

А. И. ИНОЗЕМЦЕВ

ПЛАНЕР,

**ЕГО ПОЛЕТ
И ЭКСПЛУАТАЦИЯ**



Замеченные опечатки

Страница	Строка	Напечатано	Необходимо читать
57	11 снизу	7/8 м/с	7—8 м/с
58	25 сверху	Порывыветра	Порывы ветра
71	21 сверху	УСЗ—	УС—З
74	7 снизу	Подкосных	Свободнонесущих
74	3 снизу	Площадью	Помощью
138	12 сверху	Наоборот	Наоборот

Клише

Стр. 35 рис. 23 повернуть против часовой стрелки на 15°

„ 44 рис. 39 повернуть по часовой стрелке на 15°

А. ИНОЗЕМЦЕВ

летчик-планерист

и летчик-наблюдатель

34-4

2227а

34-4

2227а

Те 980

И 672

П Л А Н Е Р,

Е Г О П О Л Е Т И Э К С П Л О А Т А Ц И Я

Г.П.Б. в ЛНГР
У. 1985 г.
Акт № 16



ГОСУДАРСТВЕННОЕ
ВОЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО „НА ВАРТИ“
ХАРЬКОВ—1934

Библиогр. описание этого
издания помещено в „Ле-
тописи Украин. Печати“,
„Карточном репертуаре“ и
других указателях Украин-
ской Книжной Палаты

Редактор *Т. Дуброва.*
Техредактор *О. Кадашевич.*
Обложка худ. *Я. Леуса.*

Уполномоченный главлита № 2426. Горлит № 1047—27/V-34 года. Бумага 62x94 см.
1/16 листа. Вес 1000 лист. 36 кг. Бумажных листов 4½. В одном бумажном
листе 102000 знаков. Заказ № 3281. Тираж 26200. Передано на производство
26/V 1934 года. Подписано к печати 9/IX-1934 года.

Первая Книжная Полиграфическая фабрика УПТ имени Сухомлина, Полтава.

От автора

В 1933 году исполнилось десять лет советского планеризма. Значение этого десятилетия велико. „Планеризм играет огромную роль в деле подготовки отважного, смелого, находчивого воздушного бойца“ (Ворошилов). Планеризм — общедоступный вид здорового, массового пролетарского спорта. Планеризм надежный и испытанный способ предварительного исследования новых схем моторных аппаратов. Планеризм, наконец, расширяет наши знания в научной, технической и практической областях авиации.

За истекшее десятилетие, совместными усилиями партийно-комсомольских, профессиональных и осоавиахимовских организаций заложена прочная основа продвижению планера в массы: созданы и успешно работают сотни школ и станций, тысячи кружков, готовящих летные кадры без отрыва от производства; накоплен резерв инструкторов планерного дела; построен первый в мире планерный завод.

Однако, „перевод планеризма на рельсы массового пролетарского спорта“ далеко не обеспечен пока еще соответствующей технической литературой. Вышедших руководств совершенно недостаточно как по величине их тиражей, так и по объему рассматриваемых вопросов. Между тем, обучение без отрыва от производства, предполагающее самоподготовку кружковцев — во-первых; необходимость дать каждой возникающей планерной точке учебник, который позволил бы сразу технически-грамотно поставить летную работу обосновав ее теоретически и обусловив жестким соблюдением правил эксплуатации — во-вторых; настоятельно требуют расширения литературной базы по вопросам планеризма.

Предлагаемая книга и составлена в разрезе указанных положений. Исходя из необходимости сделать ее доступной, как можно более широкому кругу читателей, материал излагался соответственно объему знаний, даваемому семилетней трудовой школой. Устранено все, требующее знакомства с тригонометрией, приведены выводы формул, даны некоторые элементарные определения из механики и т. п. Все же автор считал, что правиль-

ное уяснение теории полета и основ конструкции невозможно без некоторого минимума математических выкладок.

О конструкции планеров даны лишь сведения основного характера. Подробное техническое описание каждого типа в отдельности не входит в задачу настоящего пособия и требует специальных наставлений.

Вопросы эксплуатации планеров согласованы с соответствующими официальными руководствами и директивами. Поскольку многих вопросов до настоящего времени в планерной литературе не освещено, они разобраны применительно к имеющемуся практическому опыту работы и родственным вопросам эксплуатации моторных летательных аппаратов.

В заключение автор считает необходимым отметить использование им при расположении материала прекрасного труда инж. Горощенко „Самолет, его полет, конструкция и обслуживание“ 1932 г.

**Таблица условных буквенных обозначений, встречающихся
в тексте**

Буква	Название	Постоянно принятое обозначение
Латинский алфавит		
B b C c E e F f G g H h L l K k M m N n O o P p Q q R r S s T t U u V v W w X x Y y Z z	бэ цэ э эф жэ аш эль ка эм эн о пэ ку эр эс тэ у—ю вэ дубль вэ икс игрек зэт	ускорение силы тяжести высота длина вес путь, площадь скорость

Буква	Название	Постоянно принятое обозначение
Греческий алфавит		
α β γ $\Delta \delta$ λ ρ φ	альфа бета гамма дельта лямбда ро фи	угол атаки угол планирования плотность

Часть первая

Теория полета планера

1. Воздух, его состав и физические свойства

Планером называется летательный аппарат тяжелее воздуха, с неподвижными, как у самолета крыльями, перемещающийся в пространстве без мотора. Его полет, подобно полету самолета, происходит в воздушной среде; в безвоздушном пространстве (или близкой к нему сильно разреженной атмосфере) полет подобного рода аппаратов был бы невозможен. Воздух же, как и вода, обладая способностью оказывать сопротивление движущимся в нем телам, создает в то же время силы, поддерживающие планер (самолет) в полете.

Воздушная оболочка земного шара составляет примерно 0,1 часть его радиуса (т. е. 636 км.), однако, главная масса воздуха сосредоточена в нижних слоях оболочки (примерно 0,75 всей массы в слое до 10 км.). Наблюдения показали, что воздух в этом десятикилометровом слое имеет приблизительно один и тот же состав, а именно представляет следующую физическую смесь газов:

Азот	78,03%	по объему;	вес 1 куб. метра — 1,25 кг.
Кислород	20,99%	„	„ — 1,43 „
Аргон	0,94%	„	„ — 1,78 „
Водород	0,01%	„	„ — 0,09 „

Прочие газы (неон, гелий и т. д.) находятся в воздухе в незначительном количестве. В состав воздуха входят также водяные пары и в нем содержится масса мельчайших пылинок разнообразного происхождения.

Физические свойства воздуха не являются постоянными, меняясь от различных условий, главным образом температуры, давления и пр. Мы остановимся только на важнейших свойствах: это — плотность и вязкость воздуха и попутно охарактеризуем некоторые элементы состояния воздуха, что необходимо для понимания сущности полета планеров.

Чтобы иметь возможность сравнивать между собой данные летательных аппаратов или показания приборов, полученные в разных местностях и в разное время (а также и в других целях) условились для каждой данной страны принять некоторое стандартное состояние атмосферы, так наз. „нормальный день“. К такому нормальному дню, соответствующему обычно среднему состоянию атмосферы, и приводят получаемые показатели. Для СССР нормальный день принят: давление воздуха у земли (условно обозначаемое P_0) = 760 мм или 1013 мб. (Как известно, давление воздуха измеряется высотой ртутного столба, уравновешивающего столб воздуха, основанием в 1 кв. см и высотой от плоскости измерения до границ атмосферы; в настоящее время употребляются также для измерения давления воздуха миллибары. Один миллибар равен давлению 1000 дин/кв. см и соответствует 0,77 мм ртутного столба); температура воздуха у земли (t_0) = + 15° Цельсия и температурный градиент (tgr), т. е. величина падения температуры с поднятием или повышением температуры с опусканием на каждые 100 метров высоты = 0,65° С.

В рассмотренных условиях нормального дня плотность воздуха получает вполне определенную величину.

Плотность воздуха (ρ), т. е. масса воздуха, заключенная в единице объема, численно равна весовой плотности (γ) 1 куб.

метра воздуха = $1,226 \frac{кг}{м^3}$, деленной на ускорение силы тяжести (g — ускорение, которое получает свободно падающее в воздушной среде тело в единицу времени) — 9,81 м/сек следовательно:

$$\rho = \frac{\gamma}{g} = \frac{1,226}{9,81} = 0,125 = \left(\frac{1}{8}\right) \frac{кг/сек^2}{м^2} \dots \dots [1]$$

Понятно, что в естественных условиях плотность воздуха у земли и изменение ее с высотой в зависимости от истинных значений давления и температуры непрерывно меняются. Значение плотности для каждого данного случая можно найти по формуле

$$\rho = \frac{0,0473 Bh}{T} \dots \dots \dots [2]$$

где T — т. н. „абсолютная температура“, отсчитываемая от абсолютного нуля, лежащего на 273° ниже точки таяния льда. Таким образом, для получения T нужно к обычной температуре, взятой с ее знаком ($\pm t$) прибавить 273, (напр. $t = -10^\circ$; $T = -10 + 273 = 263$); Bh — давление на той высоте, где хотим найти плотность.

Попробуйте найти ρ для 2000 м. Пусть $Bh = 590$ мм. Температуру найдете, применив данные нормального дня СССР (t° и tgr). То же для 4500 м при $Bh = 425$ мм.

Другое физическое свойство воздуха — вязкость возникает вследствие сцепления между частицами воздуха, сопротивляющимися боковым сдвигам и растяжению частиц. Величина вязкости зависит главным образом от температуры, уменьшаясь с ее увеличением.

Влажность воздуха определяется содержанием в нем водяных паров. Источником их образования являются водные бассейны земной поверхности: океаны, моря, реки, озера и т. п., а также растительный покров. Испаряясь с поверхности воды и растительности, влага распространяется в воздухе благодаря воздушным течениям, перемешиванию воздуха и т. д. При достаточном понижении температуры водяные пары сгущаются (конденсируются), дают облакообразование, росы, туманы, в виде осадков возвращаясь на поверхность земли. Как всякий газ, водяные пары обладают некоторой упругостью, измеряемой в мм высотой ртутного столба, который ими уравнивается. С увеличением содержания водяных паров в единице объема, упругость их возрастает, достигая предельного значения, при котором они насыщают пространство. Упругость насыщающих паров вообще зависит от температуры и быстро возрастает с ее повышением. В следующей таблице даны значения упругости насыщающих паров при различных температурах воздуха.

Табл. 1

Температура	-30°	-20°	-10°	0	+10°	+20°	+30°
Упругость насыщающих паров в мм . . .	0,4	1,0	2,2	4,6	9,2	17,5	31,9

Содержание паров в воздухе характеризуется следующими величинами:

e — „абсолютная влажность“, т. е. упругость водяных паров, находящихся в данный момент в воздухе;

f — „количество паров“ — выраженное в граммах на кубический метр воздуха;

r — „относительная влажность“, т. е. отношение упругости (или количества) паров, содержащихся в воздухе, к упругости (или количеству) паров, которые насытили бы данный объем воздуха при данной температуре, т. е.

$$r = \frac{e}{E} = \frac{f}{F}$$

Знание влажности воздуха в числе прочих данных позволяет судить о состоянии воздушной среды.

Как плотность, так и вязкость воздуха изменяются не только по вертикали (т. е. с высотой), но и по горизонтали (т. е. по расстоянию). Мы видели, что они связаны с температурными

величинами. Допустим теперь, что два, ограниченных сверху и снизу одними и теми же плоскостями, столба воздуха нагреты различно, напр. вследствие неодинакового содержания пылинок, поглощающих тепло солнечных лучей или более интенсивного нагрева участка земной поверхности, с которым один из столбов воздуха соприкасается. Что у нас получится?

Рассмотрим известный опыт Шпрунга. Если взять два сообщающихся между собой вертикальных сосуда (см. рис. 1), наполненных при одинаковой температуре до одного уровня водсы и

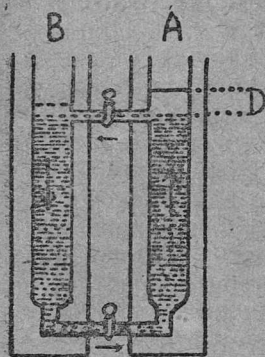


Рис. 1. Опыт Шпрунга

перекрыв краны соединительных трубок нагреть один из сосудов, напр. „А“, то давление в нем возрастет. В самом деле, в то время как в сосуде „В“ давление поперечному останется атмосферным, в сосуде „А“, кроме атмосферы, будет давить еще и столб „Д“, поднявшейся над прежним уровнем, вследствие расширения от нагрева, воды. Если теперь открыть краны, то по верхней соединительной трубке из сосуда „А“, где давление больше, начнется протекание воды в сосуд „В“ и будет продолжаться до тех пор, пока в обоих сосудах давление не уравновесится. В то же время по нижней соединительной трубке вода начнет течь слева направо, т. е. из сосуда „В“ в сосуд „А“, вследствие разности давлений у основания сосудов, благодаря натеканию вверх воды из сосуда „А“.

При поддержании созданной разности температур в сосудах установится замкнутая циркуляция воды.

Действие температурного фактора, нарушающего равномерность распределения давления (и плотности) воздуха в горизонтальных слоях, вызовет смещение воздушных масс. Как в опыте Шпрунга вода, так более нагретые и менее плотные массы, расширяясь начнут подниматься и оттекать на место соседнего менее нагретого воздушного столба. Последний внизу, даст приток воздуха к нагретой области.

Запомним это явление: оно, как мы увидим дальше, способствует развитию некоторых видов вертикальных течений воздуха, используемых при полете планеров.

Вертикальные же течения создают при полете самолетов и планеров те толчки и броски, которые определяются термином „рему“ или „болтовня“ и которые получили совершенно неосновательно ходячее название „воздушных ям“. Яма вызывает представление о пустоте в той или иной среде. Между тем, никакой „пустоты“, в которую „проваливается“ самолет в воздушном пространстве, конечно, нет, а качка, подбрасывания и снижения, иногда довольно значительные, ощущаемые при полетах, объясняются исключительно воздействием на аппарат

перемещающегося по вертикали воздуха. Горизонтальные движения воздушных масс (напр. приток воздуха на место поднимающегося слоя) называются ветром. Они имеют место и там, где почему либо происходит охлаждение слоев атмосферы. В этом случае охлажденные, более плотные слои опускаются, создавая нисходящие течения; горизонтальный приток воздуха на их место происходит уже на верхней границе опускающихся масс из более нагретых областей. У поверхности же земли нисходящий поток растекается от холодного центра в стороны.

Как и всякое движение, ветер различают по величине и направлению. Величина скорости ветра измеряется числом метров, которые соответствующая воздушная масса проходит за одну секунду (иногда скорость ветра измеряется также пройденным за час числом километров — „км/час“). Для обозначения направления ветра указывается точка горизонта, откуда ветер дует. Напр. ветер дует с северо-запада со скоростью 8 метров в секунду. Обозначают: „С.-З. 8 м/с“, заменяя иногда русский термин для направления латинским: в данном примере NW (норд-вэст). Переводная таблица дана в приложении 1.

Обе величины, скорость и направление очень важны при эксплуатации планеров. Скорость ветра определяет возможность совершения полетов на тех или иных типах планеров, направление ветра — соответствующие условия полета в зависимости от рельефа планеродрома (рабочей площадки для полетов на планерах).

Контрольные вопросы:

1. Каков состав воздуха?
2. Что такое „нормальный день“; какой нормальный день принят в СССР?
3. Определите понятие „плотность воздуха“ и напишите ее формулу.
4. Что такое ветер? Каковы меры для ветра?

2. Сведения о конструкции планера

На рис. 2 изображен планер с указанием его основных частей. Назначение этих частей состоит в следующем:

а. Крылья или несущие поверхности являются самой важной частью планера (и самолета), благодаря наличию которой он может выполнять полет. Крылья поддерживают, несут весь планер в воздухе. По количеству крыльев, расположенных одно над другим, планеры в основном бывают монопланы (однокрылые) и, сравнительно редко, бипланы (двукрылые) или полоторапланы.

а—а. Элероны — подвижная часть крыльев, служащая для наклона („крена“) аппарата в сторону при поворотах.

б. Фюзеляж или корпус служит для соединения крыльев с хвостом, состоящим из т. наз. горизонтального и вертикаль-

ного оперения. В фюзеляже расположены сидение пилота, управление и приборы. У многих планеров фюзеляж заменен просто грузовой фермой с хвостовой балкой (рис. 2-а).

в. Хвостовое оперение. Вертикальное состоит обычно из двух поверхностей: передней неподвижной — киля и задней, подвижной — руля направления (поворотов); горизонтальное — из неподвижного стабилизатора и подвижного руля высоты. Хвостовое оперение предназначено для управления планером и для придания ему устойчивости в полете, уравнивая действующие одновременно на планер силы. У некоторых типов планеров киль и стабилизатор отсутствуют.

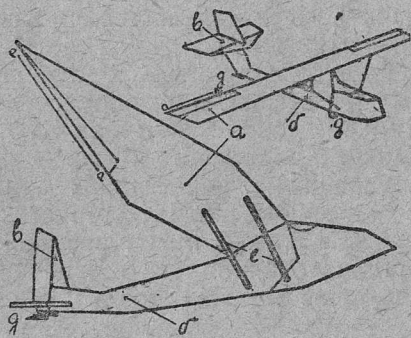


Рис. 2 — 2 а. Конструкция планера

Ручка управления планером, т. наз. „командный рычаг“ связана при помощи троссов с рулем высоты и элеронами. При движении пилотом ручки по продольной оси планера от себя — руль высоты опускается, на себя — руль поднимается. При движении ручки в стороны работают элероны: напр. двигая ручку справа налево пилот заставляет опуститься правый элерон и одновременно подняться левый; двигая ручку слева направо — наоборот. Руль направления приводится в действие ногами: нажимая пра-

вой ногой ножную педаль управления, пилот поворачивает руль вправо и наоборот.

Киль и стабилизатор у планеров сравнительно редко встречаются управляемые.

г. Самопуск, состоящий из ручки самопуска и крючка, предназначен для удерживания планера на месте в момент запуска, с последующим освобождением планера — для полета. Ручка самопуска помещается в пилотской кабине, крючок — на хвосте планера под оперением.

д. Шасси — служит для совершения взлета и посадки. К шасси относятся колеса и костыль, поддерживающий на земле хвост. Во многих типах планеров колеса отсутствуют, движение планера по земле производится на полозе.

В тех случаях, когда планер не фюзеляжный, а ферменный пилотское место обычно спереди закрыто специальным обтекателем улучшающим летные качества планера.

е. Подкосы — служат для укрепления крыльев на фюзеляже или ферме.

По количеству мест планеры бывают одноместные, двухместные и многоместные; по участкам земли, с которых они работают — сухопутные и гидропланеры (взлетающие и садя-

щиеся на воду); по назначению — учебные, тренировочные, рекордные, экспериментальные и транспортные (последнее назначение появилось недавно); по способу выполнения полета — скользящие, т. е. использующие только энергию запуска и парители, т. е. использующие энергию воздушных течений. Резкой границы между этими двумя типами в настоящее время нет. Почти все современные планеры могут выполнять как скользящие, так и парящие полеты.

Контрольные вопросы:

1. Из каких основных частей состоит планер?
2. Для чего служат крылья? фюзеляж? хвост? все оперение? самопуск? подкосы?
3. Классифицируйте современные планеры.

3. Силы сопротивления воздуха

Всякое тело, двигающееся в воздухе, испытывает сопротивление последнего (при чем безразлично, рассматривается ли движение тела в неподвижном воздухе или движение воздуха относительно неподвижного тела — сопротивление воздуха будет одинаково). Попробуйте провести листом бумаги по воздуху — вы почувствуете, как лист упирается в воздух, воздух давит на него. Это давление, рассматриваемое относительно всей площади тела (в частном случае — листа бумаги) состоит из ряда отдельных сил, которые можно изобразить (см. рис. 3) при помощи векторов.

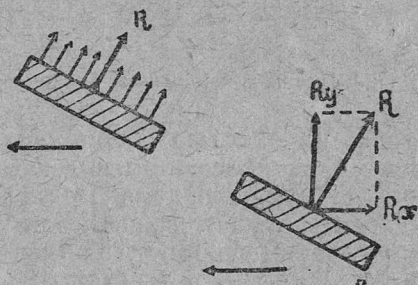


Рис. 3 — 3а. Силы сопротивления воздуха и их равнодействующая

Вектором вообще называется величина, характеризующаяся числом и направлением. Ее наглядно изображают отрезком, конец которого указывает направление силы, начало — точку, с которой эта сила приложена. Величина отрезка, выраженная в каком либо масштабе — показывает величину силы.

Как известно из механики, сумму векторов можно выразить равнодействующей их (R). В свою очередь каждую силу (в том числе и равнодействующую) можно разложить на две составляющих по следующему правилу: если разлагаемую силу представить, как диагональ параллелограмма, то составляющие ее изобразятся векторами по величине и направлению совпадающими со сторонами этого параллелограмма. Разложим силу R и мы [рис. 3а] на две составляющих: одну, всегда расположенную перпендикулярно направлению движения, которую назовем

подъемной силой (R_y); вторую, расположенную обратно движению тела (или по направлению воздушного потока), которую назовем лобовым сопротивлением (R_x).

Отчего же зависит полная сила сопротивления R и ее составляющие R_y и R_x ?

Как известно, всякое сопротивление жидкости или газа движущемуся телу выражается так:

$$R = \rho C_x S V^2 \dots \dots \dots [3]$$

где ρ — массовая плотность среды, в нашем случае — плотность воздуха, равная 0,125 или $\frac{1}{8} \frac{\text{кг/сек}^2}{\text{м}^3}$ [1]. Очевидно, что чем

больше плотность воздуха, тем больше препятствий встречает тело на своем пути, тем большую величину имеет сила R ;

C_x — отвлеченный коэффициент, т. наз. „коэффициент сопротивления“, зависящий от формы тела и его положения относительно направления движения.

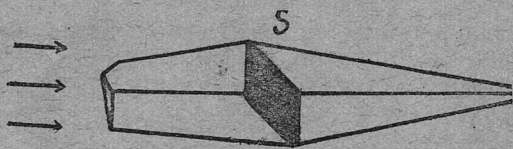


Рис. 4. Площадь наибольшего сечения (мидель)

S — площадь миделя т. е. площадь наибольшего поперечного сечения

тела плоскостью перпендикулярной направлению движения [рис. 4]. Полное сопротивление воздуха R прямо пропорционально площади миделя тела. Наконец V^2 — квадрат скорости движения показывает нам зависимость между R и скоростью. Так при увеличении скорости в два раза сопротивление возрастает в 2^2 раза, т. е. в 4 раза.

Если мы примем $\rho = 1 \frac{\text{кг/сек}^2}{\text{м}^3}$, $S = 1 \text{ кв. метр}$ и $V = 1 \text{ м/сек}$

то $R = C_x$. В этом случае C_x получает конкретное выражение. Следовательно, можно сказать, что коэффициент сопротивления от R отличается только своей величиной. [3а]

Так как R_y — подъемная сила и R_x — лобовое сопротивление являются составляющими полной силы сопротивления воздуха R , то они находятся в той же самой зависимости от ρ , S V . Поэтому напишем:

$$R_y = \rho C_y S V^2 \dots \dots \dots [4]$$

$$R_x = \rho C_x S V^2 \dots \dots \dots [5]$$

где видно, что другими являются только коэффициенты C_y и C_x . Из параллелограмма (рис. 3) мы можем написать, что

$$R = \sqrt{R_y^2 + R_x^2} [6] \text{ и из формул [4] и [5]}$$

$$C_x = \sqrt{C_y^2 + C_x^2} \dots \dots \dots [7]$$

Коэффициенты сопротивления определяются в т. наз. „аэродинамической трубе“ (см. рис. 5). Так как величина силы сопротивления не меняется от того, что движется, тело относительно воздуха или наоборот, лишь бы относительные скорости движения в обоих случаях были равны — то в аэродинамических трубах (аэродинамикой называется наука, изучающая силы и движение в воздушной среде), при помощи мощных вентиляторов заставляют двигаться воздух со скоростями порядка 30—50 метров в секунду, а испытываемое тело неподвижно укрепляют на специальных весах. Своим устройством труба обеспечивает воздуху плавность движения. При определенных величинах ρ и V измеряется сила R_x , уравновешивая ее грузом P на чашке весов.

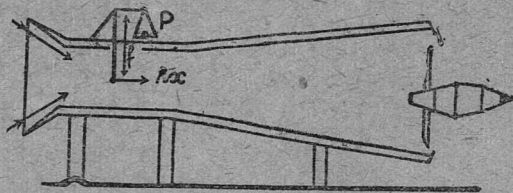


Рис. 5. Аэродинамическая труба

R_x определяем, следовательно, из уравнения $R_x = \rho \frac{f_1}{T}$, а затем можем найти и величину C_x — коэффициента лобового сопротивления.

$$C_x = \frac{R_x}{\rho S V^2} \dots \dots \dots [8]$$

Соответственно $C_\alpha = \frac{R}{\rho S V^2}$ и $C_y = \frac{R_y}{\rho S V^2}$

Рассмотрим теперь подробнее, отчего происходит сопротивление воздуха. Всякое тело, двигаясь в воздушной среде, как то изменяет скорости обтекающих его частиц воздуха. Это изменение скорости возникает: вследствие взаимного трения между частицами воздуха и поверхностью тела, вследствие бесчисленных ударов отдельных частиц при набегании воздуха на тело, вследствие образования завихрений (беспорядочных вихрей), уносящих с собой в пространство энергию, израсходованную телом. Не было бы этих воздушных возмущений, не было бы изменения скорости воздушных частиц при прохождении вокруг тела — не было бы и сопротивления. Оно тем больше, следовательно, чем больше возмущает движущееся тело воздушную среду. Вспомним, что в основной формуле сопротивления воздуха [3] C_α (и C_x) — коэффициенты сопротивления зависят от формы тела.

Что это означает? Опыты показали, что тела, встречающие поток воздуха плоской стороной, испытывают большее сопротивление воздуха, чем тела, имеющие такую же площадь

миделя (рис. 4), но закругленные или заостренные. В самом деле — проверьте это на опыте, двигая в воздухе плоским, вырезанным из картона кругом или двигая шаром с равной площадью большого круга. Изменение сопротивления будет ощутимо даже рукой.

C_x для плоской пластины — 1,1 для шара 0,25, а для т. наз. „удобообтекаемой формы“ (см. рис. 6) = 0,05. Такую именно форму и стремятся придавать деталям и целым летательным

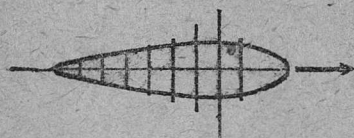


Рис. 6. Удобообтекаемая форма тела

аппаратам — самолетам, планерам, дирижаблям, а также гоночным автомобилям, яхтам, подводным лодкам и т. п.

Как видно на рис. 7, двигаясь по траектории $a-b-c$, частицы воздуха будут сперва прижиматься к телу (в данном случае — шару), создавая перед ним повышенное давление (+). Это явление вызывается центробежными силами, вследствие кривизны пути частицы. Дальше те же центробежные силы будут направлены в обратную сторону, частицы воздуха будут отталкиваться от тела, создавая в верхней и нижней частях тела (по рисунку) разрежение (пониженное давление (-)). Благодаря явлению вязкости воздуха, на некотором расстоянии за телом частицы воздуха начнут снова смыкаться, область пониженного давления распространится и на тыльную часть тела, а за ней непосредственно расположится область завихрений.

аппаратам — самолетам, планерам, дирижаблям, а также гоночным автомобилям, яхтам, подводным лодкам и т. п.

Как видно на рис. 7, двигаясь по траектории $a-b-c$, частицы воздуха будут сперва прижиматься к телу (в данном случае — шару), создавая перед ним повышенное давление (+). Это явление вызывается центробежными

силами, вследствие кривизны пути частицы. Дальше те же центробежные силы будут направлены в обратную сторону,

частицы воздуха будут отталкиваться от тела, создавая в верхней и нижней частях тела (по рисунку) разрежение (пониженное давление (-)). Благодаря явлению

вязкости воздуха, на некотором расстоянии за телом частицы воздуха начнут снова смыкаться, область пониженного давления распространится и на тыльную часть тела, а за ней непосредственно расположится область завихрений.

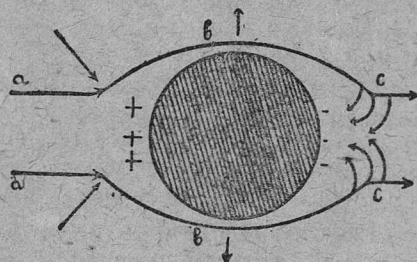


Рис. 7. Обтекание воздухом шара

Разность давления воздуха спереди и сзади обтекаемого тела и создает силу лобового сопротивления R_x , при чем большее значение играет область разрежения (тело засасывается разреженным пространством, препятствующим движению), чем область повышенного давления. Чем плавнее воздух обтекает тело, чем более „удобообтекаема“ форма, чем меньше возникает завихрений и тормозящей силы вакуума — тем меньше R_x .

Попробуйте теперь решить несколько задач, чтобы запомнить, как найти R_x и отчего оно зависит.

Определим, например, сопротивление шара, движущегося на высоте 1500 м со скоростью 100 км/час. Из формулы [5], $R_x = \rho C_x S V^2$.

Нам необходимо найти ρ , C_x и S . Воспользуемся для этого следующими таблицами:

Табл. 2

H	t°	ρh
0 метров	+ 15° С	0,125
10 м	+ 8,2°	0,113
20 0	+ 2,0°	0,103
3000	- 4,5°	0,093
4000	- 11,0°	0,083
5000	- 17,5°	0,075
6 000	- 24,0°	0,067
7000	- 30,0°	0,06

Табл. 3

Деталь	C_x
Фюзеляж	0,1—0,2
Стойки каплевидные . .	0,05
Трубы круглые	0,4
Лыжи	0,18
Ленты овалн.	0,2
Шар	0,25
Трос	0,7

Найдем по таблице 2-ой плотность воздуха для $H = 1500$ м

$$\rho h \text{ на } 1000 \text{ м} = 0,113$$

2000 м = 0,103; берем среднее, следовательно:

$$\rho h \text{ на } 1500 \text{ м} = 0,108.$$

По таблице 3-й берем C_x шара = 0,25. Площадь миделя (S) шара условно примем = 0,5 кв. м. Скорость в этой формуле нужно взять в м/с, поэтому делим величину скорости, выраженную в км/час, на 3,6. Теперь получаем:

$$R_x = 0,108 \times 0,25 \times 0,5 \times 27^2 = 9,842 \text{ кг.}$$

Определите сами R_x для:

1) стойки (подкоса) планера, при полете последнего со скоростью 50 км/час на высоте 750 м. Пусть S стойки — 0,1 кв. м.

2) тоже для троса (менее удобообтекаемая, чем в предыдущем случае форма) при тех же условиях S троса — 0,01 кв. м.

Казалось бы, что раз сопротивление воздуха мешает телам продвигаться вперед, оно является вредным для дела авиации. Так оно и есть, если рассматривать только составляющую от силы R , названную нами лобовым сопротивлением R_x . С ним борются, стараясь сделать все части летательных аппаратов как можно лучше обтекаемыми и малых миделей. Вторая же составляющая R , которую мы выше определили, как „подъемную силу“, является силой, поддерживающей летательные аппараты в воздухе, дающей возможность осуществить полет. Те детали и части аппарата (в рассматриваемом случае — планера), которые создают подъемную силу R_y , носят название несущих. Наиболее важными из них является крыло (величина R_y , создаваемая хвостовым оперением, сравнительно невелика). Те же детали, которые подъемной силы не создают, напр. стойки, колеса, троса и т. п. называются ненесущими. Для крыла планера (и самолета) очень важно иметь возможно большую подъемную силу (R_y) при наименьшем лобовом сопротивлении (R_x). Вместо того, чтобы затрачивать определенное количество энергии для преодоления

лобового сопротивления и получения поддерживающей планер под'емной силы

при $\frac{Ry}{Rx}$ крыла = 1, мы добьемся тех же результатов, затратив энергию значительно меньше, если крыло имеет отношение $\frac{Ry}{Rx}$ напр. = 2.

Вообще отношение под'емной силы к лобовому сопротивлению (крыла, всего планера и т. п.) называется качеством.

$$K = \frac{Ry}{Rx}$$

или заменяя Ry и Rx их коэффициентами (3а) напомним:

$$K = \frac{Cy}{Cx} \dots \dots \dots [9]$$

На качество крыла оказывают влияние различные элементы крыла. Запомним их обозначения (см. рис. 8).

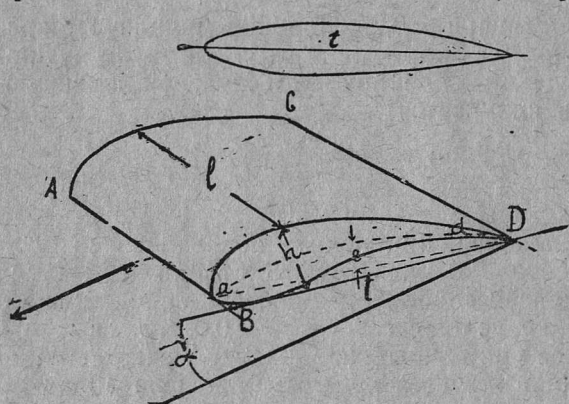


Рис. 8—8б Элементы крыла

AB—ребро атаки (встречи крыла с воздухом. Всегда расположено в сторону движения крыла).

CD—ребро обтекания.

ABCD площадь крыла ($S = lb$)

l—размах крыла.

b—глубина, измеряемая хордой, т. е. прямой, касательной к нижнему контуру поперечного сечения крыла (или осяю симметрии—рис. 8б). Хорда условно обозначается буквой **l**.

λ (лямбда) = $\frac{l}{b}$ —обозначает „удлинение“ крыла. Если крыло

не прямоугольное, то глубина его (**b**) измеряется „средней хордой“, под которой подразумеваем хорду прямоугольного крыла той же площади и размаха.

ad—профиль крыла, т. е. форма его поперечного сечения. Всякий профиль характеризуется:

1) относительной толщиной, т. е. отношением наибольшей высоты профиля к глубине крыла, выраженным в проц. хорды и обозначаемым буквой δ

$$\delta = \frac{h}{l} \cdot 100$$

2) **относительной вогнутостью** (W), т. е. отношением максимальной высоты средней дуги профиля (e) к глубине крыла, выраженным в проц. хорды.

$$W = \frac{e}{t} \cdot 100$$

Тонкими профилями называются имеющие „ δ “—8%, средней толщины 8—12%, толстыми—с „ δ “ больше 12%. W колеблется от 0 до 10%. Максимальная толщина профиля находится на расстоянии около 33% хорды от ребра атаки крыла.

α —**угол атаки**, т. е. угол между направлением движения (или воздушного потока) и хордой крыла.

Z —**контур крыла**, т. е. форма его в плане.

Познакомившись с элементами крыла, рассмотрим теперь, что происходит вокруг крыла в полете, отчего возникает подъемная сила R_y ?

Как показано на рис. 9, под крылом, поставленным под некоторым углом атаки „ α “, благодаря влиянию центробежных сил (смотри стрелки), давление возрастает (так же, как и в разобранным выше случае обтекания воздухом шара). Над крылом же создается некоторый вакуум—пониженное давление разреженной области. Одновременно крыло, благодаря форме своего поперечного сечения (профилю) отклоняет встречаемый им воздушный поток на какой то угол вниз; по закону механики „действие равно противодействию“ (напр., если мы давим рукой на стол с определенной силой, то стол давит на нашу руку с той же силой, но в обратном направлении)—само крыло, отклоняя поток воздуха, испытывает при этом действие силы, направленной вверх.

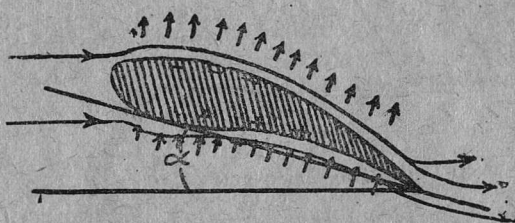


Рис. 9. Скос потока у крыла

Над крылом и под крылом соответственно возникает разность в скоростях воздушного потока. Скорости и давления, как известно, находятся во взаимной зависимости по формуле Бернулли:

$$bx = \frac{V^2 \gamma}{2g} \text{ или по предыдущему [1], заменяя, } \frac{\gamma}{g} = \rho, \text{ имеем: } bx = \frac{V^2 \rho}{2}, \text{ где } bx \text{—давление воздуха на крыло (имеется ввиду динамическое давление).}$$

Из формулы можно подсчитать, насколько меняется bx при изменении скорости обтекающего воздушного потока.

Рассмотренные нами выше: 1) разность давлений, вызываемая криволинейностью пути частиц воздуха вокруг крыла, 2) раз-

ность давлений, вызываемая разностью в скоростях движущихся частей сверху и снизу крыла, 3) противодействие отклоняемого крылом воздушного потока — создают подъемную силу крыла.

Из предыдущего очевидно, что одни и те же причины вызывают при движении крыла возникновение, как R_x , так и R_y . В этом особенность крыла. Но крыло же способствует появлению добавочной силы лобового сопротивления, т. наз. „индуктивного сопротивления“. Поэтому полную величину R_x обозначим так: R_x (лобовое сопротивление крыла) = $R_{x_{пр}} + R_{x_i}$. . . [10] где $R_{x_{пр}}$ — профильное сопротивление, являющееся следствием недостаточно плавного обтекания крыла воздухом, образования завихрений и трения.

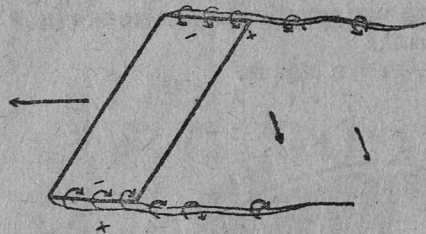


Рис. 10. Вихревые усы

R_{x_i} — индуктивное сопротивление, а лобовое сопротивление всего планера $R_x = R_{x_{пр}} + R_{x_i} + R_{x_{вр}}$, где добавляем $R_{x_{вр}}$ — вредное сопротивление, даваемое несущими деталями аппарата.

Как же создается „индуктивное сопротивление“?

Мы установили, что крыло давит на встречный воздушный поток, гонит его вниз, почему под крылом и за ним получается

отклонение струи воздуха с некоторой средней скоростью. На концах крыльев воздух, вырываясь из области высокого давления в область низкого закручивается на кромке. Срываясь затем с крыла, он образует вихревые „усы“, разрывающиеся (расходящиеся) в окружающей воздушной среде на некотором расстоянии от крыла. Поэтому за крылом летящего планера и самолета образуется два, вращающихся друг другу навстречу вихря, а между ними отклоненный вниз воздушный поток (см. рис. 10). Контур крыла играет в деле образования вихревых „усов“ огромную роль.

Средняя вертикальная скорость, отбрасываемого вниз потока, выражается так:

$$V_b = A C_y V \dots \dots \dots [11]$$

где — A коэффициент, зависящий от числа плоскостей (крыльев), их формы и расположения. Известный германский аэродинамик проф. Прандтль дал приближенное значение для A

$$A = \frac{2S}{\pi l^2 \text{ макс} + 4F}$$

где S — сумма площадей крыльев
 π — 3,14
 l — максимальный размах

F — сумма площадей контуров, образованных соседними крыльями и вертикалями, проведенными через концы крыла наименьшего размаха (см. рис. 11).

Зная из предыдущего, что

$S = lb$, а $\lambda = \frac{l}{b}$ можем написать:

$$\lambda = \frac{l \cdot l}{b \cdot l} = \frac{l^2}{S}$$

Заменяем полученным выражением в формуле Прандтля соответствующие члены:

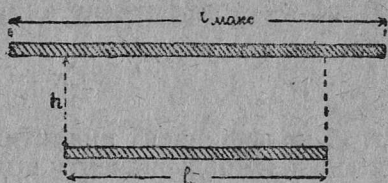


Рис. 11. К определению коэфф. „А“

$$A = \frac{2}{\pi \lambda + 4F}$$

Для монопланов (т. е. конструкций с одним крылом), в основном применяемым в планеризме — $4F = 0$; следовательно:

$$A = \frac{2}{\pi \lambda} \dots \dots \dots [12]$$

Таким образом воздух набегает на крыло со скоростью V , у крыла к этой скорости добавляется вертикальная скорость Vb и действительная скорость потока будет V_1 . Поэтому фактический (истинный) угол атаки крыла (т. е. угол составленный хордой крыла и направлением воздушного потока) по рис. 12 будет:

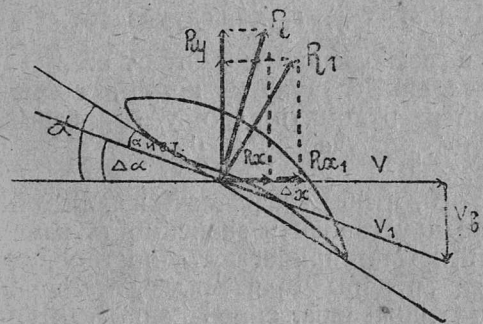


Рис. 12. Истинный и кажущийся α

$$\alpha_{ист} = \alpha - \Delta\alpha \dots \dots \dots [13]$$

Вместе с направлением потока отклонится на тот же $\Delta\alpha$ и сила сопротивления воздуха R , уменьшившись по величине, т. к. крыло фактически в скошенном потоке имеет меньший угол атаки.

Нас интересуют R_y и R_x относительно линии полета планера. Раскладывая поэтому R на составляющие по отношению к этому направлению, имеем $R_{x_1} > R_x$,

$$R_{x_1} = R_x + \Delta x.$$

Последний член и есть „индуктивное“ сопротивление (наведенное, т. к. вызвано работой самого крыла) — R_{x_1} .

В случае многокрыльных аппаратов явление усложняется. Здесь R_{x_1} образуется не только вследствие влияния крыла самого на себя (самоиндукция), но благодаря также влиянию других

крыльев (взаимная индукция); сущность же явления остается та же. Из формулы Rx_i [5] напомним для

$$Rx_i = \rho Cx_i \cdot SV^2 \dots \dots \dots [14]$$

где Cx_i — коэффициент индуктивного сопротивления.

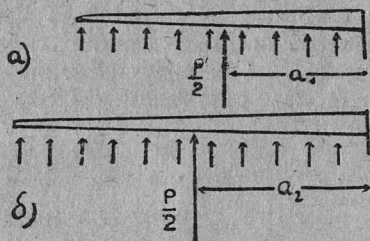
$$Cx_i = \frac{2}{\pi \lambda} C_y^2 \text{ или } AC_y^2 \dots \dots \dots [15]$$

т. е. коэффициент индуктивного сопротивления прямо пропорционален коэффициенту подъемной силы и обратно пропорционален удлинению. Выгодно, следовательно, увеличивать λ для уменьшения Rx_i . Однако, большое удлинение крыла при сохранении той же самой площади его, делает крыло менее прочным.

В самом деле, чем больше удлинение $\left(\frac{1}{b}\right)$, тем больше при той же площади должен быть размах — 1; как известно из механики, момент какой либо силы равен произведению этой силы на плечо, от точки приложения силы до точки опоры.

$$M = P \cdot a \dots \dots \dots [16]$$

Следовательно, справедливо написать (см. рис. 13)



$$M = \frac{p}{2} \cdot a_1 \text{ для случая „а“}$$

$$\text{и } M = \frac{p}{2} \cdot a_2 \text{ для случая „б“;}$$

т. е. изгибающий момент от всех сил давления воздуха на крыло, стремящийся отломить его у основания, будет в случае „б“ — больше.

Рис. 13. Разность моментов сил

Для планеров λ обычно 16—30.

Поляра Лилиенталя. Для того, чтобы графически изобразить полное сопротивление воздуха и установить зависимость изменения C_u и C_x от углов атаки крыла, прибегают к построению специальной диаграммы, т. наз. „поляры Лилиенталя“, по имени предложившего ее германского инженера, справедливо считаемого „отцом планеризма“ — Отто Лилиенталя (ум. 1896 г.).

Поступают следующим образом (см. рис. 14): от точки O по вертикальной оси Y (игреков) откладывают вверх, в каком либо выбранном масштабе значения C_u , полученные для определенных углов атаки; по горизонтальной оси X (иксов) от точки O вправо откладывают значения C_x для тех же углов атаки. Масштаб для величины C_x (в целях большей наглядности) обычно выбирают крупнее, чем для C_u в 5 раз.

Восстанавливая к осям Y и X перпендикуляры на отрезках, характеризующих значения C_y и C_x для того или иного угла атаки, на пересечении перпендикуляров получаем значение C_a для данного угла атаки. Полученные точки C_a соединяем плавной кривой, т. наз. „полярной“, характеризующей данный профиль крыла. Эту полярю можно рассматривать, как линию, описанную концом вектора R (полной силы сопротивления) [3а] при изменении углов атаки. Определяя, кроме того, C_{xi} и откладывая его вправо от оси „ Y “, получаем т. наз. **параболу индуктивного сопротивления** (см. рис. 14 пунктир). Разность между C_x и C_{xi} дает нам профильное сопротивление $C_{x_{пр}}$ [10]. Если же мы захотим показать полярю всего планера, а не одного только крыла, то нам очевидно просто прежнюю полярю придется сдвинуть вправо на величину $C_{x_{вр}}$, так как величину вредного сопротивления несущих деталей можно считать, при изменении углов атаки, постоянным. Графически же проще перенести влево ось „ Y “, оставив полярю на месте.

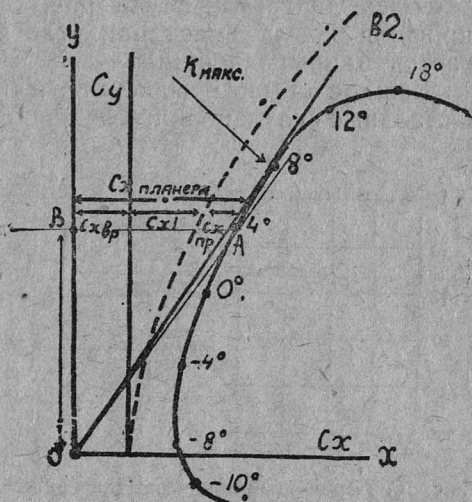


Рис. 14. Полярю Лилиенталя

Для чего же нам нужна полярю? Выше мы говорили, что соотношение значений $\frac{C_y}{C_x}$ называется качеством крыла — K [9].

$K_{макс}$. — характеризует наибольшую подъемную силу при наименьшем лобовом сопротивлении. Посмотрим теперь на полярю, какому углу атаки это соответствует для данного профиля крыла.

C_y имеет нулевое значение при некотором отрицательном угле атаки (на рис. — около 10°). Отрицательным углом атаки называется такой угол, при котором воздух набегаёт на верхнюю часть крыла (см. рис. 15). Знак угла атаки определяется по положению хорды крыла относительно направления полета.

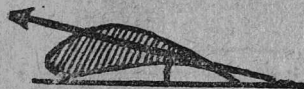


Рис. 15. Отрицательный угол атаки

Затем C_y возрастает, достигая максимального значения при угле атаки $+12^\circ$ — $+18^\circ$ и при дальнейшем увеличении угла — снова падает.

Изменение величины C_x происходит иначе. Коэффициент лобового сопротивления никогда не равен 0. Минимальное

значение C_x обычно при углах атаки $-3^\circ - +1^\circ$; с увеличением углов атаки C_x возрастает.

Качество крыла увеличивается с ростом углов атаки и максимальное его значение нас интересующее находится между величинами углов $+2^\circ - +6^\circ$. На поляре Лилиенталя K макс. мы можем найти, проведя касательную к поляре, из точки O — „полюса диаграммы.“ На рис. очевидно K макс. для данного профиля крыла будет при угле атаки $= +8^\circ$. Этот угол называется **наивыгоднейшим**.

Каждое крыло в зависимости от профиля имеет свою полярю. Остальные случаи применения поляры будут указаны ниже.

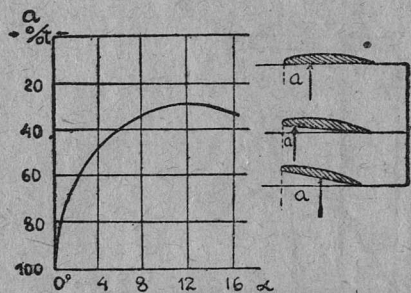


Рис. 16. Перемещение центра давления

при C_u близком к максимальному. Дальнейшее увеличение угла атаки заставит центр давления снова двинуться назад (см. рис. 16). Уменьшение угла атаки также способствует перемещению центра давления к задней кромке крыла, при чем может быть случай, когда он выйдет за пределы крыла (при отрицательных углах атаки, в частности при отсутствии под'емной силы). Крыло при этом нагружается значительными крутящими силами, возникающими вследствие разности в направлении давления воздуха в передней и задней части крыла. Полет на таких углах атаки опасен.

Положение центра давления выражают в проц. хорды, считая от ребра атаки. Перемещение его зависит от формы профиля, оно наиболее велико у профилей толстых, с вогнутым основанием (см. рис. 17 а), наименьшее у двояковыпуклых и симметричных (см. рис. 17 б); последние не испытывают также кручения, но так как их под'емная сила, сравни-

Центр давления. Центром давления называется точка пересечения силы полного сопротивления воздуха (R) или ее продолжения с хордой крыла. При изменении углов атаки центр давления перемещается по хорде. На наиболее употребительных при полете планера углах он отстоит от ребра атаки на 25—30% хорды, при увеличении углов атаки перемещается к ребру атаки, достигая крайнего переднего

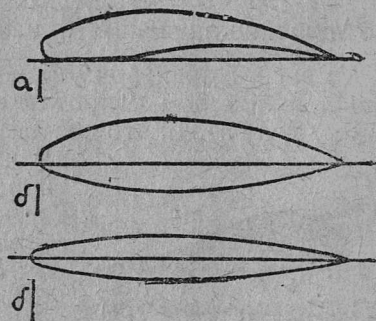


Рис. 17 — 17 а — 17 б. Различные профили крыльев

тельно с вогнутыми, мала, то в плане они малоупотребительны.

Задачи: 1) найдите предельную скорость падения парашютиста, имеющего:

$$S = 0,125 \text{ кв. м}$$

$$\text{вес} = 80 \text{ кг}$$

$$\rho \text{ (условно)} = 0,125$$

Парашютист достигнет предельной скорости (с нераскрытым парашютом), когда его вес будет равен лобовому сопротивлению.

2) постройте поляру Лилиенталя по следующим данным:

А			В		
α°	C_y	C_x	α°	C_y	C_x
-6	-0,025	0,01	-9	-0,307	0,01
-4	+0,05	0,009	-6	0,185	0,006
-2	0,125	0,009	-3	0,082	0,0042
0	0,2	0,011	0	+0,013	0,0043
2	0,27	0,015	3	0,112	0,0044
4	0,34	0,02	6	0,208	0,0056
6	0,41	0,027	9	0,32	0,0076
8	0,47	0,034	12	0,4	0,02
10	0,53	0,042	15	0,38	0,05
12	0,587	0,051	18	0,32	0,09
14	0,62	0,061			

3) найдите C_{xi} по C_y во второй поляре предыдущей задачи. Коэффициент А подсчитайте, зная, что

$$l = 10,35 \text{ м}; S = 15,6 \text{ м}^2.$$

Контрольные вопросы:

1. Какой формулой выражается полная сила сопротивления газа или жидкости?
2. На какие составляющие разлагается сила R ?
3. При каких условиях коэффициент сопротивления равен полной силе сопротивления воздуха? Как определяются коэффициенты сопротивления?
4. Отчего происходят: сопротивление воздуха, лобовое сопротивление, подъемная сила?
5. Определите „качество крыла“. Как найти на поляре „максимальное качество“?
6. Определите и нарисуйте элементы крыла.
7. Отчего возникает индуктивное сопротивление? Напишите его формулу.
8. Принцип составления полярной диаграммы.
9. Что такое центр давления?

4. Полет планера

Прежде чем приступить к выяснению условий, необходимых для совершения полета планера, рассмотрим, при каких обстоятельствах происходит полет, какая последовательность действий обуславливает отрыв планера от земли и выполнение им более или менее продолжительного пути в воздухе.

После того, как планер с пилотом установлен против ветра на площадке (безразлично: ровной или с уклоном в сторону предполагаемого полета), к нему цепляют амортизатор. Амортизатор — это толстый (16—18 мм в диаметре) резиновый шнур состоящий из ряда резиновых 1—2 мм нитей и оплетенный сверху нитяной сеткой. Амортизатор складывается в два конца по 30—40 м каждый. Задев стальным кольцом, укрепленным в месте сгиба амортизатора, за крюк в носовой части планера, начинают амортизатор натягивать. Планер при этом удерживается на месте проволоочной петлей, соединяющей хвост планера с вбитым в землю колом (см. рис. 18).

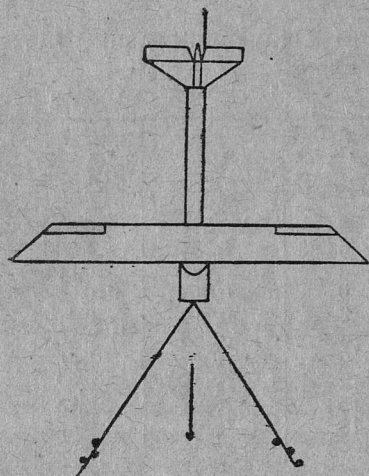


Рис. 18. Схема запуска планера

По достижении определенной степени натяжки, хвост освобождается и планер выбрасывается сокращающейся резиной амортизатора вперед, подобно камню из рогатки. Сперва планер бежит некоторое время по земле; затем, когда скорость движения делается достаточной, чтобы создать его крыльям подъемную силу (R_y), способную преодолеть трение лыж (или колес) о земную поверхность — планер отрывается, начинает набирать высоту, кольцо амортизатора свободно спадает с крюка.

На некоторой высоте пилот при помощи рулей способствует планеру перейти к плавному спуску на землю. При этом планер скользит под некоторым углом к поверхности земли; нос планера расположен ниже хвоста (т. наз. „планирование“). Приблизившись к земле, пилот выравнивает машину, т. е. переводит ее из наклонного положения в горизонтальное (или близкое к нему) и с высоты меньше полуметра дает ей мягко опуститься на грунт.

После прикосновения к земле планер продвинется еще немного вперед („пробег“) и остановится.

Такова внешняя сторона наиболее простого полета планера „по прямой“. Зная, что для каждого движения, в том числе

и для полета, необходима энергия, посмотрим теперь, откуда берет и как использует энергию планер.

Из механики известно, что тело обладает энергией, если оно обладает запасом работы: напр., энергией обладает движущийся паровоз или автомобиль, летящий снаряд, падающая на лопасти мельничного колеса вода и т. п., т. к. все они способны произвести ту или иную работу. Но энергией также обладает и любое тело, поднятое на высоту и находящееся в покое. Оно тоже обладает способностью производить работу, как только ему будет предоставлена возможность падать (также для свернутой пружины, когда она сможет раскручиваться, для сжатого газа, когда он сможет расширяться и т. п.). В этих случаях энергии находится как бы в скрытом состоянии, до тех пор, пока тела в покое.

Такой вид энергии называется **энергией положения или потенциальной**, тогда как энергия движущегося тела называется **энергией движения или кинетической**. Помня, что работа F выражается через произведение P на S (сила на путь), можно для потенциальной энергии T написать соответственно:

$$T = Qh \dots \dots \dots [17]$$

где в случае тела поднятого на высоту будем иметь: Q — вес („сила“), h — высота (с которой тело будет падать — „путь“).

Для кинетической энергии — E выражение таково:

$$E = F = P \cdot S$$

Второй закон Ньютона говорит, что „сила прямо пропорциональна массе, на которую она действует и ускорению, сообщаемому этой массе“, т. е.

$$P = m \cdot a \dots \dots \dots [18]$$

Следовательно, подставляя

$$E = F = m \cdot a \cdot S$$

При равноускоренном движении $S = \frac{at^2}{2}$; $v = at$, где

S — путь

V — скорость

t — время движения.

Подставляя и преобразовывая, имеем:

$$E = F = m \cdot a \left(\frac{at^2}{2} \right) = \frac{ma^2t^2}{2} = \frac{mV^2}{2} \dots \dots \dots [19]$$

Последняя величина в механике носит название живой силы. Кинетическая энергия, следовательно, равна живой силе.

Пусть на высоте $h = 100$ м над землей находится тело весом 50 кг. Это тело обладает потенциальной энергией:

$$T = 50 \times 100 = 5000 \text{ кг/м.}$$

Дадим возможность телу падать. С момента начала движения тело будет обладать кинетической энергией, которая по мере падения будет возрастать и по истечении одной секунды падения (т. к. $V = at = 9,81 \times 1 = 9,81$) будет равна:

$E = \frac{50 \cdot 9,81^2}{2}$. Зная, что масса численно равна весу, деленному на ускорение силы тяжести (9,81) ответ для E получим окончательно:

$$E = \frac{50 \cdot 9,81^2}{2 \cdot 9,81} = 245 \text{ кг/м.}$$

Потенциальная же энергия будет уменьшаться. Путь тела за секунду выразится:

$$S = \frac{at^2}{2} = \frac{9,81 \cdot 1^2}{2} = 4,9 \text{ м.}$$

Значит, по истечении одной секунды падения тело будет находиться на высоте:

$$h = 100 - 4,9 = 95,1 \text{ м.}$$

Его потенциальная энергия теперь:

$$T = 50 \cdot 95,1 = 4755 \text{ кг/м.}$$

или уменьшилась на 245 кг/м, т. е. на столько же, на сколько за этот промежуток времени возросла кинетическая энергия и т. д.

Как известно, энергия в природе не исчезает и не может быть создана из ничего. Происходит лишь превращение энергии одного вида в энергию другого вида.

Для начала полета планеру необходимо сообщить какую то скорость. Пусть данные учебного планера

$$V = 12 \text{ м/с; } Q = 170 \text{ кг.}$$

Подсчитаем его кинетическую энергию:

$$E = \frac{170 \cdot 12^2}{2 \cdot 9,81} = 1288 \text{ кг/м.}$$

Эта энергия, затраченная мускульным усилием запускающей команды и сосредоточенная в амортизаторе, при сокращении последнего передается планеру:

в момент натяжки E команды перешла в T амортизатора; после освобождения хвоста планера T амортизатора уменьшается, переходя в E планера.

Указанная величина кинетической энергии в нашем примере может быть получена растягиванием 18 мм амортизатора

четырьмя-шестью человеками (поровну на каждый конец) с 50—75% удлинения амортизатора. Если при этом полученная кинетическая энергия будет больше необходимой для преодоления трения планера об землю и сопротивления воздуха, то избыток энергии позволит планеру в течение некоторого времени подняться вверх, набирать высоту. Принимая условно скорость, необходимую планеру для отрыва от земли = 8 м/с; напишем: работа, используемая для под'ема на высоту

$$PS = \frac{m(12^2 - 8^2)}{2} \text{ (избыток кинетической энергии)}$$

$$\text{откуда: } 170 h = \frac{170 \cdot 80}{9,81 \cdot 2}; \quad h = \frac{80}{9,81 \cdot 2} = 4,1 \text{ м}$$

Как мы упоминали при описании взлета, планер устанавливается всегда против ветра. При ветре равном, 8 м/с, планер имеющий относительно земли скорость 12 м/с, будет относительно ветра (движущегося воздуха) иметь скорость 12+8=20 м/с. В этом случае:

$$170 h = \frac{m(20^2 - 8^2)}{2};$$

$$170 h = \frac{m(400 - 64)}{2};$$

$$h = \frac{336}{2 \cdot 9,81} = 17,$$

т. е. планер наберет 17 м высоты.

Суммируем сказанное: с началом движения возрастает сообщаемая планеру амортизатором кинетическая энергия, одновременно с этим и расходуясь, на преодоление трения земли и сопротивления воздуха. Движение—равноускоренное. С появлением избытка кинетической энергии планер начинает набирать высоту, накапливая вместе с тем потенциальную энергию.

По истечении короткого времени избыток E будет израсходован на работу поднятия. Движение перейдет в равнозамедленное, кинетическая энергия начнет уменьшаться и наконец дойдет до нуля. Находясь на некоторой высоте над землей и обладая, следовательно, потенциальной энергией, планер станет беспорядочно падать вниз.

При этом, как известно, потенциальная энергия будет переходить в кинетическую и т. д.

Для того, чтобы не допустить до падения, пилот должен сохранить скорость полета, т. к. [4]

$$Ry = \rho CySV^2$$

т. е. при $V=0$ и $R_y=0$. Переход движения в равнозамедленное и, следовательно, постепенное уменьшение скорости пилот при помощи рулей заблаговременно предупреждает, удерживая планер наклонным под некоторым углом на нос и заставляя этим перейти планер в скользкий полет, как только набор высоты закончится. При этом расходуется потенциальная энергия, восполняя недостаток кинетической и сохраняя ее в неизменной величине, а значит сохраняя требующуюся скорость полета. Планер снижается плавно, планирует.

С приближением к земле потенциальная энергия становится равной нулю ($h=0$; $T=0$). Дальше, ударившись об землю, планер утратил бы и кинетическую энергию, которая превратилась бы в ряд энергий других форм. Но пилот выравнивает перед землей планер для посадки; последний постепенно теряет скорость до полной остановки. Вся кинетическая энергия, которую имел планер к рассматриваемому моменту, израсходовалась на работу по преодолению сопротивлений.

Планирующий полет. Зная теперь условия и характер использования планером энергии, перейдем к рассмотрению сил, действующих на планер в нормальном планирующем полете с постоянной скоростью по прямолинейной траектории (линии полета).

Как известно из механики, для того чтобы можно было осуществить такое прямолинейное и равномерное движение, все силы, приложенные к телу, должны быть взаимно уравновешены, иначе получится некоторая равнодействующая, которая будет изменять скорость планера по величине или направлению, или же получится равнодействующая пара сил, которая начнет поворачивать планер.

Но если все силы, действующие на тело, взаимно уравновесятся, за счет чего же оно будет двигаться?

Каждое тело имеет свойство сохранять состояние покоя или движения. Это свойство называется **инерцией**. Переведенный пилотом на планирование, по окончании набора высоты, планер будет двигаться по инерции. Силы сопротивления воздуха, складываясь, дадут некоторую равнодействующую R ; силы веса каждой частицы планера дадут равнодействующую Q , проходящую через центр тяжести планера и направленную вертикально вниз.

Необходимо, чтобы эти две равнодействующие — сопротивления воздуха R и силы веса Q были равны по величине друг другу, прямопротивоположны по направлению и проходили через одну и ту же точку (рис. 19).

Действующие на планер **силы инерции**, (т. е. силы действия тела на препятствие, мешающее сохранить свое состояние покоя или движения) при установившемся прямолинейном полете не проявляются, т. е. движению никакая сила не мешает.

Зная, что сила R разлагается на составляющие R_y и R_x , чтобы получить соотношение между всеми силами, удовлетворяющее

вышеизложенным условиям равновесия, разложим и равнодействующую Q на две составляющих Q_1 и Q_2 . Получим равенства.

$$Ry = Q_1 \dots \dots \dots [20]$$

$$Rx = Q_2 \dots \dots \dots [21]$$

Заметим, что угол, составленный траекторией планирования с земной поверхностью (которую на небольшом отрезке практически можно считать прямой) называется **угол планирования**

и обозначается β . На рис. 19 видно, что, в силу перпендикулярности сторон, угол β равен углу, образуемому силами Ry и R . Зная, что коэффициенты отличаются от соответствующих им сил только величиной ($За$), можно сделать вывод, что β также должен быть равен углу, образуемому коэффициентами Cy и Ca при графическом их изображении на поляре Лилиенталя.

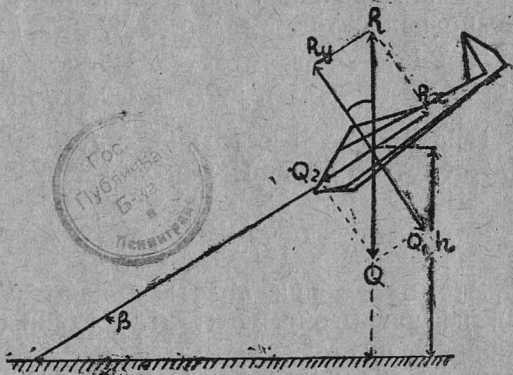


Рис. 19. Планирующий полет

Имея полярю, на которой Cy и Cx отложены в одинаковых масштабах и проведя из полюса диаграммы прямую, пересекающую полярю, напр. в точке, соответствующей углу атаки $+4^\circ$ — имеем (рис. 14):

отрезок $OA = Ca$ при угле атаки $+4^\circ$

отрезок $OB = Cy$ при угле атаки $+4^\circ$

Угол BOA равен углу планирования при угле атаки $+4^\circ$.

При наивыгоднейшем угле атаки, при котором K максимальное, угол планирования наиболее пологий. В этом случае и расход потенциальной энергии для проходимого пути — минимален, вследствие медленной потери высоты (h) при пологом планировании, но все же достаточен для возмещения небольшой траты кинетической энергии (вследствие высокого качества).

Так как $R = Q$, напишем: $Q = \rho C_a S V^2$, откуда скорость планирования:

$$V = \sqrt{\frac{Q}{\rho C_a S}} \dots \dots \dots [22]$$

Обозначая нагрузку, приходящуюся на 1 кв. метр крыльев, буквой „ p “, т. е.

$$p = \frac{Q}{S} \frac{кг}{кв. м} \dots \dots \dots [23]$$

получим в окончательном виде

$$V = \sqrt{\frac{p}{\rho C \alpha}} \dots \dots \dots [24]$$

Скорость полета, следовательно, тем более больше, чем больше нагрузка.

Из той же формулы можно сделать и второй вывод: если изменится $C \alpha$ (при изменении угла атаки), изменится и скорость. Значит, постоянному углу атаки соответствует постоянная скорость планирования. Из отмеченного равенства углов (рис. 19) можно написать

$$\frac{L}{h} = \frac{Ry}{Rx} = \frac{Cy}{Cx}$$

Наибольшее расстояние, которое сможет покрыть планер при полете с данной высоты h — будет равно:

$$L = h \frac{C_y}{C_x} \text{ макс.; } L = h K \text{ макс} \dots \dots \dots [25]$$

Это будет при полете с наименьшим углом планирования (β), на невыгоднейшем угле атаки (α наив.) и с постоянной скоростью.

Если мы проведем из точки O (рис. 20) на горизонтальной прямой ряд прямых под различными углами планирования, начиная от наиболее пологого до отвесного, отложим на этих прямых в каком либо одном масштабе скорости, соответствующие данным углам планирования и соединим затем концы полученных отрезков, то будем иметь кривую, носящую название „кривой указательницы глissад“ (направлений планирования). (Глissада — происходит от французского слова „glisser“ — скользить). Соединив любую точку этой кривой с точкой O , мы можем сразу найти скорость для выбранного угла планирования и наоборот.

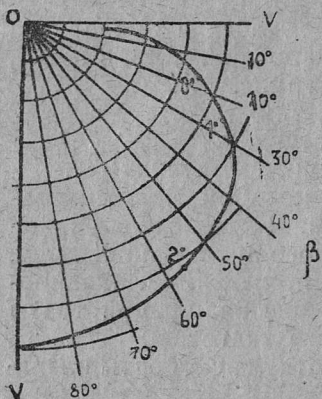


Рис. 20. Глissада

На кривой указательницы глissад обычно наносят и углы атаки, соответствующие тем или иным углам планирования.

Скорость снижения. Скоростью снижения планера обозначаемой V_u называется скорость, с которой планер теряет высоту при нормальном планировании на данном угле атаки.

Графически V_u выражается отрезком, направленным вертикально вниз, если полную скорость V разложить на горизон-

тальную и вертикальную, составляющие (см. рис. 21). Из подобия треугольников.

$$(MVyV \propto CRxR)$$

напишем:

$$\frac{Vy}{V} = \frac{Rx}{R} = \frac{Cx}{Ca}$$

следовательно

$$Vy = \frac{VCx}{Ca} \dots \dots \dots [26]$$

подставляя из формулы [24]

$$Vy = \sqrt{\frac{p}{\rho Ca} \cdot \frac{Cx}{Ca}} \text{ и сокращая,}$$

получим:

$$Vy = \sqrt{\frac{p}{\rho} \cdot \frac{Cx}{Ca^{3/2}}} \dots \dots \dots [27]$$

Для наиболее употребляемых профилей крыльев и тех углов атаки, на которых чаще всего летают $Ca \cong Cy$ (приблизительно равны) и поэтому с незначительной долей погрешности можно написать:

$$Vy = \sqrt{\frac{p}{\rho} \cdot \frac{Cx}{Cy^{3/2}}} \dots \dots \dots [27a]$$

Отсюда видно, что для получения наименьшей скорости снижения (Vy) желательно

p — минимальная;

$$\frac{Cx}{Cy^{3/2}} \text{ — минимальная} \dots \dots \dots [28]$$

Величины под знаком корня в полете постоянны. При изменении угла атаки будет меняться только $\frac{Cx}{Cy^{3/2}}$. Эта величина называется „коэффициентом мощности или экономичности“, т. к. от нее зависит расход мощности (т. е. расход энергии в единицу времени). Этот расход энергии найдем, разделив затраченную энергию (в данном случае — потенциальную, $T = Qh$) на время полета t .

$$M = \frac{T}{t} = Q \cdot \frac{h}{t} \dots \dots \dots [29]$$

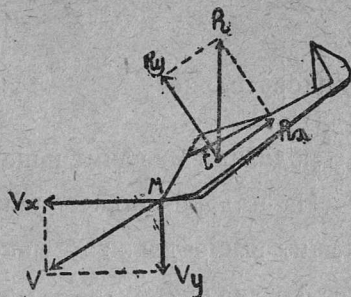


Рис. 21. Скорость снижения

Но при равномерном планировании потеря высоты в единицу времени — это скорость снижения V_y

$$\frac{h}{t} = V_y \dots \dots \dots [30]$$

следовательно

$$M = QV_y \dots \dots \dots [31]$$

Отсюда: при V_y наименьшей и расход мощности M — наименьший.

На поляре Лилиенталя точка со значением $\frac{Cx}{Cy^{3/2}}$ минимальн. лежит выше точки K макс., т. е. на больших углах атаки. Полет со значением $\frac{Cx}{Cy^{3/2}}$ миним., проводится с большими углами планирования; он называется полетом на „экономическом режиме“.

Время пребывания планера в воздухе можна подсчитать, разделив высоту старта на скорость снижения:

$$t = \frac{h}{V_y}$$

Таким образом, суммируя наши рассуждения, сделаем вывод:

1. Полет при наивыгоднейшем угле атаки и наименьшем угле планирования позволит пролететь наибольшее расстояние. Расход потенциальной энергии для данного расстояния минимальный.

2. Полет при экономическом угле атаки и наименьшей скорости снижения позволит продержаться в воздухе наибольшее время. Расход мощности — минимальный.

В зависимости от задания при конструировании планера или наивыгоднейший или экономический угол атаки выбирают „главным летным углом“ планера. Планирование на главном летном угле является „нормальным положением“ для данного типа планера.

Контрольные вопросы:

- 1) Уясните себе последовательность действий при запуске планера.
- 2) Что такое энергия? Напишите выражение кинетической и потенциальной энергии.
Решите пример:
 - а) Какой кинетической энергией будет обладать через 8 секунд падения сброшенный с планера пакег с почтой, если он сброшен на высоте 530 метр и вес его 9 кг?
 - б) Какой величины его потенциальная энергия через 9 секунд падения?
- 3) Как происходит переход энергии из одного вида в другой при полете планера?
- 4) Какое соотношение сил необходимо для выполнения планирующего полета?
- 5) Что такое „угол планирования“? Чему соответствует на поляре наименьший угол планирования?
- 6) Что такое кривая указательницы глиссад?

- 7) Как определить наибольшее удаление при полете планера? Скорость снижения?
- 8) Что такое „коэффициент мощности“?
- 9) Как определить время пребывания планера в воздухе?
- 10) Что называют „главным летным углом“ и „нормальным положением планера“?

Взлет и посадка

Перед взлетом планер опирается о земную поверхность колесами и костылем или полозом лыжи и костылем, с немного приподнятой от горизонтального положения передней частью. Угол атаки его крыльев при этом больше его главного летного угла. С началом разбега, при помощи рулей, планеру придается нормальное положение. В этом положении он удерживается все время набора высоты.

При избытке скорости у планера появляется стремление к взмыванию вверх. Если его оставить на разбеге в прежнем положении, не переводя в нормальное, или не удержать от взмывания, то скорость полета может быстро дойти до нуля. В самом деле, при горизонтальном полете (рис. 22) подъемная сила R_y уравнивает уже полную силу веса Q ; сила R_x остается ничем не уравновешенной; при взмывании под углом вверх (рис. 23) к R_x добавляется еще вторая составляющая веса — Q_3 . В обоих случаях произойдет торможение полета планера неуравновешенными силами и уменьшение скорости вызовет падение подъемной силы. Планер начнет проваливаться и большей частью перейдет на нос. Это явление носит название „потери скорости“. Находясь же в нормальном положении планер сам перейдет на планирование.

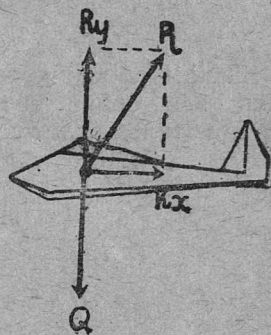


Рис. 22. Горизонтальное положение

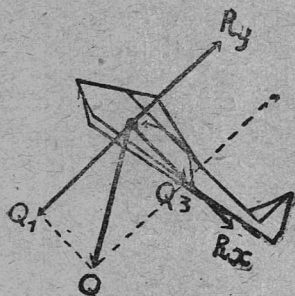


Рис. 23. Передир планера

Посадка наиболее безопасна при наименьшей скорости. Поэтому пилот перед приземлением выравнивает планер и последний летит некоторое время над землей горизонтально. Как мы видели, при горизонтальном движении

$$Q = R_y = \rho C_y S V^2 \dots \dots \dots [32]$$

$$V = \sqrt{\frac{Q}{\rho C_y S}} = \sqrt{\frac{p}{\rho C_y}} \dots \dots \dots [33]$$

Так как скорость постепенно уменьшается, то для соблюдения равенства необходимо, очевидно, увеличивать C_u . Это выполнимо при увеличении угла атаки до некоторого предела, при котором C_u достигнет своего максимума (см. поляру). Скорость полета в это время будет наименьшей. При дальнейшем убывании скорости подъемная сила останется на прежнем уровне (больше увеличить ее изменением угла атаки уже нельзя), хватать ее для поддержания планера в воздухе не будет. Планер начнет проваливаться и коснется земли. Эта предельная наименьшая скорость называется посадочной и выражается так:

$$V_{\text{мин}} = \sqrt{\frac{\rho}{\rho C_{u_{\text{макс}}}}} \dots \dots \dots [34]'$$

Таким образом, теряя скорость перед посадкой, летчик должен все более увеличивать угол атаки аппарата. Планер, следовательно, летит в момент посадки с опущенным хвостом.

Но это может повести к касанию земли сперва хвостом, потом шасси, т. е. к удару шасси об землю.

Во избежание этого, учитывая малую скорость планера вообще, можно посадку делать на скорости несколько больше посадочной, т. е. на угле атаки несколько меньше посадочного.

Неправильная посадка будет иметь место в том случае, если планер достигнет минимальной скорости, еще имея высоту над землей. Произойдет удар об землю при проваливании планера — посадка с плюжом; если планер подведен к земле с углом планирования, а не по касательной (недостаточно выравнен) произойдет толчок колесами (передней частью полоза) с последующим взмыванием — посадка с козлом; если планер подведен к земле правильно, но с избытком скорости (поздно выравнен) произойдет дальнейшее сближение планера с землей с последующим толчком и взмыванием или длительный пролет по земле с возможными подлетами на неровностях (вследствие увеличения угла атаки при достаточной еще величине скорости).

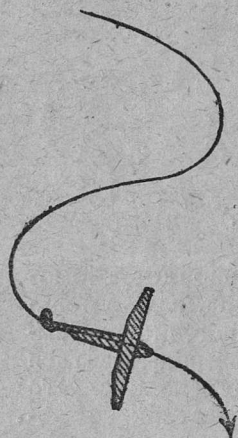


Рис. 24. Полет планера по кривой

Криволинейный полет. Двигаясь в спокойном воздухе с постоянной скоростью, планер всегда снижается. Поэтому, если мы будем рассматривать криволинейный полет (разворот, „выраж“) — он изобразится в виде некоторой винтовой линии (см. рис. 24). В этом полете на планер, помимо аэродинамических сил и силы веса, будет действовать еще и центробежная сила F_c , называемая так вследствие того, что направлена от центра во внешнюю сторону разворота (см. рис. 25).

Величина центробежной силы

$$F_c = \frac{mV^2}{r} \dots \dots \dots [35]$$

так как $F = ma$ и ускорение при движении по окружности $\frac{V^2}{r}$. Отсюда можно сделать вывод, что центробежная сила тем больше, чем меньше радиус виража и чем больше масса и скорость планера.

При выполнении виража планер делает поворот вокруг вертикальной оси. Для уравнивания центробежной силы, благодаря крену (наклону на одно из крыльев) во внутреннюю сторону разворота, т. е. к центру, появляется центростремительная сила N . Рассмотрим подробнее, как она возникает. Разложим сперва (рис. 26) отклонившуюся при крене от вертикали силу R на составляющие R_y и R_x . Теперь в свою очередь разложим R_y на две: одну силу N равную по величине и прямопротивоположную по направлению силе F_c (т. е. центробежной силе) и вторую — L , в вертикальной плоскости. Складывая теперь L и R_x , получим окончательно равнодействующую Z :

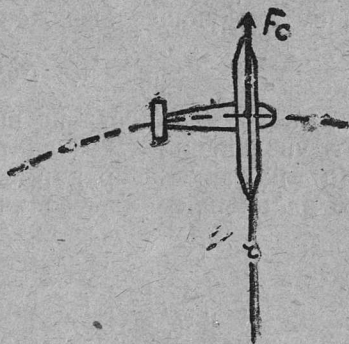


Рис. 25. Центробежная сила

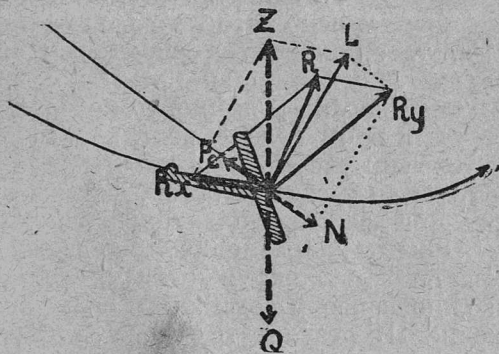


Рис. 26. Сумма сил при полете по кривой

она уравнивает вес планера Q . Таким образом все силы, действующие на планер, взаимно уравновесились. Какой же вывод мы можем сделать из произведенного построения? Если в прямолинейном полете вес уравновешивался полной силой R , то в криволинейном полете его должна уравновесить сила Z , которая по условиям построения является только частью R (т. к.

составлена силой R_x и силой L — частью R_y). Следовательно, на вираже сила R должна быть увеличена по сравнению с прямолинейным полетом, чтобы удовлетворить равенству $Z = Q$. Этого можно достигнуть или увеличивая угол атаки или увеличивая скорость полета. На летных углах с увеличением угла атаки возрастает и C_x (см. полярю), а значит и лобовое сопротивление; последнее также зависит и от скорости ($R_x = \rho C_x S V^2$).

В результате лобовое сопротивление увеличится в обоих случаях (как с увеличением α , так и V).

С точки зрения расхода мощности выгоднее увеличивать угол атаки. Мы выше определили мощность, как расход энергии в единицу времени (т. е. $M = \frac{PS}{t}$) и подставляя вместо P величину силы, необходимой для преодоления R_x , а вместо $\frac{S}{t} = V$ получаем следующее выражение:

$$M = R_x V = \rho C_x S V^3 \dots \dots \dots [36]$$

Расход мощности на вираже, как видно из формулы, зависит от увеличения C_x значительно меньше, чем от увеличения V . Но так как планер нормально летает на больших углах атаки, то дальнейшее их увеличение, несмотря на выгоду в расходе-

вании мощности опасно; это легко может привести к потере скорости. Поэтому практически на вираже лучше перед вводом планера в разворот увеличить скорость, даже при условии несколько большей траты мощности. Из формулы [31] $M = QV\gamma$ ясно, что с возрастанием

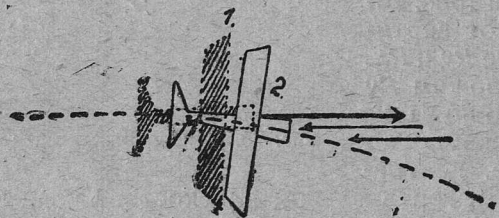


Рис. 27. Скос потока

M — должно увеличиться и $V\gamma$, т. е. скорость снижения при криволинейном полете возрастает.

Посмотрим теперь, что получится, если мы попробуем сделать разворот без крена. Так как при этом сила R не отклонится от вертикали, то нельзя будет разложением сил выделить центростремительную силу M . Центробежная сила F_c останется ничем не уравновешенной. Кроме того, при движении планера по окружности (рис. 27) в каждый данный момент направление этого движения будет происходить по касательной к окружности и, следовательно, планер займет (по отношению к встречному воздушному потоку) косое положение. В результате скоса потока возникнут:

а) боковое давление на фюзеляж (балку), создающее момент, противодействующий как повороту, так и сносу (в нашем частном случае повороту вправо и сносу влево);

б) перемещение равнодействующей лобовых сопротивлений крыльев на одно (у нас — левое) крыло, вследствие увеличения R_x этого крыла (вызванного увеличением скоса потока) — противодействующее в нашем частном случае правому повороту и сносу влево.

Поэтому, хотя планер и повернется вокруг оси вправо, но в вираж не перейдет, а наоборот переместится влево под действием F_c с креном на левое крыло.

Для правильного выполнения виража пилот начинает поворот и вводит планер в крен во внутреннюю сторону разворота — одновременно. В разбираемом частном случае опускает левый элерон, поднимая правый. Левый дает положительную R_y (увеличение R_y против нейтрального положения), правый элерон — отрицательную (уменьшение R_y), а вдвоем они создадут вращательный момент, образующий желаемый крен аппарата.

Фигуры. К числу выполняемых в настоящее время на планере фигур, относятся:

- | | |
|----------------|----------------|
| 1. Пикирование | 3. Штопор |
| 2. Скольжение | 4. Петля |
| | 5. Перевороты. |

Фигуры на самолете являются неотъемлемой частью подготовки летчика-бойца и служат в воздушном бою маневром для занятия выгодной позиции или для выхода из под огня противника.

Фигуры на планере всесторонне тренируют пилота в умении владеть машиной, вырабатывают в нем волевые качества, смелость, находчивость. Они повышают его квалификацию для перехода к полетам на буксире за самолетом.

Выполнение фигур, связанное с увеличением нагрузок на планер, сравнительно с нормальными, допустимо только на специальных фигурных планерах, обладающих повышенной прочностью.

1. **Пикированием** называется планирование с малыми углами атаки, в частности с углом, при котором $C_y = 0$ (т. наз. „отвесное пикирование“). В этом случае сила веса Q уравновешивается только силой лобового сопротивления R_x (рис. 28). Отсюда скорость пикирования:

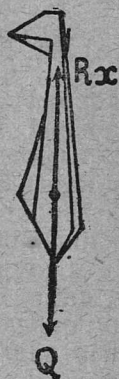


Рис. 28. Пикирование

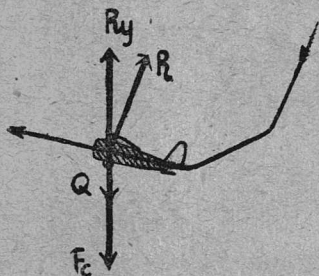


Рис. 28 а.

$$V_{\text{пик}} = \sqrt{\frac{P}{\rho C_x}} \dots \dots \dots [37]$$

Так как площадь миделя планера (S) сравнительно невелика, величина C_x также мала и следовательно скорости при пикировании значительны. При резком выводе планера из пикирования угол атаки крыльев в короткое время увеличится, вследствие большой скорости появится огромная подъемная сила

и одновременно вследствие малого радиуса кривой полета — огромная центробежная сила, (см. рис. 28а) до 10—12 раз пре-

вышающая вес. Поломка планера при таких нагрузках весьма возможна.

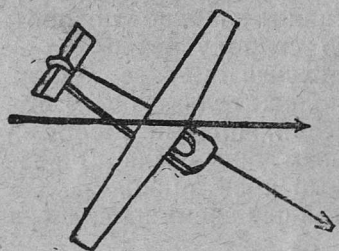


Рис. 29. Скольжение

2. Скольжение на крыло—(рис. 29) является по существу планированием, при котором планер перемещается одним крылом вперед так, что его продольная ось составляет угол с направлением полета. При этом лобовое сопротивление увеличивается, качество ухудшается и планирование становится очень крутым. V_u возрастает.

3. Штопор, показанный на рис. 30, можно сделать, сообщив планеру угол атаки больше посадочного и одновременно уменьшив скорость полета,

доводя до величины меньше посадочной. В этих условиях планер начнет проваливаться на нос (потеря скорости!), а при наличии разных углов атаки крыльев (напр. вследствие отклонения руля поворотов или крена, или случайного поддувания ветром) станет также вращаться в сторону опущенного крыла. В штопоре планер падает, вращаясь вокруг вертикальной оси с фюзеляжем (хвостовой балкой), отклоненным от вертикали на угол $30—40^\circ$.

Особенностью штопора, как фигуры, является то, что почти все аппараты (некоторые легче, другие трудней) переходят в него произвольно при ошибках пилотирования, связанных с падением скорости; кроме того, вследствие развивающейся инерции при вращении планера, штопор обычно прекращается не сразу после перевода аппарата на малые углы атаки и торможения вращения рулем поворотов. При малой высоте такое „запаздывание“ грозит гибелью планера.

Неправильная загрузка планера, перемещающая центр его тяжести назад, способна сделать выход из штопора невозможным.

4. Петля показана на рис. 31. Ее можно сравнить с виражем, сделанным в вертикальной плоскости.

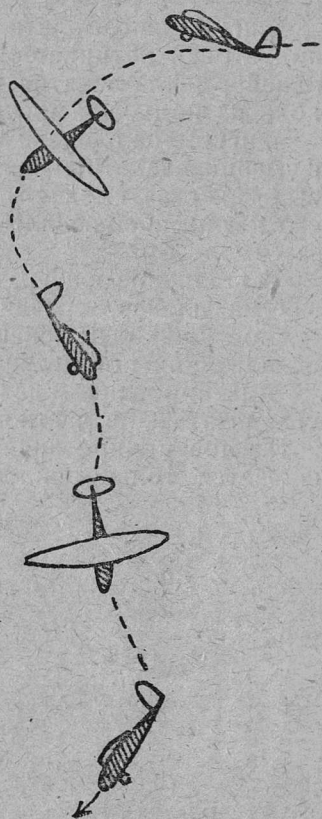


Рис. 30. Штопор

Петля производится со скоростью в 2—2,5 раза больше посадочной, т. к. появляется большая центробежная сила, которая в положении планера вверх шасси (полозом) должна уравновешиваться весом и подъемной силой ($Q + R_y = F_c$). Нагрузка на крылья аппарата имеет в это время направление обратное нормальному.

Добившись увеличения скорости до необходимого значения (путем крутого

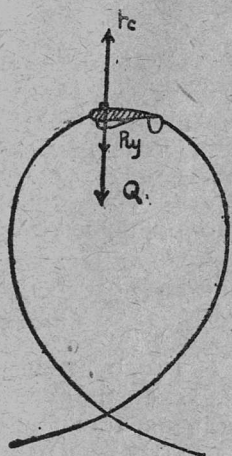


Рис. 31. Петля

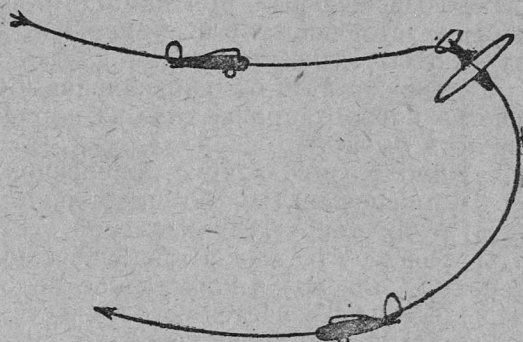


Рис. 32. Переворот ординарный

планирования), пилот плавно, но энергично заставляет планер перейти к набору высоты до вертикального подъема с последующим переворотом через голову.

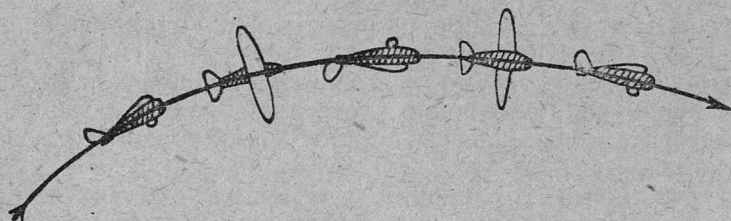


Рис. 33. Переворот двойной (бочка)

В течение всей фигуры строго выдерживается направление. Если из положения вниз головой планер переводится, вращая его вокруг продольной оси, в нормальное положение, то фигура называется „иммельман“.

5. Переворот ординарный (рис 32) позволяет изменить направление полета на обратное. Перейдя в положение вверх ногами, планер выходит из него в пикирование.

Переворот двойной (или бочка) является штопором с горизонтальной осью (см. рис. 33). В качестве необходимого условия для выполнения „бочки“ требуется, как и при петле, большая скорость.

Недостаточная величина ее приведет к переходу планера в обыкновенный штопор.

Как „иммельман“ так и „бочка“ — очень трудны и не всегда удаются даже мастерам-планеристам.

Устойчивость планера

Устойчивостью планера вообще называется его способность возвращаться самостоятельно (естественная устойчивость) или быть возвращенным при помощи органов управления (искусственная устойчивость) в нормальное положение полета, будучи из него выведенным той или другой причиной.

В зависимости от направления оси, вокруг которой совершается поворот при выходе из нормального положения, устойчивость бывает:

- а) продольной, вокруг поперечной оси, т. наз. „оси тангажа“
- б) поперечной, вокруг продольной оси, т. наз. „оси кренов“
- в) пути, вокруг вертикальной оси.

Устойчивость может быть абсолютной, т. е. способствовать переходу планера в нормальное положение из всякого другого. Чаще всего встречается устойчивость относительная, т. е. планер может быть например устойчив на больших углах атаки и неустойчив или малоустойчив на малых и т. д.

Степень устойчивости характеризуется быстротой возвращения планера к нормальному положению.

Установим, что при отклонении планера от нормального положения могут возникнуть моменты сил двух видов:

- а) если момент возвращает планер в прежнее положение — он называется **стабилизирующим**;
- б) если момент увеличивает начавшееся отклонение, он называется **дестабилизирующим**.

Полет на естественно устойчивом планере, даже в неспокойном воздухе, не особенно утомителен: наличие стабилизирующих моментов сил облегчает пилоту поддержание нормального положения.

Неустойчивый же планер все время стремится изменить угол атаки, приобрести крен или снос: малейшее отклонение машины требует немедленного противодействия рулями, иначе оно будет увеличиваться.

Планер, благодаря дестабилизирующим моментам, буквально „висит на ручке“. Этим выражением характеризуют необходимость почти непрерывного вмешательства пилота в полет, что крайне утомительно, требуя напряженного длительного внимания.

Условия естественной устойчивости даны ниже в табл. 4.

Учебному и учебно-тренировочному планерам в отношении устойчивости предъявляются следующие требования:

- а) способность совершать нормальный планирующий полет в спокойных условиях с брошенной ручкой;

б) способность легко входить в развороты с креном до 45° и легко выходить из них.

Искусственная устойчивость рассмотрена в разделе 5 „Управление планером“.

А. Продольная устойчивость. 1. При низко расположенном центре тяжести: (рис. 34).

В этом случае стабилизирующий момент $M = Rr$ может возникнуть благодаря тому, что крыло переместится по отношению к центру тяжести планера: при наклоне на нос—вперед, при наклоне на хвост—назад и появится плечо „ r “, между центром давления и центром тяжести.

Так как при изменении угла атаки центр давления перемещается не всегда благоприятно для данного случая (рис. 16), подбирают соответствующий профиль крыла.

2. При продольном V (вэ) — рис. 35.

Продольным V называется установка крыльев и горизонтального хвостового оперения под разными

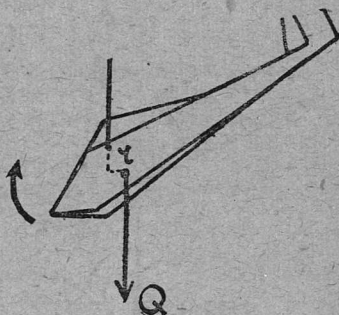


Рис. 34. Устойчивость планера

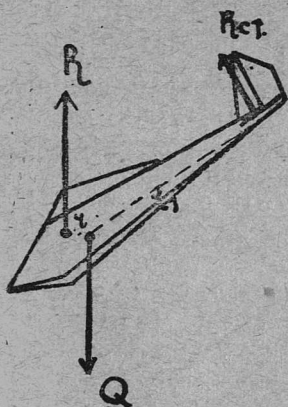


Рис. 35. Устойчивость планера

углами атаки, благодаря чему пересечение хорд крыла и оперения, при их продолжении происходит под углом, напоминающим латинскую букву V (вэ).

Стабилизатор (или рули высоты в их нейтральном положении) устанавливают под небольшим отрицательным углом; при изменении углов атаки момент силы от хвоста возрастет быстрее (обычно в 2—3 раза), чем момент от крыльев в случае задиранья носа и наоборот в случае наклона на нос—планер будет стремиться вернуться в прежнее положение.

3. При контурном V (рис. 36).

Достигается применением стреловидных (в плане) крыльев, что значительно уменьшает также, как показал

опыт, опасность срыва в штопор (потери скорости).

Б. Поперечная устойчивость. 1. При низко расположенном центре тяжести (рис. 37).

В этом случае при крене подъемная сила R_y даст с силой веса Q некоторую равнодействующую, заставляя планера подкальзывать.

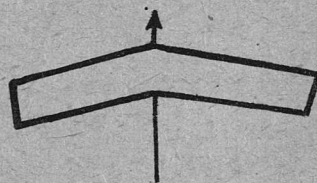


Рис. 36. Стреловидные крылья

Струи воздуха при этом начнут давить на боковые грани планера. При достаточно низко расположенном центре тяжести появится стабилизирующий момент.

2. При поперечном V (рис. 38).

Поперечным V называется установка правого и левого крыльев планера под углом порядка $1-2^\circ$ к фюзеляжу. В этом случае, как и в предыдущем, крен вызывает скольжение, нижнее кры-

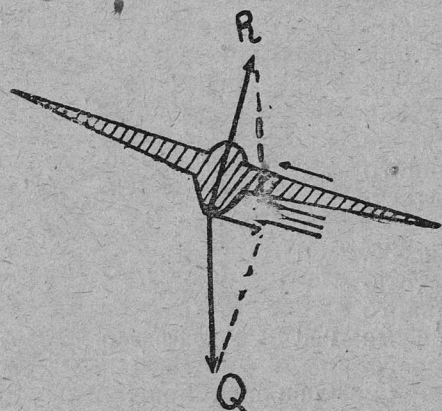


Рис. 37

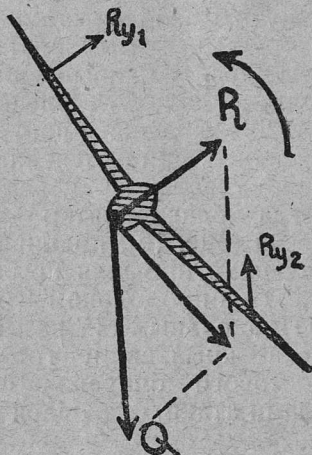


Рис. 38

ло окажется под большим углом атаки, чем верхнее, следовательно, даст и большую подъемную силу ($Ry_2 > Ry_1$). Планер приобретет стабилизирующий момент.

3. При высоко расположенном киле (рис. 39).

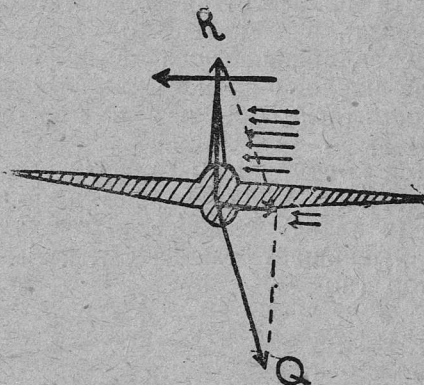


Рис. 39

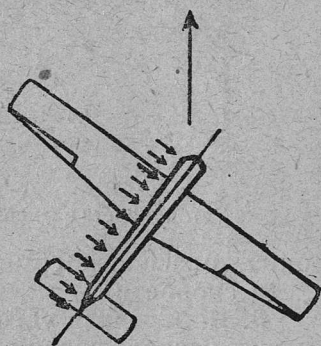


Рис. 40

В этом случае стабилизирующий момент возникнет при скольжении, вследствие давления встречных струй воздуха на киль, расположенный выше центра тяжести.

- В. Устойчивость пути.** Рис. 40. 1. При киле большой площади.
2. При плоских боковых стенках фюзеляжа.

При наличии киля, установленного позади центра тяжести планера или при плоских боковых стенках фюзеляжа планер будет возвращать свою ось на направление пути полета, т. к. при малейшем отклонении испытает боковое давление встречных струй воздуха. Подобно флюгарке он повернется вокруг своего центра тяжести, как вокруг вертикальной оси.

Контрольные вопросы:

1. Охарактеризуйте условия выполнения нормального взлета. Посадки.
2. Какие ошибки могут возникнуть на взлете, на посадке?
3. Какая добавочная сила возникает при криволинейном полете? Чем она уравнивается? Где больше сила R_v в прямолинейном или криволинейном полете? Как выгоднее практически достичь ее увеличения?
4. Что такое фигуры? Для чего они применяются на самолете? планере? Охарактеризуйте отдельные фигуры.
5. Что называется устойчивостью? Каких видов она бывает?
6. Что такое стабилизирующий и дестабилизирующий моменты?
7. Определите, при каких условиях можно достигнуть естественной устойчивости планера.

5. Управление планером

Управляемостью планера называется способность его быть выведенным в воздухе по воле пилота из любого положения и быть введенным в любое другое.

В отношении управляемости планеру предъявляются следующие требования:

- а) быть равномерно отзывчивым на все рули;
- б) слушаться рулей на всех режимах до посадочного включительно.

Управляемость осуществляется системой управления: рулями высоты, направления и элеронами. Как мы видели выше, все вращательные движения аппарата можно свести к вращению вокруг трех осей (рис. 41); так вращение вокруг продольной оси (x) вызывается отклонением элеронов, вращение вокруг поперечной оси (y) отклонением рулей высоты, вращение вокруг вертикальной оси (z) отклонением руля поворотов.

Быстрота отклонения аппарата под влиянием отклонения того или иного руля сравнительно характеризует управляемость

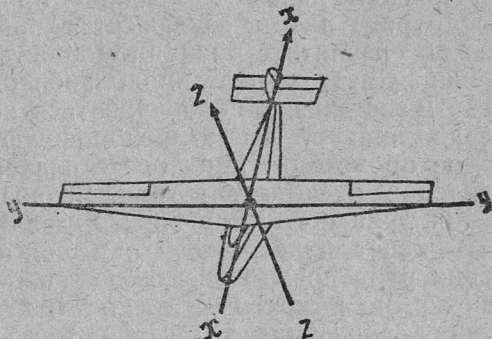


Рис. 41. Оси планера.

аппарата. Эта быстрота связана с соотношением величин моментов, созданных рулем и инерции планера относительно соответствующей оси. В свою очередь величина момента руля как известно, равна произведению силы на плечо и, следовательно, зависит от под'емной силы рулей и расстояния руля от центра тяжести планера (r)

$$M \text{ руля} = (\rho C_y S V^2) \text{ руля} \times r$$

откуда сделаем вывод, что чем больше площадь руля, угол его отклонения, удлинение руля и скорость полета, чем больше расстояние r — тем больший момент даст руль.

Под'емная сила прямо пропорциональна квадрату скорости, поэтому последняя играет большое значение в управлении. При уменьшении скорости величина сил действующих на руль падает, планер становится менее управляемым; при потере скорости рули, отклоняемые пилотом, уже не создают момента, вращающего аппарат („отказывают“). Приближение потери скорости иногда чувствуется в полете потому, что рули становятся „вялыми“, планер медленно „неохотно“ реагирует на их действия. После приобретения аппаратом необходимой скорости управление снова делается нормальным.

Выше, разбирая полет планера, мы не затрагивали соотношения моментов сил. Для длительного же (прямолинейного или криволинейного) полета необходимо, чтобы сумма моментов всех сил, относительно центра тяжести аппарата была равна нулю; только в этом случае может быть достигнуто требуемое для полета равновесие. Одним из основных назначений управления и является такое изменение моментов рулей, которое обеспечивало бы упомянутое равенство.

Поясим дальше сказанное примером, но предварительно посмотрим, в чем заключается принцип действия рулей. Его можно сравнить с принципом действия рулей лодки. При отклонении руля вправо от продольной оси, водяные струи давят на него и заставляют поворачиваться корму лодки влево, а ее нос, следовательно, в противоположную сторону — вправо. То же самое происходит при полете планера (самолета), только здесь давление оказывает встречный воздушный поток. При отклонении руля поворотов вправо, давление воздуха начнет отклонять хвост планера влево, а нос планера вправо. При отклонении руля поворотов влево — наоборот. Руль высоты работает так же, но в другой плоскости: отклоненный вверх он, вследствие уменьшения под'емной силы и вследствие давления воздушной струи сверху будет стремиться опустить хвост, тем самым поднимая нос планера; отклоняя руль высоты вниз, мы увеличиваем его под'емную силу и т. д. Элероны, как мы уже видели при рассмотрении криволинейного полета, сообщают, на том же принципе, как и хвостовое оперение, крен машине. Так как элероны, выведенные из нейтрального положения, оба —

поднятый и опущенный — увеличивают лобовое сопротивление крыльев, но неравномерно, вследствие разности в скоростях крыльев, двигающихся одно по внешнему, другое по внутреннему кругу на развороте — управление элеронами иногда делают „дифференциальным“. Опускается один элерон на меньший угол, чем поднимается другой, благодаря чему уравнивается возрастание лобовых сопротивлений крыльев.

Заметим, кстати, что все управление в современных планерах и самолетах смонтировано таким образом, чтобы движения пилота соответствовали естественным: нужно повернуть вправо, пилот нажимает педаль управления правой ногой, создает одновременно вправо крен, двигая вправо рукой; нужно снизиться — пилот двигает ручку вперед, как бы наклоняясь и т. д. Благодаря этому облегчается быстрое приобретение учеником навыков управления и перевод их в автоматические, без обдумывания каждый раз перед изменением режима полета, что именно в данном случае необходимо сделать.

Теперь остановимся на примере уравнивания моментов сил в полете. Возьмем случай „нормального положения“ планера. На рис. 35 показаны силы, действующие на аппарат. Равновесие может иметь место только в том

случае, если момент Rr силы R , вращающей планер по часовой стрелке, будет равен моменту $Rcm \cdot r_1$ силы Rcm оперения, вращающей планер против часовой стрелки. Такое равенство, при определенном угле атаки, может быть нарушено при изменении угла атаки. Если при этом возникнет дестабилизирующий момент (т. е. точка приложения силы R , т. наз. „центр давления“ переместится по хорде крыла так, что планер не возвратится в прежнее положение, а наоборот будет отклонение увеличивать), то для сохранения равенства $R \cdot r = Rcm \cdot r_1$ в новых условиях пилот должен соответствующим движением руля высоты изменить значение и даже направление силы Rcm .

В случае криволинейного движения (рис. 42) отклонение руля поворотов создает вращательный момент $Rn \cdot r_2$. Сила Rn , полученная при этом, в прямолинейном полете отсутствует и момент $Rx_1 \cdot a_1 = Rx_2 \cdot a_2$. Но на вираже, благодаря тому, что крылья имеют разную скорость, $Rx_1 \cdot a_1 \neq Rx_2 \cdot a_2$ (не равны), и следовательно, для того, чтобы криволинейное движение могло продолжаться, необходимо, чтобы момент $Rn \cdot r_2 = Rx_1 \cdot a_1 - Rx_2 \cdot a_2$ (или наоборот, в зависимости от стороны, в которую производится вираж). Здесь отклонение руля поворотов дало начальное вращательное движение планеру и затем

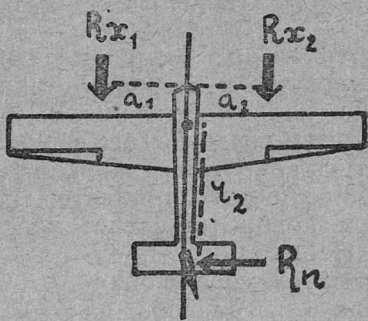


Рис. 42.

уравновесило его в новом режиме полета. Управление аппаратом редко выполняется только в одной плоскости. Большой частью отклонение рулей в продольной плоскости тесно связано с таковым в поперечной или вертикальной, и т. п.

Вираж требует, как известно, действия элеронами и рулем поворотов, переворот — например элеронами и рулем глубины и т. п. Рассмотрим подробнее хотя бы скольжение: пилот, желая скользить вправо, отклоняет ручку вправо, увеличивает подъемную силу левого крыла и уменьшает подъемную силу правого.



Рис. 43. Автослет (предкрылки)

Планер под действием равнодействующей силы веса Q и подъемной силы крыльев R_u начнет скользить вправо. Воздух будет давить теперь на фюзеляж (хвостовую балку) и вертикальное оперение сбоку, со стороны скольжения. Ввиду отклоненных элеронов стабилизирующий момент, как это показано, например на рис. 37, не возникнет, но планер, вследствие момента, создаваемого вертикальным оперением, начнет поворачиваться вокруг вертикальной оси. Для противодействия этому вращению пилоту придется, нажав левой ногой педаль, повернуть руль поворотов влево.

Необходимо представлять себе управляемость планера на больших углах атаки. Если на углах атаки меньше посадочного увеличение угла приводит к увеличению подъемной силы (см. поляр), то увеличивая опусканием элерона угол атаки посадочного значения (или больше посадочного) мы получим обратный эффект — падение подъемной силы и вместо уничтожения крена — только увеличим его.

Для борьбы с этим явлением применяют уже отмеченное выше „дифференциальное“ управление элеронами, а также устройство предкрылков (см. рис. 43), связанных с элеронами. Опускание элерона вызывает открытие щели и соответственно повышение значения C_u макс, что устраняет опасность уменьшения подъемной силы у крыла с опущенным элероном.

Схема нормального управления дана на рис. 44.

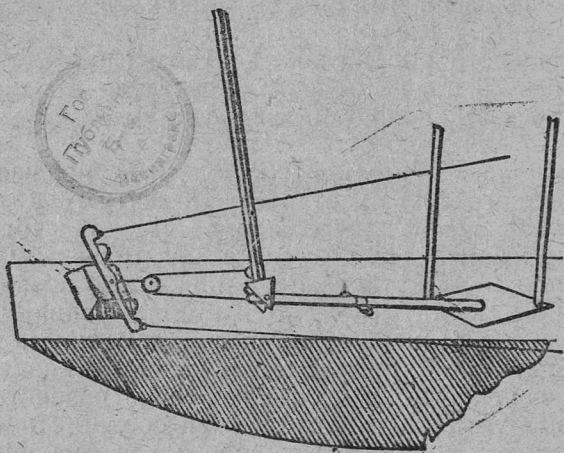


Рис. 44. Управление планером

Контрольные вопросы:

1. Что называется управляемостью планера? Чем осуществляется управляемость и от чего она зависит?
2. На чем основано действие рулей планера и самолета?
3. Что такое дифференциальное управление элеронами и для чего оно применяется?
4. Охарактеризуйте уравновешивание моментов сил в прямолинейном и криволинейном полете.

6. Использование планером воздушных течений

До сих пор, говоря о полете планера, мы рассматривали полет, неизменно сопровождающийся потерей высоты. При определенных же условиях планер может держаться в воздухе продолжительное время, не снижаясь и даже набирая высоту. Такой вид безмоторного полета называется парением.

Парение может быть статическим или динамическим в зависимости от того, какая атмосферная обстановка используется планером. Статическое парение осуществляется при наличии восходящих воздушных потоков; динамическое парение — при наличии горизонтального неравномерного ветра. Заметим попутно, что динамическое парение находится пока еще в стадии исследований.

Восходящие потоки могут образоваться вследствие различных причин. Если скорость их окажется больше V_u (скорости снижения) планера, то последний будет подниматься потоком вверх.

Используя до конца один восходящий поток, т. е. дойдя до такой высоты, на которой скорость потока будет равной скорости снижения планера (т. наз. „потолок“ планера в данных условиях), пилот может продолжить подъем, перейдя на другой, более мощный поток. Пользуясь очагами восходящих потоков, планер сумеет летать не только в пределах своего планеродрома, но и по маршрутам. Поэтому отчетливо представлять себе условия возникновения воздушных восходящих потоков, уметь оценить наиболее благоприятное время для их максимального развития — необходимо каждому планеристу.

Прежде чем перейти к рассмотрению природы восходящих потоков, остановимся предварительно на строении одного из основных видов воздушных течений — ветра.

Образцы записей приборов показывают, что скорость и направление ветра в большинстве случаев не остаются постоянными, а непрерывно изменяются, иногда на значительную величину в течение даже долей секунды.

На рис. 45 приведен образец одной из записей с более медленным изменением скорости ветра (ослабление с 20 до 12 метров в сек. происходило в течение почти 8 секунд). Картина, как на высоте, так и у земли, почти одинакова: у земли отмечается

только меньшая амплитуда (разность между наибольшим и наименьшим значением величины) порывов, при той же обычно их продолжительности.

Взяв мерой порывистости отношение между амплитудой колебаний скорости ветра (A_m) и средней скоростью ветра за

тот же промежуток времени (V_m), обозначим ее, как „фактор порывистости“ φ .

$$\varphi = \frac{A_m}{V_m} \dots \dots \dots [38]$$

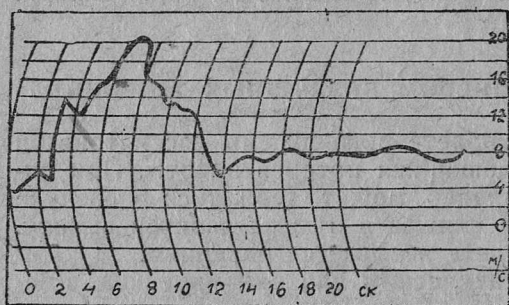


Рис. 45

На рис. 46 показан ход порывистости ветра в зависимости от величины его средней скорости. Порывистость возрастает с увеличением скорости ветра и особенно значительно до скоростей вет-

ра 6 м/с. При больших скоростях величина фактора порывистости остается примерно неизменной.

При резком ослаблении ветра наблюдается интересное явление максимума порывистости не в момент максимума скорости, а в момент ее ослабления. Это объясняется тем, что воздушные вихри, развивающиеся при больших скоростях ветра, удерживаются некоторое время и при уменьшении скорости воздушного потока.

Распределение порывистости ветра в атмосфере можно свести к трем типам:

- 1) порывистость с высотой убывает;
- 2) порывистость и у земли и на высоте значительная;

3) порывистость отмечается только в нижних слоях атмосферы, а затем с высотой исчезает.

Если первый случай можно назвать нормальным, то второй соответствует большим градиентам температуры (т. е. большому падению температуры с высотой), а третий — температурным инверсиям (т. е. замедлению падения и повышению температуры с высотой).

Об инверсиях подробнее остановимся ниже.

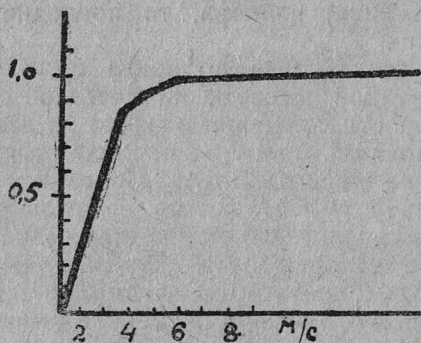


Рис. 46. Порывистость ветра

По отношению к рельефу земной поверхности порывистость распределяется следующим образом (в таблице даны числа случаев наблюдавшейся порывистости).

Табл. 5

(Е. Кальваген)

Высота	(Е. Кальваген)					Итого
	Метр 0—500	500—1000	1000—1500	2000—2500	2500—3000	
Над холмами	6	3	5	1	2	17
Над рекой	4	4	2	—	—	10
Под облаками	3	2	3	2	1	11
В облаках	—	2	3	2	4	11
Под инверсией	2	5	2	2	4	15
Всего	15	16	15	7	11	64

В табл. 6 приведена степень порывистости в зависимости от значений температурного градиента.

Табл. 6

Порывист. градиент	Порывист.						Итого
	1	2	3	4	5	6	
От 0°, до 0,4°	—	1	3	—	—	—	4
От 0,4° до 0,8°	2	3	7	1	3	—	16
Более 0,8°	2	1	6	5	2	2	18
Все случаи	4	5	15	6	5	2	38

Вертикальные воздушные течения до настоящего времени достаточно исчерпывающе не изучены. Имеющиеся данные позволяют причины их создающие свести к **термическому, динамическому процессам и процессу облакообразования.**

1. **Динамическое** происхождение воздушных восходящих потоков вызывается воздействием земной поверхности. Движение воздуха относительно земных неровностей создают в потоке различного рода вихри. Отражаясь от склонов холмов, зданий, леса и др. препятствий, горизонтальное воздушное течение начинает двигаться наклонно: мы можем разложить его скорость на две составляющих—горизонтальную и вертикальную. Последняя и будет собственно восходящий (у наветренных сторон неровности, т. е. обращенных к ветру) или нисходящий поток (у подветренных) см. рис. 47.

Естественно, что чем больше препятствий на пути потока, тем порывистей он становится. На рис. 48 показано движение воздуха при обтекании возвышенности в виде хребта. В то время

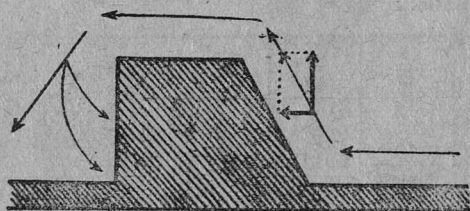


Рис. 47. Отклонение потока рельефом

как у самой земли линия потока почти полностью следует изгибам возвышенности, на достаточной высоте она уже имеет искривление небольшое. Следовательно, в промежутке между вершиной хребта и верхним мало деформированным слоем должно протекать увеличенное, относительно еще более верхних слоев количество воздуха.

Скорость потока на вершине такого препятствия возрастает, вертикальная составляющая незначительна.

Обтекание воздухом отдельно стоящих вершин протекает несколько иначе. Так как при нормальных вертикальных температурных градиентах (менее 1° на 100 метров) воздух по вертикали находится в устойчивом равновесии (о чем подробнее см. ниже), то поток, встречая отдельную вершину, будет стремиться не переходить через нее, а обойти на одном горизонтально муравне.



Рис. 48. Влияние рельефа

Скорость потока по сторонам возвышенности окажется увеличенной по сравнению с ровным местом.

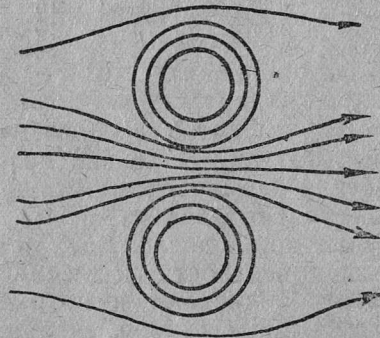


Рис. 49. Влияние двух холмов

В случае потока между двумя возвышенностями, в проходе образуется род трубы, в которую с силой устремляется воздух; так создаются сильные местные ветра на соседних участках (см. рис. 49).

Проходя над котловинами, наружный поток в воздушных массах котловин создает подсосывающее действие, заставляющее воздух котловин вытекать вверх.

Нужно только иметь в виду что в самих котловинах наблюдается при этом развитие вихрей создающих весьма беспокойные условия для полета.

Влияние леса на воздушные течения создает: 1) ослабление скорости ветра метров на пятьдесят впереди опушки (наветренной) и метров на сто сзади (подветренной), 2) усиление скорости ветра над лесом с значительной порывистостью, вследствие неровности верхней поверхности леса, полян и т. п., 3) восходящий поток на наветренной границе и нисходящий на подветренной.

Влияние всех неровностей тесно связано с значением вертикального температурного градиента: при градиентах, близких к 1° на 100 метров даже незначительные препятствия создают большие возмущения в горизонтальном потоке.

Берег задерживает воздушные массы, приходящие с гладкой водной поверхности. Вследствие этого накопление воздуха в береговых районах ведет к усилению порывистости и поднятию приходящих с моря масс вверх. Обратно—при переходе с берега на воду воздушные массы опускаются и увеличивают скорость движения.

При парении на динамических потоках, вследствие порывистости ветра пилотирование планера довольно затруднительно. Наблюдаются более или менее резкие броски вверх, неожиданные крены, заворачивания. Высота, которой достигает поток, обычно невелика—100—200 метров.

Термические причины, вызывающие восходящие потоки, более многочисленны. Прежде чем перейти к их рассмотрению познакомимся предварительно с условиями равновесия воздуха.

Заметим, что при подеме или спуске по вертикали сухих воздушных масс, температура их будет изменяться через каждые 100 мтр. на 1° С, при подеме—температура будет понижаться, что является характеризующим внешним явлением траты энергии на работу подема; при спуске—наоборот, температура будет повышаться. Если эти сухие воздушные массы начнут подем в условиях, когда вертикальный температурный градиент окружающих воздушных слоев будет меньше 1° на 100 м, то поднявшийся вверх воздух окажется холоднее встречающегося ему воздуха вышележавших слоев, а, следовательно, и тяжелее его, поэтому он начнет опускаться вниз. Опускаясь, снова нагреется, сделается легче и остановится, наконец, на том уровне, откуда начал свое движение. Этот случай носит название **устойчивого равновесия** воздуха. Если величина вертикального температурного градиента будет равна 1° на 100 м, то нетрудно видеть, что начавшие почему либо вверх или вниз движение сухие воздушные массы везде будут одинаковой температуры и веса с окружающими воздушными слоями и, следовательно, смогут уравновеситься на любой высоте, как только исчезнет причина их движения. Мы говорим тогда о „**безразличном равновесии**“.

Наконец третий случай, называемый **неустойчивым равновесием**, представляющий для нас наибольший интерес, характери-

зуется большим вертикальным температурным градиентом (больше 1° на 100 м). Сдвинувшийся со своего места воздух всегда окажется более теплым и легким, чем слои воздуха, на высоте, куда он поднялся. Сместившийся воздух будет поэтому подниматься еще выше (восходящий поток). То же явление произойдет при начавшемся опускании какой либо воздушной массы и даст образование нисходящего потока.

Таким образом мы видим, что знание температурного градиента имеет далеко не отвлеченное значение, оно позволяет нам характеризовать меру устойчивости воздуха, и возможность появления восходящих потоков.

Одной из причин термического восходящего потока служит неоднородное нагревание частичек воздуха как непосредственно солнечными лучами, так и теплоотдачей земной поверхности. Измерения Виганда показали, что, вообще говоря, значение вертикальных скоростей воздуха при этом не велико. Таблица 7 дает об этом наглядное представление.

Табл. 7

Род потока	Измерения								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Восходящ. м/с	0,7	—	0,7	—	0,7	1,35	1,25	—	1,5
Нисходящ. м/с	—	0,7	0,0	0,9	—	—	—	1,25	—

Опускание воздуха происходит обычно в виде пассивного процесса при образовании восходящего потока. Наблюдения производились на высоте 500—600 метров. Вообще достаточной для парения мощности такие потоки достигают на высоте не ниже 300—400 метров. Обыкновенно их характеризуют сокращенным словом „термики“.

Земной рельеф также оказывает тепловое воздействие на образование восходящих течений (кроме уже рассмотренного динамического воздействия). Вследствие неравномерности нагрева солнцем водных пространств и земли днем, образуется воздушный поток от водной поверхности, нагретой менее, к суше, нагретой более—внизу, и от суши к воде—наверху, на некоторой высоте. Понятно, что при этом над сушей мы будем иметь восходящий поток, над водой—нисходящий. Ночью наоборот: суша, остывая быстрее воды, будет способствовать течению воздуха внизу к водной поверхности и т. д.

Неравномерность нагрева наблюдается и на горных участках. Если мы будем изучать распределение температур в какой либо горизонтальной плоскости, пересекающей гору (рис. 50), то обнаружим, что непосредственное нагревание склонов солнечными лучами создает превышение температуры воздуха у этих склонов по сравнению с температурой свободной атмосферы

на том же уровне. В результате на всех горизонталях склона создается приток воздуха из свободной атмосферы (и чем ниже, тем интенсивнее, вследствие большей толщины атмосферных слоев). Вверх по склонам гор начнется течение воздуха, носящее название „горного ветра“ и имеющее значительную вертикальную составляющую. В ночное время охлаждаемые вдоль склонов воздушные массы становятся тяжелее сравнительно с воздухом тех же уровней свободной атмосферы и под действием тяжести будут опускаться вниз (т. наз. „долинные ветры“).

Еще один фактор развития термических потоков—это т. наз. „инверсии температур“. Инверсиями называются слои, в которых температура вместо обычного понижения с высотой повышается (иногда довольно резким скачком). Само слово „инверсия“ означает обращение, обратный ход.

Особенность таких слоев заключается прежде всего в том, что в них происходит соприкосновение двух потоков воздуха с большой сравнительно разностью плотностей. В самом деле, верхний слой имеет в данном случае повышенную температуру и уменьшенное, вследствие большей высоты, давление.

Гельмгольц указал, что в плоскости раздела двух различных по плотности и относительно движению слоев воздуха возникают волнообразные движения, подобно морским волнам („гравитационные волны“, встречающиеся также на песках пустынь и т. д.). В инверсиях, где сверху лежит более плотный слой воздуха и где всегда почти имеется разность движения верхнего и нижнего слоя, появляются воздушные волны, приводящие массы инверсии в колебательное движение. Длина воздушных волн значительно превышает длину морских вследствие меньшей разности плотностей соприкасающейся среды. При этом иногда более теплые и легкие волны инверсии, проникая в холодный вышележащий слой, дают основание восходящего потока.

Некоторые инверсии образуются в слое максимума ветра. Быстродвигающийся слой всасывает воздушные массы более медленных слоев снизу и сверху. Понижение температуры возникающих при этом восходящих потоков и повышение температуры нисходящих сверху создает при смешении инверсию. В этом случае она является уже не причиной, а следствием вертикальных течений, точно также, как и наклонная инверсия, производимая сильно нагретым потоком, поднимающимся по наклонной плоскости над холодными массами воздуха (т. наз. инверсия восходящего скольжения).

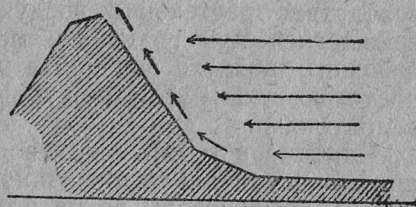


Рис. 50. Горный ветер

Некоторые инверсии развиваются весной, с таянием снега, когда земля поглощает колоссальное количество тепла на расход энергии плавления снега и резко охлаждает воздух у земной поверхности. Другие т. наз. „ночные“, имеют причиной охлаждение земли при лучеиспускании ее в ночи с ясным небом и небольшой влажностью воздуха.

Существуют т. наз. „зимние“ инверсии, которые, возникают вследствие растекания воздушного слоя, опустившегося и нагретого при градиенте меньшем 1° на 100 метров у окружающего воздуха над более холодными слоями. Эти инверсии достигают до 1000 метров толщины. Вообще же высота инверсий непостоянна.

Парение в термических восходящих потоках, кроме случаев динамической инверсии, отличается спокойным поведением планера; порывистость ветра почти отсутствует, несмотря на его значительную порой скорость.

Более мощные восходящие потоки, позволяющие набирать значительную высоту над землей относятся к процессам развития или образования облаков и прохождению грозового фронта. Хотя эти оба явления тоже имеют в своей основе термические причины, но мы выделяем восходящие потоки их сопровождающие в особый вид, как имеющую отличную от вышеописанных характеристику.

Наиболее нас интересующими являются кучевые облака и их разновидности: высоко-кучевые, кучево-дождевые и пр.

Возникновение кучевых облаков есть результат переноса в более высокие и более холодные слои водяных паров, поступающих с земной поверхности. На некоторой высоте содержание водяных паров может достигнуть насыщения. Под действием солнечных лучей, как мы упоминали, возникающий неравномерный нагрев частичек воздуха (насыщенного и ненасыщенного парами воды) вызывает восходящий поток. Охлаждение с поднятием на высоту превратит часть паров в водяные капельки. Выделение влаги сопровождается выделением скрытой теплоты и усилением поглощения тепла солнечных лучей. При достаточной влажности воздух при поднятии на 100 метров будет охлаждаться уже на $0,5-0,7^\circ$, (а не на 1° , как для сухого воздуха), что благоприятствует созданию неустойчивого равновесия и к дальнейшему подъему облачной массы. Таким образом кучевое облако создает базу для развития восходящего потока. Так как температура в близких точках атмосферы на горизонтали почти одинакова, то насыщение воздуха парами начнется на одной высоте на больших участках и нижняя граница облака примет характерную горизонтальную форму. Эта граница обычно и служит началом восходящего потока. При мощных кучевых облаках, переходящих в так. наз. „кучево-дождевые“, восходящий поток становится настолько интенсивным, что захватывает в сферу своего влияния и воздушные массы нижних слоев.

На рис. 51 изображены течения внутри кучевых облаков. Картина смены восходящих и нисходящих течений указывает на вихревое состояние воздуха. Высота кучевых облаков, считая от их основания, достигает иногда нескольких тысяч метров, при чем наблюдается, что основание находится на высоте 1000—1500 метров над землей, а вершина развивается на большой высоте при температурах —10° С и более и состоит из снежинок.

Условия образования кучевых облаков более или менее зависят от местности: 1) от широких долин в горах при обильных водных бассейнах, источниках и осадках; 2) от наличия горных склонов, сильно освещаемых и нагреваемых солнцем; 3) от других местных условий, где возможно достаточное испарение воды.

Необходимо отметить, что иногда восходящий поток наблюдается и над кучевыми облаками, достигая 500—600 метров высоты над их вершинами. Это объясняется поднятием воздуха перед быстро двигающейся вверх облачной массой. При достижении вершинами кучевых облаков высоты 6—7 км. энергия восходящего облака вследствие низкой температуры и малой влажности воздуха этих высот оказывается недостаточной для дальнейшего роста облака. Поэтому верхняя часть его расплывается в виде пелены, идущей с быстрыми течениями высоких слоев. В этой стадии облако и получает название кучево-дождевого. Само облако сбоку имеет вид наковальни.

Появляющиеся и быстро исчезающие на верхней границе кучевых облаков особые наросты служат указанием на бурное состояние верхних частей облака и возможность гроз. Чем выше вершина, на которой наблюдаются подобные наросты, тем эта возможность становится большей.

Вообще же, чем сильнее развитие кучевых облаков, тем интенсивнее поднятие воздуха. Скорость восходящего потока достигает 7-8 м/с. Вихревые течения делают полет в облаке весьма беспокойным.

Грозовой фронт обязан своим происхождением движению больших масс холодного воздуха, несущих грозу и дождь. Подтекая, вследствие большего удельного веса, под окружающий, более теплый воздух, холодные массы заставляют его подниматься со скоростями порядка 2—5 м/с.

Грозой вообще называется шквал (вихрь небольшого протяжения по горизонтали), сопутствуемый грозными разрядами. В известной степени каждое кучевое облако является шквалом малых размеров. Играя некоторую роль в обыденной жизни

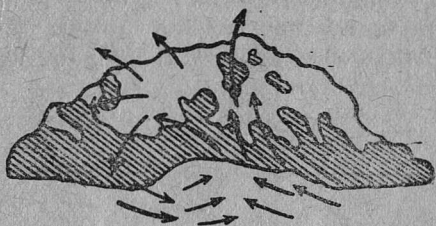


Рис. 51. Вихрь грозового облака

своими разрушительными последствиями, грозы представляют для планеризма специальный интерес, давая возможность при грамотном использовании достичь больших высот и продолжительности полета.

Грозовое облако имеет вытянутую форму, растягиваясь по фронту на большие расстояния, ширина же его не превышает обычно нескольких километров. Состояние погоды перед грозой большей части ясное, температура высокая, ветер слабый, вертикальный температурный градиент значительный, часто больше 1° на 100 метров. В передней

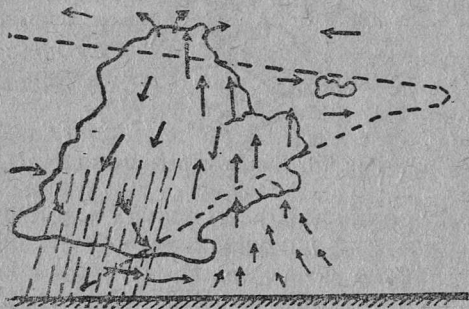


Рис. 52. Восходящий поток грозового фронта

части грозового образования быстро тянутся белесоватые нити т. наз. перистых облаков. Развивающийся в самом облаке, как это показано на рис. 52, сильный восходящий поток интенсивно втягивает в себя воздушные массы от земной поверхности в передней части облака. Падающие в передней части облака осадки увлекают за собой часть воздуха и он, резко ударя-

ясь о землю, вызывает могучие порывы ветра.

Если пункты с одновременным развитием гроз соединить на карте линией, то получится т. наз. „грозовой фронт“. Он представляет собой как бы линию раздела между двумя различными областями: а) перед фронтом (считая по его движению) повышенные температуры в восходящий поток, б) в тылу пониженные температуры и нисходящие потоки.

Отличное от вышеописанного явления представляют собой „тепловые грозы“. Занимают они обычно небольшую площадь, возникают в зависимости от рельефа и условий местности и не создают грозового фронта. Происхождение их объясняется нагреванием местности в течение нескольких дней подряд, создающим значительный перегрев нижних слоев воздуха.

Помимо большой мощности восходящие потоки облакообразования и грозового фронта, при наличии данного явления, отличаются также большим постоянством от термических потоков нагревания. Последние способны исчезать и затем появляться вновь. Объясняется это явление тем, что нагреваемый от поверхности земли воздух нижних слоев не способен сразу преодолеть вышележащие, более холодные (еще не нагретые массы). В отдельных местах, где нагревание достигло известной интенсивности, теплый воздух прорывается вверх, в виде узкой (100—300 метров в диаметре) трубы несколько уширенной к основанию (вследствие подсосывания окружающего воздуха).

Притекающий с соседних участков земной поверхности, менее нагретый воздух прекращает восходящее течение воздуха и способен даже создать на время поток нисходящий (когда начинает опускаться захваченный разрежением трубы холодный воздух).

Путем организации соответствующих аэрологических исследований (т. е. исследований свободной атмосферы) и составления эмаграмм (диаграмм энергии воздушных масс) можно перед полетами установить наличие и скорость воздушных потоков. Рис. 53 дает об этом представление. Пунктиром на эмаграмме показано падение температуры с высотой для поднимающегося сухого воздуха, сплошной линией — для поднимающегося воздуха замеренной влажности. Ломаная линия показывает фактический вертикальный ход температуры (мера устойчивости или неустойчивости воздуха), откуда по специальной формуле можно рассчитать вертикальную скорость воздуха. Многочисленные опыты показали, что теоретическая кривая вертикальной скорости незначительно отличается от кривой, составленной путем наблюдений при подеме планера.

Теперь, познакомившись с причинами, создающими условия для статического парения, посмотрим как оно выполняется.

Парение, как мы говорили, есть планирование в восходящем потоке. Никакого специального режима полета для парения нет: скорость, угол атаки, угол планирования и т. п. остаются такими же, как и в обычном скользящем полете при безветрии или при ветре.

Если в планирующем полете планер расходовал кинетическую энергию на преодоление лобового сопротивления за счет потенциальной (переход энергии одного вида в энергию другого вида), то при парении кинетическая энергия заимствуется у воздушной среды; потенциальная же энергия не расходуется, т. е. нет уменьшения высоты, т. е. изменения положения тела. Наоборот, при достаточно большой энергии среды, избыток ее тратится на набор высоты, на работу по подему планера вверх, на увеличение его потенциальной энергии.

Парение в потоках рельефа местности состоит в том, что пилот старается все время удержать машину в восходящем потоке, двигаясь вдоль рельефа (большой частью вдоль какого-нибудь склона), над которым подобные потоки образуются. Чтобы избежать быстрого выхода из потока, пилот планирует обычно

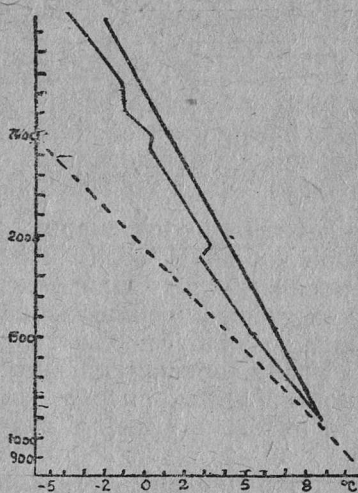


Рис. 53. Эмаграмма

под некоторым углом к ветру, а не прямо навстречу ему. Как видно на рис. 54, скорость планера относительно воздуха мы можем сложить со скоростью ветра и получим некоторую равнодействующую W . Она покажет нам направление полета, а если слагающие были взяты в каком либо определенном и обе — одинаковом масштабе, то и величину скорости планера относительно земли. Напр. V планера — 12 м/с равна 10 мм на рисунке.

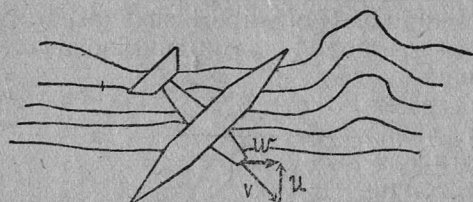


Рис. 54. Парение на склоне

Скорость ветра (U) — 9 м/с, что соответствует 7,5 мм на рисунке. Получаем путевую скорость планера W , т. е. скорость относительно земли равной на рисунке 6 мм, т. е. 7,2 м/с.

Передвигаться относительно земли планер будет со сносом. В самом деле, нос его направлен от склона,

а летит он вдоль склона, благодаря сносящему действию ветра. Однако, поток воздуха планер встречает прямо в лоб, по отношению к воздуху никакого сноса нет. Каких либо дополнительных действий пилоотирование планера, по сравнению с нормальным, не требует. Если планер установлен по отношению к ветру с углом, обеспечивающим направление равнодействующей скоростей вдоль склона, то этого вполне достаточно и какие бы то ни было крены в сторону ветра („прикрывания от сноса“), подкальзывания и пр. совершенно излишни.

Парение в термиках осуществляется путем перехода на них из потоков рельефа или путем доставки планера на необходимую высоту путем буксировки. Как отмечалось, термики достигают достаточной мощности для поддержания планера только на некоторой высоте от земной поверхности. Поскольку термики с одной стороны довольно спокойны, а с другой стороны территория их непостоянна и неравномерна по скорости (и даже наличию потока), вследствие чего возможно очень быстро пересечь наиболее выгодный для подъема участок, поступают обычно так: нащупав максимально мощный термик, разворачивают планер против ветра, угол атаки, по сравнению с главным летным, несколько увеличивают и, удерживая планер в таком положении, набирают высоту до термического потолка. Парение в восходящих потоках облакообразований и грозового фронта, в настоящее время встречающееся все чаще и чаще, является более сложным, чем вышеописанное. Несомненно, что этот вид парения связан с известной опасностью, так как здесь приходится иметь дело с большими массами энергии в атмосфере, с которыми не всегда возможно справиться и опытному пилоту. Такие полеты имеют смысл только при тщательном ознакомлении пилота с методами подобного парения и учетом опыта других в этой области.

Использование отдельных кучевых облаков показывает, что, держась в непосредственной близости к их основаниям, можно парить и даже совершать вместе с облаком перелеты над совершенно равнинными местностями.

Развитие сильных восходящих потоков в облаке оказывает подсасывающее действие на ниже расположенные слои воздуха и пилоту часто приходится значительно увеличивать скорость снижения планера, чтобы не быть втянутым в облака. Полет в самих облаках, не имеющих грозового характера, не опасен, но, вследствие отсутствия видимости, требует выдержки и летного опыта от пилота и обычно должен производиться при наличии на планере оборудования приборами.

Парение перед грозовым фронтом должно выполняться с сохранением постоянной дистанции между собой и надвигающимся фронтом облаков. Влетать в ядро грозы опасно и бессмысленно. Многочисленные случаи грамотных и дисциплинированных полетов перед грозовым фронтом показали ценность такого парения и его относительную нетрудность. Следует только держаться на расстоянии 2—3 километров перед фронтом над тем восходящим полем, которое образуется при больших вертикальных градиентах температуры перед грозой. Попасты же в принудительный восходящий поток непосредственно впереди или под валом (рис. 52) это значит почти наверное быть втянутым в глубину облаков и попасть в грозовое ядро.

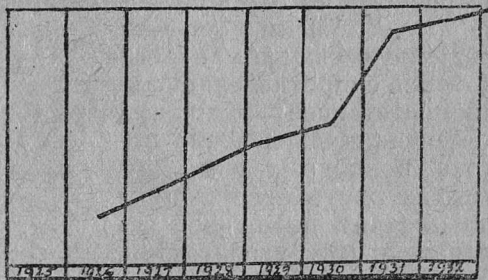


Рис. 55

Нужно иметь ввиду, что для нахождения желательного поля восходящих потоков перед фронтом, необходимо иметь какую то высоту сразу после взлета. Поэтому склоны, с которых производится старт планеров должны быть с достаточным превышением по отношению к долине; того же можно достигнуть забуксировав планер при помощи автомобиля или самолета.

Как полет в облаках, так и полет перед грозовым фронтом происходит большей частью в условиях неспокойного состояния воздуха. Вихревые же течения в грозовом ядре достигают таких скоростей, что могут вызвать поломку планера.

На рис. 55 показан рост числа полетов в облаках за последние годы по данным германских планерных состязаний. Эти полеты перестают в настоящее время быть привилегией отдельных высококвалифицированных парителей. Соответственно с ростом числа увеличиваются также высоты и дальности полетов. Немногочисленность полетов такого рода в нашей советской практике

объясняется сравнительно небольшой высотой стартов и трудностью, следовательно, достигнуть уровня кучевых облаков. (Узун-Сырт над уровнем моря 200 м (Крым); Вассеркуппе (Германия) над уровнем моря 950 м).

Основы динамического парения

Динамическое парение, по определению выше, зависит от наличия потока переменного направления или скорости, не имеющего в среднем восходящего направления. Допустим, что воздух, в силу трения о земную поверхность или о поверхность другого воздушного слоя, движущегося с отличной от



Рис. 56.

первого скоростью (как напр. в инверсионных слоях) приходит в колебание (см. рис. 56). При этом крыло планера по отношению к встречному потоку получает различные углы атаки. Если в случае „а“ (рис. 57) мы заменим подъемную силу крыла и его лобовое сопротивление равнодействующей R , то при изменении направления потока подобно случаю „б“ того же рисунка, когда крыло получит небольшой отрицательный угол атаки, равнодействующая разложится на составляющие, из которых горизонтальная создает некоторую „тягу“ впе-

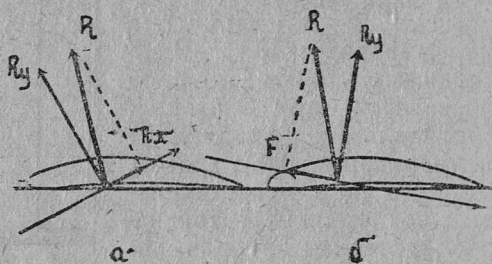


Рис. 57. Тяга крыла

ред; обозначим ее буквой F .

На рис. 57а наглядно показано изменение подъемной силы и лобового сопротивления — тяги за один полный колебательный период воздуха, изображенный на рис. 56. Как видно, в среднем за период получаем подъемную силу и некоторую тягу. Очевидно, что в таких слоях имеется полная возможность парения без наличия восходящих потоков.

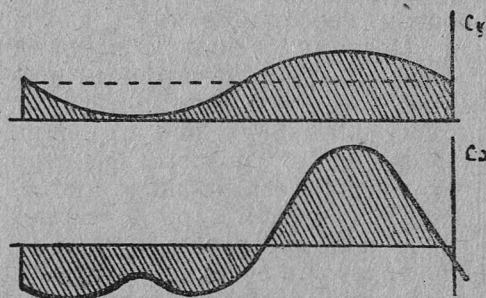


Рис. 57а.

Подобные же результаты можно получить, противопоставив порывистому горизонтальному ветру гибко укрепленные к фю-

зеляжу крылья. Усиление ветра создает движение крыльев вверх. Благодаря энергии, заключенной в упругом соединении, крыло в момент затишья (ослабления порыва) пойдет вниз — получится тяга вперед. Явления, весьма похожие на описанное, наблюдались у планеров — парителей с большим размахом жестко укрепленных крыльев при ветрах значительной порывистости. Практически порывистый ветер современным планером может быть использован так: при нарастании порыва планер увеличивает угол атаки, по миновании порыва идет на снижение (уменьшая угол атаки). Объяснение этого маневрирования заключается в следующем: допустим, что направление полета было встречным ветру и скорость равнялась 8 м/с (относительно воздуха). При наступившем порыве скорость планера изменится не сразу вследствие инерции движения и увеличение скорости обтекания естественно отразится на подъемной силе. Если одновременно произойдет увеличение угла атаки, то выигрыш в подъемной силе окажется еще больше.

С точки зрения механической работы мы тоже получаем подтверждение изложенного рассуждения. Кинетическая энергия планера, как известно, равна $\frac{mv^2}{2}$, следовательно в нашем примере — будет $\frac{m8^2}{2}$. В момент порыва равного 4 м/с увеличение скорости обтекания дает значение кинетической энергии $\frac{m12^2}{2}$.

Увеличивая угол атаки так, чтобы поступательная скорость осталась прежней, избыток кинетической энергии пилот использует для подъема. В момент прекращения порыва скорость обтекания уменьшается на 4 м/с, поступательная скорость станет равной теперь только 4 м/с, т. е. недостаточной для поддержания планера. Пилот направляет его на снижение, расходуя потенциальную энергию и т. д. В результате полет приобретает волнообразную траекторию.

Этот способ встречает при своем осуществлении значительные затруднения. Порывы весьма кратковременны и пилоту реагировать на них своевременно при обычной системе управления аппаратом почти невозможно. Трудно также угадать, усиливается порыв или ослабевает.

Вообще, по видимому для осуществления подобного полета управление планером должно сосредоточиваться в самых крыльях с тем, чтобы уравнивание порывов выполнять поворотом крыла, может быть автоматически. Возможно также, что значение здесь смогут иметь эластичные крылья или хотя бы часть их.

Нельзя не упомянуть, наконец, о существующих теориях осуществления динамического парения: проф. Альборна, предлагающего использовать порывы ветра для увеличения скорости

планера, а при ослаблении порыва планер подтягивать (увеличивать угол атаки); практически этот способ так же трудно осуществить, как и последующий способ Шнейдера, утверждающего, что созданием роговидного вихря (т. е. преобразованием встречного потока особым устройством крыльев) можно получить тягу вперед; Липпиша и др.

Практические опыты над продувкой моделей для выяснения возможностей динамического парения производились в Венском Аэродинамическом Институте и др.

Контрольные вопросы:

1. Что называется парением? Какие виды парения бывают?
2. Какова структура ветра? Чем измеряется порывистость и какие типы порывистости можно назвать?
3. Как влияют на порывистость рельеф и вертикальный температурный градиент?
4. Назовите причины, создающие вертикальные воздушные течения.
5. Что такое равновесие воздуха?
6. Какое бывает равновесие воздушных масс? Охарактеризуйте каждый тип равновесия.
7. Чем вызываются воздушные течения в облаках?
8. Что характерно для грозовых образований? В чем различие „грозового фронта“ и „тепловых гроз“?
9. Каковы условия и правила парения в потоках рельефа местности? термиках? грозового фронта?
10. В чем заключаются основы динамического парения?

Часть вторая

Конструкция планеров

1. Общие сведения о конструкции планеров

Требованиями, предъявляемыми к конструкции современного планера, помимо типовых условий, являются следующие: простота, дешевизна и высокое качество $\left(\frac{C_y}{C_x}\right)$. Кроме того, в авиационном строительстве всегда стремятся добиться минимального веса: применяют материалы, обладающие малым удельным весом и большой прочностью, т. наз. „высокого качества“ в авиационном смысле, которое характеризуется отношением коэффициента крепости материала к его удельному весу.

Км (качество материала) = $\frac{k}{\gamma}$ для случаев растяжения;

Км = $\frac{k^{2/3}}{\gamma}$ для случаев изгиба (к — коэффициент крепости, γ — удельный вес).

Следующая таблица показывает качество некоторых авиационных материалов:

Табл. 8

Материал	Уд. вес	К для растяжен.	Авиационное качество
Сталь отожженная	7,85	40	$\frac{40}{7,85} = 5,1$
Кольчугалюминий	2,85	38	$\frac{38}{2,85} = 13,3$
Дерево сосновое (при 15% влажн.)	0,5	7,0	$\frac{7,0}{0,5} = 14,0$
Гетинакс (пластмасса)	1,4	18	$\frac{18}{1,4} = 12,8$

Запас прочности конструкции (на случай перегрузок в полете), во избежание ее перетяжеления, принимают минимально допустимый; все детали по мере возможности нагружают (т. е. добиваются чтобы они выполняли часть работы всей конструкции), а не работающие — облегчают. Все это необходимо для того, чтобы в самолете за счет более легкой конструкции при моторе данной мощности увеличить вес поднимаемого самолетом груза или высоту полета, в планере — уменьшить V_y — скорость снижения, так как [28]

$$V_{y \text{ мин}} = \left(\frac{C_x}{C_y^{3/2}} \right)_{\text{мин}} \sqrt{\frac{Q}{\rho S}}$$

что особенно важно для планеров парителей.

Однако, при выборе варианта какой либо детали не всегда обязательно останавливаются на том варианте, который имеет наименьший вес. Деталь характеризуют ее т. наз. „авиационным весом“, т. е. суммой веса данной детали и ее лобового сопротивления, помноженной на качество конструкции.

$$Q_{ав} = Q + \rho C_x S V^2 2K_{эк} \dots \dots \dots [39]$$

где $K_{эк}$ — качество на экономическом режиме. Поэтому деталь, обладающая большим весом, может оказаться более выгодной аэродинамически, как имеющая меньший $Q_{ав}$.

В результате применения указанных требований в планеростроении употребляются следующие материалы и конструктивные формы.

Авиационные материалы

Основными материалами являются: дерево, как имеющее большое „качество“, легкие сплавы алюминия, сталь разных марок и последнее время начинают находить использование пластические массы.

Основной деревянной породой служит **сосна**, затем ель, реже ясень, дуб. Ввиду того, что дерево допускается исключительно здоровое, прямослойное (без гнили, червоточин, сучков и трещин) количество пород дерева чрезвычайно сужено. Из елей, например, пригодна только американская приморская порода спрус (русские породы в большинстве сучковаты). Сосна, являясь породой распространенной, имеет высокий коэффициент крепости, малый удельный вес, сравнительно мало пороков, прямослойна. Ясень и дуб, вследствие большого удельного веса употребляются главным образом в подкладках, узлах или там, где нужна значительная крепость, например, для полоза лыжи.

Широкое распространение имеет полуфабрикат дерева — фанера, изготовляемая из листов в три и более слоя так, что волокна двух рядом расположенных слоев взаимно перпендику-

лярны. Фанера применяется большей частью березовая, для склейки слоев между собой идет кровяной альбуминный клей или холодный т. наз. казеиновый.

Дерево в дело употребляется определенной влажности, определяемой отношением веса испытуемого куска к весу того же, но абсолютно (в специальных камерах) высушенного (т. наз. „относительная влажность дерева“). Нормальная влажность дерева 13—15%.

Механические данные некоторых пород дерева даны в следующей таблице:

Табл. 9

№№	Порода дерева	Коэффициент крепости кг/мм ²			Удельн. вес
		на растя- жение	на сжа- тие	на из- гиб	
1	Дуб	—	500	800	0,8
2	Ясень	—	450	700	0,65
3	Сосна	700	400	600	0,5
4	Ель	—	400	550	0,45
5	Орех американский	—	450	800	0,7
6	Спрус	—	300	600	0,5
7	Береза	—	450	700	0,6
1	Березовая фанера, неравнослойная вдоль и поперек волокон внеш- них слоев	400	—	—	0,65
2	Тоже равнослойная вдоль волокон	700	—	—	0,65
3	Тоже поперек волокон	350	—	—	0,65

Подсчитайте качество сосны на растяжение и изгиб. Тоже для ясеня. Сравните.

Фанера для планеров употребляется толщиной в 1, 1,5, 2 и 3 мм.

Сталь применяется как в виде полуфабриката—листовая, стальные трубы, так и в виде фабрикатов—проволка, троса и т. д. Материал должен быть высокосортным, поэтому иногда необходимы специальные сорта стали.

Для планеров из указанных в нижепомещенных таблицах сортов преимущественное применение имеют сорта стали М-1,5, 2, 3 и 4 мм, Гс, ГпТ и СТ.

№	Материал	Коэффициент крепости $кг/мм^2$				Удельный вес	Назначение
		Растяж.	Сжат.	Изгиб	Срез		
1	Сталь листовая М и ХМ . .	40	40	40	30	7,8	Для деталей сложного- гнутых и автогенносвари- ваемых.
2	Сталь листовая С	50	50	50	38	7,8	
3	Сталь прутковая ГС и СС .	55	55	55	41	7,85	Для болтов, гаек, шпи- лек.
4	Сталь прутковая ГпТ и СПТ	65	65	65	49	7,85	Для муфт, растяжек
5	Сталь прутковая СТ	75	75	75	56	7,85	Для валиков, расчалок
6	Сталь прутковая ССТ . . .	85	85	85	64	7,85	Для ответственных де- талей, испытывающих высокое напряж.

Стальные трубы употребляются марки „М“; коэффициент крепости их не ниже $60 кг/мм^2$. Данные приведены в таблице:

Табл. 11

Внешний диаметр в мм	Внутренний диаметр в мм	Толщина стенки в мм	Площадь сечения в мм	Вес 1 по- гонного метра в кг
10	8	1	28,27	0,221
12	10	1	34,56	0,270
25	22	1,5	110,74	0,864
30	26	2	175,93	1,370

Стальная проволока рояльного типа употребляется следую-
щих диаметров:

Табл. 12

Диаметр в мм	Коэффициент крепости $кг/мм^2$	Разрыв. усилие $кг$
1,5	180	320
2,0	175	550
3,0	160	1150

Троса представляют собой своего рода стальные канаты, сплетенные из ряда мелких тросов, т. наз. „стренг“, в свою очередь состоящих из трех или более стальных проволок — такие троса называются плетеными; или просто из скрученных друг с другом стальных проволок — такие троса называются кручеными. Троса применяются почти исключительно в качестве проводки к рулям.

На планерах встречаются главным образом троса двойного плетения: диаметром 2 мм, вес 1 пог. метра — 18 г., разрыв. усилие — 270 кг., и диаметром 3 мм; вес 1 пог. метра — 38 г., разрыв. усилие — 550 кг. Последний диаметр служит также для буксировок планера.

Чистый алюминий, обладая сравнительно низким для металла удельным весом (7,6), имеет небольшой коэффициент крепости. Поэтому обычно употребляют сплавы алюминия, т. наз. „дюралюминий“ (сокращенно — дюраль), состав которого приблизительно таков: алюминия — 95%, меди — 4%, магния и марганца по 0,5%. По сравнению со сталью дюраль обладает большим „качеством“ на растяжение, достигающим „качества“ дерева (Км дерева и дюралья — 1400, стали 640). Играя большую роль в самолетостроении, дюраль в планеростроении незначителен, т. к. он почти вдвое дороже дерева, сложен в производстве и ремонте, тогда как его ценные качества (стойкость к атмосферным влияниям, однородность, относительная легкость) пока в планеризме не играют особенно важной роли.

Латунь и красная медь применяются в виде листового материала, чушек для отливки и проч. На планерах латунь и медь встречаются в виде точеных деталей — гаек, муфт тендеров и т. п.

Ткань, используемая в авиастроении для обтяжки крыльев фюзеляжей, хвостового оперения бывает обычно льняной или хлопчатобумажной (авиационное полотно) с коэффициентом крепости по основе и утку не менее 1000 кг на 1 погонный метр. В целях удешевления, взамен авиационного полотна планеры покрывают также мадеполамом, или бязью шириной 90 см. В местах соединения ткань перекрывается полотняной тесьмой.

Контрольные вопросы:

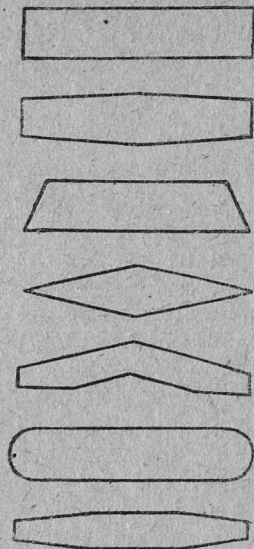
1. Определите понятие „авиационный вес“?
2. Какие материалы применяются в планеростроении? Охарактеризуйте применение дерева, стали, дюралья, меди, тканей.

Конструкция деталей планера

Крылья

Контур крыльев обуславливается аэродинамическими и конструктивными требованиями. Простейшим контуром является прямоугольный, к какому в общем приближаются начертания

плане всех крыльев: трапецевидные, эллипсообразные, конические, стрелчатые и проч. (см. рис. 58).



Прямоугольный контур более прост в производстве, но невыгоден с точки зрения большой прочности; аэродинамически эллипсообразное крыло имеет преимущество перед крыльями других контуров; стрелчатое очертание способствует увеличению устойчивости и т. д. Некоторые авторы (напр. Липшиш) ставят контур крыла в зависимость от скорости аппарата: при малых скоростях крыло должно иметь выгнутую вперед форму, при средних — прямоугольную или близкую к ней; при больших — стрелчатую. Контур связан также со способом крепления крыла: свободные несущие (без подкосов и стоек) крылья, обладающие большой жесткостью, чаще всего эллипсообразного или конического контура; прямоугольные обычно встречаются при наличии подкосов и расчалок и т. д.

Представляя собой плоскостную ферму, крыло имеет своей задачей воспринимать давление воздуха в полете, распределяя это давление по отдельным частям и узлам фермы. В крыле должны быть помещены продольные стержни, чаще всего один — два или три, составляющие плоскостную ферму; они называются **лонжеронами**. Распределяя между собой нагрузку, получаемую крылом как продольных, так и поперечных сил реакции воздуха, лонжероны работают:

а) на изгиб, подобно балке, закрепленной одним концом и равномерно нагруженной — в случае свободных несущих крыльев (рис. 59а);

б) на изгиб, подобно балке, закрепленной одним концом и подпертой в точке А; на сжатие (или растяжение в зависимости от того, сверху или снизу будет действовать силы воздуха) на участке АВ — в случае крыла с подкосом (рис. 59б).

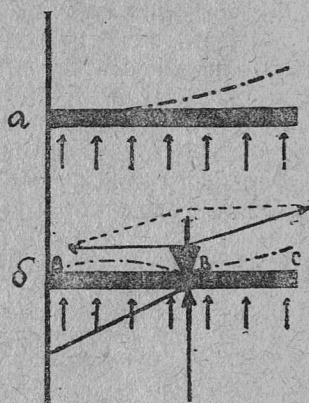


Рис. 59. Нагрузки на лонжерон

При наличии одного лонжерона он помещается приблизительно на $\frac{1}{3} - \frac{2}{5}$ хорды крыла от передней кромки; при двух лонжеронах — средняя линия между ними должна находиться на указанном расстоянии от передней кромки. Например, передний лонжерон (считая по движению крыла) в расстоянии $\frac{1}{5}$ хорды задний — $\frac{3}{5}$.

Так как вес конструкции крыла играет значительную роль в общем весе всего аппарата, то лонжероны при большой прочности должны иметь малый вес, а это приводит к двум основным сечениям лонжеронов — коробчатому и двухтавровому. Первое применяется главным образом при высоких лонжеронах, второе при низких (рис. 60). Полки коробчатых лонжеронов делаются из сосны, а стенки из клееной березовой фанеры в три слоя. В зависимости от высоты лонжерона, которая в свою очередь зависит от высоты профиля в том месте, где проходит лонжерон, полки бывают различной толщины, но обычно не тоньше 10—12 мм, фанера толщиной от 1 до 4 мм. Она присоединяется к полкам при помощи клея, шурупов и гвоздей; последние ставятся в промежутки между шурупами, на расстоянии, примерно, 15—20 мм друг от друга. Иногда фанера крепится к лонжеронам только казеиновым клеем, без шурупов и гвоздей (встречалось в некоторых выпусках планера УЕЗ-). При очень высоких сечениях внутрь сечения вставляют диафрагму, а на углах (в месте, где через лонжероны проходят болты крепления) — сплошной кусок дерева, т. наз. бобышку.

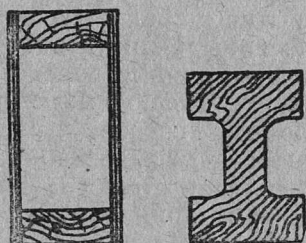


Рис. 60. Сечение лонжеронов

Лонжерон двухтаврового сечения обычно склеен из двух половин с выфрезированными боками. Изготовление таких лонжеронов довольно затруднительно, вследствие трудности подбора деревянных высококачественных брусков большого размера. В настоящее время двухтавровые лонжероны встречаются сравнительно редко.

Благодаря увеличению изгибающего момента при приближении к фюзеляжу (рис. 13) в свободонесущих крыльях высота лонжеронов у фюзеляжа делается несколько большей, чем у конца крыла;

в крыльях с подкосами — высоту лонжерона делают несколько большей у подкоса.



Рис. 61. Нервюра

На лонжероны одевают поперечные фермочки, в точности имеющие форму профиля крыла. Эти фермочки носят название **нервюр** (см. рис. 61). К ним прикрепляется внешняя обшивка крыла. Если крылья имеют конический контур (или вообще являются сложными), то все нервюры крыла делаются разными. Располагаются нервюры по длине лонжерона с промежутками не более 40 мм одна от другой, во избежание искажения профиля, вследствие возможного провисания обшивки; нормальное расстояние между нервюрами $\frac{1}{5}$ — $\frac{1}{4}$ хорды. Иногда

с верхней стороны крыльев помещают еще промежуточные нервюры, состоящие из одной только планки, изогнутой по форме профиля.

Таким образом ферма крыла состоит из основного силового скелета и каркаса, состоящего из нервюр, обтянутых полотном или покрытых фанерой. Реакция воздуха при посредстве покрытия передается нервюрам, которые и распределяют возникающие усилия по переднему и заднему лонжеронам.

Деревянные нервюры бывают двух типов — балочного и ферменного. Балочный тип состоит из верхнего и нижнего поясов (полок) — сосновых, березовых или липовых и фанерной стенки (вкладки), снабженной для облегчения конструкции дырами. Прикрепление стенки к поясам выполняется двумя способами: или вкладка приклеивается и прибивается гвоздями сбоку полочки (более распространенный способ), или вкладка вставляется на клею в шпунт полочки (способ, применяемый главным образом при вкладках из мягкого дерева, например липы). При ферменном типе верхние и нижние полки нервюры соединяются друг с другом раскосиками. Соединение большей частью происходит путем наклейки раскосиков и полок на общий ажурный фанерный остов или приклеиванием и прибивкой гвоздями сбоку полочек. Вес одной нервюры ферменного типа примерно 0,2 кг.

Склеивание ведется столярным или холодным клеем.

Так как лонжероны разрезают внутренние вкладки нервюр, то последние соответственно делятся на три части: переднюю или носок, среднюю и хвостовую. Иногда между основными нервюрами ставят еще дополнительные носки, чтобы разгрузить внешнюю обшивку, т. к. при движении крыла в воздухе с верхней стороны передней части нервюр получается наибольшее разрежение.

Спереди носки нервюр соединяются рейкой (или фасонной, по контуру нервюр, планкой), образующей атакующую кромку крыльев. Задняя же кромка образуется обычно проволокой, прикрепляемой к концам хвостовых частей нервюр. Для того, чтобы стенки нервюр не выпучивались в бок, нервюры соединяются друг с другом суровой лентой (от нижней полки одной нервюры к верхней полке соседней), или тонкими фанерными планками, располагаемыми наискось и соединяющими верхние и нижние полки нервюр между собой. Для придания жесткости участку крыла от ребра атаки до переднего лонжерона его иногда обшивают фанерой, помещаемой под полотняной обтяжкой или заменяющей ее на данном участке.

Между лонжеронами располагаются на некотором расстоянии одна от другой деревянные поперечные распорки, усиливающие крыльцевую ферму. Чаще всего они выполняются в виде т. наз. усиленных нервюр, имеющих коробчатое сечение (см. рис. 62). У илениные нервюры ставятся также по краям крыльев, чтобы воспринимать натяжку материи. Когда лонжероны на внешнем

краю делаются снижающими, усиленные нервюры заменяются ободами.

Для ребра атаки применяют сосну, для ободов ясень или клееный сосновый материал. Нервюры крепятся к лонжеронам на клею помощью шурупов и гвоздей, или только одним казеиновым клеем. В последнем случае необходима очень тонкая пригонка нервюр к лонжеронам.

Для внутренней расчалки крыла употребляется стальная проволока, круглая или реже прямоугольная. Тонкая круглая проволока соединяется с ушками путем запетления, натяжение же ее достигается тендерами.

Вращая тело тендера (см рис. 63) делаемое из латуни и имеющее внутреннюю нарезку, мы укорачиваем или удлинняем проволоку. Прямоугольная, а также круглая, не менее 3—4 мм, проволока снабжается по концам нарезкой и ввинчивается

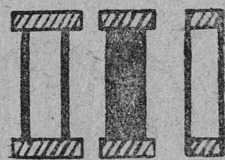


Рис. 62

в специальные муфточки. Иногда встречаются тросовые растяжки с тендерами, с которыми троса соединяются помощью коушей (рис. 64). Коуш вставляется в петлю, образуемую тросом при его заплетке.

Покрывие крыльев производится тканью или фанерой, каждой в отдельности или в совместной комбинации. Ткань пришивается

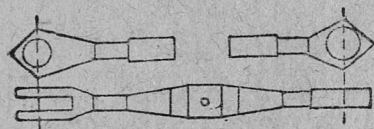


Рис. 63. Тендер

к нервюрам суровыми нитками двумя способами: или пришивка производится насквозь крыла и с одной стороны после каждого шва нитка завязывается узлом, или же нитка пропускается под одним каким-нибудь поясом нервюры. Первый способ неприменим в толстых крыльях, т. к. свободная нитка внутри крыла остается значительной длины и при изменении влажности может ослабнуть и ослабить всю обшивку. Шов заклеивается сверху лентой и все полотно покрывается аэролаком.

Фанерное покрытие, как уже было выше сказано, усиливает жесткость крыла. При покрытии фанерой, внутренней расчалки иногда не ставят. Фанера крепится к нервюрам и лонжеронам на казеиновом клею и гвоздями. Толщина фанеры для покрытия обычно 1 мм. Сверху она лакируется масляным лаком.

Подкосы и стойки бывают деревянные, стальные и дюралюминиевые. Стойки, соединяющие крылья в биплане, воспринимают только сжимающие усилия, подкосы—сжимающие и растягивающие. Подкосы и стойки находятся в потоке воздуха



Рис. 64. Коуш

и сопротивление их должно быть наименьшим. Внешняя форма и сечение их обычно соответствует телу наименьшего сопротивления (см. рис. 65). Поскольку бипланы в планеризме почти не имеют применения, стойки встречаются на планерах редко.



Рис. 65.
Сечение стоек-подкосов

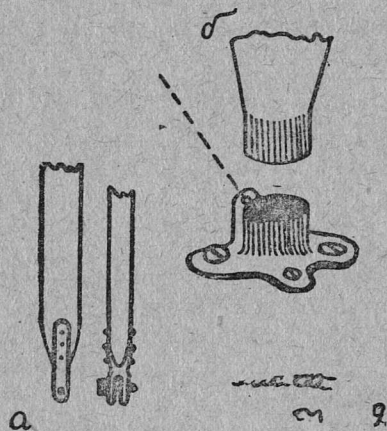


Рис. 66а—66б. Крепление подкосов

Подкосы деревянного типа выполняются большей частью сплошными, склеенными из двух досок во избежание коробления, снаружи окрашенные, иногда с предварительной оклейкой полотном. Металлические подкосы делаются из труб с дюралями, фанерными и др. обтекателями или из профилей; снаружи окрашиваются.

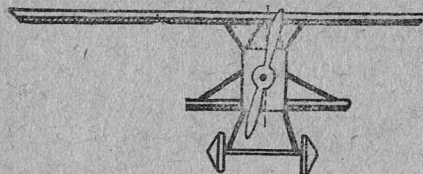


Рис. 67. Крепление крыла

Способы креплений подкосов показаны на рис. 66.

Присоединение крыльев к фюзеляжу может быть выполнено следующим образом:

1) или каждое крыло имеет две консоли и устанавливается с каждой стороны фюзеляжа (фермы); такое крепление применяется при подкосах;

2) или верхние и нижние крылья целые и накладываются сверху или снизу фюзеляжа; такое соединение применяется главным образом при ~~подкосных~~ ^{свобоодностоящих} крыльях. Верхнее крыло при этом укрепляется обычно в четырех точках — непосредственно к фюзеляжу, или же к кабанчикам (см. рис. 67);

3) или крылья крепятся к центральному ^{по моему} плану, небольшому крылу, укрепленному над фюзеляжем площадью кабанчиков и расчалок („центроплан“). Крыло в этом случае состоит из трех частей: центроплан и две консольные части по сторонам.

Узлы креплений крыльев наиболее распространены: шарнирное соединение горизонтально расположенными болтами (см. рис. 68а) и полушарнирное с накладками П-образными и др. башмаками и вертикально расположенными болтами (см. рис. 68б). Последнее встречается большей частью при креплениях к центроплану или на т. наз. „ложных лонжеронах“ (проходящих внутри фюзеляжа и служащих как бы продолжением лонжеронов крыла).

Элерон по своей внешней форме является плоскостью, продолжающей профиль крыла. Ферма элерона выполняется в виде основного лонжерона с нервюрами и задней кромкой, как и крыло. Передача управления на элерон осуществляется или при помощи рычага, находящегося на

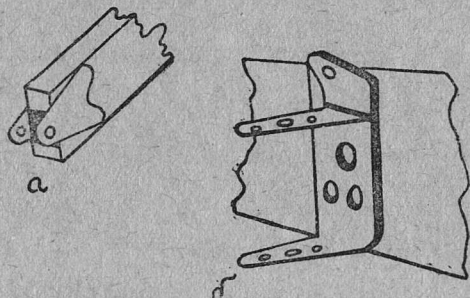


Рис. 68 а — 68 б. Узел крепления

конце элерона со стороны, удаленной от конца крыла, или при помощи двух рычажковых кабачников, расположенных на середине элерона. Шарниры у элерона обычно два — три. Площадь элеронов приблизительно равна $\frac{1}{6}$ площади крыла.

В последнее время появились планеры со складывающимися крыльями. При стоянке в ангаре для уменьшения занимаемой площади, а также при перевозках — крылья откидываются назад.

Обычно они имеют шарниры на задних лонжеронах крыльев и при рассоединении замка передних лонжеронов свободно могут быть отведены по сторонам фюзеляжа.

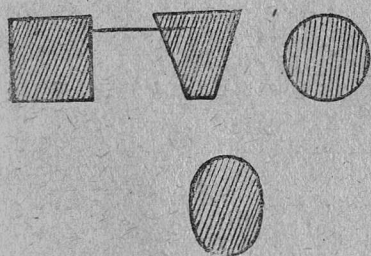


Рис. 69. Сечение фюзеляжей

Фюзеляж

Фюзеляж представляет из себя ферму, соединяющую крылья с хвостовым оперением и передающую усилия от хвостового оперения во время полета — на переднюю часть планера. Эта ферма представляет собой решетчатую систему расчалочного или безрасчалочного типа с внутренними связями. Форма сечения фюзеляжей показана на рис. 69. Как упоминалось, у многих планеров фюзеляж заменяют балкой монолитного типа или состоящей из двух частей (грузоферма, шарнирно соединенная с хвостовой балкой). Наконец, встречаются планеры гондольного типа: кабина помещена в специальной гондоле (люльке), соединенной с хвостовым оперением открытой фермой из металлических труб.

Расчалочные или ферменные фюзеляжи конструктивно состоят из двух горизонтальных ферм, двух вертикальных и ряда поперечных расчалочных рамок. Стержни, идущие по длине фюзеляжа (см. рис. 70), называются лонжеронами, вертикальные стержни — стойками, горизонтальные — распорками. Поперечное сечение фермы трех или четырехугольное. Материалом для изготовления фюзеляжей служит обычно сосна и только в перед-

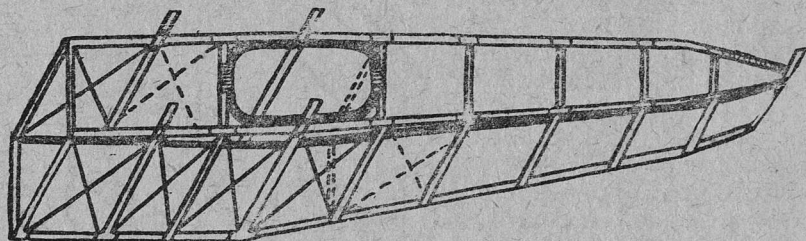


Рис. 70. Схема расчалочного фюзеляжа

ней части для усиления применяют иногда ясеневые накладки. Стержни скрепляются в узлах фанерными угольниками или металлическими башмаками.

Так как фюзеляж испытывает значительные нагрузки при давлении на рули в тот момент когда рули отклонены, а планер в силу инерции еще не успел изменить режима полета, то фюзеляжу необходимо придать жесткость: его расчаливают прутиками или проволокой. В передней части иногда ставят раскосы.

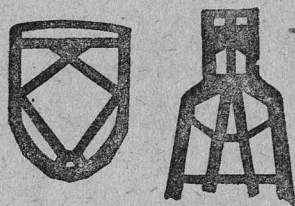


Рис. 71. Сечение шпангоутных фюзеляжей

Безраскосные или шпангоутные фюзеляжи не имеют ни лонжеронов, ни стоек. Форма фюзеляжу придается шпангоутами, т. е. установленными на некотором расстоянии друг от друга поперечными рамами. Жесткость фюзеляжа создается внешним фанерным покрытием. Оно или состоит из отдельных листов фанеры, или цельновыклеенное из однослойного березового шпона толщиной 1—2 мм, по форме фюзеляжа. Для подкрепления покрытия устанавливаются продольные рейки, называемые стрингерами. Конструкция шпангоутных фюзеляжей показана на рис. 71.

Ферменные фюзеляжи обтягиваются сверху полотном или покрываются фанерой. Для создания им хороших аэродинамических форм, на четырехугольные грани фюзеляжной фермы накладываются специальные каркасы, т. наз. коки. В этом отношении шпангоутные фюзеляжи имеют преимущества, т. к. они обычно получают аэродинамически выгодное сечение уже при постройке, без дополнительной установки каких либо обтекателей.

Сидение пилота обычно помещается в фюзеляже спереди ребра атаки крыльев. Вес фюзеляжа колеблется от 15 до 50 кг.

Конструктивная схема балки, заменяющей фюзеляж, состоит в следующем:

грузовая ферма (см. рис. 72,а) из нескольких горизонтальных и вертикальных стержней — стоек и раскосов, предназначенная для укрепления на ней крыльев, установлена на лыжу планера (б). Перед грузовой фермой монтируется обычно кабина — сидение пилота из фанеры, с фанерной же выгнутой спинкой. Лыжа состоит из двух полок: верхней — горизонтальной и нижней — дугообразной; к ней присоединяется на клею шурупамы полз (в). Полки усилены внутренними вертикальными стойками и раскосами и обшиты с обеих сторон фанерой.

С лыжей шарнирно соединена хвостовая балка, составленная двумя прямыми полками с промежуточными стойками, тоже обшитая фанерой (г). При установке планера в ангаре хвостовая балка подгибается для уменьшения занимаемой планером площади. Регулировка и укрепление хвостовой балки в полетном положении выполняется четырьмя проволочными расчалками, по две с каждой стороны, идущими от крыльев к хвостовому оперению (д).

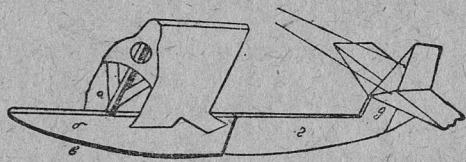


Рис. 72 а, б, в, г, д. Схема балки

Хвостовое оперение

Конструкция хвостового оперения как горизонтального, так и вертикального, подобна конструкции крыльев: ферма оперения также состоит из лонжеронов, нервю, раскосов и расчалки. Стабилизатор и киль имеют основной задний лонжерон, на котором у стабилизатора крепятся нервюры; специальный передний лонжерон бывает не всегда. Большей частью он одновременно бывает и лобовым ободом. При форме, близкой к треугольной, внутренней расчалки не ставят. Лонжероны делаются облегченного типа с вырезами в боковой переклейке.

Стабилизатор крепится сверху фюзеляжа (хвостовой балки) и поддерживается с каждой стороны одним-двумя подкосами. Крепление делается таким образом, чтобы можно было изменять угол установки стабилизатора по отношению крыльев 1) на земле перед полетом, 2) на земле и в полете („переменный стабилизатор“). В первом случае узел крепления одного из лонжеронов делается передвижным или в ушках крепления одного из лонжеронов делается ряд отверстий, позволяющих устанавливать стабилизатор под любым углом.

Во втором случае задний лонжерон стабилизатора крепится к трубе с червячной нарезкой, проходящей через помещенную

на фюзеляже гайку. Последняя приводится во вращение по желанию пилота помощью штурвала и троса и заставляет подниматься или опускаться трубу, а вместе с ней заднюю кромку стабилизатора. Могут быть и другие конструкции, в основном построенные на том же принципе.

Киль, устанавливаемый по оси симметрии планера иногда тоже делается смещающимся, для регулировки пути, при тенденции планера к заворачиванию.

В этом случае задний лонжерон кила конструируется вращающимся в трубе, а передняя кромка сдвигается от оси симметрии. Пределы передвижения стабилизатора и кила по $2-3^\circ$ в каждую сторону.

Рули высоты и направления по своей конструкции похожи на элероны: они имеют основной лонжерон, к которому крепятся хвостовые части нервюр, служащих продолжением стабилизатора и кила. Вдоль задней кромки проходит деревянная рейка или корытообразный профиль, создающий контур рулей.

Подвеска рулей, подобно элеронам, производится на шарнирах.

Для того, чтобы момент силы на рулях был меньше и вследствие этого управление было легче, иногда на рулях делают т. наз. аэродинамическую разгрузку („компенсация“). Для этого часть руля выдвигают по другую сторону оси привеса, давая этим момент, обратный моменту основной поверхности. Конструктивно компенсационная часть выполняется в виде продолженных нервюр и обода.

Рис. 73. Контур хвостовых оперений

Хвостовое оперение покрывается поверх каркаса матерчатой обтяжкой или фанерой.

Профиль горизонтального хвостового оперения (т. е. сечение его вертикальной плоскостью, расположенной по направлению воздушного потока) обычно бывает симметричным, реже несимметричным, т. е. подобно формам профилей крыльев. Вертикальное хвостовое оперение — почти всегда симметричное. Наибольшая толщина профиля — $0,05$ хорды.

Ввиду сравнительно небольшой скорости планеров, которые при этом должны быть хорошо поворотливыми (маневренными) для возможности использования непостоянных воздушных течений, все рули планера должны иметь возможно большую площадь, при достаточном удлинении.

Площадь руля высоты со стабилизатором должна быть не менее $\frac{1}{8}$ площади крыльев, площадь руля направления с килем — не менее $\frac{1}{2}$ площади крыльев.

На рис. 73 показаны различные контуры хвостового оперения; буквой „в“ обозначены компенсированные рули.

Шасси

Под центром тяжести планера или немного впереди центра снизу к фюзеляжу прикрепляется шасси (тележка), состоящая из двух колес, заменяемых иногда одним-двумя полозами. У некоторых типов планеров (УС—3, ПС—1 и др.) при наличии полоза имеется специальное отверстие для прохода оси колес на случай их установки. Широкие полозья более рациональны для разбега или посадки планера, чем колеса — на песчаном, кочковатом, болотистом грунте, при наличии канав, гряд и т. п. Кроме того, колеса дают добавочное лобовое сопротивление в полете (почему их иногда наполовину скрывают в фюзеляже), зато улучшают качество пробегания (рулежек ученика).

Поверхность полоза определяется из расчета 5—10 кв. см площади на каждый килограмм полного веса планера.

Для амортизации между нижней полкой лыжи и полозом помещают автоили велокамеру, губчатую резину, войлок, футбольные или теннисные мячи и т. д.

К заднему концу фюзеляжа (хвостовой балки) снизу прикрепляется костыль с амортизацией (иногда пружинный) для поддержания хвоста на земле и для предохранения от толчков на посадке.

Высота шасси, если оно есть, и костыля должна быть такова, чтобы наклон фюзеляжа (кабины с балкой) при посадке (около 15°) позволял бы крыльям иметь посадочный угол атаки (14—18° в зависимости от профиля крыльев).

Длина всего планера обычно в 1,5—3 раза меньше размаха крыльев; во всяком случае она должна быть такова, чтобы расстояние от центра тяжести планера до центра давления рулей высоты и направления было не менее трех метров.

Запускное приспособление

Устройство приспособления для запуска современных планеров состоит из запускного крюка и самопуска. Конструкция запускного крюка несложна: к крепящемуся при помощи нескольких болтов на нижнюю полку лыжи (или снизу одного из шпангоутных узлов) башмаку, приварен вертикальный, чуть скошенный назад, закругленный на свободном конце стержень. Общий вид крюка дан на рис. 74, где показано также простейшее запускное приспособление буксировочного типа, освобождающее амортизатор (или буксировочный трос) только по желанию пилота (рис. 74б).

Самопуск состоит из: 1) ручки, устанавливаемой в кабине пилота, на сидении, на ручке управления или сбоку на стенке

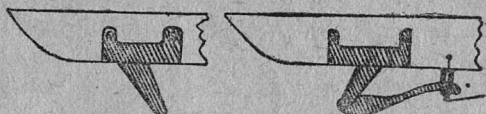


Рис. 74 а — 74 б. Крюк амортизатора

фюзеляжа (оотекателя); 2) проводки; 3) крюка самопуска, устанавливаемого на одной оси с нижними расчалками хвостовой балки (у планеров УС—3, ПС—1 и др.) под стабилизатором или на конце фюзеляжа.

Наиболее простой тип крюка самопуска, употребляемый на наших учебных планерах, показан на рис. 75.

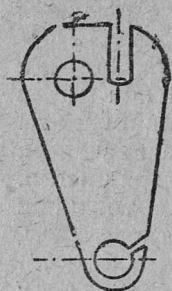


Рис. 75.

Крюк самопуска

Основные типы принятых в СССР планеров

а) Учебный планер, предназначенный главным образом для совершения скользящих полетов, обладает сравнительно большой V_u ; учитывая проходание на нем начального обучения с частыми грубыми посадками учеников, конструкция отличается простотой, дешевизной и известной сопротивляемостью ударам об землю при взрывах и парашютированиях на посадке.

В качестве учебного планера в СССР принят УС—3 (учебный серии 3-ей), конструкции инженера О. К. Антонова, называемый также „Стандарт“. Стоимость планера 1036 р. франко-завод. Недорогая цена является благоприятным условием для

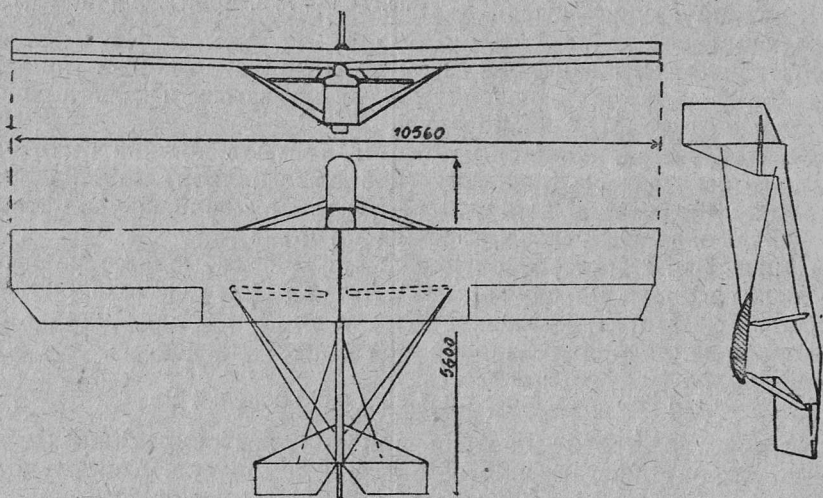


Рис. 76. Планер УС - 3

массовости распространения планера. Планер может выполнять и парящие полеты при наличии скорости восходящего потока больше скорости снижения ($1,15$ м/с). В Крыму на нем были совершены полеты до 10 часов продолжительностью (1932 г.) и до 1200 метров высотой (1933 г.). Вид планера в трех проекциях дан на рис. 76;

б) Парители подразделяются на учебно-тренировочные и рекордные. В основу конструирования первых кладутся требования простоты конструкции и ремонта ее, возможность вождения машины на пределе скорости без тенденции к быстрой потере ее, известная сопротивляемость ошибкам на посадке.

Резкой границы провести между обоими типами нельзя. Принятый у нас в качестве учебно-тренировочного парителя планер ПС—1 (паритель серии I-ой), конструкции инженера О. К. Антонова (см. рис. 77) на планерных слетах в Крыму добился ряда рекордов, стоящих на уровне мировых (высота, достигнутая этим планером—

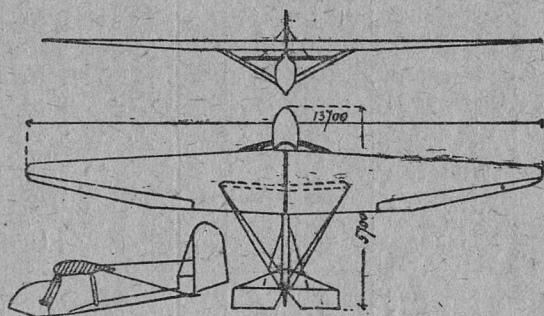


Рис. 77. Планер ПС-1

2230 метров над стартом). С другой стороны можно указать случаи постройки учебных парителей, напр., „Джалар-Аннама“ (Германия 1923) по образцу рекордного планера Шульца.

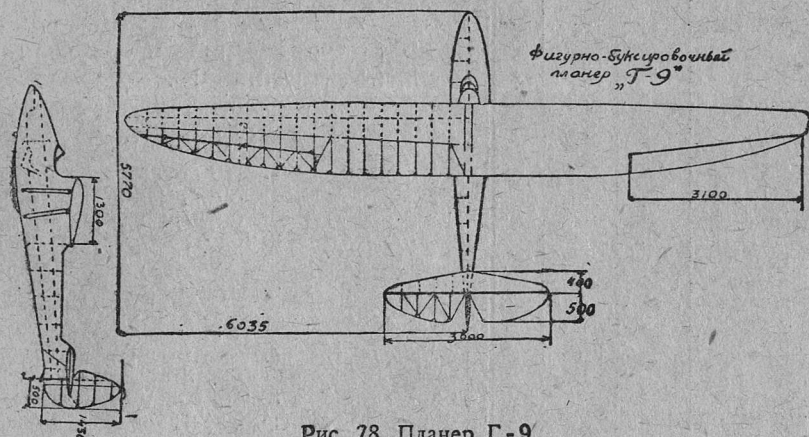


Рис. 78. Планер Г-9

Планер ПС—1, называемый также „Упар’ом“, стоимостью 1521 руб. франко-завод, в основном построен по схеме планера УС—3 (сравни их схемы), но с значительно улучшенными летными качествами. При прежних элементах конструкции — гондоле, подкосах, оперении (кроме руля поворотов, площадь которого увеличена), добавлены новое крыло (дужки КБ—2) и обтекатель.

№ п-п	Название и конструктор планера	Назначение	Число мест	Размах в метрах	Площадь крыла в м ²	Удлинен. крыла	Вес пустого го в кг	Полетный вес в кг	Нагрузка на кв. метра	Скорость крейсерская км/час	Скорость снижения м/сек	Качество
1	УС-3 „Стандарт“ констр. Антонов	учебный	1	10,56	15,64	7,13	88	168	10,6	46-50	1,15	11
2	ПС-1 „Улар“ констр. Антонов	тренировоч. паритель	1	13,7	17,04	11	104,7	184,7	10,8	50	0,85	14,5
3	Г-9 констр. Грибовский	фигурно-буксировоч	1	12,07	13,0	11,4	169,5	230	17,66	90-120	0,9	17
4	„Темп“ констр. Шереметьев	рекордный	2	17,2	23,0	12,9	211,1	371,1	16,1	1	—	—

в) В качестве фигурно-буксировочного планера в СССР принят планер Г—9, конструкции Грибовского (см. рис. 78). При проектировании в основу его были положены следующие требования: повышение норм прочности и жесткости; увеличение скорости полета порядка 90—120 км/час; большой диапазон скоростей; хорошие маневренность и устойчивость. Стоимость его 5706 р.

Планер предназначен для тренировочных полетов с совершением фигур: петель, штопора, переворотов и т. п. и буксировок за самолетом. На нем были совершены перелеты Москва—Феодосия (1932 г.) и Оренбург—Феодосия (1933) на буксире, выполнено около 200 фигур подряд и несколько полетов на спине.

Данные описанных планеров приведены в сравнительной таблице 13.

Контрольные вопросы:

1. Чем обуславливается контур крыльев? Какие контуры встречаются?
2. Какие детали составляют конструкцию крыла?
3. Расскажите конструкцию: а) ланжеронов, б) нервюр, в) подкосов, г) расчалок.
4. Укажите способы крепления крыльев.
5. Что такое фюзеляж? Каких типов они бывают? Определите различие ферменных и шпагоутных фюзеляжей.
6. Опишите конструкцию хвостового оперения. Что такое „компенсация рулей“?
7. Опишите устройство шасси планеров.
8. Какие типы планеров у нас приняты?

2. Нагрузки на планер в полете

Грамотное уяснение каждым пилотом природы и величины нагрузок при различных положениях планера в воздухе обеспечивает безопасность полета и сохранность материальной части.

Нормальной нагрузкой называется нагрузка при планировании на главном летном угле, когда $Ry = Q$. При криволинейном полете, как известно, подъемная сила больше веса, вследствие появления центробежной силы и достигает особенно большой величины при резком выходе из отвесного пикирования, когда равна $Q + Fc$. Отношение подъемной силы в любых условиях полета к подъемной силе при нормальной нагрузке

$$\frac{Ry_1}{Ry} \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \frac{Ryn}{Ry} \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot [40]$$

называется **перегрузкой**.

Наибольшие перегрузки у современных аппаратов достигают 6—8 крат.

Если нормальная нагрузка на крылья, допустим, будет 160 кг, а наибольшая перегрузка, допустим, 6, то это значит, что при такой перегрузке крылья будут нагружены силой в 960 кг (160 × 6). Когда крылья рассчитывают, то принимают, всегда некоторую страховку на случай возможного возникновения еще большей перегрузки и выражают эту страховку величиной „коэффициента безопасности“. В авиастроении этот коэффициент принят равным 1,75—2. В нашем примере, следовательно, крылья нужно сделать такими, чтобы они могли быть разрушены только под действием нагрузки $960 \times 2 = 1920$ кг.

Отношение разрушающей нагрузки к максимально возможной носит название „запас прочности“.

При запасе прочности, меньшем 1,75, в конструкции после больших перегрузок появляются остаточные деформации, т. е. изменения. Деталь после прекращения действия на нее нагрузки уже не принимает старой формы. При запасе прочности большем 2 вес конструкции увеличивается, что ухудшает летные качества аппарата и его полезную нагрузку. Употребление такой небольшой величины запаса прочности требует особой тщательности расчетов и внимательного наблюдения за состоянием аппарата при его работе. Так как многие сложные элементы конструкции трудно поддаются расчету, то в авиастроении широко используют т. наз. „статические испытания“. Отдельные детали и части аппарата подвергают той нагрузке, которая по расчетам должна быть разрушающей. Она, как мы видели, равна нормальной, умноженной на наибольшую перегрузку и запас прочности. Произведение этих двух множителей носит название „коэффициента статической перегрузки“.

Коэффициент статической перегрузки для каждой части планера, в зависимости от возможных случаев перегрузок, опре-

деляется отдельно. Силы могут быть приложены к крылу, к фюзеляжу и т. д. в различных точках и различного направления. В одном случае они заставят работать деталь на изгиб, в другом—на сжатие, кручение и т. д. Нижеследующая таблица, предложенная в „нормах прочности для планеров парителей по конкурсу 1933 г.“ дает об этом наглядное представление.

Табл. 14

Случай	Определение	Коэффициент статической перегрузки		Точка приложения равнодейств. сил и направление равнодейств.
		Норм.	Фиг.	
Крыло А	Выход из пикирования на посадочный угол. Расчет крыла на изгиб	7,0	10,0	Не дальше 35% хорды. Перпендикулярно хорде
	Криволинейный полет на спине. Расчет крыла на изгиб	4,0	5,0	25% хорды от носка. Сверху вниз перпендик. к хорде
Фюзеляж Вф	Кручение фюзеляжа при действии силы на вертикальн. оперение			
	Посадка со сносом. Расчет передней части фюзеляжа на изгиб .	1,0	1,2	В центре тяжести планера. Перпендикул. плоскости сил симметрии.
	Удар концом крыла об землю.	Усилие 50 к.	70 к.	Спереди назад в плоскости хорд.

Работа частей планера. Обращаясь к работе крыльев в полете, отметим сначала характер нагрузки на крыло. Подъемная сила крыла должна быть равна сумме весов фюзеляжа с нагрузкой и самого крыла; очевидно, что крыло будет изгибаться только той частью подъемной силы, которая поддерживает фюзеляж, почему из общей подъемной силы нужно вычесть вес крыла.

Распределение нагрузки между передним и задним ланжероном, а следовательно и величина их изгибающих моментов зависит от положения центра давления на крыле. Эта величина будет тем больше, чем больше перегрузка, площадь крыльев, размах и контур. В частности сужающиеся к концам крылья выгоднее, так как у них в частях наиболее удаленных от фюзеляжа и, следовательно, дающих максимальный изгибающий момент—глубина, а значит и нагрузка меньше.

Изгибающие моменты у свободнонесущих крыльев бывают очень велики: для их уменьшения применяют крылья, крепящиеся с помощью подкосов. Как мы упоминали при рассмотрении конструкции крыльев, если лонжероны свободнонесущего крыла работают на изгиб, то лонжероны, соединенные с фюзеляжем подкосами, работают:

- 1) в случае действия сил воздуха снизу, т. е. в нормальном положении планера — на изгиб на участке от конца крыла до подкоса и на сжатие — на участке от подкоса до фюзеляжа;
- 2) в случае действия сил воздуха сверху, т. е. в перевернутом полете — на изгиб на том же участке, что и в первом случае, но в обратном направлении и на растяжение — на участке от подкоса до фюзеляжа.

Сами подкосы при этом станут работать: в случае первом — на растяжение, в случае втором — на сжатие.

Кроме того, крыло в полете подвержено действию скручивающих сил. При нормальном полете угол закручивания лонжерона свободнонесущего крыла не больше $1-2^\circ$ на конце его; при большом размахе этот угол доходит до $3,5^\circ$ (и выше — на пикировании).

Перейдем к усилиям, возникающим в фюзеляже. На рис. 79 показаны усилия в частях вертикальной фермы при отклонении руля высоты вверх. Сила A , равная сумме сил „а“, действующих на руль, передается в точку 1, откуда разложится по нижнему лонжерону, сжимая его силой B и по расчалке IV—II, растягивая ее силой B . Передавшись в точку II, сила B разложится в свою очередь на силу Γ , которая растянет лонжерон II—III, и силу D , которая сожмет стойку II—V. В результате продолжения подобного разложения сил мы получим: а) нижний лонжерон окажется сжат, б) чем дальше от хвоста, тем это сжатие будет увеличиваться, в) верхний лонжерон таким же образом растянут, г) все стойки сжаты, д) расчалки, идущие в направлении, параллельном IV—II растянуты, остальные не работают.

Нетрудно доказать, что при руле высоты, отклоненном вниз мы будем иметь обратные явления: верхний лонжерон будет сжиматься, нижний растягиваться и т. д.

Аналогичным образом распределены усилия в горизонтальной ферме, при отклонении руля поворотов.

Поперечные рамки фюзеляжа работают на кручение при резких кренах аппарата, растягивая крестообразную расчалку, между узлами рамки.

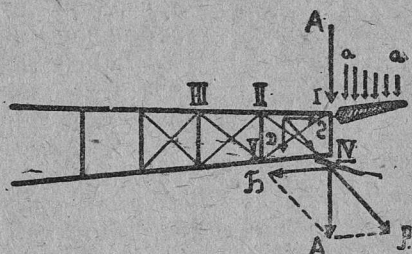


Рис. 79. Нагрузки на фюзеляж

Безраскосные (шпангоутные) фюзеляжи работают, как цельная трубообразная балка, при чем их конструкция должна предусматривать не только прочность, но и жесткость отдельных участков обшивки, работающей вместо расчалок и раскосок ферменного фюзеляжа.

Нагрузки на оперения достигают большой величины, когда пилот при большой скорости полета резким отклонением руля будет изменять угол атаки крыльев. Нагрузка на рули будет передаваться через стабилизатор и киль на фюзеляж.

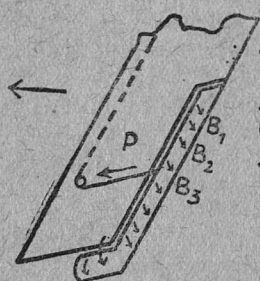


Рис. 80. Нагрузки на элерон

Характер работы лонжеронов стабилизатора аналогичен работе лонжеронов крыла и соответственно разный для свободнесущего стабилизатора и для стабилизатора с подкосами. Отличие от крыла только в том, что задний лонжерон дополнительно нагружен усилиями, передающимися от руля высоты.

Работа лонжеронов руля высоты, руля поворотов и элеронов существенно отличается от работы стабилизатора и крыльев. Изгибающие усилия сказываются обычно на рулях незначительно, так как их лонжероны, опираясь при помощи шарниров на стабилизатор и киль, являются как бы балками, лежащими на многих опорах. В то же время лонжероны рулей и элеронов подвергаются значительным скручивающим усилиям.

В самом деле, на отклоненный элерон (или руль — см. рис. 80) будут действовать силы: P — вследствие натяжения троса управления и $B_1 B_2 B_3 \dots$ вследствие давления воздуха. В результате лонжерон элерона или руля будет испытывать скручивающие усилия тем больше, чем длиннее участок лонжерона от его начала до кабанчика троса. Если на конце руля имеется компенсатор, то он уменьшает кручение лонжерона, так как в этом случае часть сил, действуя в разные стороны (на часть руля выдвинутую по другую сторону оси привеса и по основному лонжерону) — не будут лонжерон скручивать.

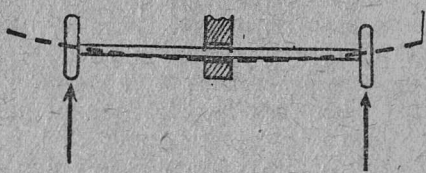


Рис. 81. Нагрузки на шасси

Касаясь работы частей управления, укажем только, что ручка управления и кабанчики работают на изгиб, троса на растяжение, тяги на растяжение и продольное сжатие.

Шасси планеров, большей частью состоящее из оси с двумя колесами, укрепленной в одной или двух точках, работает следующим образом: при нормальной посадке удар на колеса передается на ось, при чем ось изогнется, как это показано на рис. 81. Давление передается затем узлам крепления и сожмет

их. При полозе лыжи вместо колес, он будет работать на изгиб, передавая (через амортизацию, если она имеется) вертикальным стойкам сжимающие усилия и растягивая раскосы фермы.

Контрольные вопросы:

1. Что называется нормальной нагрузкой и перегрузкой?
2. Охарактеризуйте понятия: запас прочности; коэффициент статической перегрузки.
3. Подсчитайте наибольшую перегрузку, принятую при конструировании, если:
нагрузка нормальная принята . . . 230 кг.
нагрузка разрушающая „ . . . 3220 кг.
4. Как работают в полете части планера:
а) крыло г) хвостовое оперение
б) подкосы д) управление
в) фюзеляж е) шасси?

3. Оборудование планера

Устройство и оборудование пилотского места в планере должно быть таким, чтобы оно: 1) было удобным для расположения корпуса пилота без всякого напряжения; 2) позволяло свободное производство необходимых движений при пилотировании без риска зацепиться за какую либо деталь или ушибиться; 3) позволяло бы вести непрерывное наблюдение за показаниями приборов; 4) предохраняло бы, по возможности, пилота при несчастных случаях; 5) в случае необходимости позволяло бы ударом рук или плеч выбраться с парашютом.

Соблюдение третьего и пятого пунктов для учебных планеров не обязательно.

Оборудование делится на **постоянное**, составляющее одно целое с планером и устанавливаемое на нем в период постройки, и **установочное**, для установки которого предусматривается только место, иногда опора, а сама установка производится непосредственно перед полетом.

Дадим сначала принципиальную схему оборудования. Каждый планер, вне зависимости от своего назначения, должен быть оборудован: а) надежным ремнем установленного образца (для учебных планеров с 1934 г. такой широкий пилотский ремень — грудно-плечевой высылается заводом вместе с планером) с быстро открывающимися застежками; для фигурных полетов плечевые и педальные (для ног) ремни обязательны; б) кожаной или войлочной подушкой по размерам сидения; в) чехлами для закрытия выреза пилотского места, размеров и формы, гарантирующих планер от попадания влаги во внутрь конструкции.

Планеры-парители (особенно рекордного типа) должны иметь ширину сидения в плечах и на уровне локтей не менее 540 мм для обеспечения возможности легкого выбрасывания пилота.

Сами сидения должны быть приспособлены для пилота с парашютом. Рекомендуется снабжать пилотское место легкосъемными целлулоидными крышками (значительно уменьшающими Rх пилота) с тем, однако, чтобы пилот с своего места имел хороший обзор вперед, вбок и назад на 45° от направления полета. В пилотской кабине парителей должно быть предусмотрено место для помещения приборов: высотомера, указателя скорости, вариометра, указателя поворотов и высотографа. Приборы можно размещать и вне кабины в поле зрения пилота. Кроме того, обязательно предусматривается место для индивидуального санитарного пакета, сигнальных выпелов и карман для формуляра.

Для получения права совершения ночных полетов планеры снабжаются осветительным оборудованием.

Табл. 15

Группа оборудования	Предмет	Количество	Вид оборудования	Где применяется
Оборудование безопасности полета	Парашют	1	устан.	на парит и фигури.
	Ремень —			
	пояс	1	постоян.	на всех
	плечевые	1	„	на парит. и
	Индивид. пакет	1	устан.	фигури.
Приборы	Высотомер	1	постоян.	на фигурных и парителях
	Высотограф	1	„	
	Указат. скорости	1	„	
	Указат. поворота	1	„	
	Вариометр	1	„	
Осветительное	Сигн. фонарь	1	устан.	на ночных полетах всех планеров
	Бортовые фонари	3	постоян.	
	Освещен. приборн. доски	—	„	
Специальн.	Вымпела сигнальн.	1—5	установ.	на рекордных
	Голуби почтовые	2	„	
	Продрезерв	на 1 день	„	
	Чехлы	1	установ.	на всех на парит. и в фигурных
	Подушка	1	„	
	Формуляр	1	„	

Теперь перейдем к рассмотрению приборной группы, устройство и применение которой, в отличие от прочих предметов оборудования, требует специального ознакомления.

Указатели скорости. Назначение этого прибора — указывать величину воздушной скорости планера каждый данный момент полета. Тогда, когда планер целиком находится в воздухе и не соприкасается непосредственно с землей, ветер, дующий с равномерной скоростью, совершенно не изменяет воздушной скорости планера. В самом деле, мы знаем, что ветер это горизонтальное перемещение воздушных масс. Находящийся в одном

из таких перемещающихся воздушных слоев планер относительно земли будет иметь скорость путевую (W) не одинаковую с воздушной. Так например, если планер летит с воздушной скоростью 10 м/с и навстречу ему дует ветер тоже со скоростью 10 м/с , то относительно какой либо земной точки планер путевую скорость будет иметь равной нулю, т. е. казаться стоящим на месте: насколько планер продвинется относительно воздушного слоя за единицу времени настолько же его ветром (т. е. вместе с перемещающимся слоем) отодвинет назад.

Воздушная же скорость, независимо от ветра будет постоянной (меняясь лишь от угла планирования) и характеризуется аэродинамическим давлением встречного потока воздуха.

Заметим попутно, что на взлете — посадке, когда планер связан с землей, скорость ветра входит в величину воздушной скорости (V), как это мы видели при расчете набора высоты на взлете (раздел 4). То же самое происходит и в момент порывов ветра.

Связь между воздушной скоростью и аэродинамическим давлением выражается формулой:

$$V = \sqrt{p \frac{2g}{\gamma}} \dots \dots \dots [41]$$

где p — аэродинамическое давление, g — ускорение силы тяжести, γ — весовая плотность 1 куб. метра воздуха.

Назначение частей прибора в таблице к рис. 82:

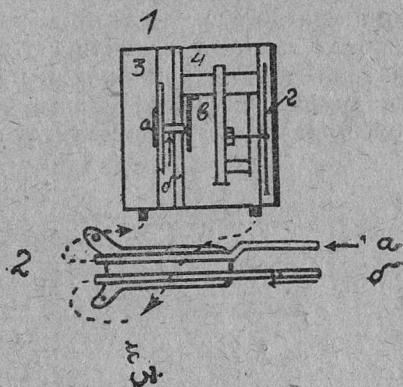


Рис. 82. Указатель скорости

Табл. 16

№ на рис.	Наименования	Назначение
1 2	Корпус прибора Приемник	Устанавливается во встречном потоке воздуха и воспринимает аэродинамическое давление. а) аэродинамическая трубка воспринимает давление встречного потока, б) нифер — служит для уравнивания воздуха снаружи и в статической камере прибора (4) через боковые отверстия трубки.
3	Динамическая камера	Воспринимает аэродинамическое давление из приемника и передает его через выгибающуюся мембрану (а) со штифтом (б) и стальную пружину (в).
4	Статическая камера	В этой камере находится пружина (в) и передаточный механизм. Давление через нифер поддерживается равным наружному.

Для правильной оценки показаний указателя скорости нужно знать, на какую плотность воздуха он рассчитан, и вводить соответственно поправки при полете в среде, с отличной от расчетной плотностью.

До настоящего времени наиболее употребительны были указатели скорости завода Авиаприбор—ГА с приемником типа Пито, системы Клифт. Размеры прибора $108 \times 108 \times 63$ мм, вес прибора 582 г. Вес приемника 118 г (сейчас заводом выпускаются также указатели скорости другой марки с тонкостенной металлической коробочкой внутри корпуса; она служит деталью, воспринимающей аэродинамическое давление воздуха). Надежное действие прибора достигается: 1) герметичностью обоих камер

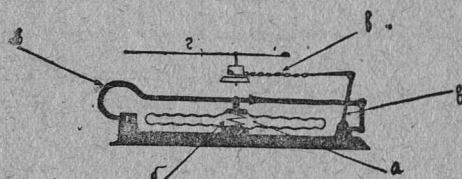


Рис. 83. Высотомер

прибора и воздухопроводов; 2) отсутствием засорения или смятия трубок приемника; 3) отсутствием искривлений приемника и точностью его расположения параллельно линии полета (т. е. строго навстречу воздушному потоку). Место установки прибора на планере не регламентировано.

Нужно только следить, чтобы шкала и стрелка были открыты свободно наблюдению пилота, чтобы приемник в полете встречал неискаженный поток (отсутствие вблизи приемника завихрений), чтобы радиус изгиба воздухопроводов был не менее 8—10 см. Вместо резины в местах соединения трубок выгоднее употреблять дюрит, как не боящийся мороза.

Высотомер и высотограф. Принципиальное устройство обоих приборов одинаково. Назначение—высотомера: указывать относительную высоту полета в каждый данный момент; высотографа—записывать высоту на специальной ленте в продолжение всего полета.

Приборы показывают только относительную высоту, т. к. имеют ряд ошибок, часть которых учесть невозможно.

Действие высотомеров (и высотографов) основано на законе изменения давления воздуха с высотой. Основным механизмом, воспринимающим это изменение давления, служат тонкостенные, металлические коробочки (наз. „анероидными“). Види, по поверхности гофрированные (одна, две и больше. См. рис. 83). Из коробочек воздух выкачан, а внутри помещена пружина, предохраняющая их от сплющивания (б) наружным давлением воздуха. При подеме на высоту давление на наружные стенки коробочек уменьшается, пружина раздвигает, выпячивает стенки и передает это движение при помощи передаточного механизма (в) на стрелку (2) высотомера или перо высотографа, при чем последнее чертит на ленте вращающегося барабана соответственную кривую. (см. рис. 84).

Так как приборы рассчитаны на определенную температуру, то всякое ее изменение дает ошибку в показаниях (которую можно при помощи специальных таблиц учесть). Кроме того, прибор перед полетом устанавливается с поправкой на изменившееся у земли давление (т. е. нуля шкалы подводят специальным винтом под стрелку). Взлетев над склоном, планер над долиной будет иметь не ту высоту, которую покажет прибор, так как склон и долина не на одном горизонтальном уровне. Эту ошибку тоже можно исправить, учтя превышение склона над долиной.

Наконец, при полете на одной и той же высоте прибор может показывать разное в начале и в конце полета, вследствие изменения давления воздуха на этой высоте за время полета. Эту ошибку учесть и исправить невозможно.

Кроме того, высотомеры и высотографы имеют ряд инструментальных поправок на ошибки, происходящие от усталости материала после продолжительной эксплуатации, трение, люфты, запаздывание показаний при резких изменениях высоты полета и т. п. Размеры высотомеров $105 \times 105 \times 50$ мм. Вес — 415 г.

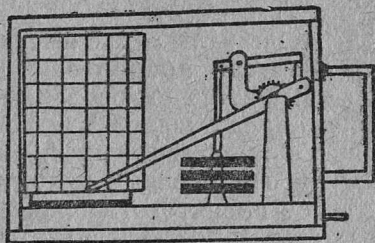


Рис. 84. Высотограф

При установке высотомера необходимо соблюдение следующих требований:

- 1) наблюдение за прибором должно производиться с возможно меньшей ошибкой параллакса (т. е. искажения отсчетов стекла, вследствие положения пилота под углом к плоскости стекла);
- 2) искажения показаний под влиянием динамического давления воздуха должны быть минимальны, т. е. прибор не следует располагать в планере в возможных местах завихрений.

У нас употребляется сейчас высотомер ЭА (Эллиот-Авиа-прибор).

Высотограф для предохранения от действия толчков на взлете и посадке подвешивают обычно на специальных амортизаторах (резиновых или пружинных).

Вариометр. В некоторых случаях представляется необходимым знать не только высоту полета, но и скорость под'ема или спуска планера. Для этой цели употребляются специальные приборы, называемые вариометрами.

Стеклянный баллон или упомянутая уже коробочка Види соединяется с наружным воздухом при помощи капиллярной (чрезвычайно малого диаметра) трубки. В начальном положении давление воздуха внутри баллона (коробочки Види) выравнено с наружным. Как только наружное давление, вследствие под'ема или спуска, начнет изменяться — выравнивание давления вследствие капиллярности трубки будет медленным и в зависимости

от скорости изменения наружного давления будет создаваться большая или меньшая разность наружи и внутри баллона (коробочки Види).

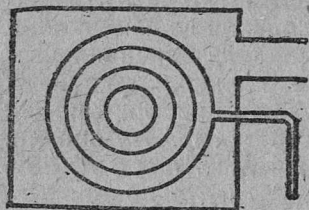


Рис. 85. Схема вариометра

Величина разности давлений за определенную единицу времени, по истечении которой наступает выравнивание наружного и внутреннего давления — определится:

а) при наличии баллона — изменением положения жидкости в U-образной трубке манометра;

б) при наличии коробочки Види — выпячиванием стенок коробочки (при

подъеме) или сжатием их (при спуске) и передачей этого движения на стрелку.

Принципиальная схема вариометра второго рода дана на рис. 85.

Указатель поворотов, называемый иногда курсодержателем, представляет из себя прибор, предназначенный отмечать отклонения аппарата от ранее принятого направления. Особенное значение он имеет при выполнении ночных полетов, в тумане или облаках, вообще вне видимости земли. Указатель поворотов основан на принципе

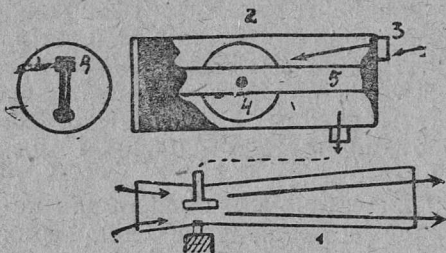


Рис. 86. Схема указателя поворотов

жироскопа (волчка). Как известно, жироскоп имеет два важных свойства: 1) при отклонении его какой либо силой жироскоп (волчок) стремится сохранить ось своего вращения в пространстве, т. е. вернуться в прежнее положение, 2) если невозможно

это выполнить, жироскоп будет „прецессировать“, т. е. поворачиваться в плоскости, перпендикулярной к направлению действующей на него силы.

Схема указателя поворотов дана на рис. 86. Так называемая „трубка Вентури“ (1), вследствие создаваемого в ней разрежения, при прохождении

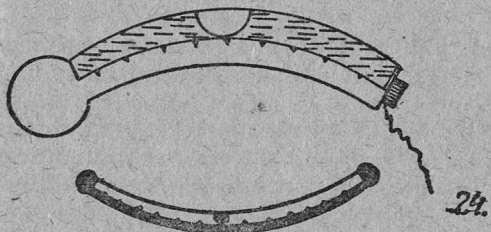


Рис. 87. Схема уклонометра

встречного воздушного потока, отсасывает воздух из корпуса прибора (2). Снаружи воздух поступает через решетчатое окно (3) сильными струями поступает в корпус и ударяясь в грани турбинки (4) заставляет ее с большой скоростью вращаться. Турбинка

т служит в приборе жироскопом — волчком. При повороте планера турбинка стремится вращаться в прежнем направлении, но связанная с корпусом указателя (а следовательно и с планером), она вынуждена повернуться вместе с ними. Тогда по закону прецессии турбинка отклонится в перпендикулярной повороту плоскости вместе с качающейся рамой, на которой помещены опоры осей турбинки (5), заставляя тем самым стрелку прибора отойти от нуля шкалы. Спиральная пружина возвращает затем турбину с рамой в прежнее положение.

Так как при повороте одновременно весьма важно знать имеется ли крен (при невидимом горизонте), то на шкале указателя поворотов устанавливается уклономер — изогнутая стеклянная трубка, наполненная жидкостью, с металлическим шариком внутри. При кренах шарик, отходя в сторону от середины трубки, больше или меньше, в зависимости от величины крена, позволяет пилоту судить о положении его машины в воздухе. Уклономер показан на рис. 87.

Размеры указателя поворотов $75 \times 75 \times 150$ мм. Вес — 780 г.

Контрольные вопросы:

1. Каких типов оборудование бывает на планерах?
2. Опишите принцип работы приборов: высотомера, указателя скорости и др.

Часть третья

Эксплуатация планеров

Эксплуатацией планера называется осуществление всей совокупности вопросов, связанных с его использованием. Сюда необходимо отнести полетную работу планера, хранение, сборку, разборку и регулировку его, работу на старте, ремонт, транспортировку и т. д.

Продолжительность работы и нормальные условия использования планера прямо пропорциональны качеству эксплуатации: как показывает практика отдельных планерных организаций, недостаточная борьба за высокое качество эксплуатации планера приводила к понижению сроков службы планера больше чем вдвое, а в течение самой службы — к большому количеству летных происшествий.

Качество эксплуатации, кроме того, влияет и на экономическую сторону работы планерных организаций, на стоимость каждого полета в отдельности и обучения группы учеников в целом. Зависимость между ними обратно пропорциональная: чем ниже качество, тем выше стоимость. Если, например, планер с доставкой обходится в среднем 1500 рублей (планеры учебного типа), то при выполнении нормы летной работы в 2000 посадок стоимость одного полета = 75 коп.

С сокращением срока службы до 1000 посадок один полет будет уже стоить 1 руб. 50 к.

Если при этом возрастает количество ремонтов, то считая нормально затраты на ремонт планера в течение его службы 150—200 руб., мы соответственно будем еще удорожать стоимость каждого полета на 7—10 коп. при двукратном увеличении ремонтов и израсходуем стоимость еще одного планера при десятикратном увеличении.

Совершенно ясно, что борьба за выполнение контрольных цифр отработки планерных контингентов, за снижение стоимости обучения планериста, а следовательно и за массовость планеризма, за безопасность полета — требует от нас самого тщательного изучения и выполнения правил эксплуатации.

1. Хранение планера

Как показывает там практика, условия хранения влияют на долговечность службы планера.

Помещение для хранения планеров должно быть достаточной площади, иметь ворота, свободно допускающие пронос планера, светлое, сухое и легко вентилируемое. Содержаться помещение должно в чистоте, т. к. сырость и грязь — рассадники гниения, разрушительно действующего на конструкцию планера. Планер должен храниться в условиях, обеспечивающих его от вредных атмосферных влияний. Как исключение, можно допустить хранение планера на воздухе, но не более 5 дней и то при условии хорошего покрытия обтяжки и при отсутствии в это время дождей. В зависимости от интенсивности и регулярности полётной работы планера, а также от наличия площади хранения, планер хранится:

- а) в собранном виде,
- б) в полусобранном виде,
- в) в разобранном виде.

При хранении планера в собранном виде обязательно соблюдение следующих правил:

- 1) Каждый планер должен иметь свое, строго определенное место.
- 2) Планер устанавливается не непосредственно на пол, а на специальные козелки — один под центром тяжести, один под хвостом и один под концом крыла.
- 3) В целях экономии площади планеры устанавливаются так, чтобы крыло одного планера заходило под крыло другого с расчетом оставить расстояние между кабинами соседних планеров не менее 7 м.
- 4) Планеры устанавливаются боком к воротам с наклоном на крыло, расположенное в сторону ворот.
- 5) Планер привязывается за специальное ушко наклоненного крыла к полу.
- 6) При наличии у планера колесного шасси с амортизацией, конструкция козелка под лыжей должна предусматривать разгрузку амортизации при стоянке планера.

Правила хранения планера в полусобранном виде, т. е. с подогнутой хвостовой балкой, отличаются от правил хранения в собранном виде только тем, что освобожденные при складывании хвоста расчалки должны быть обязательно свернуты в кольцо. Кроме того, высота козелков под лыжей и хвостом должна быть различной, чтобы предохранить планер от напряжений, возникающих в месте сгиба балки и могущих вызвать поломку стоек лыжи.

При хранении планера в разобранном виде обязательно соблюдение следующих правил:

- 1) Планер разбирается согласно раздела второго „Разборка, сборка и регулировка“.
- 2) Крылья планера устанавливаются вертикально, передней кромкой вниз на специальных стеллажах, опираясь на них не

менее, как в четырех точках, равномерно расположенных по длине крыла.

3) Расстояние между соседними крыльями должно быть не менее 10 см, высота передней кромки над полом не менее 50 см.

4) Крыло привязывается к вертикальным стойкам стелажей в двух точках, за крепление заднего ланжерона к ферме и за крайнюю пирамидку шарниров элерона.

5) Грузовая ферма (кабина) с балкой хранится в нормальном для них положении в специальных „стойлах“, стелжах, приподнятых от земли не менее 50 см.

6) Стабилизатор с рулями высоты и киль с рулем поворота хранятся в специальных стелжах: устанавливаются передними кромками вниз и закрепляются во избежание перемещения не менее, как в двух точках.

7) Подкосы крыла хранятся в специальных стелжах по комплекту в каждом гнезде; высота над полом не менее одного метра.

8) Перед установкой все части планера должны быть тщательно очищены от пыли и грязи, а металлические — смазаны тавотом.

9) Укладка в стелажі замоченных частей воспрещается.

Кроме того, необходимо соблюдать следующие правила:

1) Планер перед установкой его на хранение безразлично в каком виде, должен быть тщательно очищен от пыли и грязи, а металлические части его должны быть смазаны тавотом.

2) Привязывание планера не должно вызывать в его конструкции напряжений.

3) Расстановка планеров должна обеспечивать достаточные проходы в любом направлении и возможность производства простейшего ремонта.

В случае необходимости хранения планера на воздухе нужно руководиться следующими правилами:

1) Место хранения должно быть возможно более укрыто от предполагаемого или имеющегося ветра.

2) Планер должен быть хорошо привязан: за специальные ушки на крыльях, за балку у киля и за ферму в месте прохода коромысла управления элеронами сквозь обтекатель. Кроме того концы крыльев следует подпирать деревянными стойками с прокладкой из войлока, что предохранит крылья от разбалтывания.

3) Органы управления, т. е. рули и элероны обязательно закреплять. Первые — при помощи реек, охватывающих с двух сторон руль высоты с неподвижной частью оперения, элероны же при помощи зажимов, представляющих собой две рейки, длиной 60—70 см, соединенных тесьмой или шпагатом так, чтобы они представляли собой букву Н. Перекладина Н заводится между торцами элеронов и крылом, но не далее чем 12 см, от его заднего ребра, при чем рейки соответственно располагаются — одна сверху крыла, другая снизу.

4) Все отверстия, через которые возможно проникновение влаги внутрь конструкции, должны быть плотно закрыты.

2. Сборка, разборка и регулировка

При сборке и разборке любого планера необходимо соблюдение следующих правил:

1) Место сборки или разборки должно быть достаточно защищено от ветра; желательно закрытое помещение. При ветре более 8 м/с сборку и разборку планера вне помещения производить воспрещается.

2) Все части планера, при его сборке или разборке независимо от места, должны постоянно находиться под наблюдением.

3) Все части должны ставиться на свое место или сниматься совершенно свободно, т. е. без какой либо подгонки силой, т. к. последнее почти всегда приводит к поломке.

4) Соединительные детали — болты, валики, тендеры и проч. сразу же после соединения или раз'единения частей, к которым они относятся, должны быть установлены на свои места и законтрены. Хранение их (кроме запасных) отдельно от планера и не на своих местах воспрещается.

В целях возможно более рационального использования времени и в учебно-тренировочных целях разборка планера должна производиться согласно следующих правил:

а) Разборка планеров типа УС-3—ПС-1

Разборка планера производится под наблюдением инструктора и руководством механика группы (или лица его заменяющего) не менее как семью человеками, имеющими присвоенные каждому соответствующие (от 1 до 7-го) номера.

Планер разбирается на следующие части: а) крылья, б) грузоферма с балкой, в) стабилизатор с рулем высоты, г) киль с подкосами оперения и рулем поворотов, д) подкосы крыльев, е) обтекатель. Дальнейшая разборка обычно не производится.

Процесс разборки разбит на пять отдельных операций, соблюдение последовательности которых обязательно при любом составе группы.

Операция 1-я. Планер устанавливается хвостом к ветру.

№ 7 снимает с'емный обтекатель и ставит его впереди планера, поворачивая носом к ветру.

№№ 6 и 5 раз'единяют: первый — левые, а второй — правые расчалки хвоста, свертывают их в кольца и устанавливают зажимы на элероны своей стороны.

№№ 4 и 2 держат планер: первый за конец левого, второй за конец правого крыла.

№№ 3 и 1 снимают подкосы крыла, первый с левой стороны, второй с правой.

Операция 2-я. № 7 держит кабину за подголовник сидения. №№ 6 и 5 устанавливают зажимы на руле высоты и руле поворота.

№№ 4 и 2 тоже, что в первой операции.

№№ 3 и 1 раз'единяют тяги элеронов и снимают булавки с валиков крепления крыла к ферме.

Операция 3-я. № 7 — то же, что во второй операции.

№№ 6 и 5 раз'единяют троса управления руля высоты и руля поворота, свертывая их в кольца.

№№ 3 и 1 вынимают валики, соединяющие крылья с фермой. Вместе с №№ 4 и 2 снимают крылья и относят в ангар, где и устанавливают на свои места в стелаж.

Операция 4-я. № 7 то же, что и операция вторая.

№№ 3 и 1 возвращаются и устанавливают валики на свои места.

№№ 4 и 2 возвращаются и уносят подкосы крыла.

№№ 5 и 6 снимают оперение и раз'единяют киль со стабилизатором.

Операция 5-я. №№ 7, 3 и 1 уносят кабину с хвостовой балкой.

№№ 5 и 6 уносят стабилизатор с рулем высоты.

№ 4 уносит киль с рулем поворота.

№ 2 уносит с'емный обтекатель.

До установки планера в исходное для разборки положение неучаствующие в разборке из числа учлетов группы очищают планер от пыли и грязи.

Номерной расчет сохраняется для всех случаев разборки, сборки и регулировки.

При складывании хвоста необходимо придерживаться следующих правил:

1) Складывание хвоста также производится под руководством механика (из числа учеников) или лица его заменяющего.

2) Складывание хвоста производится в две операции.

Операция 1-я. После того, как планер установлен в исходное положение с учетом направления ветра.

№ 7 снимает обтекатель и садится в кабину,

№ 4 держит планер за конец левого крыла, упираясь в задний ланжерон,

№ 2 держит планер за конец правого крыла, упираясь в его переднюю кромку,

№№ 1 и 3 поднимают хвост планера — первый за балку у переднего ребра кия, второй за бобышку костыля и нажимают его вправо,

№№ 5 и 6 вынимают валик из крепления на лонжероне правого крыла и свертывают расчалки в кольца.

Операция 2-я. №№ 4 и 2 — то же, что в первой операции.

№№ 1 и 3 — отводят балку влево,

№№ 5 и 6 привязывают ослабевшие троса и расчалки к балке, следя за тем, чтобы они не перепутались и не закрутились.

№ 7 встает с сидения и одевает обтекатель.

Контрольные вопросы:

1. В чем заключаются правила хранения планера в собранном виде?
2. То же в полусобранном виде?
3. То же в разобранном виде?
4. Что необходимо соблюдать при хранении планера на воздухе?
5. Перечислите операции при разборке планера.
6. То же при складывании хвоста.

б) Сборка планеров типа УС-3 — ПС-1

Сборка планера производится под наблюдением инструктора и под руководством механика (из числа учеников) или лица его заменяющего. Процесс сборки состоит из девяти последовательных операций, соблюдение порядка которых обязательно при любом составе группы.

Операция 1-я. №№ 7 и 6 приносят на место сборки по указанию механика грузовую ферму с кабиной и балкой и устанавливают ее в исходное положение хвостом к ветру, после чего № 7 удерживает ферму за заднюю стойку, а № 6 снимает съемный обтекатель и возвращается к месту хранения частей планера.

№№ 1 и 2 приносят правое крыло и кладут его справа от кабины.

№№ 3 и 4 тоже выполняют с левым крылом

№ 5 приносит подкосы и передает их №№ 1 и 3.

Операция 2-я. №№ 1 и 3 вынимают валик крепления крыла к ферме и присоединяют поочередно крылья к ферме.

№№ 2 и 4 держат крылья за концы, помогая №№ 1 и 3.

№ 7 удерживает ферму за заднюю стойку и одновременно помогает №№ 1 и 3, поддерживая крылья за торцы.

№№ 5 и 6 приносят стабилизатор с рулем высоты и кладут позади балки.

Операция 3-я. №№ 1 и 3 подготавливают к установке подкосы крыла.

№№ 2 и 4 держат за концы крылья.

№ 7 снимает зажимы с элеронов.

№ 5 смотрит за стабилизатором.

№ 6 приносит киль с рулем поворота.

Операция 4-я. №№ 1 и 3 устанавливают последовательно передние и задние подкосы крыла.

№№ 2 и 4 тоже, что во второй операции.

№ 7 помогает №№ 1 и 3.

№№ 5 и 6 соединяют стабилизатор с килем.

Операция 5-я. №№ 1 и 3 соединяют тяги управления элеронами с качалками каждый со своей стороны.

№№ 2 и 4 держат за концы крыльев и отклоняют свои элероны, помогая этим №№ 1 и 3.

№ 7 садится на сидение и удерживает ручку и педаль в нейтральном положении.

№№ 5 и 6 устанавливают оперение на балку.

Операция 6-я. № 5 держит оперение за киль.

№ 6 присоединяет расчалки хвоста к левому крылу.

№№ 1 и 3 смазывают трущиеся части своих крыльев, одновременно проверяя контровку соединений и проводку тросов к элеронам.

№№ 2 и 4 тоже, что в третьей операции.

№ 7 сидит в кабине, двигая ручкой по усмотрению механика.

Операция 7-я. № 6 держит оперение за киль.

№ 5 присоединяет расчалки хвоста к правому крылу.

№№ 2 и 4 тоже, что и в третьей операции.

№ 7 тоже, что и в шестой операции.

№№ 1 и 3 — готовят троса управления руля высоты и руля поворотов.

Операция 8-я. № 6 присоединяет троса управления к левой половине руля высоты и левому кабачику руля поворотов.

№ 5 тоже, с правой стороны хвостового оперения.

№ 7 тоже, что в шестой операции.

№№ 2 и 4 тоже, что в третьей операции.

№№ 1 и 3 смазывают тавотом шарниры оперения, одновременно проверяя их контровку.

Операция 9-я. №№ 1 — 6 становятся на свои исходные места.

№ 7 смазывает трущиеся места командных рычагов и докладывает механику об окончании сборки.

При сборке необходимо помнить:

а) подкосы крыла крепятся первоначально к крылу, а затем к ферме;

б) хвостик соединяемого тендера должен быть ввернут в свою муфту не менее, чем на пять полных оборотов;

в) присоединенная к тендеру проволока или трос не должны быть закрученными.

в) Регулировка планера

По окончании сборки планер следует отрегулировать, что для обоих типов дело сравнительно простое, но требует определенных навыков и последовательности.

Процесс регулировки делится на два этапа:

1) Придание планеру геометрически правильной схемы.

2) Регулировка органов управления.

Последовательность этапов должна обязательно соблюдаться: только после регулировки схемы нужно начинать регулировку управления.

Регулировка схемы для планеров УС-3, и ПС-1 сводится к регулировке хвостовой балки и оперения. Эта работа выполняется по непосредственным указаниям инструктора, под руководством механика, при обязательном соблюдении следующих правил и последовательности:

Исходное положение.

№ 6 стоит у места крепления расчалок к левому крылу.

№ 5 тоже, но у правого крыла.

№№ 2 и 4 держат за концы крыльев.

№ 7 стоит у заднего ребра руля поворотов.

№ 1 стоит рядом с № 7, имея в руках рулетку (свободный конец).

№ 3 стоит у конца левого крыла, имея в руках другой конец рулетки (с футляром).

Операция 1-я. № 7 приподнимает хвостовую балку и кладет ее себе на плечо в месте бобышки костыля.

№№ 6 и 5 регулируют расчалки балки по указаниям механика,

№№ 2 и 4 удерживают крылья планера в горизонтальном положении.

№№ 1 и 3 по указанию механика измеряют расстояние от оси балок по ее заднему обрезу до верхнего угла конца заднего лонжерона крыла. По достижении одинаковых расстояний вправо и влево (разница допускается не более 5 мм) регулировка хвостовой балки считается законченной и № 7 опускает хвост на землю.

Операция 2-я. №№ 2 и 4 тоже, что и в первой операции,

№№ 5 и 6 по указанию механика регулируют расчалки крыла,

№№ 1 и 3 измеряют расстояния от осевой линии верхнего конца лонжеронов киля до верхних углов концов заднего лонжерона крыльев. По достижении одинаковых расстояний вправо и влево (или разницы не более 3—5 мм) регулировка киля считается законченной.

№ 7 снимает с'емный обтекатель.

Операция 3-я. №№ 2 и 4 тоже, что и в первой операции.

№№ 5 и 6 контрят тендеры расчалок.

№№ 1 и 3 свертывают рулетку.

№ 7 протирает расчалки, проверяя их состояние.

По выполнении указанных работ регулировка схемы планера заканчивается. Затем приступают к регулировке органов управления: а) элеронов, б) руля высоты, в) руля поворотов.

Механик садится на сидение пилота и удерживает командные рычаги в нейтральном положении, т. е. педаль перпендикулярно лыже, а ручку перпендикулярно горизонтальной плоскости лыжи в расстоянии 626 мм от передней стойки фермы до оси ручки.

Регулировка элеронов, при отсутствии слабины или чрезмерной затянутости их тросов производится путем регулирующего конца тяги №№ 1 и 3 по указаниям механика. Элероны должны быть отрегулированы так, чтобы их задние ребра, при нейтральном положении ручки, имели провисание относительно ребра обтекания крыла не более 10 мм. Если обнаружится неодинаковость отклонения элеронов, необходимо обратить внимание на положение качалок, которые должны стоять симметрично, причем ось их противоположных плеч должна быть перпендикулярна

оси лонжерона. Регулировка рулей высоты производится №№ 5 и 6 при помощи тендеров, имеющих на каждом кабанчике руля.

Техника регулировки такова: при нейтрально зажатой ручке, троса от верхних кабанчиков рулей подтягиваются так, чтобы заднее ребро перешло свое нейтральное положение примерно на 5 мм после этого подтягиваются троса от нижних кабанчиков. Необходимо, чтобы рули высоты составляли симметричное продолжение стабилизатора, когда ручка в нейтральном положении. Регулировка руля поворотов выполняется №№ 5 и 6 при помощи тендеров, имеющих на концах кабанчиков руля. № 5 удерживает руль поворота за заднее ребро в нижней его части в нейтральном положении. № 6 подтягивает поочередно правый и левый тендеры. Требуется, чтобы руль поворотов при нейтральном положении педалей представлял симметричное продолжение кия.

При регулировке следует помнить, что: 1) натяжение всех тросов и расчалок должно быть умеренным, но отнюдь не слабым и не чрезмерно тугим; 2) при закручивании муфт тендеров не допускать закручивания присоединенной к тендеру проволоки или троса, что может вызвать впоследствии нарушение регулировки и даже обрыв (проволки, троса). При тугом тендере или наоборот люфте между муфтой и хвостом — тендер заменять; 3) натянутую проволоку и трос обязательно конtring; 4) достаточную натяжку расчалок увеличивать, только предварительно ослабив противоположную; 5) для указания величины натяжения или ослабления пользоваться в качестве измерителя оборотами муфты тендера (например, „подтянуть расчалку на 1,5 оборота“).

Поперечное „V“ крыльев и угол атаки их не регулируются, т. к. при исправном состоянии планера они получаются автоматически. В случае если механиком замечена несимметричность углов атаки или уменьшение (и даже исчезновение) поперечного V, необходимо машину привести в нормальное состояние, до этого допуская ее к полетам в исключительных случаях и только с разрешения начальника летной части (или лица его заменяющего). Восстановление поперечного V (и изменения угла атаки) достигается прокладками в узлах крепления подкосов крыльев.

Указанные правила регулировки действительны только для планеров, не имеющих производственных дефектов. При наличии таковых они должны быть оговорены в формуле планера и учтены при регулировке.

г) Проверка регулировки в воздухе

По сборке и регулировке нового, еще не бывшего в эксплуатации планера, или после произведенного ремонта, необходимо провести полетные испытания с целью проверки регулировки машины в воздухе. Эти испытания, служащие для выявления возможных дефектов, должны выполняться строго по

следующей программе, не допуская перескакивания сразу на заключительные полеты испытания. Такие, имеющие место в практике планерных организаций случаи, характеризуют только преступное ухарство пилота, не дают правильного суждения о состоянии аппарата и нередко ведут к авариям.

Полетные испытания выполняются в следующем порядке:

1. Балансировочный полет — один.

Производится при ветре скоростью не более 4 м/с на ровной местности или со склонов крутизной $1/15$ (т. е. на пятнадцать метров протяжения местности допустим один метр уклона). Натяжка амортизатора по два человека на конец; количество шагов 18—25 в зависимости от веса планера. Траектория полета во всяком случае не должна возвышаться более одного — двух метров над плоскостью посадки. Полет имеет целью установить отсутствие грубых отклонений от нормального режима. Ручка и педаль держатся нормально, без ослабления. При наличии неясности в поведении планера, полет повторяется.

2. Один полет по прямой.

Производится со склонов до 50 метров высоты над плоскостью посадки. Натяжка амортизатора по три человека на конец, количество шагов — тридцать. В полете проверяется устойчивость планера, после чего ручка немного ослабляется (придерживается рукой) с тем, чтобы дать планеру возможность выявить тенденцию полета. Планер или будет лететь нормально, не меняя режима, или начнет приподнимать нос (задираться), или начнет опускать нос (увеличивать угол планирования). Также можно немного ослабить педаль, с целью уловить тенденцию планера к заворачиванию в сторону. Бросать ручку или педаль категорически воспрещается.

Иногда отклонения настолько нерезки, что они будут чувствоваться только по давлению ручки на пальцы руки (или педали на подошву). Например, при тенденции к пикированию ручка управления, стремясь уйти от пилота, будет давить на кожный покров пальцев, при крене (планер валится на крыло) ручка „тянет“ в сторону и т. д. Пилот должен внимательно свои ощущения учитывать, чтобы составить затем полную характеристику планера.

Правильно отрегулированный планер (типа УС-3 или ПС-1) должен планировать с пилотом, весом 75—80 кг на нормальной скорости при нейтральных рулях.

3. Два полета на развороты: задание на первый полет: три разворота по 45° с выходом на прямую против ветра.

Задание на второй полет: два разворота на 90° с выходом на прямую против ветра.

Производится со склонов не менее 40—50 метров высоты над плоскостью посадки. Натяжка амортизатора по три человека на конец, количество шагов — тридцать. Ветер не более $4—5 \text{ м/с}$.

В полетах проверяется поведение планера и действие управления при криволинейном режиме. Если у планера на установленном режиме полет совершенно нормален, а ненормальность сказывается только при переходе его в разворот, то нужно обратить внимание на регулировку управления: проверить, не имеется ли у рулей деформаций, а также — одинаков ли диапазон их отклонения и достаточна ли координация (соответствие) рулей. Иногда наблюдается при нормальной координации движений — ручкой и педалью — несоответствие в отклонениях элеронов и руля поворота, вызываемое изменением провисания элеронов и т. п. Следует выяснить также соответствие усилий при действии рулями, например, не туго ли работает ручка на крыльях: вследствие трения кромки элерона о крыло, незначительной деформации тяг и трения их о стойки грузовой фермы и т. п. — отклонения ручки в сторону могут потребовать от пилота увеличения усилий против обычных (то же для хвостового оперения: вызывается чрезмерным натяжением тросов управления). Это явление обычно имеет последствием ошибки координации движения на разворотах, особенно у малотренированных пилотов и учеников и должно быть обязательно устранено.

При нарушенной симметрии аппарата (Ry крыльев не проходит через центр тяжести планера. Это явление большей частью имеет своей причиной неодинаковость поперечного V крыльев, правого и левого) пилот, правильно выполняя разворот, может или подскальзывать (фактический крен будет больше предполагаемого) или разворачиваться с заносом хвоста (аналогично передаче ноги. Фактический крен меньше предполагаемого).

Летный дефект устраняется регулировкой и восстановлением симметрии (подбором оковок, подкосов и т. д.).

Причинами ненормального поведения планера, помимо неправильной регулировки, могут быть также: неточность постройки или ремонта, утяжеление или деформации отдельных деталей, смещение центра тяжести, вследствие непомерно малого или непомерно большого веса пилота. Эти факторы должны быть учтены при выполнении поперечного полета.

Все обнаруженные дефекты заносятся в формуляр планера (при приемочных испытаниях фиксируются кроме того в особом акте) с обязательным указанием причин, вследствие которых они произошли.

Контрольные вопросы:

1. Перечислите порядок операций при сборке планера.
2. На какие этапы делится процесс регулировки? Расскажите последовательность регулировки.
3. Какие правила проверки регулировки планера в воздухе?
4. Что необходимо установить: а) при балансировочном полете, б) при полете по прямой, в) при полетах на развороты.
5. Что может являться причиной ненормального поведения планера на разворотах?

3. Планеродром, выбор его и оборудование

Планеродром—это участок земли соответствующих размеров и рельефа, предназначенный для совершения на нем полетов планеров, с постоянными или временными сооружениями для обслуживания летной работы. В зависимости от того, какую летную программу можно проходить на данном планеродроме (первой ступени—т. е. планерного кружка, второй ступени—т. е. планерной станции и третьей ступени—т. е. парящей станции или школы) планеродромы могут быть трех разрядов.

Планеродром третьего разряда—это площадка ровная или слегка всхолмленная (с уклоном 5—10°), диаметром 250—300 метров, предназначенная для полетов по прямой. На ней молодые планеристы приобщаются к воздуху, осваивают ощущение полета. Как правило, такие планеродромы должны организовываться в непосредственной близости от предприятий, чтобы дать возможность кружковцам—планеристам учиться полетам в свободное от работы время у „ворот“ своего завода.

Планеродром второго разряда представляет собой участок местности с возвышенностями 40—50 метров; радиусом участок должен быть не менее 500 метров (считая вершину возвышенности за центр). На этом планеродроме ученики уже могут совершенствоваться в прямолинейных полетах и учиться делать развороты. Место организации планеродрома определяется наличием подходящего рельефа. Во всяком случае необходимо стремиться найти его, как можно ближе к населенному пункту и на удобных путях сообщения, чтобы дать возможность планеристам учиться, а в дальнейшем совершенствоваться (тренироваться) без отрыва от производства.

Планеродром первого разряда для подготовки парителей отличается от предыдущего главным образом высотой и расположением возвышенностей. Протяжение склонов должно быть большим. В этом случае, во-первых, возможна работа нескольких планерных групп сразу и во-вторых, парителю в сплошной полосе восходящих потоков не придется делать частых утомительных разворотов. Желательны всхолмленности и гористые массивы протяжением не менее 500 метров и высотой не менее 50—100 метров. На таких планеродромах работают главным образом школы, обучающие с отрывом от производства. Направление склонов должно давать возможность полетов при любых ветрах, только в этом случае можно рассчитывать на бесперебойную работу планеродрома (поэтому на планеродромах третьего разряда уклон площадки желателен от центра во все стороны). При невозможности найти подходящие возвышенности, можно удовлетвориться возвышенностями со склонами только в направлении господствующих ветров (основных для данной местности). На ближайшей метеорологической станции (если таковая находится в радиусе не дальше 50 километров от места предпола-

таемого планеродрома и примерно на одной высоте над уровнем моря) господствующие ветра определяются по „розе ветров“. „Розой“ ветров (см. рис. 88) называется графическое изображение таблицы повторяемости ветров для данного района. Желательна такая таблица за как можно более продолжительный срок. Чем больше лет будет между собой сравнено, тем лучше, тем точнее будет выведенная из всех наблюдений средняя.

Как видно на рисунке, четыре направления ветра—*E, SE, W* и *NW* имеют повторяемость, составляющую 70% всех наблюдений и их, следовательно (в нашем частном случае), принимают за направление господствующих ветров.

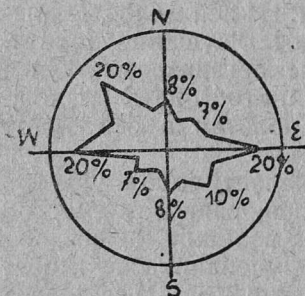


Рис. 88. Роза ветров.

При отсутствии по близости метеорологических организаций, могущих дать подобную вышеописанной „розу ветров“, господствующие ветра нужно установить из опроса местных жителей (старожилы) или по естественным признакам, каковыми обычно служат: большее, нежели на других склонах, количество выветренных ложбин, меньшая густота растительности и т. п.

Плавность склонов—обязательное условие при выборе планеродрома; обрывистые, резкие изгибы рельефа недопустимы. Уклон склонов должен находиться в пределах 20—50°, наиболее подходящие уклоны 30—40°. Растительность на возвышенности и посадочной зоне не мешает полетной работе, лишь бы растительность не была высокой и жесткой настолько, чтобы препятствовать взлетам и посадкам или портить покрытие планера (кустарник, колючки, стебли подсолнуха и т. д.) Растительность не искажает воздушных потоков, задерживает пылеобразование при пробежке, уменьшает размокаемость почвы.

Засевы планеродрома хлебными или огородными злаками нежелательны. Лучшим растительным покровом будут кормовые сорта трав: клевер, тимopheевка, люцерна, ползучий пырей, рай-грасс и т. п.

Для того чтобы состояние трав было надлежащим, за ним необходим уход.

Покосы, подсевы и удобрение сохрнят требующуюся высоту и густоту растительности. Езда и выпас скота на планеродроме должны быть категорически воспрещены. Выпас, особенно в сырую погоду, ведет к порче покрова, к образованию кочек и разрыхлению почвы (при выпасе свиней) от езды образуются колеи и т. д.

Грунт для планеродрома необходим плотный, но упругий и хорошо впитывающий влагу. Наиболее подходящи луговые участки с подзолистыми и супесчаными грунтами (главным образом

посадочная зона). Местная заболоченность допустима в том случае, если она пересыхает (при отсутствии кочковатости). Каменный грунт менее пригоден, но допустим; чистые пески и глины—непригодны.

Склоны, выбираемые под планеродром, не должны находиться в „ветровой тени“, т. е. быть под прикрытием других возвышенностей, искажающих нормальный ход ветра. Раствор между возвышенностями планеродрома и ближайшими к ним должен быть не менее двадцати высот.

Определение высоты склонов можно производить следующим образом: в какой либо точке А (см. рис. 89), расстояние которой от точки В измеряется по склону в метрах при помощи рулетки (или шагами, переводя их потом в метры; приближенно мужской шаг—75 см, женский—60 см), измеряющий визирует угломером на вершину склона (т. е. измеряет угол δ между горизонтальной плоскостью точки своего стояния и направлением на вершину).

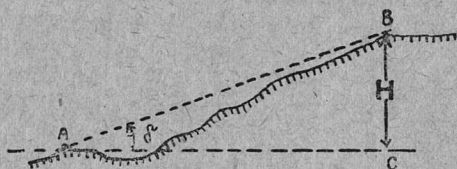


Рис. 89. Определение высоты ската

Тогда CB —высота склона определится по формуле: $CB=AB \cdot a$ где „ a “—приближенный коэффициент, зависящий от величины угла δ

δ	a	δ	a	δ	a	δ	a	δ	a	δ	a
3—9°	0,1	19—24	0,4	33—37	0,7	43—47	1,0	51—54	1,3	57—59	1,6
9—14°	0,2	24—29	0,5	37—41	0,8	47—49	1,1	54—56	1,4	59—60	1,7
14—19°	0,3	29—33	0,6	41—43	0,9	49—51	1,2	56—57	1,5		

Можно также высоту склона приближенно подсчитать по формуле:

$$CB = \frac{AB \cdot 0,03}{500} \dots \dots \dots [42]$$

Как мы упоминали выше, каждый планеродром должен иметь сооружения для обслуживания летной работы. Самым простейшим из них будет на планеродроме планерного кружка временный ангар-сарай.

Ангаром вообще называется помещение, в котором хранятся планеры (и самолеты) и производятся небольшие работы по их ремонту и сборке. Ангары кружков в большинстве случаев будут строиться из подручного материала—дерева, самана, глиносоломы, крытые толью или черепицей (или местными материалами производства глиносоломенных плит, жерде-очеретного и т. п.).

Такой ангар, примерная схема которого дана на рис. 90, предназначен для хранения одного—двух планеров и может быть построен силами самих кружковцев. Амортизатор, инструмент для ремонта и проч. хранится в ближайших жилых помещениях. На крыше ангара или на специальной мачте (см. рис. 91) уста-

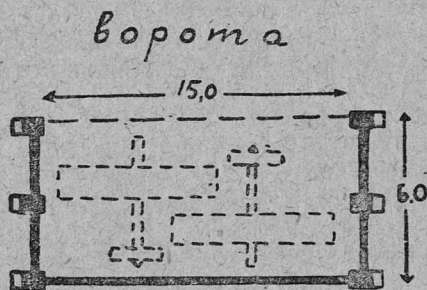


Рис. 90

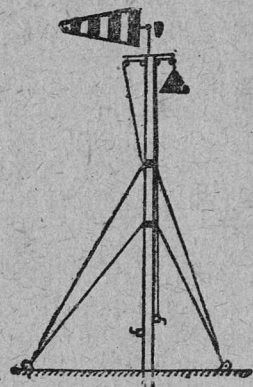


Рис. 91. Ветроуказатель на мачте

навливается выпел-ветроуказатель и флюгер Вильда (при отсутствии в имуществе кружка анемометра Фусса—прибора для измерения ветра).

Планеродромы второго и первого разрядов должны иметь ангары, рассчитанные на пропускную способность организаций, работающих на данных планеродромах. Эти ангары строятся большей частью самолетного типа; в качестве материала предпочтительнее дерево, как более дешевое, но в местах, где можно сочетать планеродром с аэродромами аэроклубов, имеет смысл строить и капитальные каменные ангары. Кроме ангаров, возводятся служебные постройки—мастерские, кладовые техчасти, может быть гараж и т. п. (кроме сооружений для хозобслуживания, т. к. расположение их на планеродроме не обязательно и зависит исключительно от местных условий). Организовывается также метеорологическая площадка (иногда в комендантском здании, если оно возведено, устраивается метеорологическая станция).

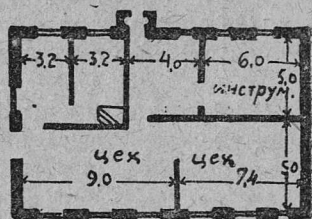


Рис. 92

Примерная схема мастерских дана на рис 92.

Метеорологическая площадка устраивается с двумя целями: 1) учебной— для практики учеников по ознакомлению с работой приборов и производству наблюдений и 2) для обслуживания летной работы. Как мы видели, состояние воздуха и изменение

метеорологических элементов обуславливают целесообразность различных полетов планеров. Возможность и успешность совершения парящих полетов для каждого данного (особенно неглубокого) рельефа будут иметь свои собственные метеорологические признаки. Характеризовать, на основе систематически производимых наблюдений, состояние атмосферы, способствующее (и в какой степени) проведению тех или иных летных занятий, систематизировать наблюдения для климатологического описания своего планеродрома — это основные задачи метеоплощадки. Какое количество летных дней в году, какие месяцы наиболее интенсивны в летном отношении, какие разделы программы в какое время наиболее успешно могут быть пройдены и т. д. — такие данные, собранные метеоплощадкой, ложатся в основу оперативных планов станций и школ.

Соответственно задачам площадки оборудуется:

1) барографом, т. е. прибором, записывающим давление воздуха;

2) термографом, т. е. прибором, записывающим температуру воздуха;

3) гигрографом, т. е. прибором, записывающим влажность воздуха;

4) термометрами — максимум и минимум, устанавливаемыми в английских будках. Кроме того в оборудование площадки входят: 1) дождемер, 2) анемометр Фусса, 3) психрометр Ассмана для измерения абсолютной влажности, 4) таблицы (атлас) облаков.

Вымпел — ветроуказатель обычно устанавливается на крыше комендантского здания, ангара или на специальной мачте. Вымпел выгодно заменять, в целях большей наглядности при разбивке старта, моделью — ветроуказателем, подобно показанной на рис. 93.

Порядок и сроки производства метеорологических наблюдений определяются соответствующими инструкциями (см. наставление по аэрометеорологической службе Ввс РККА — 1928 г., НАМС-33 III часть и проч.).

Каждый планеродром должен быть заранее разбит на старты с учетом преобладающих ветров. Старты должны быть занумерованы и отмечены на схеме планеродрома. Характеристика участков планеродрома указывается расцветкой:

1) участок, пригодный для взлета и посадки — **зеленый цвет**.

2) участок, непригодный для взлета и посадки — **красный цвет**.

3) участок, пригодный только для взлета — **желтый цвет**.

4) участок, требующий некоторых работ для приспособления к взлетам и посадке — **синий цвет**.

Старт на схеме ограничивается черной линией, рядом ставится его номер и указывается, какие упражнения с данного старта можно проходить. Например, — „1“, „1—4“, „все“ и т. п. Схема вывешивается на видном месте в комендантском здании и ангаре.

После разбивки стартов, их необходимо подготовить. Старты, лежащие в направлении господствующих ветров (т. е. наиболее используемые), старты высокие (и особенно на каменистых планиродромах) следует оборудовать стационарными штопорами для петли самопуска. При рыхлой почве склонов для облегчения отрыва планера от земли выгодно проложить трамбованные (и даже может быть асфальтированные) дорожки. Особенно желательно механизировать старт для быстрой доставки планера обратно с места посадки.

Наиболее простым является способ доставки планера при помощи троса:

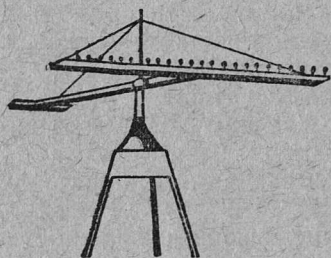


Рис. 93. Ветроуказатель

1) трос диаметром 7 мм пропускается через блок, укрепляемый на бетонной пробке на старте. Один конец троса при помощи крюка цепляется за планер, другой конец тянет лошадь, удаляясь от старта;

2) трос того же диаметра намотан на лебедке. Разматывание его до 800 метров свободно производит один человек, от 800 м до 2 км (вследствие трения о землю) — три человека. При необходимости вести канат

не по прямой линии (для огибания, например, засеянных площадей) на поворотах устанавливают блоки (колья с роликами). При подтягивании машины на один метр к блоку, ролик снимают с кола; при разматывании троса команда вновь подвешивает ролик.

На планиродроме, в удалении от сооружений и планеров, во всяком случае не ближе 30 метров, устраивается специальное место для курения, оборудованное песочницами и огнетушителями. Вообще наличие на планиродроме легко воспламеняющихся и горючих материалов требует самой строгой противопожарной дисциплины и обязательной установки в каждой отдельной точке (ангар, мастерские и т. д.) не менее трех огнетушителей (для ангара два пенных огнетушителя внутри, для прочих помещений — по одному на каждые 100 кв. метров площади).

Учитывая возможность несчастных случаев и необходимость оказания своевременной медицинской помощи, на планиродроме в распоряжении дежурного лица медсостава должна находиться аптечка, легкие носилки и автомашина (в крайнем случае приспособленная конная повозка) для быстрой доставки пострадавших в ближайшее лечебно-санитарное заведение.

В целях охраны, а также на случай работы на планиродроме в ночное время необходимо наружное освещение территории застройки на отдельцо стоящих столбах или на кронштейнах, укрепленных к стенам сооружений. Наружное освещение временного типа может быть и не электрическим. Освещать нужно не сами сооружения, а местность около них.

Если в ангарах или мастерских ведутся ночные работы, в них устраивается внутреннее освещение обязательно электрическое. Должны быть приняты все меры, предупреждающие возможность возникновения пожара от неисправности электропроводки (двойная проводка, вынос рубильников и выключателей из помещений и проч.). Вход во все служебные помещения (кроме комендантского здания) ночью с фонарями любых типов, исключая электрические — воспрещается.

Контрольные вопросы:

1. Что такое планеродром?
2. Каких разрядов бывают планеродромы? Характеризуйте каждый разряд.
3. Расскажите правила выбора планеродромов.
4. Как определить высоту склонов?
5. Какие сооружения возводят на планеродромах?
6. Что такое ангар?
7. Для чего и какими приборами оборудуются метеоплощадки?
8. Как составляется схема планеродрома?
9. Какие меры для санитарного и противопожарного устройства планеродрома должны быть приняты?

4. Работа планера на старте

Подготовкой и производством полетов руководят: в планерных школах и станциях — начальники летных частей или лица их заменяющие, в планерных кружках — летные инструктора кружков.

На планеродромах второго и первого разрядов в помощь руководителю полетов назначается из лиц инструкторского состава дежурный по полетам, а при полетах нескольких групп с общей посадочной площадкой, для регулирования порядка вылета — стартер (выпускающий), обычно из числа учлетов.

Все полеты, как учебные, тренировочные, так и специального назначения производятся только с ведома начальника летной части или его заместителя. На учебных и тренировочных полетах первые вылеты в каждой группе выполняются лично инструкторами групп (лицами, ведущими тренировку). На этих вылетах обязан присутствовать начальник летной части (его заместитель). Все полеты производятся только при наличии „летней“ погоды, т. е. соответствующих виду предположенных полетов атмосферных условий.

Нелетной погодой считается: 1) если направление ветра не соответствует существующим стартам; 2) если скорость ветра у земли больше 8 м/с или он порывист; 3) если температура воздуха ниже минус 10°C ; 4) если налицо туман или осадки. Величина скорости ветра для некоторых типов тяжелых планеров допустима и больше указанной, что определяется соответствующими инструкциями или техническим описанием планера.

Летная погода определяется: в планерных школах и станциях руководителем полетов непосредственно или по докладу дежурного по школе (станции), в планерных кружках — инструктором кружка. Без определения погоды полеты производить воспрещается.

Открытие полетов производит дежурный по полетам по приказанию руководителя полетов (в кружках — инструктор). Дежурный по полетам вывешивает и снимает на специальной мачте (обычно под выпелом — ветроуказателем) сигналы, которыми руководствуется стартер и инструктора групп:

- а) открытие полетов — под'ем черного конуса;
- б) закрытие полетов — спуск черного конуса.

Кроме того, во время производства полетов действуют следующие обязательные для всех сигналы:

- а) разрешение на старт планера — взмах белым флажком;
- б) запрещение старта — взмах красным флажком;
- в) перемена старта — взмахи белым и красным флажками с перекрещиванием их над головой;
- г) вызов медпомощи — взмах двух белых флажков с перекрещиванием их над головой;
- д) аврал (тревога) для немедленного прекращения полетов и сбора групп у планеров — взмахи двух красных флажков с перекрещиванием их над головой.

Дежурный по полетам несет ответственность за своевременное открытие полетов. Он получает у руководителя полетов №№ летных стартов, следит за выполнением всем составом правил организации и производства полетов, за метеорологическими наблюдениями и обстановкой, поверяет стартеров в знании ими своих обязанностей, а также обеспеченность работы санитарным и другими видами обслуживания.

Без присутствия дежурного лица медперсонала полеты производить воспрещается.

Вывод планеров из ангара производится летными группами под наблюдением и руководством своих инструкторов. По команде начальника летной части или лица его заменяющего: „Планеры к выводу“ — группы идут к своим планерам и распределяются: два человека у концов крыльев, два у хвоста, четыре у кабины и подкосов крыльев. Планер осторожно снимается с козелков, поднимается на высоту около полуметра от земли и выносится из ангара. При переноске следует братья: на крыле под передний и задний лонжероны в месте крепления к ним подкосов; на кабине — за любое место полоза лыжи; на балке — за конец балки у места перехода ее в киль, у крепления костыля.

Поддерживать планер за крылья нужно у их концов, обязательно в месте прохождения лонжеронов или же за специальные ушки.

Никакой спешки при выводе планеров не должно быть, во избежание поломки своего или других планеров. Инструктор

регулирует вывод, давая группе короткие приказания вроде: „выше хвост!“, „заноси правое крыло!“, „стой!“ и т. п.

Вынеся планер из ангара, летная группа тщательно осматривает все его детали, согласно указаний раздела „Уход за планером“.

Удостоверившись, что планер исправен, инструктор приказывает доставить его на старт. На близкий старт планер доставляется вручную; на дальний — конной или механической тягой. При движении крылья планера необходимо поддерживать в горизонтальном положении и в случае бокового ветра обязательно с наветренной стороны.

Стартом называется участок планеродрома, откуда планер начинает разбег для взлета. Место старта каждой машины ограничивается тремя флажками белого цвета (зимой — черного) на расстоянии трех метров от концов крыльев по размаху и от штопора (места крепления крюка самопуска). На старте никому, не имеющему отношения к полетам, за исключением начальствующего и инспектирующего состава, находиться не разрешается. В особых случаях допуск на старт производится по распоряжению руководителя полетов.

После установки планера на старте инструктор (руководитель тренировочной группы) проверяет, не имеется ли препятствий на пути предположенного взлета, дает задание ученику (пилоту) и, убедившись, что задание понято правильно, приказывает ученику сесть в кабину. Остальные осматривают в это время амортизатор: он не должен иметь разрывов резиновых нитей, что легко обнаруживается при контрольной натяжке.

Получив задание на полет, ученик (пилот) лично осматривает планер и садится в кабину, регулируя сидение в соответствии с своим ростом, подкладываям подушки. Спина пилота должна быть естественно прижата к спинке кабины, мышцы, — освобождены (т. е. не нужно чувствовать напряжения или усталости от посадки в кабине). Поясной ремень, привязывающий пилота, плотно подгоняется к корпусу так, чтобы пояс не мог ослабнуть или расстегнуться, т. е. чтобы не допустить возможности сдвига пилота с места. Ноги ставятся на педали серединами подошв и закрепляются, во избежание соскальзывания в полете, ремнями. Правая рука свободна (без усилий) держит ручку в нейтральном положении, левая — лежит на ручке механизма самопуска.

Группа остальных учлетов (тренирующихся) распределяется так:

- один у крыла — поддерживает планер в положении без крена;
- один у хвоста — соединяет самопуск с петлей штопора;
- один у кабины — соединяет кольцо амортизатора с крюком планера;
- один надевает и присоединяет с'емный обтекатель; четверо-шестеро берутся за концы амортизатора для натягивания;
- один — очередной — отдыхает перед полетом, стоя вне старта.

При составе группы меньше двенадцати человек, обязанности по подготовке планера и запуску соответственно регулируются инструктором. Например, один сперва соединяет амортизатор, затем надевает обтекатель; отдыхающий поддерживает крыло планера и т. д.

Перед запуском надежность завернутого в землю штопора обязательно проверяется механиком группы. Во избежание заедания петли штопора рекомендуется изготовлять ее не из проволоки, а из троса, примерно указанной на рис. 94.



Рис. 94. Образец петли

По завершении подготовки инструктор, если имеется на полетах стартер, поднимает руку, испрашивая этим разрешения на выпуск планера. Получив таковое, а при отсутствии стартера убедившись лично, что планеродром свободен, повергает: „пилот!“ на что пилот отвечает „готов“; после этого инструктор командует: „на амортизаторе!“.

Стоящие на концах амортизатора ученики (тренирующиеся) отвечают „Есть!“. Проверив взглядом положение рулей, инструктор командует: „столько то (двадцать, тридцать...) шагов натягивай!“.

Натяжка амортизатора должна быть только необходимой силы для взлета при имеющейся скорости ветра. Ученики натягивают амортизатор, расходясь на интервал не менее 1,5 размаха планера равномерно в обе стороны и пройдя назначенное количество шагов, отвечают „Старт!“.

Полезно при счете шагов отмечать десятки, напр. пройдя десять шагов, команда передает инструктору — „Раз!“, пройдя двадцать шагов — „два“ и т. д. Нужно помнить, что натяжка весьма важный и ответственный момент запуска. За правильность и надежность натяжки отвечает инструктор группы. Вырвавшийся из рук натягивающих, вследствие небрежности или рывка, амортизатор грозит смертельными ушибами пилоту и повреждением (иногда даже уничтожением) материальной части. Помимо тщательного осмотра амортизатора (о чем уже упоминалось выше), рекомендуется делать на концах его узлы, во избежание выскальзывания из рук ведущего (особенно в зимнее время).

Инструктор повторяет передаваемую команду — „Старт!“ Только это разрешение старта действительно для пилота. Он включает самопуск и производит взлет. Включать самопуск без команды инструктора воспрещается.

Если почему либо самопуск заел, инструктор, выждав около полминуты, командует „Отставить!“ По этому распоряжению пилот снимает левую руку с ручки самопуска, а учелты, не выпуская концов амортизатора из рук, начинают движение к планеру до полного ослабления амортизатора. Садиться или

ложиться на землю для упора в ожидании взлета натягивающим категорически воспрещается: не оторвавшийся от земли планер на пробежке может наскочить на сидящих людей и нанести им тяжелые ушибы. Лучшее положение, обеспечивающее достаточный упор и возможность уклониться с пути планера — стоя на выпаде.

После запуска амортизатор подтаскивается на старт на руках, а не волоком.

После посадки пилот, как правило, остается в кабине планера, ожидая подхода группы. Этим он предохраняет планер от возможного переворачивания ветром. При приземлении с боковым ветром необходимо, как только планер остановится, немедленно опустить крыло с наветренной стороны на землю.

Особенности ночного планеродрома. Производство ночных полетов, проводимое в усложненных условиях, требует соблюдения дополнительных правил:

Склоны, плохо различимые для пилота в темноте, должны обязательно обозначаться. На каждом склоне устанавливаются три световых точки из „летучих мышей“ (вид керосиновых ламп). При ночном парении выкладывается, для передачи приказаний парителю световая сигнализация, так наз. „световой попхэм“ (см. рис. 95).

При наличии прожектора, последний периодически освещает посадочную площадку для улучшения ориентировки планериста на случай возникновения ночных туманов.

Планеры должны иметь бортовые огни для видимости их при разбеге и в полете. Бортовые огни помещаются на концах крыльев (или на ушках для швартовки) и на руле поворота: обычно — справа зеленый, слева красный, сзади белый.

Система огней может быть централизованной, от аккумулятора со включателем в кабине пилота и децентрализованной: отдельные карманные фонари в оковках, зажигаемые перед запуском.

Присутствие руководителя полетов на всех ночных полетах обязательно. В зависимости от местных условий на планеродроме могут расставляться специальные предупредительные огни (у болот, дорог и т. п.) и добавочные сигнальные огни с светофорами.

Одновременный выпуск ночью разрешается:

- 1) для планеров с бортовыми огнями — не более трех;
- 2) для планеров не оборудованных — не более одного.

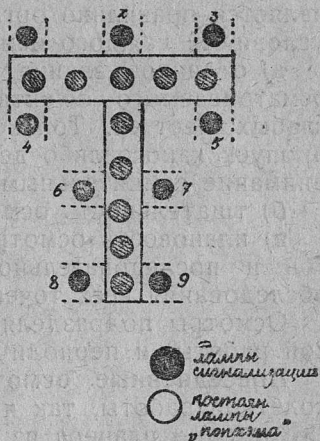


Рис. 95. Световой „попхэм“

Контрольные вопросы:

- 1) Кто руководит производством полетов? Для чего назначаются дежурный по полетам и стартер? Расскажите обязанности дежурного по полетам:
2. Что такое нелетная погода?
3. Перечислите постоянные сигналы на планеродромах.
4. Какова последовательность действий при выводе планеров из ангара?
5. Что такое старт и как он обозначается?
6. Каков порядок запуска планера?
7. Охарактеризуйте особенности ночной организации полетов.

5. Уход за планером

Одним из наиболее ответственных моментов предупреждения поломок или отказа в работе тех или иных частей планера является правильно организованный осмотр его. Необходимыми условиями каждого осмотра должны быть:

а) отличное знание осматриваемого объекта во всех ее деталях, так и наиболее слабых мест ее. Только в этом случае не сможет иметь места пропуск какого либо дефекта и будет обеспечено достаточное внимание сомнительным точкам;

б) тщательность осмотра;

в) плановость осмотра, т. е. соблюдение определенных сроков и последовательности, что гарантирует систематичность обследования всех точек планера без пропусков.

Осмотры подразделяются на повседневные (в процессе летной работы) и периодические.

Повседневные осмотры производятся как перед началом полетной работы, так и перед каждым полетом в отдельности. По выносе планера из ангара и после каждой посадки летная группа под руководством механика группы детально осматривает планер, обращая особое внимание на:

а) узлы крепления всей системы,

б) органы управления,

в) крылья (главным образом элероны),

г) хвостовое оперение,

д) троса (особенно в трущихся местах),

е) поясной ремень,

ж) ось крюка самопуска.

Кроме того, обязательному осмотру подлежат:

з) ферма с лыжей и хвостовой балкой, и) подкосы, к) замки с/емного обтекателя.

С целью уничтожения обезлички, повышения ответственности за осмотр и в учебно-воспитательных целях все ученики группы прикрепляются каждый к определенной детали, за которой он обязан следить, о результате осмотра сообщая механику группы.

Механик суммирует сообщения и делает доклад инструктору.

Инструктор ответственен за состояние эксплуатируемого планера.

Прикрепление учеников не освобождает инструктора от личного осмотра аппарата. Перед началом каждого летного дня, после грубой посадки или после 4—5 нормальных инструктор проводит осмотр по кольцевому принципу; при этом он убеждается в исправности планера и поверяет правильность принятого от механика доклада.

Осмотр по кольцевому принципу выполняется в следующей последовательности (см. рис. 96).

Снимается обтекатель и инструктор, садясь на сидение, поверяет действие органов управления, после чего состояние крепления командных рычагов, тяги качалки в крыле, крепление переднего подкоса правого крыла на ферме. Далее проверяется крепление переднего лонжерона к ферме и переднего подкоса к крылу. Затем осматривается подвеска роликов управления элеронами и их троса, шарниры элеронов и кабанчик. После этого проверяется крепление заднего лонжерона к ферме, заднего подкоса к крылу, крепление

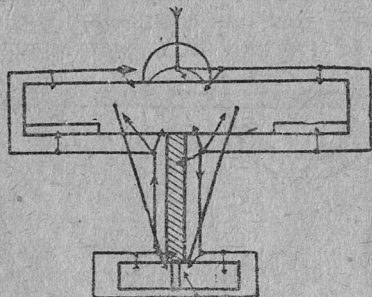


Рис. 96

расчалок к крылу и заднего подкоса к ферме. На этом осмотр правого крыла заканчивается. После крыла осматривается крепление хвостовой балки к ферме, сама балка, проверяется натяжение расчалок. Далее осматривается крепление оперения к балке, шарниры и кабанчик правой половины руля высоты, крепление правой расчалки к балке, шарниры и кабанчик руля поворота, крепление обеих расчалок к килю, шарниры и кабанчик левой половины руля высоты, крепление левой расчалки к балке, костьль и крюк самопуска. На этом осмотр оперения заканчивается, осматривающий переходит к левому крылу, по пути проверяя состояние левых расчалок хвоста и тросов рулей.

Осмотр левого крыла производится в порядке, обратном осмотру правого. После этого осматривается колесное шасси (если оно есть) и запускной крюк.

По ходу осмотра даются указания об исправлении обнаруженных дефектов.

На основании осмотра необходимо каждый раз убедиться в целостности и законченности соединений, достаточной натяжке расчалок, отсутствии на глаз деформации конструкции (для чего один из учлетов садится в кабину, один поднимает за хвост, а двое удерживают планер за крылья в горизонтальном положении—без кренов), в правильности действия рулей, отсутствии заедания трущихся частей и наличии достаточной их смазки, целостности покрытия планера и целостности всех проводок, отсутствии изгиба оси крюка самопуска.

Перед каждым полетом пилот тоже обязан лично произвести осмотр аппарата. Менее подробный, чем вышеизложенный, т. е. группой и инструктором, он должен дать пилоту уверенность, что тот вылетает на вполне пригодной для полетов машине.

Во всяком случае необходимо ознакомиться с действием рулей (отсутствием свободного хода, т. наз. „люфта“ и заедания), натяжением расчалок, на выдержку просмотреть некоторые шарниры и соединения, состояние и крепление поясного ремня, при наличии колес—амортизацию их, крепления подкосов.

Периодические осмотры отличаются от изложенных выше тем, что они производятся более детально. Раз в декаду учебная группа под руководством инструктора, с участием лица



Рис. 97. Проверка углов атаки

техсостава (или его заменяющего) просматривает все труднодоступные детали конструкции. Заменяются тавот и технический вазелин. Люфты в шарнирах рулей определяются покачиванием рулей, ручки и педалей—движением их при зажатых рулях. Возможность трещин в сварных узлах, сдвига и трещин в оковках проверяется просмотром их в лупу, иногда при отсутствии контрольных окошек даже с предварительной расшивкой в месте узла или оковки покрытия. Заусеницы в тросах определяются на ощупь, кладя палец на трос у ролика и двигая ручкой управления. Устраняется слабина тросов и расчалок и люфты в пальцах. Простейшим угломером (см. рис. 97) проверяется отсутствие изменений в углах атаки крыльев.

Результаты осмотра заносятся в формуляр планера. Он является документом, в котором фиксируется вся работа планера с момента выпуска в эксплуатацию: количество полетов, их продолжительность, условия полетной работы (высота старта, атмосферные условия и проч.), обнаруженные дефекты и ремонты, даже самые мелкие. Тщательное и исчерпывающее ведение формуляров, производящееся инструктором группы, позволяет судить

- а) о продолжительности и характере работы планера;
- б) о слабых местах данной конструкции;
- в) о дефектах, присущих именно данному планеру.

Формуляр должен всегда храниться при планере, всюду его сопровождая. Он облегчает эксплуатацию, особенно при передаче планера другому инструктору или в другую организацию.

Формуляр должен составляться одновременно с изготовлением планера. В случае получения планера с завода без формуляра или изготовления планера непосредственно в местной организации, формуляр заводится перед началом эксплуатации аппарата. Он должен содержать в себе три отдела: 1) летная работа, 2) аварии и поломки, 3) осмотры.

Командир звена (старший инструктор) раз в месяц должен лично проверить правильность ведения осмотров и записей и на выдержку произвести осмотр одного-двух планеров, а также убедиться в знании личным составом правил осмотра.

Начальники летной и технической части (начальники станций, школ) поверку выполняют не реже одного раза в два месяца.

Периодические осмотры проводятся по кольцевому принципу.

Уход за частями конструкции. Наряду с осмотрами предупреждение отказа в работе частей конструкции, а также продление срока их нормальной службы обеспечивается повседневным уходом за планером. Особое внимание должно быть уделено борьбе с грязью. Непременное правило пилота при посадке в кабину — очистка ног от земли или снега, т. к. помимо общего загрязнения кабины пыль, грязь или снег могут попасть на ролики, тендера, шарниры, вызывая ржавчину и разрушение ответственных деталей планера; пыль и сор могут засорить в полете глаза пилоту и затруднить управление машиной. При стоянке, кабины планера необходимо закрывать чехлами.

Слой грязи может скрыть появившиеся трещины и дефекты. Ежедневное вытирание пыли и счищение грязи после полетов в сырую погоду — обязанность обслуживающего планер состава.

Уход за кабиной в основном сводится к поддержанию в ней чистоты, наблюдению за смазкой шарнирных соединений рычагов управления и за тем, чтобы в кабине не оставалось каких либо непредусмотренных оборудованием и неприкрепленных предметов. В полете такой предмет всегда может вызвать отказ управления, попав в троса или заклинив рычаги.

Уход за покрытием. Покрытие планеров бывает матерчатое или фанерное. Как правило, покрытие кроется сверху аэролаками (бесцветными или цветными) представляющими собой раствор нитроцеллюлозы в ацетоне или амилацетате; полотняное — для натяжения и придания ему водонепроницаемости, фанерное — для уменьшения трения об воздух (снижения $R_{x_{пр}}$). Содержание покрытия в чистоте выполняется повседневным вытиранием его мягкими (осторожность в отношении царапин!) тряпками или мягкими щетками. При сильном загрязнении покрытие промывается теплой дождевой или речной водой с зеленым мылом и затем насухо вытирается тряпками. При использовании колодезной воды, к ней необходимо добавлять соду.

При обнаружении повреждений покрытия, с поврежденного места специальным растворителем предварительно смывается лак, затем полотняное покрытие в месте разрыва зашивается двойной „елочкой“ (см. рис. 98), приклеивается эмалитом за-



Рис. 98. Зашивка елочкой

платка и сверху закрашивается. При фанерном покрытии на трещину накладывается на казеиновом клею фанерная заплатка, прибиваемая по окружности гвоздями (на крыльях при незначительности разрыва иногда ограничиваются полотняной заплатой, чтобы не портить профиля).

Уход за деревянными деталями. Особенно важно следить за тем, чтобы деревянные детали не подвергались действию влаги, т. к. они способны быстро гнить. Во внутренних частях конструкции дерево должно быть покрыто лаком (масляным или олифой), в наружных окрашено или предварительно оклеено полотном, а затем окрашено.

Нужно заметить, что зачастую при выпусках наших планеров, требованием лакировки внутренних деревянных деталей пренебрегают, в целях облегчения конструкции и удешевления. Это увеличивает ответственность за то, чтобы нигде не скапливалась вода, чтобы сырость не могла проникнуть внутрь планера. Царапины на внешних деталях необходимо немедленно закрашивать.

Уход за металлическими деталями. Металлы, в настоящее время применяемые в планеростроении, при соприкосновении с атмосферой подвергаются процессу, называемому ржавлением (дюралюмин подвергается т. наз. „коррозии“). Для предохранения от этого явления все металлические части должны быть покрыты специальными лаками или красками, а троса и проволоки смазаны тавотом (или минеральными маслами).

При появлении ржавчины (коррозии) пораженное место, по удалении лака или краски специальным растворителем (отнюдь не соскабливать) — тщательно протирается керосином. Если следы ржавчины все же остаются, можно применить мелкую шкурку. Затем очищенное место или лакируется (или смазывается), или окрашивается. При смазке новый тавот не накладывается до тех пор, пока старый загрязненный не удален полностью.

Уход за амортизатором. Резиновые нити амортизатора портятся под влиянием атмосферных условий. От солнечного нагрева резина пересыхает, при воздействии сырости начинает гнить. Поэтому оставлять амортизатор под открытым небом, даже на перерывы между летными занятиями, не рекомендуется. Замоченный амортизатор просушивается подвешиванием на козлах в сухой и теплой комнате. В сильные морозы хранить амортизатор в нетопленном помещении нельзя, резина перемерзает, делается хрупкой и ломается.

Хлопчатобумажные нити верхнего покрытия быстро приходят в негодность при трении о поверхность почвы.

При переходе со старта на старт, при начале и окончании полетов амортизатор, как правило, переносится на руках не менее чем тремя людьми, собранным в бухту или в растянутом виде.

Контрольные вопросы:

1. Для чего необходимы осмотры планера?
2. Что такое повседневный и что такое периодический осмотр?
3. Как проводится осмотр по кольцевому принципу?
4. В чем состоит уход за покрытием планера? кабиной? деревянными и металлическими частями? амортизатором?

6. Летные происшествия и ремонт

Летными происшествиями вообще называются все случаи, происшедшие в процессе летной эксплуатации планера и прекратившие его нормальную работу. Летные происшествия могут возникнуть:

- а) по вине пилотирующего или обслуживающего планер;
- б) по вине материальной части, вследствие недоброкачественности или преждевременного износа материала;
- в) по вине планеродрома;
- г) по вине метеорологических условий.

Случаи „б“, „в“ и „г“ в основном вызываются также не объективными, как можно судить по их квалификации, причинами, а вполне субъективной виной того или иного из лиц летно-технического персонала. Материальная часть отказывает при употреблении не отвечающих всем техническим требованиям материалов при постройке или ремонте планера или несоблюдении правил хранения, сборки, регулировки и т. п., а также при недопустимых нагрузках на нее в полете. Недостаточно тщательно выбранный планеродром, недостаточно оборудованная площадка для взлета или посадки — залог летных происшествий. И метеорологические изменения, угрожающие нормальной работе планера, при налаженной службе метеоплощадки, при достаточной метеорологической грамотности личного состава — всегда могут быть своевременно предусмотрены и предупреждены.

Поэтому совершенно ясно, что подавляющее большинство летных происшествий являются результатом недостаточной техники пилотирования, недисциплинированности, халатности, малограмотности и т. п. элементов несоциалистического отношения к труду.

Все летные происшествия при эксплуатации планеров классифицируются следующим образом:

1. Катастрофы. Катастрофой называется любое летное происшествие, повлекшее за собой тяжелое ранение, смерть или увечье пилота или случайного лица. Сюда относятся как происшествия, непосредственно связанные с полетом, так и с запуском, взлетом, посадкой или движением планера на земле.

2. Аварии. Аварией называется повреждения планеров следующих видов:

для планеров типа УС-3 и ПС-1:

— повреждения или трещина любого ланжерона конетрукции, как то: крыла, элерона, кия, стабилизатора и рулей;

— поломка или трещина любой из *N*-образных стоек грузовой фермы кабины и мест соединения их с лыжной частью кабины;

— поломка или трещина обоих полок лыжи;

— поломка или трещина одной из полок хвостовой балки;

— поломка передней, средней или задней части крыльев, при чем поломано пять или более нервюр;

— смещение или повреждение основных узлов крепления крыла, кабины или хвостовой балки;

— поломка обоих подкосов одного из крыльев или поломка одного подкоса, сопровождающаяся деформацией или нарушением целостности крепления подкоса на ланжероне крыла.

Для планеров тренировочного и рекордного типов:

— повреждение планера, исправление которого для восстановления летного состояния планера требует двенадцать и больше часов работы.

3. Поломки. Все прочие повреждения планеров не перечисленные в разделе „аварии“, как то: поломка одной нижней полки лыжи, обтекателя и т. п. относятся к поломкам.

Поломки заносятся в формуляры планеров и журналы аварий и поломок. Об авариях и катастрофах, помимо указанных записей, немедленно доносится телеграфно начальнику авиационной организации, коей данная планерная организация подчинена. Кроме того, аварии и катастрофы подлежат обязательному расследованию и разбору специальными аварийными комиссиями из лиц летного состава с представителями местного ОГПУ.

Порядок производства разбора изложен в специальных инструкциях, но общим правилом для всех случаев является немедленное фотографирование на месте происшествия потерпевшего планера с трех разных сторон и составление аварийного и технического актов (форму техакта см. в приложении).

Аварийный акт представляет из себя дознание о происшествии с опросом лиц, причастных к нему (инструктора, пилота или ученика и т. д.) и свидетелей происшествия. Составляется в произвольной форме.

Технический акт устанавливает причины происшествия, обстоятельства и обстановку, при которых оно случилось, а также характеристику планера и повреждений, полученных пилотом и аппаратом.

До фотографирования и составления технического акта потерпевший аппарат никому трогать не разрешается, кроме случаев необходимости вынести пилота из под его обломков.

Летные происшествия, а также естественный износ вызывают необходимость **ремонта** материальной части.

Планерный парк в процессе работы летно-планерных организаций не может быть стабильным (постоянным) ни качественно, ни количественно. Наблюдается непрерывное движение в состоя-

ниях: исправное и неисправное. Движение качественное складывается из двух явлений: снижение качества — потеря исправности и повышение качества — восстановление исправности. Сам процесс снижения качества может быть внезапным (летные происшествия), и постепенным (изнашивание). И в том, и в другом случае пониженные качества планера могут быть восстановлены или восстановление нецелесообразно или невозможно полностью. В результате взамен вышедшей навсегда из строя единицы в парк должна быть подана другая, новая (1-ый случай) или введены ограничения для работы аппарата — сокращение службы, перевод на менее сложные полеты (2-ой случай).

Ремонт бывает двух категорий: **полевой** и **стационарный**. Последний в свою очередь разбивается на два вида: **текущий** и **капитальный**.

Полевой ремонт производится на старте силами обслуживающего планер персонала (напр. учебной группой) под руководством механика, при помощи инструмента и материалов, имеющихся в его сумке. Полевой ремонт может состоять в следующем:

- а) замена ослабевшей расчалки;
- б) заклепка разрыва обтяжки;
- в) замена предохранительных сережек;
- г) исправление борта сидения;
- д) исправление трещины и мелких повреждений с'емного обтекателя;
- е) перемотка амортизации шасси;
- ж) налаживание самопуска и проч. мелкие работы, не затрагивающие основных узлов и деталей.

Стационарный ремонт выполняется в условиях мастерских. Текущий ремонт производится:

во-первых, в плановом порядке, согласно установленных сроков, устраняя дефекты износа отдельных деталей планера;

во-вторых, после аварий и поломок при необходимости ремонта любых деталей, кроме ланжеронов конструкции.

Капитальный ремонт производится:

во-первых, в плановом порядке, согласно установленных сроков с просмотром всей конструкции;

во-вторых, после аварий и катастроф при необходимости ремонта или замены любого из ланжеронов.

О всех произведенных, ремонтах как текущих, так и капитальных, обязательно заносится в формуляр планера.

Сроки текущих ремонтов установлены:

для планера УС-3—четыре: после 400, 800, 1500 и 1750 посадок; для планера ПС-1—восемь: после каждых 200 посадок.

Капитальный ремонт для планеров обоих типов за время их службы производится один раз, после 1200 посадок;

— во всех случаях, считая число посадок от начала летной службы планера.

Контрольные вопросы:

1. Что называется летным происшествием?
2. Проклассифицируйте летные происшествия и определите каждый вид.
3. Каковы виды ремонтов?
4. В каких случаях и через какие сроки применяется текущий ремонт? капитальный?
5. Что такое полевой ремонт?

7. Транспортировка планеров

Переброска современных планеров производится:

а) лётном, б) по железной дороге, в) автотранспортом или конной тягой.

Переброска лётном — на буксире самолета (или в исключительных случаях на буксире автомобиля) является наиболее желательной с точки зрения сбережения материальной части, т. е. сборка, разборка и перевозка, даже при тщательной упаковке всегда способствуют некоторому изнашиванию. К сожалению, далеко не все планеры, по условиям своей конструкции, приспособлены и могут быть допущены к буксировке. Это определяется соответствующими техническими данными планера и инструкциями.

Переброска по железной дороге, автотранспортом или конной тягой на дальние расстояния производится в разобранном виде с погрузкой в ящики или прямо на платформы. И в том, и в другом случае крылья и хвостовое оперение снимаются, отсоединяются подкосы, хвостовая балка может быть оставлена с грузовой фермой, обтекатель одевается на кабину. При переброске одиночного планера все детали грузятся в один ящик — крылья укрепленные у стен, фюзеляж (ферма с балкой) — посередине. При переброске нескольких планеров крылья и хвостовые оперения всех перевозятся вместе в отдельных ящиках, фюзеляжи (фермы) отдельно.

Погрузка на платформы производится согласно специальных инструкций. Общие основания следующие: к платформе крепятся не менее четырех стелажей с выемами по форме передней кромки крыльев. Стеллажи обиваются войлоком (хотя бы на выемах) во избежание порчи покрытия крыльев при тряске. Крылья устанавливаются вертикально на расстоянии не менее 10 см друг от друга и привязываются к вертикальным стойкам стеллажей в двух точках: за крепление заднего лонжерона к ферме и за крайнюю пирамидку шарниров элерона.

При большом количестве перевозимых крыльев внутренних вертикальных стоек не устанавливают. Между крыльями прокладывают обитые войлоком фасонные доски, вырезанные так, чтобы они плотно прилегали к верхним и нижним поверхностям крыльев. Наружные вертикальные стойки у верхних концов плотно стягиваются между собой проволокой.

Хвостовое оперение и подкосы закрепляются на приподнятых от поверхности платформы стелажов, в двух точках. Фюзеляж (ферма с балкой), во избежание перемещений от тряски, ограничивается рейками. При наличии шасси оно не снимается. Прокладка войлока при погрузке хвостового оперения и фюзеляжа тоже обязательна.

Сверху планер прикрывается брезентом.

Транспортировка планеров периодически на сравнительно большие расстояния (далекий старт, доставка на дальний старт после посадки и т. п.) требует применения специальной **перевозной тележки (повозки)**. В этом случае планер может перебрасываться (в зависимости от дальности перевозки) в собранном или разобранном виде.

Собранный планер устанавливается передней частью фюзеляжа или фермы на маленькой двухколесной платформе — тележке, костылем на земле (образцы тележек см. рис. 99 а и б). Сопровождают планер четыре человека: один ведет лошадь, один следует у кабины, двое поддерживают руками с обеих сторон за концы крыльев. При ветре более 3—4 м/с сопроводительные обязательно под руководством механика, при ветре 6—8 м/с — под руководством инструктора. Находящиеся у крыльев удерживают планер от опрокидывания ветром при помощи веревочных петель, продетых в предназначенные для этого ушки в крыльях; часть сопровождающих в случае необходимости придерживают за подкосы и хвост (впереди стабилизатора).

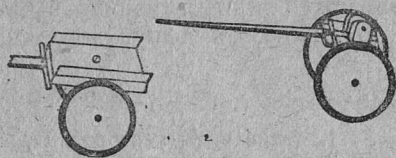


Рис. 99—99а. Образцы тележек

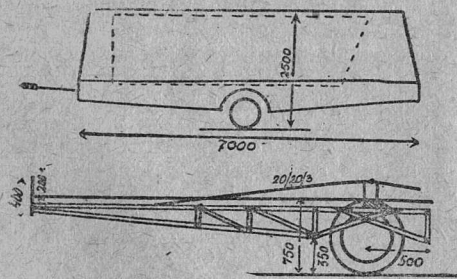


Рис. 100. Транспортная повозка

Рули и элероны должны быть закреплены по правилам указанным в разделе „хранение планера“.

Такой способ переброски применяется на расстояниях от 1 до 3 км. Ближе планер доставляется обычно вручную, выше трех километров планер

перевозится в разобранном виде. Специальных стандартных повозок для этой цели у нас не имеется; из заграничных одним из наиболее удобных и дешевых типов является ниже следующий: за исключением некоторых сложных работ такая повозка может быть выполнена силами самих планеристов. Стоимость ее около 150 руб., вес 600—700 кг., допустимая скорость езды — 60—70 км/час.

Транспортная повозка „Гера“, как видно из рис. 100, состоит из низко расположенной платформы, установленной на шасси из углового железа (высота от земли — 0,75 м). В качестве оси использована задняя автомобильная ось. Платформа выполнена из шпунтованных сосновых досок толщиной в 22 мм. Из того же материала сделаны выступающие вверх на 20 см боковые стенки. На этих стенках за откидными, наклоненными несколько внутрь, досчатыми ножницами обшитыми фанерой и внутри войлоком устанавливаются крылья. Крепления — болты с барашковыми гайками просты и надежны. Между крыльями устанавливаются или подвешивается фюзеляж, хвостовое оперение и проч. Повозка допускает одновременно погрузку двух планеров.

Контрольные вопросы:

1. Какие виды переборки планеров встречаются?
2. Как производится погрузка в ящиках? на платформу?
3. Охарактеризуйте способы переборки планера в собранном и разобранном виде на небольшие расстояния: до 1 км., от 1 до 3 км., свыше 3 км.

Заканчивая изложение основных вопросов эксплуатации планеров, необходимо отметить, что изучение их даст действительные результаты только при тесной увязке с практической работой у планера. Только повседневное накапливание практических навыков создаст условия для твердого усвоения правил успешной эксплуатации и, следовательно, для безотказной работы аппарата.

Приложения

Приложение 1

Описание приборов и инструкция для наблюдения ветра при производстве летной работы планерных организаций

А. Описание приборов

а) Анемометр Фусса (рис. 101).

На вертикальном стержне „а“, свободно вращающемся около своей продольной оси, в верхней части крестообразно укреплены четыре полушария („в“) г. наз. „креста Робинзона“, представляющие собой полусферы, выпуклыми поверхностями обращенные в одну сторону. Так как вогнутые поверхности представляют больше сопротивление ветру, чем выпуклые, то под влиянием ветра полушария вращаются всегда в одну сторону, туда, куда направлены выпуклые поверхности. На нижнем конце стержня имеется бесконечный винт, который рычагом „с“ можно соединить с колесом в 100 зубцов. Винт и колесо рассчитаны так, что при одном полном обороте чашек колесо повернется на один зубец. На оси колеса надета стрелка, показывающая на циферблате прибора число оборотов полушарий анемометра.

Основное колесо соединено с рядом других добавочных; при полном обороте первого — второе передвинется на один зубец; при полном обороте второго — на один зубец передвинется третье и т. д. Благодаря такому устройству возможно считать сотни, тысячи и т. д. оборотов; на основном циферблате помещен также ряд циферблатов добавочных колес с соответствующими надписями.

Сами полушария и стержень рассчитаны так, что одному обороту вертикального стержня соответствует передвижение массы воздуха в горизонтальном направлении на один метр.

Прибор дает среднюю величину скорости ветра за некоторый промежуток времени (обычно 100 секунд), но порывистости ветра не характеризует.

б) Флюгер Вильда (рис. 102).

Прибор состоит из подвижного вертикального стержня „а“, на котором помещен флюгер „в“ и металлическая доска „с“, качающаяся около горизонтальной оси „д“. Действием флюгера от качания приводится в положение, перпендикулярное направлению ветра. Отклонение доски отмечается на шкале „е“, имеющей штифт 0, 1, 2, . . . 7.

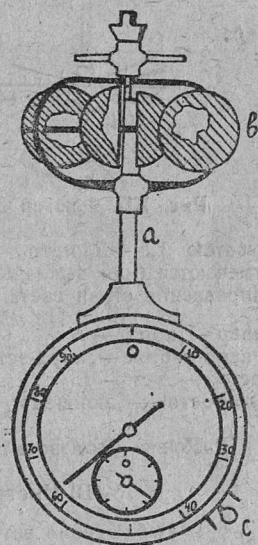


Рис. 101. Анемометр Фусса

Подвижной стержень заключен в неподвижно укрепляемый кожух „К“, на котором находятся горизонтальные штифты румбов (направлений по стране света) — „q“. Направление ветра определяется по положению флюгера относительно штифтов „q“, направление указывает шарик флюгера. Показания флюгера Вильда менее точны, чем вышеописанного анемометра, но прибор дает наглядное представление о порывистости ветра, дешев и прост в обращении.

в) Вымпел (рис. 103).

Вымпел служит для определения направления ветра. Он представляет из себя узкую, длинную батистовую ленту (около 0,5 метра), подвешиваемую на шесте

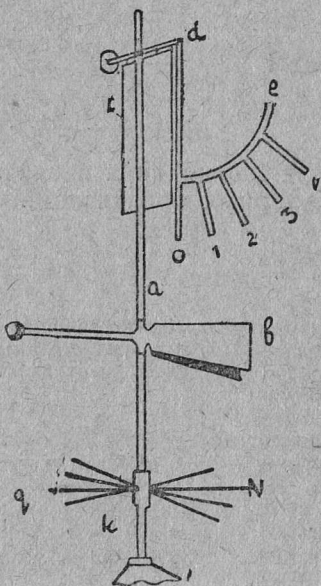


Рис. 102. Флюгер Вильда

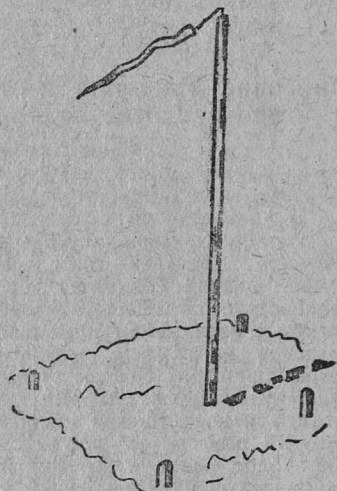


Рис. 103. Вымпел

высотой 1,5—2 метр., вкопанном в землю. Около шеста на земле колышками отмечаются (или выкладываются щебнем, кирпичем, заливаются известью и т. д.) направления стран света, по восьми основным направлениям:

север — „норд“ — *N*
 северо-восток — „норд-эст“ — *NE*
 восток — „эст“ — *E*
 юго-восток — „зюйд-эст“ — *SE*

юг — „зюйд“ — *S*
 юго-запад — „зюйд-вэст“ — *SW*
 запад — „вэст“ — *W*
 северо-запад — „норд-вэст“ — *NW*

Разбивка производится при помощи теодолита или хотя бы ручного компаса.

В. Инструкция по производству наблюдений

§ 1. Наблюдения ветра должны обязательно производиться:

- перед открытием полетов планерных групп;
- в течении полетов групп, через каждые два часа в случае устойчивой погоды и чаще по распоряжению руководителя полетов, в случае погоды неустойчивой;
- перед каждым полетом планера, совершаемым одиночным порядком, если полет совершается через два часа (в случае устойчивой погоды) или через любой промежуток времени (в случае неустойчивой погоды) после последнего наблюдения ветра.

§ 2. Наблюдения ветра имеют целью определение его направления и величины скорости.

§ 3. Наблюдения производятся при помощи:

- а) анемометра Фусса и выпела или
- б) флюгера Вильда.

§ 4. Производство наблюдений анемометром Фусса заключается в следующем.

Анемометр устанавливается на высоте двух метров на специально поставленном для этой цели шесте. При отсутствии в районе наблюдений каких либо высоких предметов, могущих исказить воздушный поток, наличие специального шеста не обязательно; достаточно поднять анемометр, держа его в руке, над головой.

Предварительно записываются показания стрелок на циферблатах и с помощью веревки, привязанной к рычажку „с“ (рис. 101) или же рукой включают счетчик анемометра, одновременно пуская секундомер (или замечая положение секундной стрелки часов). По прошествии ста секунд, выключив счетчик, считывают показания стрелок на циферблатах. Разность этих показаний и записанных перед наблюдением, деленная на 10 и умноженная на „переводный множитель“ (поправочный коэффициент, указываемый в аттестате прибора) и дает скорости ветра в м/с.

Во время производства наблюдений прибор должен быть строго вертикален.

§ 5. Производство наблюдений по выпелу заключается в следующем: замечают то направление, в пределах которого под действием ветра колеблется лента выпела.

§ 6. Производство наблюдений по флюгеру Вильда заключается в следующем: став лицом к флюгеру так, чтобы ось качаний доски совпала с лучем зрения наблюдателя, замечают положение доски относительно штифтов шкалы. Так как флюгер рассчитан по т. наз. „шкале Бофорта“, то для получения скорости ветра в м/с отмеченные показания доски переводят, пользуясь нижеследующей таблицей:

Табл. 17

Показания доски	Баллы	м/с	Характеристика
Первый штифт (вертикальный)	0	0	Штиль. Отсутствие ветра.
второй штифт	1	1	Очень слабый ветер.
третий „	2	2—3	Слабый ветер.
четвертый „	3	4—5	Небольшой ветер.
пятый „	4	6—8	Умеренный ветер.
шестой „	5	9—10	Свежий ветер.
седьмой „	6	11—13	Сильный ветер.
восьмой „ (горизонтальный)	7	14—17	Крепкий ветер

Направление ветра определяется на глаз по положению флюгера относительно неподвижных горизонтальных штифтов.

§ 7. Произведенные наблюдения немедленно заносятся в книгу метеорологических наблюдений за подписью производившего наблюдения, а во время полетов, кроме того, доводятся до сведения руководителя полетов.

Приложение 2

Отчетность летно-планерных организаций

Обязательная отчетность летно-планерных организаций (школ, станций и кружков) состоит из:

- 1) Дневников, ведущихся систематически в самой организации;
- 2) Срочных донесений, посылаемых в установленные сроки в вышестоящие организации.

3) **Акто**в, составляемых периодически, по мере надобности.

Дневники ведутся начальником летной части (или лицом его заменяющим, в кружках — инструктором) или под его непосредственным наблюдением. Дневники заполняются ежедневно, за исключением дневника аварий и поломок. Они должны состоять из:

- 1) Дневника полетной работы (ф. № 1).
- 2) Дневника полета планеров (ф. № 2).
- 3) Дневника аварий и поломок (ф. № 3).
- 4) Дневника метеорологических наблюдений (ф. № 4).
- 5) Полетных книжек личного состава (ф. № 5).
- 6) Летных книжек инструктора (ф. № 6).
- 7) Летных карточек (ф. № 7).

Летные карточки составляются инструкторами групп в том случае, если в школе (станции) занимается более одной легкой группы в течение дня. По окончании работы карточки сдаются начальнику летной части (или лицу его заменяющему) и служат основанием для заполнения дневников и формуляров планера.

Форма № 1

Дневник полетной работы

№№ п/п	Год, месяц, число	Утро		День		Вечер		Количество летавших групп	Количество нелетавших групп	Примечание
		Ветер (скорость и направление)	Состояние неба	Ветер (скорость и направление)	Состояние неба	Ветер (скорость и направление)	Состояние неба			

Форма № 2

Дневник полета планеров

Наименование и № планера	Год, месяц и число										

Форма № 3

Дневник аварий и поломок

№№ п/п	Год, м-ц и число	№ акта	Наименование происшествия	Тип план. и №	№ груп. и кто руков.	Фамилия пилота	Краткое описание происшествия	Ранение, полученное пилотом	Потреб. ремонт планера

Дневник метеорологических наблюдений

№№ п/п	Дата	Часы	Ветер		Облачность		t°	В	Влажность	Атмосф. явления (дождь, снег, град и пр).	Подпись дежурного
			Скорость	Направление	Вид	Кол-во					
							если измеряются				

Полетная книжка

Раздел 1

1. Фамилия, имя, отчество
2. Год рождения
3. Специальность
4. Образование

№№ п/п	Дата	Работа в школе (станции)	
		Факт.	Основан.

Раздел 2

№№ п/п	Дата	Тип планера	№ и содержание упражнения	Продолжительность полета

Раздел 3

Дата	Тип планера	Описание аварии (поломки)	Вывод

Летная книжка инструктора

Учет (фамилия, инициалы)

№№ п/п	Дата	№ упр.	Посадка	Выполнение полета	Колич. посадок за день

Форма № 7

Лицевая сторона

ЛЕТНАЯ КАРТОЧКА №

. месяца 193 г. от до

Тип и № планера

Фамилия инструктора

№№ п/п	Пилот	№ уп- раж.	Прод. ч. м. сек.	Ко- лич. посад.	Ветер		№ стар- та	Примечание
					Ско- рость	На- прав.		

Оборотная сторона

1. Причины неполного использования летного времени. 2. Аварии и поломки. 3. Состояние планера. 4. Подпись инструктора.

Срочные донесения в настоящее время представляются по утвержденным ЦС ОАХ формам № 1—2 в виде:

а) Месячного донесения о работе организации (ф. № 8).

б) Сведений о работе планерного парка за месяц (ф. № 9).

К 5-му числу каждого месяца за подписью начальника школы или станции и печатью школы или станции срочные донесения представляются в двух экземплярах — один непосредственно в планерный отдел ЦС ОАХ СССР, другой — в республиканскую, краевую, областную организацию, коей подчинены; кружки — в ту организацию, к которой приписаны.

Акты составляются по мере необходимости. При катастрофах и авариях обязательно составление: а) аварийного акта, б) технического акта (ф. № 10).

Аварийный и пр. (кроме технического) акты составляются по произвольной форме, как правило, комиссией в составе председателя и не менее двух членов

МЕСЯЧНОЕ ДОНЕСЕНИЕ

планерной гор. за 19 г.

1. Сведения о личном составе

№№ п/п	Фамилия, имя, отчество	Должность		Примечание
		Штатная	Обществ.	

2. Сведения о полетной работе

№№ п/п	Тип планера	Раздел прогр.	Полеты			Число ученик.	Число выпущ. и отчисл.	Примечание
			Учен.	Инстр.	Число летных дней			

3. Сведения об авариях и поломках

№№ п/п	Тип планера	Дата	С кем произошла авария (поломка)	Краткое описание	Повреждения планера и потреби. ремонт

4. Сведения о наличии планеров

№№ п/п	Тип планера	Исправных	Неисправных	Потребных	Примечание

Сведения о работе планерного парка

за месяц 193 . . . г.

№ № п/п	Тип планера	№ заводск.	Налет за месяц		Количество посад. за истек. м-ц.	Аварии и поломки Месяц, число и характер	Количество ремонтов за месяц		К какой категории отнес. план
			час.	мин.			Кап.	Тек.	
П р и м е р									
1	УС—3	218	2	1350	178	12/VIII. Разбит обтекатель и нижняя полка лыжи	—	1	II

Технический акт №

составлен 193 . . . г. на основании приказа № . . .
по
гор.

Комиссия в составе: Председатель

Члены {

№ № п/п	Разделы и вопросы	Ответы
Раздел первый		
1	Фамилия, имя пилота, потерпевшего аварию и его должность	
2	Тип планера	
3	Наименование происшествия	
4	Время и место происшествия	
5	Цель полета (№ упражнения и содержание)	
6	Количество человек на амортизаторе	
7	Кто руководил полетами	
8	Методические указания, данные пилоту перед полетом	
9	Мнение инструктора о степени усвоения предыдущей программы	
10	В какой стадии полета случилось происшествие (взлет, посадка и т. д.)	
11	Кто руководил полетами	
12	Ответственное лицо за техническую исправность планера и кто осматривал перед полетом	
Раздел второй		
13	Состояние погоды во время данного полета (ветер, облачность, видимость)	
14	Как был разбит старт, строго ли против ветра производился запуск (если нет—укажите причины)	

№ № п/п	Разделы и вопросы	Ответы
Раздел третий		
15	Тип планера, номер, кем построен и время выпуска завода	
16	Сколько посадок имел планер за весь срок службы	
17	Сроки и сущность последнего ремонта	
18	Имелись ли технические дефекты у планера перед последним ремонтом и в чем они заключались . . .	
Раздел четвертый		
19	Если результатом происшествия явилась смерть, ранения или ушибы, то кто и насколько пострадал . .	
20	Если требовалась медицинская помощь, то кем, кому и где была она оказана	
Раздел пятый		
21	Какие повреждения получил планер: а) несущие поверхности б) фюзеляж (хвостовая балка и кабина) в) хвостовое оперение г) подкосы, расчалки	
22	Какого ремонта требует планер	
23	Мнение комиссии о целесообразности ремонта, учитывая сроки службы	
24	Заключение комиссии, производившей расследование и изучение причин аварии (указать причину аварии, лиц, персонально ответственных за аварию, мероприятия, которые необходимо провести во избежание повторения аналогичных случаев в дальнейшем) . . .	
25	Заключение руководителя планерной организации с указанием мер, принятых для устранения дефектов, выявленных при расследовании аварии и что конкретно предпринято в данном случае	

Подписи:

Председатель Комиссии

Члены

Программа летной подготовки пилота-планериста

Класс „а“ (1-я ступень)

№ № упраж.	Содержание упражнения	Цель упражнения	Количество посадок (натяж.)	Старт	Допустимый ветер
1	„Балансировка“ (ознакомление с органами управления планера)	Освоение учеником работы органов управления	4—6	Ровное открытое место	До 8 м/с
2	„Пробежка“ (руление с освоением элеронов и руля направл.)	Научить ученика: а) устранять крены; б) выдерживать направление движения Руление без отрыва от земли	а) 7—10 б) 10—12	Ровное место	до 3 м/с
3	„Подлет“ (руление с отрывом от земли)	а) Приучить ученика к ощущению отрыва от земли и подготовить к планированию. б) Приучить ученика к простейшим навыкам посадки	а) 12 б) 12	а) Ровное место или незначит. уклон б) пологий склон от 2—5 м.	2—3 м/с
4	„Полет по прямой“ (планирование по прямой с постепенным повышением старта)	Научить ученика: а) производить нормальный взлет, б) производить нормальное планирование, в) производить нормальную посадку	18—25	Склон, высотой от 5 до 30 м	3—7 м/с
			63—77		

Класс „б“ (2 ступень)

№ упраж.	Содержание упражнения	Цель упражнения	Количество посадок (натяж.)	Старт	Допустимый ветер
5	„Змейка“ (развороты на 45°)	Научить ученика технике разворота	8	20 м	4 м/с
6	„Развороты на 90°“	Научить ученика технике нормального поворота (на 90°) с посадкой: а) против ветра, б) с боковым ветром	10—12	30 м	4—7 м/с

№ № упраж.	Содержание упражнения	Цель упражнения	Количество посадок (натяж.)	Старт	Допустимый ветер
7	Развороты на 180° (с посадкой на точность)	Научить ученика технике разворота на 180° и выработать навыки правильного глазомера и ориентировки	8—10	30 м и выше	5—8 м/с
			26—30		
		Натяжек по всей программе	89—107		

Примечание: 1) Количество натяжек согласно приказа № 80 ЦС ОАХ СССР от 25/VI 1933 г.

Успешно усвоившим летные упражнения присваивается звание „пилота-планериста“.

Основные методические указания при проведении летного обучения на планерах

§ 1. Перед началом обучения инструктор обязан познакомить группу с дисциплиной обучения, с правилами полетов и внутреннего распорядка, с материальной частью планера, на коем будут проводиться полеты.

§ 2. Перед прохождением каждого упражнения инструктор обязан изложить ученикам цель, задачи и особенность данного упражнения, а также технику его выполнения и краткое теоретическое обоснование; путем опроса проверить, насколько понято и усвоено его объяснение. Изложение ведет в строгой последовательности элементов полета.

§ 3. Перед посадкой ученика в планер инструктор обязан дать ему четко сформулированное задание и удостовериться, что оно понято правильно. При посадке инструктор следит, чтобы ученик сел в кабине правильно. Задерживать сидящего в кабине ученика объяснениями, кроме напоминания самого существенного, не следует.

§ 4. В первые полеты на новое упражнение ученика необходимо выпускать при наиболее легких условиях полета, усложняя их по мере усвоения предыдущего. После перерыва в летной работе ученика, а также при неподходящих для данного упражнения условиях погоды, необходимо давать полеты на предыдущее упражнение, более легкое и хорошо усвоенное.

§ 5. Инструктор должен следить за тем, чтобы ученик не смотрел в полете на рычаги управления или крыло, а пользовался только указанными ему ориентирами.

§ 6. Сначала инструктор обязан указывать ученику только грубые ошибки, чтобы не загружать его внимание, постепенно, однако, отмечая и мелкие недочеты, с целью отшлифовки техники полета. После удачного полета слабому ученику необходимо дать для закрепления успеха повторный полет. Выпускать же после грубых ошибок сразу не следует.

§ 7. Ученик обязан докладывать инструктору, после выполнения полета, о допущенных ошибках и получать от инструктора соответствующие указания. Какие либо оценки полета товарищами по группе (даже с учебными целями), а тем более замечания пилоту во время запуска и полета, со стороны других учеников — воспрещаются.

§ 8. Инструктор обязан следить за психо-физическим состоянием ученика: при недоровьи, переутомлении, нервности и т. п. необходимо временно ученика

не допускать к полетам; нужно учитывать возможность скртия учеником из ложного самолюбия своей неподготовленности или временной неспособности к полету.

§ 9. При определении летных способностей ученика инструктор обязан подходить к оценке осторожно, тщательно анализируя все причины, влияющие на закрепление летных навыков. Наличие аварии или поломки далеко не всегда характеризует отсутствие летных способностей. Часто причинами аварий являются временные причины или же плохой инструктаж, поспешность при переводе ученика на следующее упражнение, дефекты материальной части и т. п. Также нельзя отчислять учеников только потому, что они требуют несколько повышенной, по сравнению с другими, тренировки. Явно отрицательными явлениями, характеризующими непригодность ученика, служат:

- а) чрезмерная впечатлительность или наоборот, повышенная терпозимность,
- б) недисциплинированность,
- в) отсутствие самообладания,
- г) нечувствительность к положению в воздухе и ряд др.

§ 10. Чтобы правильно изучить своих учеников, инструктор должен вести за ними неустанное всестороннее наблюдение, за их поведением как в воздухе, так и на земле, перед полетом и после него, в частной жизни и на общественной работе; должен знать их характер, привычки и наклонности. В процессе полетного обучения инструктор должен вести специальный дневник, в котором помимо фиксации ошибок и общей оценки и впечатления о каждом полете, необходимо делать все заметки, способные характеризовать данного ученика.

§ 11. Для систематической конкретной оценки и для развития чувства здорового соревнования между учениками необходимо оценивать каждый полет по отдельным элементам количеством очков, для чего служат следующие показатели:

Оценка выполнения		Штрафные очки	
Элемент	Очки	Элемент	Очки
Взлет	5	Поздно перевел на планирование	3
Угол планирования	5	Взлет с креном	2
Разворот	5	Не выдержал направления	3
Направление	3	На развороте	
Посадка	10	меньше угол	3
		передал ногу	2
		передал крен	2
		На посадке взмыл	2
		На посадке козля	3
		Сел с углом	3
		Сел вне круга	
			очков по числу метр. от "Т"

Приложение 4

Программы теоретической подготовки пилота-планериста

а) Свод программ для планерных школ по подготовке инструкторов.

1 цикл — специальный.

1. История планеризма	часов 10
2. Теория полета на планере	40
3. Практика полета на планере	14
4. Материальная часть планеров	15
5. Работа частей планера	10
6. Техническая эксплуатация	12
7. Авиационные материалы	11
8. Элементы самолета и его двигателя	18
9. Методика обучения	15
10. Метеорологические наблюдения	6
11. Военная подготовка	120

2 цикл — общественнополитический

1. Политработа	}	40
2. Текущая политика		
3. Организация планерной работы		
<hr/>		10
Всего часов		321

Примечание: Прохождение всего курса рассчитано на три месяца.

б) Свод программ для планерных станций и кружков по II ступени летно-планерной квалификации.

1 цикл — специальный

1. История планеризма	часов	10
2. Теория полета на планере		40
3. Практика полета на планере		14
4. Материальная часть планера		15
5. Работа частей планера		10
6. Техническая эксплуатация		12
7. Военная подготовка		98
8. Метеорологические наблюдения		6

2 цикл — общественнополитической

1. Текущая политика	18
<hr/>	
Всего часов	
223	

в) Свод программ для планерных станций и кружков по I ступени летно-планерной квалификации

1. История планеризма	часов	10
2. Теория полета на планере		20
3. Практика полета на планере		8
4. Материальная часть планера		10
5. Техническая эксплуатация		12
6. Метеорологические наблюдения		6
7. Текущая политика		20
<hr/>		
Всего часов		
86		

Вопросы развития военной и гражданской авиации, развития и перспектив планеризма и др. ставятся в порядке популярных лекций во внешкольное время.

Физкультурные занятия организуются СФК в порядке подготовки к сдаче норм по ГТО.

Общеобразовательные предметы проходятся в системе добровольных кружков для повышения уровня знаний.

Военная подготовка проводится в школах по программам подготовки вне-войсковиков пехоты, в станциях II ступени летно-планерной квалификации по программам допризывной подготовки пехоты. Руководство военной подготовкой осуществляют учебные пункты ОАХ.

Метеорологические наблюдения проводятся в виде практической тренировки с приборами, с целью привития навыков производства наблюдений.

Программа курса „Материальная часть планеров“ проходит в кружках и станциях I ступени л.—пл. кв. только по планеру УС—3, в станциях II ступени л.—пл. кв. и школах по всем имеющимся типам планеров, и во всяком случае по планерам УС—3 и ПС—I.

Программа курса „Теория полета на планере“ проходит по I ступени в элементарном изложении.



Программа курса „История планеризма“ — 10 часов

1. Человечество и проблема летания.
2. Планеризм 1890 — 1903 г.г. Отто Лиллиенталь и др. последователи (Пильгер, Шанют, Фербер и др.). Деятельность бр. Райт. Игрушки Котова.
3. Первые моторные полеты (бр. Райт, Сантос Дюмон, Вуазен, Фарман, Блерио). Зарождение планеризма в России.
4. Успехи авиации и упадок планеризма. 1908 — 1913 гг. Мировая война.
5. Возрождение планеризма (Германия, Англия, СССР 1920 — 1923 г.г.). Достижения планеризма за рубежом.
6. Советский планеризм. Достижения планеризма в СССР. Перспективы развития массового планеризма.

Пособия:

- 1) Стоклицкий С. И. История планеризма.
 - 2) Жабров. Планеризм.
 - 3) Стоклицкий С. И. Планерный кружок.
 - 4) Шмелев. Безмоторное летание.
- Журнал „Самолет“
Отчеты о планерных слетах в журнале „Вестник Воздушного Флота“.

Программа курса „Методика летного обучения“

1. Требования, предъявляемые к летному составу.
 2. Отрицательные и положительные качества. Отбор летного состава.
 3. Методика обучения по отдельным упражнениям программы.
- Пособия: Бородин и Васянин. Методические указания по обучению на планерах.

Программа курса „Техническая эксплуатация планера“

Часть I (4 часа).

- а) Общие сведения об эксплуатации.
- б) Схема конструкций, их данные и оценка.
- в) Нормы эксплуатации.

Часть 2 (5 часов).

- а) Хранение.
- б) Сборка, разборка и регулировка.
- в) Работа на старте.

Часть 3 (3 часа)

- а) Аварии и поломки.
- б) Осмотры и ремонты.
- в) Учет работы. Документация.

Программа курса „Теория полета на планере“

1. Основные законы аэродинамики (17 час.)
 - а) Вопросы, исследуемые в аэродинамике.
 - б) Силы, действующие на движущееся тело.
 - в) Индуктивное сопротивление.
2. Планер в полете (23 часа).
 - а) Прямолинейный полет.
 - б) Криволинейный полет.
 - в) Устойчивость и управляемость.
- г) Парение.

Программа курса „Практика полета на планере“

1. Подготовка к полету 2 часа.
2. Взлет планера 2 часа.
3. Планирование по прямой 3 часа.
4. Развороты 3 часа.
5. Посадка 2 часа.
6. Парящие полеты 2 часа

Курс проходит параллельно практической полетной работе.

Пособия: Степанчонок: Обучение парящему полету.

Сеньков: Учись летать.

Бородин и Васянин: Методическ. указания по обучению полетам на планерах. Журнал „Самолет“.

Программа курса „Авиационные материалы“

а) Лесоматериалы: дерево, переклейка.

б) Клей.

в) Ткани и лаки: авиалотно, нитроцеллюлозные аэролаки. Растворители.

г) Резина. Кожа. Смазочные материалы.

д) Металл. Сталь и стальные изделия, разные др. металлы.

Программа курса „Элементы самолета и авиационного двигателя“

1. Самолет и его устройство — 10 часов.

а) Отличие аэродинамики самолета от аэродинамики планера.

б) Классификация самолетов.

в) Устройство частей самолета.

2. Авиамоторы — 8 часов.

а) Мотор: классификация, принцип работы и конструкция деталей.

б) Воздушный винт: классификация, шаг винта, скольжение.

Пособия: Ш и у к о в: Элементы самолета и его двигателя.

Александров: Аэропланы.

Приложение 5

Мировые рекорды планеризма на 1 июля 1934 г.

	Без пассажира	С одним пассажиром	С двумя пассажирами	
Продолжительность	36 ч. 36 м. Германия Шмидт Фришгаф 3/VIII—1933	13 ч. 17 м. СССР Гавриш Крым 15/IX—1933	10 ч. 29 м. СССР Плесков Крым IX—1933	
Высота	2589 клм. Австрия Кронфельд Рэн. 30/VII—29	2530 мтр СССР Гавриш Крым 10/IX—33	455 мтр СССР Плесков Крым 15/IX—33	
Дальность	279 клм. США Дюпон 25/VI — 34	43,3 Германия Гренгоф Рэн, 1929		
Фигурные полеты	184 мерт. петли 3 переворота 13 витков штоп. СССР Степанчонок	209 мерт. пет. 6 переворотов СССР Бородин 1933		
Буксировка	3550 клм Оренбург — Москва—Крым СССР. Юдин VIII—1933	2055 клм СССР. Кошиц X—1933		
Воздушный „поезд“	2055 клм. Три планера 1934 г. СССР	Москва—Кок- тебель		

Материалы, которыми пользовался автор

Проф. Александров. Аэропланы.

Липпиш. Развитие, проектирование, конструкция планеров.

Проф. Молчанов. Аэрология.

Инж. Фадеев. Аэродинамический расчет планера.

Инж. Горощенко. Самолет, его полет, конструкция и обслуживание.

Антонов. Теория полета на планере.

Стокляцкий. Как выбрать планеродром.

Наставление по эксплуатации планеров типа УС-3 и ПС-1.

Наставление по организации планерной работы для планерных школ, станций и кружков.

Методические указания по обучению полетам на планерах.

Конспект автора для планерного кружка ХАИ.

Журнал „Самолет“ за 1933 г.



содержание

часть первая

теория полета планера

	стр.
1. Воздух, его состав и физические свойства	7
2. Сведения о конструкции планера	11
3. Силы сопротивления воздуха	13
4. Полет планера	26
5. Управление планером	45
6. Использование планером воздушных течений	49

часть вторая

конструкция планеров

1. Общие данные о конструкции планеров	65
2. Нагрузки на планер в полете	83
3. Оборудование планера	87

часть третья

эксплуатация планеров

1. Хранение планеров	95
2. Сборка, разборка и регулировка	97
3. Планеродром, выбор его и оборудование	105
4. Работа планера на старте	111
5. Уход за планером	116
6. Летные происшествия и ремонт	121
7. Транспортировка планеров	124

приложения

1. Описание приборов и инструкция для наблюдений ветра	127
2. Отчетность летно-планерных организаций	129
3. Программы летной подготовки пилота-планериста	136
4. Программы теоретической подготовки пилота планериста	138
5. Таблица мировых рекордов планеризма	141

34-4

2227a



45 21 02