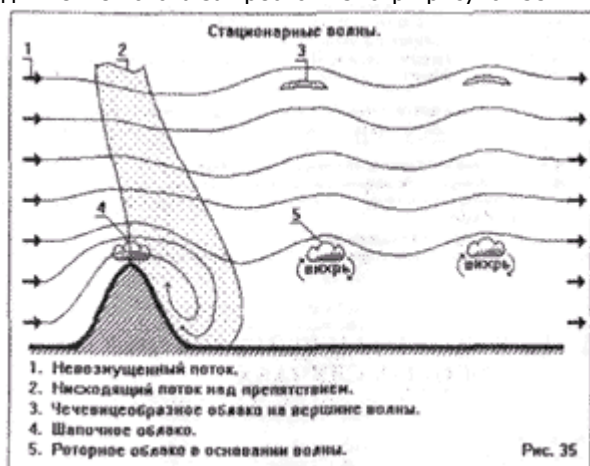
## 8. Стационарные волны.

Стационарные волны - это вид превращения горизонтального движения воздуха в волнообразное. Они могут возникать при встрече быстро движущихся воздушных масс с горными хребтами значительной высоты.

Если Вы хотите увидеть модель атмосферной волны, подойдите к ручью и посмотрите, как происходит обтекание затопленного камня. Вода, обтекая камень, поднимается перед ним, создавая подобие ДВП. За камнем же образуется рябь или серия волн. Эти волны могут быть достаточно большими в быстром и глубоком ручье. Нечто подобное происходит и в атмосфере.

Необходимым условием возникновения волны является простирающаяся на значительную высоту СТАБИЛЬНОСТЬ атмосферы.

При перетекании горного хребта скорость потока возрастает, а давление в нем падает. Поэтому верхние слои воздуха несколько снижаются. Миновав вершину, поток снижает свою скорость, давление в нем увеличивается, и часть воздуха устремляется вверх. Такой колебательный импульс может вызвать волнообразное движение потока за хребтом. Смотри рисунок 35.



Эти волны часто распространяются на большие высоты. Зарегистрировано выпаривание планера в волновом потоке на высоту более 15000 метров. Вертикальная скорость волны может достигать десятков метров в секунду. Расстояния между соседними 'буграми' или длина волны составляет от 2-х до 30-ти километров.

Воздушный поток разделяется по высоте на два резко отличающихся друг от друга слоя. Турбулентный подволновой слой, чья толщина составляет от нескольких сотен метров до нескольких километров и, расположенный над ним, ламинарный волновой слой.

Из-за ограниченности полетной скорости Парашюта использовать для набора высоты волновые потоки затруднительно, но пилоту следует избегать попадания в нижний турбулентный слой и уметь определять возможность возникновения волны.

При достаточной влажности воздуха стационарные волны вызывают появление в вершинах волн

чечевицеобразных облаков. Нижняя кромка таких облаков располагается на высоте не менее 3-х км, а их вертикальное развитие достигает 2-5 км. Также возможно появление шапочного облака непосредственно над вершиной горы и роторных облаков за ней.

Несмотря на сильный ветер (волна может возникнуть при скорости ветра не менее 8 м/с). эти облака неподвижны относительно земли. При приближении некоторой 'частицы' воздушного потока к вершине горы или волны происходит конденсация содержащейся в ней влаги и образуется облако. За горой образовавшийся туман растворяется, и 'частица' потока вновь становится прозрачной.

**Впр:** Объяснить причину возникновения облаков на вершинах волн и над горой.

**Отв:** Над горой и в вершинах волн скорость воздушного потока увеличивается. При этом давление воздуха уменьшается. Из школьного курса физики (газовые законы) известно, что при уменьшении давления и при отсутствии теплообмена с окружающей средой температура воздуха уменьшается. Уменьшение температуры воздуха приводит к конденсации влаги и возникновению облаков. За горой поток тормозится, давление в нем увеличивается, температура повышается. Облако исчезает.

Стационарные волны могут появиться и над равнинной местностью. В этом случае причиной их образования могут быть холодный фронт или вихри (роторы), возникающие при различных скоростях и направлениях движения двух соседствующих слоев воздуха.

## Параплан. Организация полетов и действия пилота в особых случаях

### 1. Виды подготовок к полетам.

- 1.1. Заблаговременная подготовка.
- 1.2. Предварительная подготовка.
- 1.3. Предполетная подготовка.
- 1.4. Разведка погоды.
- 1.5. Непосредственная подготовка.
- 1.6. Разбор полетов.

### 2. Правила расхождения летательных аппаратов в воздухе.

- 2.1. САМОЕ ГЛАВНОЕ ПРАВИЛО БЕЗОПАСНОСТИ.
- 2.2. Правило преимуществ.
- 2.3. Правило правостороннего движения.
- 2.4. Очень важное дополнение.
- 2.5. Особенности организации групповых полетов в динамических восходящих потоках (ДВП).
- 2.6. Особенности организации групповых полетов в термических восходящих потоках (ТВП).

### 3. Действия пилота в особых случаях в полете.

#### 3.1. Попадание в опасные метеословия.

- 3.1.1 Особенности управления Парапланом в условиях турбулентности.
- 3.1.2 Действия пилота при полете в условиях турбулентности.
- 3.1.3 Особенности управления Парапланом при полете в неровный ветер.

#### 3.2. При организации парящих полетов в ДВП на дельтадромах, имеющих форму хелма, сдувание аппарата за гору в случае усиления ветра.

- 3.2.1 Действия пилота при "сдувании" аппарата за гору.
- 3.2.2 Для набора максимальной скорости пилоту следует:
- 3.2.3 Особенности выполнения посадки при сильном ветре.
- 3.3. Попадание в зону спутной турбулентности от впереди летящего аппарата.
- 3.4. Ухудшение состояния здоровья пилота.
- 3.5. Затягивание в облака.
- 3.6. Частичное повреждение аппарата в полете.
- 3.7. Вынужденная посадка вне посадочной площадки.

### 4. Способы определения направления ветра в полете.

### 5. Техника выполнения посадок на препятствия.

- 5.1. Посадка на лес или отдельно стоящее дерево.
  - 5.1.1 Посадка на лес.
  - 5.1.2 Посадка на отдельно стоящее дерево.
- 5.2. Посадка на посевы, кустарник, болото.
- 5.3. Посадка на воду.
- 5.4. Посадка на строения.
  - 5.4.1 Посадка на крышу.
  - 5.4.2 Посадка на стену.
- 5.5. Посадка на ЛЭП (Линии электропередач).

---

## 1. Виды подготовок к полетам.

1. Заблаговременная подготовка.
2. Предварительная подготовка.
3. Предполетная подготовка.
4. Непосредственная подготовка.
5. Разбор полетов.

### 1.1. Заблаговременная подготовка.

Проводится в соответствии с планом наземной подготовки. Включает в себя:

1. Теоретические занятия в классе.
2. Самостоятельную подготовку пилотов.
3. Регламентные работы и текущий ремонт техники.

### 1.2. Предварительная подготовка.

Проводится накануне летного дня и не более, чем на два летных дня. Включает в себя:

1. Постановку задачи на полеты.
2. Самостоятельную подготовку пилотов к полетам.
3. Проверку готовности пилотов к полетам.

### 1.3. Предполетная подготовка.

Проводится на дельтадроме перед началом полетов. Включает в себя:

1. Подготовку и проверку готовности к полетам материальной части.
2. Тренажи.
3. Разведку погоды.
4. Предполетные указания руководителя полетов (РП).

### 1.4. Разведка погоды.

Выполняется в целях уточнения фактических метеоусловий в месте проведения полетов и их соответствия уровню подготовки пилотов. К разведке погоды допускаются опытные пилоты, инструктора, РП. Допуск к полетам на разведку погоды должен быть занесен в летную книжку.

Разведчик погоды уточняет и докладывает РП:

1. Высоту нижнего края облачности над склоном.
2. Горизонтальную видимость.
3. Направление и скорость ветра на старте и особенно на посадке.
4. Наличие термических и динамических потоков.
5. Наличие и характер болтанки.

При необходимости в течение летного дня полеты могут быть закрыты для выполнения доразведки погоды.

### 1.5. Непосредственная подготовка.

Выполняется перед каждым полетом. Включает в себя:

1. Осмотр Параплана и подвесной системы (при необходимости).
2. Предстартовую подготовку.

**Впр:** Порядок действий пилота при выполнении подготовки к полету (от выхода на старт до принятия решения на начало разбега и взлета).

**Отв:**

- Разложить Параплан 'подковой' строго против ветра.
- Проверить правильность подцепки подвесной системы к Параплану.
- Проверить закрытие замков подвесной системы и контровку карабинов подцепки подвесной системы к куполу.
- Проверить воздухозаборники купола на отсутствие залипаний.
- Проверить стропы на отсутствие перехлестов и на отсутствие в них посторонних предметов (ветки, трава).  
Убедиться в том, что стропы не цепляются за неровности грунта.
- Взять передние свободные концы и клеванты в руки и принять исходное положение для подъема купола.
- Убедиться в отсутствии препятствий, способных помешать подъему купола и разбегу.
- Убедиться в отсутствии в воздухе Парапланов, дельтапланов или других ЛА, способных помешать выполнению

полета.

- Убедиться в том, что посадочная площадка свободна и на ней нет предметов и людей, способных помешать выполнению безопасной посадки.
- Доложить руководителю полетов (РП) о готовности к старту.
- Поднять купол с земли в полетное положение.
- Удерживая купол в полетном положении, проверить правильность раскрытия и наполнения его воздухом.
- Выполнить дополнительный беглый контроль обстановки в воздухе и на земле непосредственно перед началом разбега.

#### **1.6. Разбор полетов.**

Выполняется по окончании полетов. Разбор полетов ведет РП. Он обязан:

1. Подвести итоги за летную смену.
2. Произвести анализ ошибок, допущенных спортсменами, и наметить меры по их устранению.
3. Отметить недостатки в организации полетов и наметить меры по их устранению.
4. Дать оценку качества выполнения полетов каждым пилотом.
5. Оценить работу летных групп и работу в целом за летную смену.
6. Дать указания по устранению недостатков в организации и проведении полетов.

## **2. Правила расхождения летательных аппаратов в воздухе.**

### **2.1. САМОЕ ГЛАВНОЕ ПРАВИЛО БЕЗОПАСНОСТИ.**

ВАШИ ДЕЙСТВИЯ ДОЛЖНЫ БЫТЬ ПОНЯТНЫ ОКРУЖАЮЩИМ.

Даже если вы 'забудете' перечисленные ниже Правила, даже если вы специально начнете их нарушать НИКТО НЕ СТАНЕТ ВАС ЗА ЭТО ТАРАНИТЬ. После приземления вам придется услышать массу малоприятных слов в свой адрес, но в воздухе окружающие вас пилоты последуют старому, проверенному временем правилу трех 'Д': 'ДАЙ ДОРОГУ ДУРАКУ' и постараются держаться от вас подальше.

Впрочем, все это будет иметь место только в том случае, если ваши действия будут понятны окружающим. Если же вы начнете беспорядочно метаться из стороны в сторону, то кто-нибудь может просто не успеть (или не суметь) увернуться...

В том случае если вы (как я надеюсь) будете соблюдать правила, все равно выполнять маневры расхождения следует плавно и начинать их заблаговременно. Во-первых, окружающие не будут нервничать, видя ваши резкие броски из стороны в сторону в непосредственной близости от своих аппаратов. Во-вторых, в случае вашей ошибки, вас успеют предупредить или, в крайнем случае, отвернут чтобы дать вам дорогу.

### **2.2. Правило преимуществ.**

ПРЕИМУЩЕСТВОМ ПОЛЬЗУЕТСЯ АППАРАТ, ИМЕЮЩИЙ МЕНЬШУЮ СВОБОДУ МАНЕВРА (преимуществом пользуется тот аппарат, которому труднее).

Следствия:

1. АБСОЛЮТНЫМ И БЕЗОГОВОРЧНЫМ ПРЕИМУЩЕСТВОМ ПОЛЬЗУЕТСЯ АППАРАТ, ТЕРПЯЩИЙ БЕДСТВИЕ.
2. Летящий аппарат имеет преимущество перед находящимся на земле (готовящимся к взлету).
3. При заходе на посадку преимущество у аппарата, имеющего меньшую высоту полета.
4. При полете вблизи склона преимущество у аппарата, находящегося ближе к склону.
5. При полете двух аппаратов друг за другом преимущество у того, кто летит впереди и ниже.

### **2.3. Правило правостороннего движения.**

Если ни у одного из сближающихся аппаратов нет явного преимущества то, им СЛЕДУЕТ РАСХОДИТЬСЯ ЛЕВЫМИ БОРТАМИ (то есть каждый аппарат всегда доворачивает вправо).

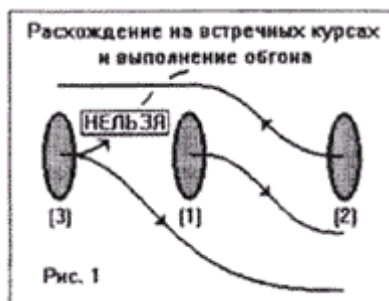
**Примечание:** В "большой авиации" скорости сближения ЛА очень велики. Быстро оценить скорость и направление движения приближающегося ЛА часто бывает затруднительно (да и некогда). Поэтому, чтобы пилот не тратил время на раздумья, установлено правило: ПРИ РАСХОЖДЕНИИ С ДРУГИМИ ЛА ПИЛОТ ДОЛЖЕН ВСЕГДА ДОВОРАЧИВАТЬ ВПРАВО.

**Следствия:**

1. Расхождение аппаратов летящих, на встречных курсах, выполняется левыми бортами (то есть с поворотом вправо).
2. Обгон медленно летящего аппарата выполняется справа (то есть с поворотом вправо).

**Впр:** Почему НЕЛЬЗЯ обгонять слева?

**Отв:** Смотри рисунок 1.



Параплан (1) расходится левым бортом со встречным Парапланом (2). Параплан (3), летящий с большей скоростью, чем (1), должен повернуть вправо, так как при обгоне (1) слева может произойти столкновение со встречным аппаратом (2).

3. При сближении аппаратов на пересекающихся курсах дается преимущество тому кто справа.

Тот кто находится слева должен, уступая дорогу, повернуть вправо. Смотри рисунок 2.



Еще раз повторим Правило: СЛЕДУЕТ РАСХОДИТЬСЯ ЛЕВЫМИ БОРТАМИ. Для Параплана (2) Параплан (1) уже находится 'слева', поэтому он продолжает лететь своим курсом. Для Параплана (1) Параплан (2) находится 'справа'. Поэтому маневр расхождения должен выполнить (1).

#### 2.4. Очень важное дополнение.

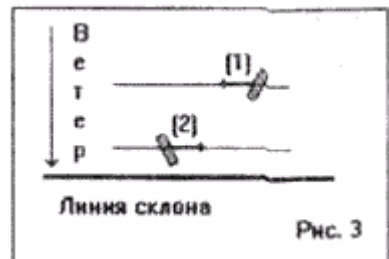
1. Если у вас есть преимущество, но вы можете им не пользоваться, не пользуйтесь.
2. Если у вас есть преимущество, не следует быть абсолютно уверенным в том, что вам дадут им воспользоваться.

Если вы летаете в большой группе Парапланов и дельтапланов, постарайтесь, по возможности конечно, не заставлять других пилотов совершать вынужденные маневры для вашего пропуска. Взаимная вежливость существенно облегчает жизнь вообще и пилотирование в группе в частности.

Не следует быть абсолютно уверенным в том, что все окружающие вас пилоты действительно Грамотнее Пилоты и Джентльмены (или Джентльдамы). Не забывайте старое проверенное временем правило трех "Д": ДАЙ ДОРОГУ ДУРАКУ. Лучше дать дорогу, чем искать виноватых после столкновения...

#### 2.5. Особенности организации групповых полетов в динамических восходящих потоках (ДВП).

Обычно, при выполнении парящих полетов в ДВП, соблюдается описанное выше правило правостороннего движения. Смотри рисунок 3.



Однако, если ветер дует вдоль склона так как это показано на рисунке 4,



то путевая скорость аппаратов летящих в правом галсе в непосредственной близости от склона существенно возрастает. Это затрудняет пилотирование и увеличивает риск столкновения со склоном.

В подобной ситуации РП может принять решение на организацию левостороннего движения в зоне ДВП. Смотри рисунок 5.



На предполетной подготовке РП ДОЛЖЕН ДОВЕСТИ СВОЕ РЕШЕНИЕ ДО ВСЕХ УЧАСТВУЮЩИХ В ПОЛЕТАХ ПИЛОТОВ. При полетах нескольких клубов или летных групп на одном дельтадроме необходимо уделить особое внимание организации четкого взаимодействия между ними.

## **2.6. Особенности организации групповых полетов в термических восходящих потоках (ТВП).**

1. Направление вращения, при входе в ТВП, устанавливать такое же, как у уже находящихся в этом потоке аппаратов.

**Примечание:** Направление вращения непосредственно в зоне старта определяет РП на предполетной подготовке.

2. При полете примерно на одной высоте с другим аппаратом следует занять диаметрально противоположное положение в спирали.
3. ЗАПРЕЩАЕТСЯ пересекать спирали других аппаратов.
4. Если находящийся под вами аппарат набирает высоту быстрее вас, то вы должны уступить ему дорогу.

## **3. Действия пилота в особых случаях в полете.**

Под особым случаем мы будем понимать опасную ситуацию которая может возникнуть в полете, но выход из которой невозможно или очень затруднительно безопасно смоделировать и отработать в учебном упражнении.

К особым случаям в полете относятся:

- Попадание в опасные метеоусловия.
- При организации парящих полетов в ДВП на дельтадромах, имеющих форму холма, 'сдувание' аппарата за гору при усилении ветра.
- Попадание в зону спутной турбулентности от впереди летящего аппарата.
- Ухудшение состояния здоровья пилота.
- Затягивание в облака.
- Частичное повреждение аппарата в полете.
- Вынужденная посадка вне посадочной площадки.

### **3.1. Попадание в опасные метеоусловия.**

#### **3.1.1 Особенности управления Парапланом в условиях турбулентности.**

- 1) Центры тяжести и давления Параплана расположены далеко друг от друга. Это приводит к постоянному запаздыванию реакции Параплана на управляющие воздействия пилота и способствует раскачке пилота относительно купола.
- 2) Стропы могут 'работать' только на растяжение. При попадании Параплана в нисходящий поток крыло может выйти на близкие к нулю или отрицательные углы атаки. В этом случае передняя кромка крыла подламывается. Возможно сложение как части консоли, так и всей передней кромки купола.

#### **3.1.2 Действия пилота при полете в условиях турбулентности.**

- Определить причину возникновения турбулентности и ее зону.
- Изменить курс полета в сторону наикратчайшего пути выхода из зоны болтанки.
- Поджав клеванты, установить скорость немного меньше наиболее выгоднейшей.

**Примечание:** Если вести Параплан на увеличенном угле атаки крыла, то это уменьшит вероятность подворота передней кромки купола.

- При попадании в зону болтанки с опасной высокой интенсивностью сложить 'уши' купола.
- Быть готовым к подслоениям крыла Параплана.

#### **3.1.3 Особенности управления Парапланом при полете в неровный ветер.**

При попадании Параплана под резкое усиление ветра сначала купол начинает уходить назад за спину пилота. В этот момент пилоту следует поднять клеванты в верхнее положение. После ослабления порыва ветра купол начинает движение вперед относительно пилота. Происходит клевок. Пилоту следует притормозить обгоняющий его купол кратковременным поджатием клевант.

Купол должен быть все время над пилотом. Если он уходит назад, то нужно дать ему скорость - поднять клеванты в верхнее положение. Если он "прыгает" вперед, то его нужно притормозить - поджать клеванты.



### 3.2. При организации парящих полетов в ДВП на дельтадромах, имеющих форму хелма, сдувание аппарата за гору в случае усиления ветра.

Усиление ветра обычно происходит постепенно. Оно может быть легко определено пилотом по уменьшению скорости полета относительно земли при установке аппарата 'против ветра'. Пилоту следует, не дожидаясь возникновения аварийной ситуации, заранее выйти из зоны парения и приземлиться.

#### 3.2.1 Действия пилота при "сдувании" аппарата за гору.

- Установить аппарат против ветра и, набрав максимальную скорость, постараться уйти от горы и совершить посадку в долине.
- Если уйти от горы не удастся, попытаться облететь гору сбоку.
- ЗАПРЕЩАЕТСЯ пытаться перелететь над подгорным ротором, если высота аппарата над вершиной меньше превышения вершины над долиной.
- Для уменьшения эффекта 'выдувания' аппарата в ДВП на большую высоту, где скорость ветра может увеличиться, "сложить уши".
- Постараться совершить посадку в долине. В случае посадки на склон или вершину немедленно погасить купол и принять меры по самостраховке.

#### 3.2.2 Для набора максимальной скорости пилоту следует:

- Принять обтекаемое (горизонтальное) положение в подвесной системе и поднять клеванты в верхнее положение.
- Если Параплан оснащен триммерами и ускорителями, отпустить триммера и зажать ускорители.
- ВНИМАНИЕ: При полете на максимальной скорости с зажатым ускорителем резко увеличивается вероятность сложения передней кромки купола.

#### 3.2.3 Особенности выполнения посадки при сильном ветре.

- При посадке в сильный ветер следует немедленно погасить купол.
- Если стропы 1-й и 2-й групп разнесены по разным свободным концам:
- Непосредственно перед приземлением (на высоте 0.5 метра) взяться за кольца свободных концов 1-го ряда строп.
- В момент касания земли энергичным рывком за свободные концы 1-го ряда строп сложить переднюю кромку купола и сразу же отпустить свободные концы.
- БЫСТРО развернуться лицом к куполу, зажать клеванты и намотать несколько витков строп управления на кисти рук.
- ВНИМАНИЕ: Время отводимое на выполнение данного пункта инструкции составляет не более 1-1.5 секунд так как если не успеть быстро погасить купол, то после падения на землю он вновь наполнится воздухом.
- Подбежать к куполу, для того чтобы полностью уложить его на землю.
- Если стропы 1-й и 2-й групп НЕ разнесены по разным свободным концам:
- Сразу же после касания земли БЫСТРО развернуться лицом к куполу и энергично зажать клеванты или свободные концы 4-го ряда строп на глубину полностью вытянутых рук.

**ВНИМАНИЕ 1:** Если затянуть клеванты недостаточно быстро и глубоко, то аппарат может взмыть вверх на 2-3 метра.

**ВНИМАНИЕ 2:** В сильный ветер эффективнее гасить купол не клевантами, а свободными концами 4-го ряда строп. При одинаковой глубине зажатия под действием свободных концов купол упадет на землю существенно быстрее.

- Подбежать к куполу, для того чтобы полностью уложить его на землю.

ВНИМАНИЕ: После приземления следует продолжать удерживать клеванты или свободные концы 4-го ряда зажатыми, для того чтобы купол не наполнился воздухом я не потащил бы вас по склону.

Если пилот оказывается сбит с ног, то:

- Не пытайтесь подняться на ноги, полностью зажать обе клеванты.
- Если купол не гаснет и продолжает тащить вас по склону, подтягивать к себе купол за ОДНУ (любую) стропу управления.
- Если по какой-либо причине клеванты, а значит, и стропы управления, 'потерялись' (оборвались, запутались), подтягивать к себе купол за ОДНУ стропу до тех пор, пока он не ляжет на землю. По возможности следует захватывать стропу из числа тех, которые лежат на земле или находятся к ней возможно ближе.

### 3.3. Попадание в зону спутной турбулентности от впереди летящего аппарата.

**Впр:** Что такое спутная турбулентность?

**Отв:** Из-за разницы давлений на нижней и верхней поверхностях крыла воздух перетекает с нижней поверхности на верхнюю на концах крыла. За крылом образуются вихри, называемые спутными струями.

- Пилот должен отвести Параплан в сторону или изменить высоту полета.

### 3.4. Ухудшение состояния здоровья пилота.

- Немедленно прекратить полет и произвести посадку.

### 3.5. Затягивание в облака.

- Сбросить высоту с помощью сложения 'ушей' купола, глубокой спирали или В-срыва и выйти из-под облака.

**Примечание:** Не рекомендуется вести Параплан к краю облака, так как там находятся нисходящие потоки, попадание в которые может привести к сложению купола, что нежелательно в условиях возможного отсутствия видимости земли и линии горизонта.

### 3.6. Частичное повреждение аппарата в полете.

- При наличии запасного парашюта немедленно им воспользоваться.
- При отсутствии запасного парашюта переместиться в подвесной системе под сохранившуюся часть купола и, по возможности, сохранять прямолинейный полет.

- Посадку выполнять по возможности против ветра на две плотно сжатые и слегка согнутые в коленях ноги. После приземления ту часть энергии удара, которую не смогут погасить ноги, перевести в кувырок. При выполнении кувырка исключить возможность амортизации удара о землю руками.

### 3.7. Вынужденная посадка вне посадочной площадки.

- В случае приземления вне посадочной площадки в первую очередь принимать меры для выполнения безопасной посадки.
- Выбрать площадку с наименьшим количеством препятствий. Определить направление ветра у земли. Посадку выполнять по возможности против ветра.

### 4. Способы определения направления ветра в полете.

- При пролете около населенного пункта обратить внимание на дым из труб или от костров, на развевающиеся флаги.
- Проследить снос пыли за транспортными средствами, движущимися по проселочным дорогам.
- Определить движение волн и ряби на водоемах.

На небольших прудах и озерах водная поверхность расположена ниже окружающей их земли. Поэтому берега могут блокировать ветер. В результате у подветренного берега на водной поверхности будет штиль, а далее расширяющаяся к наветренному берегу полоса ряби. Смодри рисунок 6.



Перечисленные ниже способы нельзя применять при полетах в горах, так как там скорость и направление ветра существенно меняются по разным высотам, в разных ущельях и долинах.

- Вершины кучевых облаков сдвинуты относительно их оснований в направлении 'по ветру'.
- Движение теней от облаков.
- Если поставить Параплан в пологую спираль, то направление ветра может быть оценено по сносу аппарата.
- Если полет не очень длительный и не на очень большое расстояние, то можно ЗАПОМНИТЬ направление ветра перед взлетом, и в воздухе определяться по компасу или солнцу.

**Примечание:** При определении ветра по облакам или сносу аппарата необходимо учитывать то, что направление ветра на высоте может отличаться от приземного.

### 5. Техника выполнения посадок на препятствия.

#### 5.1. Посадка на лес или отдельно стоящее дерево.

Наибольшую опасность при посадке на лес представляет беспорядочное падение пилота из-под крон деревьев на землю. Если выполнение посадки не на деревья невозможно, то все действия пилота должны быть направлены на то, чтобы ЗАВИСНУТЬ на ветках.

##### 5.1.1 Посадка на лес.

- Убедиться в том, что выполнение посадки не 'на лес' невозможно.
- Прежде чем принимать решение садиться на лес, постарайтесь подобрать более удобное для приземления место. Попробуйте найти поляну в лесу или 'дотянуть' до опушки.
- Выбрать наиболее густую крону или плотную группу деревьев одинаковой высоты для того, чтобы зависнуть на ветках.
- Посадку выполнять в режиме парашютирования, принимая вершины крон за поверхность земли.
- Непосредственно перед посадкой сгруппироваться.

Тело пилота должно быть вытянуто вдоль траектории полета. Ноги плотно сжаты и слегка согнуты в коленях. Локти прижаты к груди, а кисти рук, сжатые а кулаки, должны прикрывать лицо от веток. Во время входа в крону, сквозь прикрывающие глаза руки, постараться заметить наиболее толстые ветки, за которые можно было бы зацепиться.

- После торможения о крону дерева постараться зацепиться за наиболее толстые ветки и зависнуть на них.
- В том случае, если зависнуть на дереве не удалось и вы чувствуете, что падаете, постарайтесь встретить землю ногами или, если это невозможно, сначала сожмитесь в предельно плотный комок, а затем, в момент касания земли, расслабьтесь. Это уменьшит вероятность травмы.
- После зависания на ветках для спуска на землю можно использовать запасной парашют. Его следует вынуть из контейнера и спуститься по стропам и куполу, как по веревке.
- Если Параплан висит непрочно и возможности для самостоятельного спуска на землю нет, ожидать помощь группы спасения.

##### 5.1.2 Посадка на отдельно стоящее дерево.

- Энергичным маневром постараться увести Параплан в сторону и выполнить посадку на землю.
- Если встреча с деревом неизбежна, сгруппироваться и действовать так же, как и при посадке на лес, с момента начала входа в кроны деревьев.

#### 5.2. Посадка на посевы, кустарник, болото.

- Посадку выполнять в режиме парашютирования, принимая верхушки растительности за поверхность земли.
- При посадке на болото или кустарник выбрать участок с наиболее густой растительностью.

**ВНИМАНИЕ:** На болоте хорошо заметные с воздуха чистые ярко-зеленые 'лужайки' после приземления оказываются самой непролазной топью.

● При посадке на кустарник группироваться так же, как и при посадке на лес.

### **5.3. Посадка на воду.**

● Рассчитать свой полет так, чтобы приводниться по возможности ближе к берегу.

● На высоте 50-100 метров расстегнуть замки подвесной системы. Сначала следует расстегивать ножные обхваты, затем грудную перемычку.

**Примечание:** При расстегивании ножных обхватов закрытая грудная перемычка страхует наклонившегося вперед пилота от выпадения из подвесной системы. Далее пилот откидывается на спинку подвесной системы и открывает грудной замок.

● После касания воды ногами сделать глубокий вдох и выскользнуть из подвесной системы.

**ЗАПРЕЩАЕТСЯ ПОКИДАНИЕ ПОДВЕСНОЙ СИСТЕМЫ ДО КАСАНИЯ ВОДЫ НОГАМИ.** Пилот может ошибиться в оценке расстояния до воды и покинуть Параплан на недопустимо большой высоте полета.

● Для того чтобы после приводнения не оказаться накрытым куполом и не запутаться в стропах, быть готовым после приводнения пронырнуть 5-10 метров под водой, чтобы отплыть от падающего купола.

**Примечание1:** Перед нырком оценить направление и место падения купола и строп Параплана на воду.

**Примечание 2:** При посадке в сильный ветер не следует торопиться бросать Параплан. Если ветер дует в сторону берега, то неуспевший погаснуть купол можно использовать в качестве паруса и, с его помощью, добраться до берега существенно быстрее чем просто вплавь.

### **5.4. Посадка на строения.**

Постарайтесь избежать посадки на строения!!!

#### **5.4.1 Посадка на крышу.**

● По возможности выбрать широкую и плоскую крышу без проводов и антенн.

● Совершить посадку на центральную часть крыши. После приземления немедленно погасить купол и постараться зацепиться за выступающие части строения, для того чтобы не быть сброшенным вниз ветром.

● Если посадка совершена на дальний край крыши, не давая куполу погаснуть, спрыгнуть вниз и продолжить полет.

**Впр:** Почему нужно прыгать с крыши? Что будет, если не прыгнуть?

**Отв:** Если не прыгнуть самому, то можно быть сброшенным вниз ветром. Причем купол, успевший потерять к этому моменту форму, уже не сможет удержать пилота в воздухе.

#### **5.4.2 Посадка на стену.**

● Развернуться на стропах лицом к стене и встретить первый удар ногами. Далее на неуспевшем погаснуть куполе соскользнуть вниз.

### **5.5. Посадка на ЛЭП (линии электропередач).**

**ЛЮБЫМИ МАНЕВРАМИ ПОСТАРАТЬСЯ УВЕСТИ АППАРАТ ОТ ЛЭП!!! А еще лучше к ней не приближаться.**

● По возможности стараться пересекать ЛЭП над опорами, так как они более заметны, чем провода, и в случае зависания с них легче спуститься на землю.

● Если столкновение неизбежно, приземляться на один из крайних проводов и ни в коем случае не допускать касания еще хотя бы одного провода.

## **Параплан. Основы оказания доврачебной помощи**

### **1. Введение.**

### **2. Виды травм и способы оказания первой помощи.**

#### **2.1. Ссадины.**

#### **2.2. Ушибы.**

#### **2.3. Вывихи**

#### **2.4. Растяжения и разрывы связок.**

#### **2.5. Переломы.**

##### **2.5.1 Переломы конечностей.**

##### **2.5.2 Переломы позвоночника.**

##### **2.5.3 Переломы ребер и грудины.**

##### **2.5.4 Переломы и вывихи ключицы.**

##### **2.5.5 Переломы костей таза.**

#### **2.6. Сотрясения головного мозга.**

#### **2.7. Раны.**

#### **2.8. Отморожение.**

#### **2.9. Тепловой удар.**

#### **2.10. Обморок.**

#### **2.11. Травматический шок.**

#### **2.12. Утопление.**

#### **2.13. Остановка кровотечений.**

##### **2.13.1 Артериальное кровотечение.**

### 2.13.2 Внутреннее кровотечение.

### 2.13.3 Венозное кровотечение.

### 2.13.4 Капиллярное кровотечение.

## 2.14. Искусственное дыхание и непрямой массаж сердца.

### 2.14.1 Искусственное дыхание.

### 2.14.2 Непрямой массаж сердца.

---

## 1. Введение.

Каждый человек, а тем более занимающийся авиационным видом спорта, должен владеть навыками по оказанию первой медицинской помощи. Эти знания могут пригодиться не только в условиях полетов и соревнований, но и в повседневной жизни.

Наша задача: оказать пострадавшему первую помощь и, при необходимости, обеспечить безопасную транспортировку в лечебное учреждение.

Квалифицированно оказанная первая помощь непосредственно на месте происшествия до прихода врача или другого медицинского работника, сокращает сроки заживления и предохраняет от осложнений. При оказании первой помощи следует знать, что любая травма не является местным заболеванием, а отражается на деятельности всего организма. Вследствие этого оказание первой помощи состоит из двух компонентов:

1. Местные мероприятия: перевязка раны, остановка кровотечения, иммобилизация.
2. Общие мероприятия; создание благоприятных условий и оказание помощи всему организму - снять болевой эффект, успокоить, согреть, удобно положить.

Каждый пилот должен иметь в подвесной системе индивидуальный пакет первой помощи чтобы, при необходимости, иметь возможность быстро оказать помощь пострадавшим или самому себе. Это особенно важно при выполнении длительных маршрутных полетов проходящих на значительном расстоянии от базового лагеря и дельтадрома.

Состав индивидуального пакета:

- Бинт стерильный.
- Стерильные салфетки или вата.
- Бактерицидный лейкопластырь.
- Обычный лейкопластырь.
- Раствор йода или бриллиантовой зелени (зеленка).
- Перекись водорода.
- Кровоостанавливающий жгут (шнур диаметром 3-5 мм. и длиной 1 метр).
- Английская булавка.
- Одноразовый шприц и ампула с 50% раствором анальгина (желательно).

**Примечание:** Перевязочный материал должен быть в водонепроницаемой упаковке. Жидкости желательно хранить в небьющихся (пластмассовых) флаконах.

**ВНИМАНИЕ:** В СЛУЧАЕ ЗАТРУДНЕНИЙ ПРИ ПОСТАНОВКЕ ДИАГНОЗА СЛЕДУЕТ ОКАЗЫВАТЬ ПОСТРАДАВШЕМУ ПОМОЩЬ, ПРЕДПОЛАГАЯ НАИБОЛЕЕ ТЯЖЕЛЫЙ СЛУЧАЙ ТРАВМИРОВАНИЯ.

## 2. Виды травм и способы оказания первой помощи.

### 2.1. Ссадины.

*Помощь:*

Поверхность ссадины вначале промывают перекисью водорода, а затем смазывают спиртовым раствором бриллиантовой зелени (зеленкой). Если поверхность ссадины не кровоточит, ее оставляют на некоторое время открытой, а затем накладывают стерильную повязку. Кровотокающую поверхность ссадины высушивают осторожным прикосновением к ней стерильных салфеток, смоченных перекисью водорода, после чего накладывают стерильную повязку. При обширных размерах ссадин пострадавший должен быть госпитализирован. При лечении небольших ссадин можно применять бактерицидный пластырь.

### 2.2. Ушибы.

Закрывшие повреждения тела, при которых не нарушается кожный покров и нет наружного кровотечения. Возникают при воздействии тупого предмета, падении, ударе, столкновении.

*Симптомы:*

Припухлость, кровоподтек, боль в месте ушиба, иногда нарушение функций конечности. На месте ушиба мягкие ткани подвергаются разможению, а наиболее хрупкие, в том числе и кровеносные сосуды, разрываются. При этом кровь выливается под кожу, в жировую клетчатку, в мышцы. Внешне такое кровоизлияние диагностируется по наличию припухлости в месте ушиба и образованию темных пятен - кровоизлияний.

*Помощь:*

К месту ушиба приложить резиновый пузырь со льдом или сделать холодные примочки (полотенце или кусок материи смочить холодной водой). Холод следует держать примерно в течение получаса, а затем наложить давящую повязку, которая предотвращает дальнейшее внутреннее кровотечение. Для улучшения оттока крови поврежденную конечность рекомендуется держать в возвышенном положении.

### 2.3. Вывихи

Повреждение, при котором суставная поверхность одной кости в результате разрыва суставной сумки и связок соскальзывает с суставной поверхности другой кости.

#### *Подвывих:*

При подвывихе суставные поверхности костей частично соприкасаются, капсула сустава не всегда разрывается, но подвергается растяжению.

#### *Симптомы:*

Резкая болезненность в области сустава, изменение формы сустава, почти полная неподвижность травмированного сустава, неправильное положение поврежденной конечности.

#### *Помощь:*

Необходимо создать удобное положение поврежденной конечности и наложить шину или повязку. Чтобы успокоить боль, на сустав, где произошел вывих, можно положить пузырь со льдом или сделать холодные примочки (полотенце или кусок материи смочить холодной водой). При сильной боли рекомендуется ввести обезболивающее - 2 мл. 50% раствора анальгина внутримышечно. В первое время после повреждения вывих выправить значительно легче, поэтому пострадавшего нужно срочно доставить в травматологический пункт или стационар. Правильно вправить вывих может только врач. **КАТЕГОРИЧЕСКИ ЗАПРЕЩАЕТСЯ ПЫТАТЬСЯ ВПРАВЛЯТЬ ВЫВИХ САМОСТОЯТЕЛЬНО.**

**Примечание:** При возникновении привычного вывиха помощь, как правило, не требуется, так как пострадавший обычно в состоянии вправить его самостоятельно.

### **2.4. Растяжения и разрывы связок.**

#### *Симптомы:*

Пострадавший испытывает сильную боль, появляется припухлость, движения ограничены из-за боли.

#### *Помощь:*

Создать удобное положение поврежденной конечности. Наложить на поврежденное место пузырь со льдом или сделать холодные примочки (полотенце или кусок материи смочить холодной водой) и туго забинтовать. При сильной боли рекомендуется ввести обезболивающее - 2 мл. 50% раствора анальгина внутримышечно. В тяжелых случаях накладывают шину.

### **2.5. Переломы.**

**ВНИМАНИЕ:** При невозможности дифференцирования перелома с ушибом или вывихом следует оказывать пострадавшему помощь, предполагая более тяжелый случай травмирования - перелом.

#### **2.5.1 Переломы конечностей.**

Различают закрытые и открытые переломы. При закрытых переломах кожа не повреждается. Открытые переломы характеризуются разрывом мягких тканей, а иногда и выходом обломка кости из раны.

#### *Симптомы:*

В области перелома может появиться припухлость, отмечается деформация по отношению к нормальной оси конечности, а в момент попытки поднять ее может появиться прогиб в месте перелома. Закрытые переломы сложно диагностировать. Отдельные симптомы (боль, припухлость, невозможность передвижения) характерны и для других видов травм. При легком ощупывании изменения в форме кости обнаружить не всегда удастся. Верным признаком перелома является резкая и сильная боль в том месте, где подозревается перелом. В момент удара пострадавший может услышать характерный щелчок - хруст надламываемой кости.

#### *Помощь:*

В случае кровотечения проводят мероприятия по его временной остановке (смотри ниже). При наличии открытого перелома выполняют первичную обработку раны (смотри ниже).

Необходимо обеспечить неподвижность поврежденной части тела. При сильной боли рекомендуется ввести обезболивающее - 2 мл. 50% раствора анальгина внутримышечно. С целью создания неподвижности в месте перелома производят иммобилизацию путем наложения шинной повязки.

При наложении шин следует придерживаться следующих правил:

- Шину необходимо накладывать с большой осторожностью, так как обломки костей могут сдвинуться, что причинит пострадавшему боль и дополнительные повреждения. Предварительно место наложения шины покрывают чем-нибудь мягким, например ватой.
- Шина должна захватывать два сустава (выше и ниже перелома), а при переломе бедра - три.
- Прибинтовать шину следует равномерно и не слишком туго, так как тугое бинтование нарушает нормальное кровообращение.

#### **2.5.2 Переломы позвоночника.**

Наблюдаются при падениях на спину, падениях с высоты.

#### *Симптомы:*

Боль в области сломанного позвонка, особенно при надавливании на него, при его нагружении вдоль оси позвоночника, при давлении на голову. При повреждении спинного мозга руки и ноги пострадавшего (или только ноги) могут потерять чувствительность и способность шевелиться.

**ВНИМАНИЕ 1:** При ПОДОЗРЕНИИ на перелом позвоночника хотя бы по одному из перечисленных выше симптомов следует прекратить дальнейшее 'исследование' пострадавшего и оказывать помощь, предполагая перелом позвоночника.

**ВНИМАНИЕ 2:** Если пострадавший после падения с высоты теряет сознание (сотрясение мозга смотри ниже), то ему следует оказывать помощь, предполагая перелом позвоночника.

#### *Помощь:*

Осмотр пострадавшего и транспортировку осуществлять с максимальной осторожностью. При подозрении на перелом позвоночника нельзя поворачивать пострадавшего только за туловище или конечности. Для переукладки пострадавшего нужно не менее 3-х человек. Один располагается на уровне головы и шеи. второй - туловища, третий - ног. Приподнимают пострадавшего, обращая внимание на то, чтобы не было прогиба в области спины.

Четвертый помощник продвигает носилки под пострадавшего. ТРАНСПОРТИРОВКА ДОЛЖНА ОСУЩЕСТВЛЯТЬСЯ НА СПИНЕ НА ЖЕСТКОМ ЩИТЕ. Под поясницу подкладывают валик. Под головой должна быть плоская подушка.

### **2.5.3 Переломы ребер и грудины.**

#### *Симптомы:*

Резкая локальная боль в месте перелома. Дыхание учащенное, сопровождается болью. Особенно трудно менять положение тела из лежачего в сидячее.

#### *Помощь:*

При сильной боли рекомендуется ввести обезболивающее - 2 мл. 50% раствора анальгина внутримышечно. При изолированных переломах доставить пострадавшего в травматологический пункт, при множественных - в стационар. Транспортировка в полусидящем положении.

### **2.5.4 Переломы и вывихи ключицы.**

Наблюдаются при падениях на вытянутую руку, плечевой сустав.

#### *Симптомы:*

Резкая боль в области перелома или вывиха, деформация сломанной ключицы, припухлость.

#### *Помощь:*

Иммобилизация заключается в подвешивании руки на косынку или прибинтовывай ее к туловищу. При сильной боли рекомендуется ввести обезболивающее - 2 мл. 50% раствора анальгина внутримышечно. Далее пострадавший должен быть доставлен в стационар.

### **2.5.5 Переломы костей таза.**

Наблюдаются при сдавливании таза, падениях с высоты.

#### *Симптомы:*

Боли в области крестца и промежности. Если пострадавшего положить в положение 'лягушки' и оказывающий помощь попытается сводить или разводить колени пострадавшему, а пострадавшей усилиями ног будет этому препятствовать, то возникнет резкая боль в области перелома.

#### *Помощь:*

Пострадавшего уложить в положение 'лягушки', подложить валик под колени. При сильной боли рекомендуется ввести обезболивающее - 2 мл. 50% раствора анальгина внутримышечно. Наркотическое обезболивание можно проводить только при исключении возможности повреждения внутренних органов. Транспортировка на носилках в положении 'лягушки'.

## **2.6. Сотрясения головного мозга.**



Может произойти при жесткой посадке, падении или при старте в сильный ветер, от удара головой даже при наличии защитного шлема.

*Симптомы:*

Пострадавший может потерять сознание. Возможны рвота, головная боль, головокружение. Характерным признаком является потеря пострадавшим памяти на момент удара.

**ВНИМАНИЕ:** Если после падения с высоты пострадавший теряет сознание, то ему следует оказывать помощь, предполагая перелом позвоночника.

*Помощь:*

Пострадавшего следует немедленно уложить, создать ему полный покой, запретить какие-либо движения. На голову положить пузырь со льдом или сделать холодные примочки (полотенце или кусок материи смочить холодной водой). Пострадавшему нельзя разрешать садиться и тем более вставать. В бессознательном состоянии у него может начаться рвота. Для того чтобы рвотные массы не попали в дыхательные пути и пострадавший не задохнулся, нужно повернуть его голову набок и пальцем, обмотанным полотенцем или куском марли, освободить полость рта. Транспортировка осуществляется только на носилках.

## 2.7. Раны.

Повреждения тела с нарушением целостности кожи или слизистой оболочки, а также глубже лежащих тканей.

*Помощь:*

При наличии артериального или венозного кровотечения осуществляют мероприятия по временной остановке кровотечения (смотри ниже). При наличии пинцета пинцетом (не руками!!!) удаляют из раны куски одежды, волосы, крупные инородные тела. Волосы вокруг раны выстригают ножницами или раздвигают в стороны при отсутствии инструмента. Выстригание волос выполняется в направлении 'от раны'. Для защиты раны от загрязнения и инфицирования кожу вокруг раны обрабатывают 2-3 раза раствором йода или перекисью водорода. ЗАПРЕЩАЕТСЯ заливать йод внутрь раны. Накладывают стерильную ватно-марлевую повязку из индивидуального пакета. Для укрепления повязки на голове удобно пользоваться сетчатым бинтом. Повязки на туловище и животе лучше делать по типу повязок-наклеек, укрепляя ее полосками лейкопластыря. Раненой части тела создают максимальный покой. При наличии сильной боли вводят обезболивающее - 2 мл. 50% раствора анальгина внутримышечно. Далее пострадавший должен быть доставлен в стационар или травматологический пункт.

## 2.8. Отморожение.

*Профилактика:*

Когда начинают мерзнуть руки или ноги, достаточно сделать ряд энергичных движений, чтобы усилить кровообращение. В полете это может быть пульсирующее напряжение и ослабление пальцев рук и ног. Если начинают мерзнуть щеки, нос, уши, их следует растереть чистыми руками или мягкой шерстяной вещью и возможно быстрее уйти в теплое помещение.

### *Симптомы:*

Сначала в коже ощущается покалывание, небольшое жжение. Затем кожа постепенно теряет чувствительность, белеет.

### *Помощь:*

Прежде всего необходимо восстановить кровообращение в отмороженной конечности. Пострадавшего вносят в теплое помещение, снимают обувь и перчатки. Отмороженную конечность растирают сухой тканью, шерстью, перчаткой до начала восстановления чувствительности кожи. Затем помещают в таз с прохладной (20 С) водой. В течение 40-60 минут температуру доводят до 40-45 С. Если боль, возникающая при отогревании, быстро проходит, пальцы приобретают обычный вид или немного отечны, чувствительность восстанавливается, то конечность вытирают насухо, протирают 33% раствором спирта и надевают сухие проглаженные носки, а сверху шерстяные носки (или перчатки, если отморожены руки). Пострадавшего следует напоить горячим чаем, кофе и рекомендовать ему обратиться к хирургу. Если отогревание сопровождается усиливающейся болью, пальцы остаются бледными и холодными, то это признак глубокого отморожения, и пострадавшего следует направить в стационар.

## **2.9. Тепловой удар.**

Может возникнуть во время длительных маршей в условиях жаркого климата, при интенсивной физической работе в душных, плохо вентилируемых помещениях.

### *Симптомы:*

Чувство общей слабости, разбитости, головная боль, головокружение, шум в ушах, сонливость, жажда, тошнота. Пульс и дыхание учащены, температура повышена до 40-41 С.

### *Помощь:*

Пострадавшего выносят в прохладное помещение, обеспечивают доступ свежего воздуха, дают выпить холодной воды или чая, накладывают холодный компресс на голову. В тяжелых случаях рекомендуется обертывание мокрой простыней, обливание холодной водой. При резком ослаблении или прекращении дыхания следует приступить к проведению искусственного дыхания.

## **2.10. Обморок.**

### *Симптомы:*

Кратковременная потеря сознания. Проявляется резкой бледностью кожи, глаза блуждают и закрываются, пострадавший падает. Конечности холодные на ощупь, пульс редкий. Продолжительность приступа составляет от нескольких секунд до 1-2 минут, затем следует быстрое и полное восстановление сознания.

### *Помощь:*

Пострадавшего уложить на спину с несколько откинутой назад головой, расстегнуть воротник, обеспечить доступ свежего воздуха. Обрызгать лицо холодной водой, в крайнем случае поднести к носу ватку смоченную нашатырным спиртом.

## **2.11. Травматический шок.**

Возникает вследствие сильной боли при ранениях, ожогах, переломах или при значительной кровопотере.

### *Симптомы:*

В начальном периоде, особенно если травме предшествовало сильное нервное перенапряжение, пострадавший может быть возбужден и не сознавать тяжести своего состояния. Затем происходит резкое угнетение всех

жизненных процессов. Человек становится бледен, неподвижен, не жалуется на боль. В отличие от обморока при шоке сознание обычно сохраняется.

*Помощь:*

На начальном периоде возбуждения пострадавшего необходимо уложить и создать ему полный покой для того чтобы он неосознанно резкими движениями не усложнил бы своего положения.

Важнейшими мероприятиями по предупреждению шока являются борьба с болью и быстрая остановка кровотечения (смотри ниже). При исключении повреждения внутренних органов и внутреннего кровотечения рекомендуется дать пострадавшему горячий чай с сахаром, допустимо также проведение наркотического обезболивания. При наличии тяжелой травмы пострадавший должен быть как можно скорее доставлен в стационар, но транспортировка пострадавшего в шоковом состоянии должна выполняться с максимальной осторожностью. Перед началом транспортировки желательно хотя бы частично восстановить кровопотерю (если есть возможность).

### **2.12. Утопление.**

*Помощь:*

Пострадавшего извлекают из воды. После доставки пострадавшего на берег или подъема в спасательную лодку выливают воду из легких и желудка. Оказывающий помощь становится на одно колено, пострадавшего кладет на бедро другой ноги и резкими толчкообразными движениями сжимает боковые поверхности грудной клетки в течение 10-15 секунд. Являются ошибкой попытки удалить 'всю' воду из легких. После этого пострадавшего поворачивают на спину, очищают полость рта пальцем, обернутым платком или марлей, и проводят искусственное дыхание и непрямой массаж сердца. Одной из наиболее частых ошибок является преждевременное прекращение искусственного дыхания. Наличие у пострадавшего дыхательных движений, как правило, не свидетельствует о восстановлении полноценной вентиляции легких. Если у пострадавшего отсутствует сознание, необходимо продолжить искусственное дыхание. Искусственное дыхание необходимо также в том случае, если у пострадавшего имеются нарушения ритма дыхания, учащение дыхания более 40 в 1 минуту. При сохранении дыхания дать нюхать нашатырный спирт. При ознобе необходимо тщательно растереть кожные покровы, обернуть пострадавшего в теплые сухие одеяла. Применение грелок противопоказано, если сознание отсутствует или нарушено.

### **2.13. Остановка кровотечений.**

Интенсивность кровотечения зависит от величины и типа поврежденного сосуда. Различают артериальное, венозное, капиллярное и внутреннее кровотечения, в зависимости от того, какой поврежден сосуд артерия, вена, капилляры или внутренние магистральные сосуды. Наиболее опасны артериальное и внутреннее кровотечения.

#### **2.13.1 Артериальное кровотечение.**

*Симптомы:*

Кровь из раны идет под сильным напором, пульсирующей струйкой. Обычно она ярко-алого цвета.

*Помощь:*

Необходимо как можно быстрее остановить кровотечение, ибо от этого часто зависит жизнь пострадавшего. Следует пережать артерию, которая снабжает раненый участок тела кровью. Обычно артерию прижимают пальцами к кости, у которой она проходит, затем на рану накладывают давящую стерильную повязку. Прижимают ту часть артерии, которая находится ближе к сердцу. Если давящая повязка при сильном кровотечении не останавливает его, то необходимо наложить жгут или закрутку. Эта мера рассчитана на ВРЕМЕННУЮ остановку кровотечения до врачебного вмешательства. Жгут накладывают ВЫШЕ места ранения. Чтобы не повредить ткани тела, под жгут следует положить что-нибудь мягкое. Жгут должен находиться на конечности не более 2 часов, так как отсутствие притока крови может привести к омертвлению конечности. Если по истечении этого срока не будет оказана медицинская помощь и кровотечение не будет остановлено, то жгут ослабляют на 3-5 минут и снова затягивают его, но теперь и в дальнейшем не более, чем на 45 минут. К жгуту следует прикрепить бумажку и на ней отмечать время каждой затяжки.

#### **2.13.2 Внутреннее кровотечение.**

Наблюдается при закрытых ранах грудной или брюшной полости в случае повреждения внутренних магистральных сосудов.

*Симптомы:*

Пострадавший бледен, покрыт холодным потом, губы бледные. Пострадавший жалуется на головокружение, шум в голове, мелькание 'мушек перед глазами', просит пить. Головокружение усиливается в вертикальном положении.

*Помощь:*

При внутригрудном кровотечении пострадавшему придают положение с приподнятым изголовьем, чтобы облегчить дыхание. При внутрибрюшном кровотечении дают холод на живот. Наркотическое обезболивание вводить нельзя. Транспортировка на носилках. Если пострадавший находится в тяжелом состоянии и диагноз внутреннего кровотечения не вызывает сомнения, необходимо оповестить дежурную бригаду стационара через диспетчера Скорой Мед. Помощи (или любым другим образом) и ДОСТАВИТЬ ПОСТРАДАВШЕГО НЕПОСРЕДСТВЕННО В ОПЕРАЦИОННУЮ, минуя приемное отделение стационара.

#### **2.13.3 Венозное кровотечение.**

*Симптомы:*

Кровь из раны идет ровным потоком. Обычно она темно-красного цвета.

*Помощь:*

Следует наложить на рану давящую стерильную повязку. Бинтовать начинают НИЖЕ места ранения (дальше от сердца).

#### **2.13.4 Капиллярное кровотечение.**

*Симптомы:*

Кровь сочится из раны.

*Помощь:*

Кровь легко останавливается стерильной повязкой.

## **2.14. Искусственное дыхание и непрямой массаж сердца.**

*Показания:*

Пострадавший находится в бессознательном состоянии. Зрачки расширены, не реагируют на свет. Дыхание отсутствует. Пульс нитевидный или не прощупывается. Пульс лучше определять на сонных артериях или выявить наличие сердцебиений, приложив ухо к грудной клетке (слева от грудины) пострадавшего.

Искусственное дыхание и непрямой массаж сердца выполняются одновременно. Если помощь оказывают два человека, то после одного 'вдоха', выполняемого первым, производится 5 надавливающих движения на грудину вторым. Если помощь оказывается одним человеком, то выполняется 2 'вдоха' и далее 15 качков сердца.

Признаком эффекта массажа является сужение расширенных ранее зрачков, появление сначала редких, а затем регулярных сокращений сердца, восстановление дыхания. Массаж сердца продолжают до полного восстановления сердечной деятельности и появления пульса на периферических артериях.

### **2.14.1 Искусственное дыхание.**

*Помощь:*

Перед началом искусственного дыхания следует снять с пострадавшего стесняющую одежду, очистить ему рот и нос от слизи и крови (обернуть указательный палец марлей, ввести в рот пострадавшего до корня языка и очистить дыхательные пути от имеющихся масс), вынуть искусственные зубы (если есть) и вытянуть язык. Язык следует приколоть булавкой к щеке либо вывести вперед нижнюю челюсть, введя указательный и средний пальцы с обеих сторон в ямки, расположенные за мочками ушей, и потянув челюсть на себя, что автоматически зафиксирует язык в положении, позволяющем воздуху проникать в дыхательные пути. Но следует помнить, что все время, пока проводится искусственное дыхание, нижнюю челюсть необходимо придерживать с одной стороны, чтобы она оставалась в нужном положении. Пострадавшего кладут на спину, оказывающий помощь становится с левой стороны и максимально запрокидывает назад голову пострадавшему. Под плечи подкладывают валик из одежды или другой предмет, что фиксирует голову в нужном положении. Поддерживая одной рукой голову в запрокинутом положении и пальцами этой руки зажав ноздри, другой рукой удерживая рот открытым, оказывающий помощь прикладывает свой рот плотно через платок ко рту пострадавшего и с силой вдвухает воздух. После видимого расширения грудной клетки вдухание прекращают. У пострадавшего происходит пассивный выдох, и затем снова вдвухают воздух. Темп: 16-20 раз в минуту. Необходимо следить, чтобы расширялась грудная клетка, а не раздувался живот в левом подреберье. Последнее говорит о том, что воздух попадает не в легкие, а в желудок. Это происходит, если пострадавшему придали неправильное положение и его голова недостаточно разогнута.

### **2.14.2 Непрямой массаж сердца.**

*Помощь:*

При проведении непрямого массажа сердца с пострадавшего снимают одежду или ее расстегивают, кладут на спину на жесткую поверхность и начинают массаж. Для этого оказывающий помощь должен встать с левой стороны от пострадавшего. Он кладет ладонь своей левой руки на нижнюю часть грудины (Не на ребра! Иначе их можно сломать и повредить легкое), а ладонь правой руки ставит на тыльную поверхность левой ладони. Непрямой массаж сердца осуществляется ритмичным надавливанием с темпом 60-80 раз в минуту. Надавливание на грудину проводят в виде быстрого, но осторожного толчка, благодаря чему кровь выталкивается из сердца. Толчок должен быть такой силы, чтобы сместить грудину у взрослого человека на 3-4 см. После надавливания быстро отнимают руку от грудной клетки, чтобы дать возможность ей распрямиться, за это время происходит наполнение полостей сердца кровью.