

Е РУДЕНСКИЙ

ПОЛЕТ НА ПЛАНЕРЕ

Пособие для планеристов

Руденский Е. Г.

Полет на планере. Пособие для планеристов. М, ДОСААФ, 1977.

144 с. с ил

В данном пособии излагаются общие сведения по метеорологии, практические приемы анализа и прогноза погоды, решение задач оптимального полета на планере, рассказывается о теоретических основах парения, освещаются вопросы выбора соответствующей тактики полета по маршруту или на высоту (с использованием волновых восходящих потоков) в зависимости от конкретных метеоусловий

Пособие предназначено для специалистов и спортсменов-планеристов всех категорий, знакомых с основами аэродинамики, метеорологии и прочности летательных аппаратов

ОГЛАВЛЕНИЕ

От автора

Глава I. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О МЕТЕОРОЛОГИИ.

Определение погоды. Метеорологические элементы. Температура и влажность воздуха. Вертикальный градиент температуры

Воздушные массы

Атмосферные фронты

Барические системы

Синоптические условия, благоприятствующие парящим полетам на планере. Карты погоды .

Аэрологическая диаграмма

Глава II. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПАРЕНИЯ И ПРАКТИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ОПТИМАЛЬНОГО ПОЛЕТА ПЛАНЕРА .

Основное условие оптимальности скоростного парящего полета. Средняя скорость перелета

Круговой калькулятор

Об исключении реакции вариометра на изменение режима в процессе оптимизации парящего полета

Построение линейки долета

Глава III. ТАКТИКА И ТЕХНИКА ПАРЕНИЯ

Общие принципы тактики перелета на планере

Перелеты по замкнутым маршрутам и в одном направлении

Выход на поворотный пункт и фиксирование прохода поворотных пунктов маршрута

Групповые полеты на планерах

Особенности подготовки и тактика полетов на соревнованиях

Техника и тактика парящего полета с использованием облаков

Глава IV. ПРИРОДА ОБРАЗОВАНИЯ ВОЛНОВЫХ ПОТОКОВ И ТЕХНИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ПОЛЕТА В НИХ.

Возникновение волновых движений в атмосфере

Облака, сопутствующие волновым движениям в атмосфере

Техника и тактика полета на волне

Литература

От автора

Планеризму — одному из наиболее увлекательных видов спорта — более 50 лет. За этот период он сформировался в самостоятельный раздел авиации со своим обширным теоретическим и техническим фундаментом. Благодаря значительным успехам в области планеростроения, приборостроения и метеообслуживания полетов этот спорт развивается быстрыми темпами. Поэтому особое значение приобретает уровень подготовки инструкторов, преподавателей и спортсменов по теории парения, технике и тактике парящего полета, метеорологии. Настоящее учебное пособие посвящено как раз этим вопросам планеризма.

Не весь материал, включенный в книгу, равноценен по значению. Часть его представляет преимущественно методический или чисто теоретический интерес, однако его привлечение необходимо для понимания других разделов. Из-за ограниченного объема учебного пособия автор стремился не дублировать смежные темы теории и тактики парения. Материал излагается поэтому в сжатой конспективной форме. Особое внимание уделено практическому применению теории парения и метеорологии в реальных полетах.

Учебное пособие состоит из четырех глав. Каждую из них можно рассматривать как самостоятельную, и все же дополняя и углубляя одна другую, они составляют единое, неразрывное целое.

Изложение проблемных вопросов планеризма и метеорологии значительно расширено. До настоящего времени, к сожалению, лишь немногие планеристы получают надежный прогноз погоды. Заметно отстаем мы в освоении высотных полетов на планерах. Автор считает поэтому необходимым подробнее и более систематизированно, чем раньше, остановиться на этих вопросах.

Глубокую признательность выражает автор Е. П. Вачасову и Е. А. Кирилловой, предоставивших материал и оказавших помощь при написании ряда разделов книги.

Автор с благодарностью примет указания на недостатки учебного пособия и пожелания по дальнейшему совершенствованию затронутых в нем тем.

Глава I. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О МЕТЕОРОЛОГИИ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОГОДЫ. МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ. ТЕМПЕРАТУРА И ВЛАЖНОСТЬ ВОЗДУХА. ВЕРТИКАЛЬНЫЙ ГРАДИЕНТ ТЕМПЕРАТУРЫ

В метеорологии под погодой подразумевается физическое состояние атмосферы, в основном ее нижнего слоя — тропосферы, до высот 8—10 км (во внетропических широтах). Физическое состояние атмосферы определяется рядом основных метеорологических элементов — температурой, влажностью, давлением воздуха, ветром, осадками, видимостью, облачностью и пр. Температура воздуха — один из определяющих элементов погоды. В тропосфере с высотой она понижается в среднем на 6°C при подъеме на каждый километр или на $0,6^{\circ}\text{C}$ на каждые 100 м.

Величина изменения температуры, рассчитанная на 100 м по вертикали, называется вертикальным градиентом температуры. Величина, равная $0,6^{\circ}\text{C}$ на 100 м, наблюдается наиболее часто и определена как средняя из множества измерений. В действительности вертикальный градиент температуры в умеренных широтах земного шара изменчив и зависит от времени года и суток, характера атмосферных процессов, а в нижних слоях тропосферы — главным образом от температуры подстилающей поверхности.

В теплое время года, когда близкий к поверхности земли слой воздуха достаточно нагрет, характерно понижение температуры с высотой, причем величина падения превышает даже 1°C на каждые 100 м подъема. Зимой, при сильном охлаждении поверхности земли и приземного слоя воздуха, температура часто не понижается, а растет с высотой, т. е. возникает инверсия температуры. Подобные слои воздуха имеются в любое время года и на различных высотах. Слои инверсии и изотермии (температура с подъемом не меняется) играют важную роль в возникновении вертикальных движений воздуха и облакообразовании.

Величины изменения температуры с высотой во многом влияют на полет на планере, так как скорости входящих потоков зависят непосредственно от величин вертикального температурного градиента. Влажность воздуха — еще один важный элемент погоды. С высотой:

она также падает. Почти половина всей влаги сосредоточена в первых полутора километрах атмосферы, а в первых пяти — около 90% всего водяного пара.

Изменения температуры и влажности с высотой существенно влияют на так называемую устойчивость атмосферы, облакообразование и термическую конвекцию. Подробнее этот вопрос будет освещен в разделе «Аэрологическая диаграмма».

ВОЗДУШНЫЕ МАССЫ

Атмосфера неоднородна не только по вертикали, но и в горизонтальном направлении. Большое различие физических свойств воздуха на одинаковых высотах часто можно обнаружить на близком расстоянии. Особенно резко эти различия для тропосферы. Массы воздуха, перемещаясь над различной по своему характеру подстилающей поверхностью Земли (материки или океаны, пустыни и степи, лесные массивы и болота), приобретают новые физические свойства, присущие географическим районам, где они движутся. Процесс этот называется трансформацией. Поскольку воздух никогда не остается в покое, то и его трансформация непрерывна.

Заметнее всего при трансформации изменяются температура и влажность воздуха. Изменения эти особенно значительны при перемещении воздуха из одних широт в другие или на иную подстилающую поверхность, например с океана на сушу. Воздух, двигаясь над однородной поверхностью с севера на юг, обычно нагревается и, удаляясь от состояния насыщения, становится, как принято говорить, сухим. При движении с юга на север он охлаждается и, следовательно, приближается к состоянию насыщения, при малом запасе влаги становится насыщенным — влажным. Часть влаги, содержащейся в воздухе, в соответствующих условиях конденсируется и выпадает осадками. Содержание влаги в воздухе быстро повышается при перемещении его над большими водными бассейнами. Он увлажняется медленнее над малоувлажненной подстилающей поверхностью.

Кроме непрерывных изменений температуры и влажности воздуха (обусловленных тепло- и влагообменом с подстилающей поверхностью) меняются и его оптические свойства. Над пустынями и индустриальными районами он мутнеет от механических примесей — взвешенных частиц пыли и продуктов сгорания. Поглощение пылью солнечной радиации способствует более интенсивному нагреванию воздуха. Над океанами он обогащается солями морской воды.

Влага, взвешенные частицы пыли или продукты сгорания, а также морские соли делают воздух менее прозрачным. Это, в конечном счете, ухудшает горизонтальную и вертикальную видимость наземных ориентиров и значительно усложняет полеты на летательных аппаратах, в том числе и на планерах, а иногда делает их невозможными.

Если воздух долго задерживается над одинаковой подстилающей поверхностью, то на огромном пространстве он приобретает относительную однородность. Такие сравнительно однородные массы воздуха, простирающиеся на огромные расстояния по горизонтали и вертикали, называются воздушными массами. Их обычно называют по географическому району, откуда они приходят: из Арктики — арктические, из умеренных широт — умеренные, из тропиков — тропические. Воздушные массы бывают холодные и теплые. Воздушная масса, поступающая на более холодную подстилающую поверхность, называется теплой, на более теплую — холодной. В синоптической метеорологии воздушные массы обозначают условно. Над территорией Европейской части СССР наиболее часто встречаются следующие воздушные массы:

арктический воздух (АВ), а в зависимости от характера подстилающей поверхности (океан или материк) — морской (МАВ), континентальный (КАВ);

умеренный воздух (УВ), морской умеренный воздух (МУВ), континентальный (КУВ);

тропический воздух (ТВ), морской (МТВ), континентальный (КТВ).

Арктический воздух формируется практически всюду за Полярным кругом, исключая Норвежское море и незамерзающую часть Баренцева, а летом — над льдами Арктики. Морской арктический воздух на Европейскую территорию СССР вторгается с северо-запада, а континентальный арктический воздух — с северо-востока. На юг Европы арктический воздух проникает до Альп и Кавказа, иногда и южнее. Для Азии характерен континентальный арктический воздух так как до вторжения сюда арктический воздух проходит над льдами и снегами.

Морской умеренный воздух достигает материка преимущественно после длительного перемещения над относительно теплыми морями и океанами. Его свойства в одних случаях близки свойствам морского арктического воздуха в других — морского тропического воздуха.

Таблица 1

Основные летние характеристики воздушных масс, наиболее часто встречающихся над территорией Европейской части СССР

	КАВ	МАВ	КУВ	МУВ	КТВ	МТВ
Вертикальная протяженность	1-3 км	2-5 км	Обычно до тропопаузы			
Средняя температура в приземном слое (июль)	+8°	+10°	+20°	+15°	+25°	Для лета не характерен
Горизонтальная видимость	20-50 км	Более 50км	4-10 км	10-20 км	2-6 км	
Характерные системы конденсации (лето)	Сп	Сб, ^	Ясно, Сп	Сб, ^	Ясно, Сб,	

Примечания:

1) ^ — ливневые осадки в виде дождя; Сп — кучевые облака;

Сб — кучево-дождевые облака;

2) системы конденсации водяного пара (облачность, осадки и т. п.) в любой воздушной массе в каждом конкретном случае определяются температурой и влажностью воздушной массы и добавочными факторами: температурой подстилающей поверхности, направлением смещения воздушной массы, временем года и суток. Условия погоды в каждой воздушной массе могут быть поэтому очень разнообразными и существенно отличаться от типичных условий погоды, указанных в таблице.

Континентальный тропический воздух летом (при длительной малооблачной погоде со слабыми ветрами) может формироваться непосредственно над материками примерно до 50° северной широты. Основные летние характеристики приведенных воздушных масс даны в табл. 1. Для районов Средней Азии, Дальнего Востока температурные характеристики будут, естественно, иными. Соотношение же температур между различными воздушными массами, в общем, сохраняется.

АТМОСФЕРНЫЕ ФРОНТЫ

Существенные различия в распределении температуры и давления в горизонтальном направлении возникают из-за неравномерного нагревания поверхности земли и воздуха. Величины этих изменений на единицу расстояния называются соответственно горизонтальными градиентами температуры и давления. Появление вышеупомянутых градиентов обуславливает различные по интенсивности движения воздуха. Чем больше горизонтальные градиенты, тем скорее движется воздушная масса, меняя по пути физические свойства. Движущиеся в разных направлениях, резко отличные по своим физическим свойствам воздушные массы часто сближаются. Это приводит к образованию переходных или фронтальных зон.

Фронтальных зон особенно много в умеренных широтах. Здесь наиболее часты встречи холодного воздуха, движущегося с севера, и теплого — с юга. Величины горизонтальных контрастов температуры здесь больше, чем где-либо на земном шаре.

Фронтальные зоны непрерывно возникают, обостряются и разрушаются. Они бывают различными по интенсивности. Зависит это от разности температур встречающихся воздушных масс. Формирование фронтальной зоны сопровождается возникновением поверхностей раздела холодных и теплых воздушных масс. Эти поверхности раздела называются атмосферными фронтами. Они имеют наклон всегда в сторону холодного, более тяжелого воздуха, который располагается под теплым воздухом узким клином. Угол наклона фронтальной поверхности к горизонту очень мал, около 1° . На приведенных в

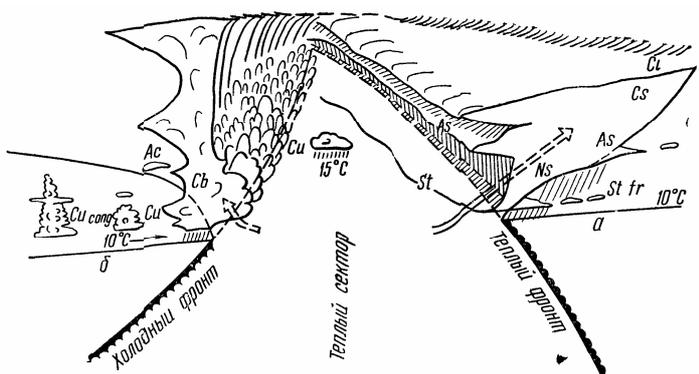


Рис. 1. Разделы между теплыми и холодными воздушными массами:

а — теплый фронт, б — холодный фронт

книге рисунках вертикальный масштаб для наглядности увеличен в 100 раз, поэтому угол наклона фронтальной поверхности смотрится крутым. Атмосферные фронты в средних широтах простираются до высоты 8—12 км. Иногда они обнаруживаются и в нижних слоях стратосферы.

Встретившиеся холодные и теплые воздушные массы все время движутся. Одновременно перемещается то в одну, то в другую сторону и разделяющая их фронтальная поверхность. В зависимости от того, какая масса «сильнее», а следовательно, в какую сторону движется фронт, его называют теплым или холодным. На рис. 1 показаны разделы между холодными и теплыми воздушными массами.

Для сокращения форма облаков дается в виде следующих обозначений: Ci — перистые, Cs — перисто-кучевые, Cs — перисто-слоистые, As — высоко-кучевые, As — высоко-слоистые, Sc — слоисто-кучевые, St — слоистые, Ns — слоисто-дождевые, Cu — кучевые, Cb — кучево-дождевые. Основные формы облаков имеют виды и разновидности, которые также обозначаются условно. Например, видом кучевых облаков являются кучевые мощные облака (Cu cong.), видом слоистых — слоистые разорванные (St fr.) (в метеорологии их также называют облаками «плохой погоды»).

Зона облаков и осадков (см. рис. 1) в системе теплого фронта значительно больше, чем холодного. Общая протяженность системы облаков теплого фронта 700 — 900 км. Появление перистых облаков Ci, сменяющихся затем перисто-слоистыми Cs, — первый признак приближения теплого фронта. Давление начинает падать, постепенно усиливается ветер, который при наиболее частой ориентации линии фронта (от центра цикла, области пониженного давления) с северо-запада на юго-восток имеет юго-восточное или южное направление. Появляются высокослоистые As облака, переходящие затем в слоисто-дождевые Ns. Начинается выпадение осадков, давление продолжает падать. Усиление ветра, разрушающего приземный слой инверсии, способствует значительному нагреванию воздуха задолго до прохождения фронта. Оно отмечается быстрым повышением температуры, резким поворотом ветра вправо (в нашем примере — на юго-западный), прекращением или резким ослаблением падения давления, прекращением осадков. Иногда температура за теплым фронтом бывает даже ниже температуры перед ним (летом в дневные часы). Это явление называется маскировкой теплого фронта. В предфронтальной воздушной массе летом в дневные часы могут наблюдаться кучевые облака Ci. В метеорологии их называют также облаками «хорошей погоды».

Для планеристов облака такого типа — признак восходящих потоков, вершинами которых и служат эти кучевые облака. Следовательно, перед теплым фронтом в летний день есть условия для парящих полетов. Скорость вертикальных восходящих потоков с приближением фронта будет падать пропорционально уменьшению освещенности земной «поверхности солнцем. Как только прекратится нагрев подстилающей поверхности, исчезнут и восходящие потоки, а вместе с ними и облака «хорошей погоды». После прохождения теплого фронта, например в теплое время года утром несколько часов, а иногда и весь день, парящей погоды не бывает. Это зависит от количества выпавших осадков и интенсивности последующего прогрева подстилающей поверхности.

Мощные кучево-дождевые облака Cb — основная форма облаков холодного фронта. Они наблюдаются в виде узкого вала непосредственно перед линией фронта. При растекании из них могут образоваться в небольшом количестве перистые Ci, перисто-слоистые Cs, перисто-кучевые Cs, высоко-кучевые As и слоисто-кучевые Sc облака, а под ними в зоне выпадающих ливневых осадков обычно наблюдаются разорвано-слоистые St fr. облака («плохой погоды»). Иногда прохождение холодного фронта сопровождается грозами и шквалами. Ширина зоны перед фронтом, где наблюдаются кучево-дождевые облака и выпадают ливневые осадки, составляет 50—100 км.

Такая зона может быть не сплошной, а ночью облака типа Св могут вообще размываться, в чем одно из отличий холодных фронтов от теплых. Происходит это потому, что днем усиливаются конвективные движения в связи с прогревом подстилающей поверхности. На рис. 2 схематически изображено изменение интенсивности холодного фронта в течение дня.

Холодные фронты подразделяются на медленно и быстро движущиеся. Облачная система холодного фронта первого рода

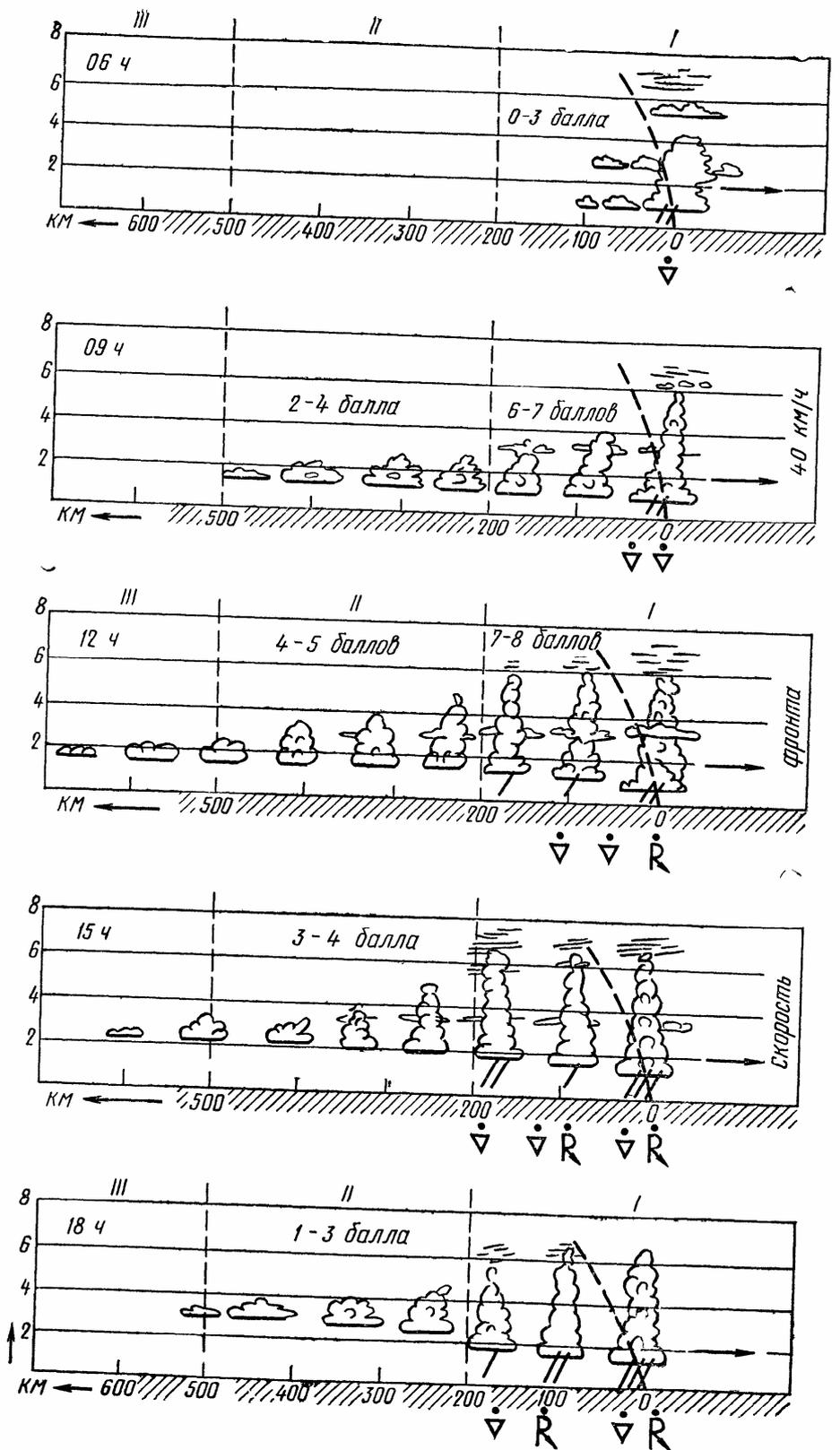


Рис. 2. Изменение интенсивности холодного фронта в антициклональной воздушной массе днем

(медленно движущегося) напоминает облачность теплого фронта, расположенную в обратном порядке. Облачная система и зона обложных осадков будет при этом более узкой, чем в случае теплого фронта (рис. 3).

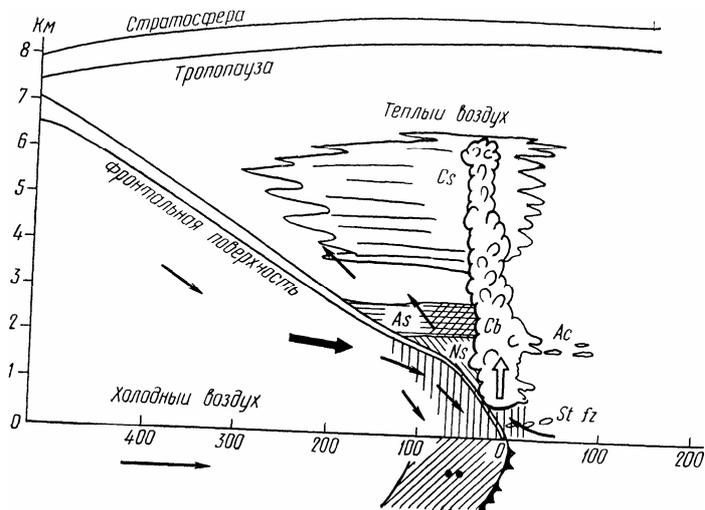


Рис 3 Холодный фронт первого рода

В случае холодного фронта второго рода (быстро движущегося) облачность выдвинута вперед. Непосредственно на линии фронта образуется кучево-дождевая облачность, вершина которой, благодаря сильным потокам, наверху вытягивается в виде наковальни вперед по движению фронта. Непосредственно за линией фронта облачность не образуется, и быстро наступает 'прояснение'. С холодным фронтом этого типа связана узкая зона (ширина до 10—30 км) облачности ливневых осадков (рис. 4).

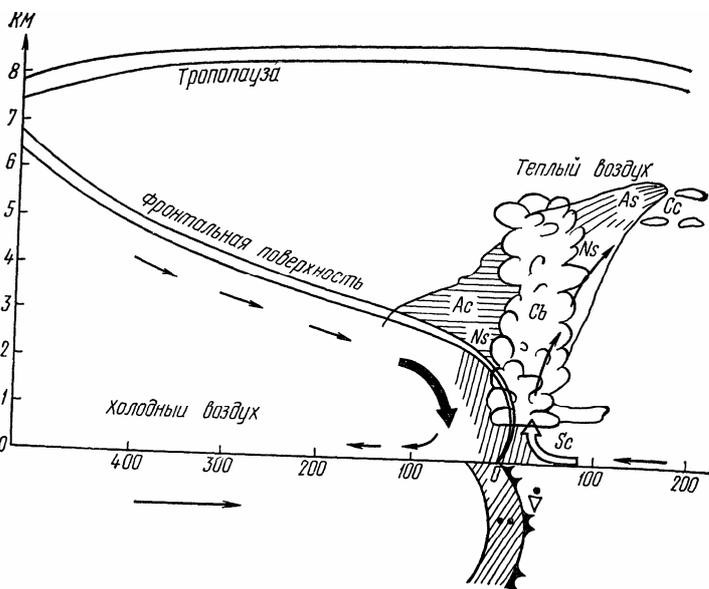


Рис 4 Холодный фронт второго рода

Через пункт наблюдения такой фронт проходит своей облачной системой иногда меньше чем за 1 ч, тогда как холодный фронт первого рода может проходить пункт наблюдения более 10 ч.

Таким образом, перед холодным фронтом возможны парящие полеты на планерах. Осуществлять их, однако, необходимо особо осторожно. Прохождение холодных фронтов сопровождается усилением ветра, иногда до штормового, выпадением ливневых осадков, ухудшением горизонтальной и вертикальной видимости наземных ориентиров из-за поднятой вверх пыли. Скорости восходящих потоков по мере приближения фронта возрастают и иногда превышают 5—6 м/с (по прибору). Все эти факторы очень опасны для планеристов. Они усложняют технику пилотирования либо делают полеты невозможными.

Планируя полеты, необходимо учитывать скорость движения холодного фронта и назначать маршрут с таким расчетом, чтобы окончить полет за 2—3 ч до его прихода. Если спортсмен все же попал в сложные условия или видит, что, продвигаясь дальше по маршруту, он непременно в них попадет, надо уходить из опасной зоны в сторону движения фронта. Покинув опасную зону, планерист должен вернуться на аэродром. Если это невозможно, надо произвести посадку на подобранную с воздуха площадку, закрепить планер.

Кучевые и мощно-кучевые облака образуются и после прохождения холодного фронта, по мере прогрева подстилающей поверхности и поступления холодного воздуха за фронтом (см. рис. 2). Следовательно, парящие условия также есть, и тем лучше, чем дальше уходит холодный фронт и больше прогревается земная поверхность.

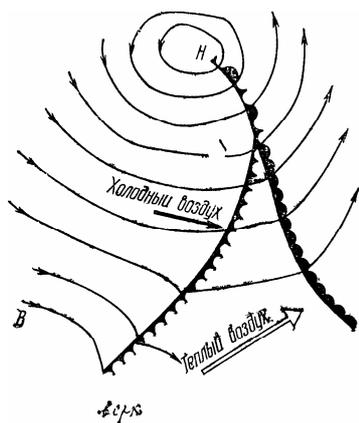


Рис 5 Холодный фронт постепенно догоняет теплый. Смыкаясь, они образуют фронт окклюзии

Существуют и другие разновидности фронтов, образующиеся при смыкании двух основных фронтов: теплого и холодного. Фронты смыкаются из-за разных скоростей движения. Атмосферные фронты обычно связаны с циклоном. Холодный фронт в системе развивающегося циклона движется быстрее теплого. При разных скоростях движения холодный фронт через некоторое

время догоняет теплый. Смыкаясь с ним у поверхности земли, он вытесняет теплый воздух вверх, образуя так называемый фронт окклюзии (рис. 5).

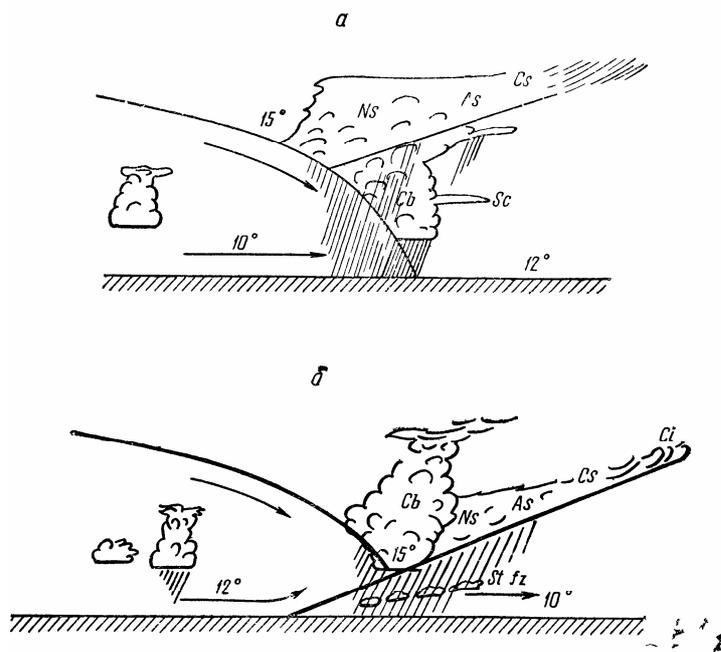


Рис. 6:
а — холодный фронт окклюзии, б — теплый фронт окклюзии

В системе фронтов окклюзии взаимодействуют три воздушные массы. Наиболее теплая из них уже не соприкасается с поверхностью земли. Имеется поэтому еще и линия верхнего фронта. Проекция его на плоскость приземной карты располагается впереди линии теплого фронта окклюзии и позади холодного (рис. 6).

Поскольку верхний фронт располагается близко от приземного, то на картах погоды их не разграничивают. На Европейской территории страны летом типичны холодные фронты окклюзии, вдоль которых бывают грозы, часто туманы, а ночами прояснения. Направление ветра при прохождении фронта окклюзии иногда меняется почти на 180°. Вблизи этих фронтов для парящих полетов условия погоды не благоприятны.

БАРИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Выше сказано, что атмосферные фронты связаны с циклоном. Циклоны и антициклоны — крупные атмосферные вихри (во внетропических широтах). Они играют важную роль в общей циркуляции атмосферы, в формировании и изменении погоды, служат механизмом межширотного обмена (переноса) холодных и теплых масс воздуха на большие расстояния. Диаметр их по горизонтали обычно 1000—2000, а нередко 3000 км и более. Вертикальная протяженность их невелика и зависит от интенсивности и стадии развития. Мелкие образования, находящиеся в начальной стадии развития, обнаруживаются на высотах до 2—4 км, а развившиеся — до 15—20 км и более.

Вихревая форма циркуляции в циклонах и антициклонах определяется полем давления. В циклонах атмосферное давление наиболее низкое в центре, а к периферии растет. В антициклонах, наоборот, в центре давление наибольшее, а к периферии уменьшается. Течение воздуха в первом случае направлено против часовой стрелки от периферии к центру, а во втором — по часовой стрелке (в северном полушарии) от центра к периферии (рис. 7).

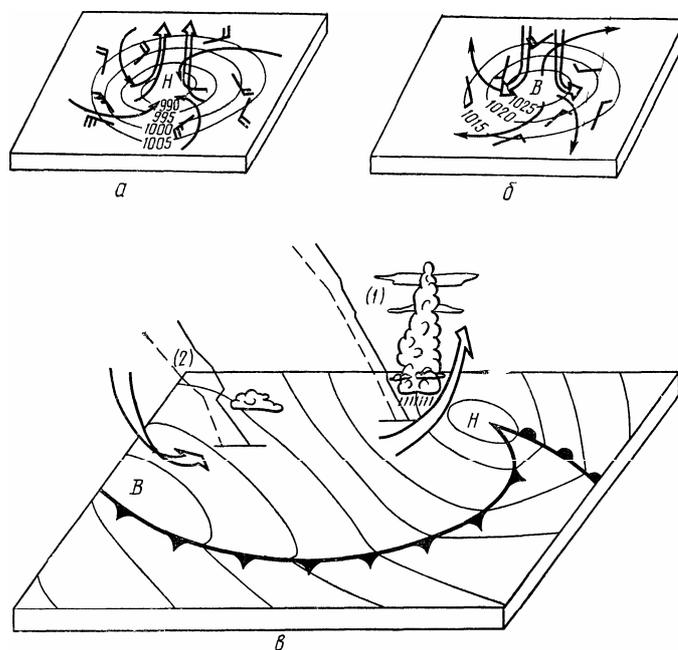


Рис. 7. Основные барические системы:
а — сходимостъ воздушных течений в циклоне, б — расходимость воздушных течений в антициклоне, в — циклонический (1) и антициклональный (2) тип погоды

В соответствии с характером циркуляции воздуха, втекающий у поверхности земли в систему циклона, поднимается вверх и в средней и верхней тропосфере растекается. Если из-за растекания убыль массы воздуха превалирует над втеканием его в нижнем слое, то давление падает, т. е. циклон углубляется.

В результате подъема воздух в развивающихся циклонах охлаждается; водяной пар конденсируется, образуются облака и выпадают осадки. Поэтому для циклонов характерна пасмурная с осадками погода.

Поэтому, когда циклон приближается к какому-либо пункту, сначала температура повышается, затем заметно понижается. В период углубления циклона, когда давление в центре понижается, атмосферные фронты обостряются. Это вызывает, как указывалось выше, обильные и продолжительные осадки. Процессы эти сильнее выражены в центральной и передней части циклона, в зоне теплового фронта (см. рис. 9). В тыловой части воздух поднимается медленно, а на периферии отмечается даже его опускание. В большинстве случаев падение давления говорит о приближении циклона и ухудшении погоды. Рост давления свидетельствует об удалении циклона, приближении антициклона и улучшении погоды. Но не всегда это правило оказывается в силе. Иногда погода ухудшается и с ростом давления, а улучшается при его падении. Погода зависит не только от изменения давления, но и от влагосодержания воздуха, скорости его вертикальных движений и других причин.

Парящая погода наиболее благоприятна в антициклонах. В последних наблюдается малооблачная сухая погода и лишь в заключительной стадии их развития возможны внутримассовые грозы. Они не опасны для полетов. Грозовые очаги следует обходить со стороны ветра. Впереди циклонов и вблизи их ядра нет парящих условий. Лишь в тыловой значительно удаленной от их центра области возможны слабые восходящие потоки, если подстилающая поверхность прогревается.

Кроме основных, различают еще промежуточные, или вторичные, барические системы с незамкнутыми изобарами ложбина — вытянутая в виде желоба от центра циклона полоса пониженного давления, располагающаяся между двумя областями повышенного давления; гребень (отрог) — вытянутый клином от центра антициклона и располагающийся между двумя областями пониженного давления; седловина — барическая область между двумя крест-накрест расположенными циклонами и антициклонами (рис. 10).

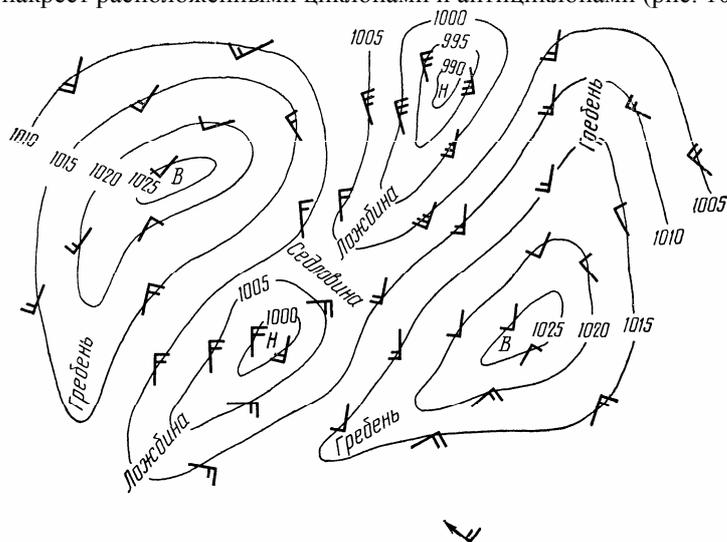


Рис 10 Основные формы барического поля

H — циклон, *B* — антициклон, знак направления и силы ветра (стрелка указывает, куда дует ветер, перо указывает силу ветра длинное перо — 5 м/с, короткое — 2,5 м/с, в примере ветер 7—8 м/с)

Погода в области ложбины обычно циклонического характера. Часто вдоль оси ложбины располагается фронт (теплый, холодный, окклюзия), разделяющий две, а в случае окклюзии — три воздушные массы. Таким образом, погода в области ложбины прежде всего определяется свойствами фронта и воздушных масс, образующих его. Ложбина перемещается вместе с циклоном, с которым связана. Нередко она вращается вокруг циклона против часовой стрелки, особенно если скорость циклона уменьшается. Погода в области гребня (отрога) аналогична погоде антициклона. Гребень смещается вместе с антициклоном, с которым тот связан, и вращается вокруг него по часовой стрелке, особенно если малоподвижен. В области седловины летом в неустойчивой воздушной массе развиваются мощные кучевые и кучево-дождевые облака, сопровождающиеся ливневыми осадками и грозами. Парящая погода здесь бывает лишь кратковременно, и длительные, а также маршрутные полеты исключаются.

СИНОПТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ, БЛАГОПРИЯТСТВУЮЩИЕ ПАРЯЩИМ ПОЛЕТАМ НА ПЛАНЕРЕ. КАРТЫ ПОГОДЫ

Организация полетов на планерах в значительной мере зависит от погоды. Готовясь к ним, спортсмены должны тщательно изучить состояние погоды в районе полетов. Надо хорошо разбираться в физической сущности атмосферных процессов, создающих различные условия погоды, и знать, какие синоптические условия благоприятствуют полетам на планерах.

Практика проведения планерных соревнований и тренировок показывает, что окончательное решение для выбора упражнения определяют синоптические условия в районе предстоящих полетов. Так, для полетов на абсолютную дальность и на дальность с посадкой в заранее намеченном пункте необходимо, наряду с условиями для развития конвекции, иметь на огромном расстоянии сильные попутные или попутно-боковые ветры. Полеты на дальность над равнинами целесообразно проводить под конвективными облаками. Скоростные полеты по треугольным маршрутам и полеты в цель с возвращением к месту старта обычно выполняются при слабых ветрах.

К наиболее типичным синоптическим положениям, благоприятным для полетов на дальность в Центральной части Европейской территории страны следует отнести крайнюю периферию тыловой части обширного высокого и малоподвижного циклона с центром над Коми АССР или Южным и Средним Уралом. В этом случае в тылу циклона за холодным фронтом, сместившимся в крайние южные районы, распространяется гребень или антициклон. Большие барические градиенты в тылу циклона создают во всей нижней половине тропосферы сильный горизонтальный перенос воздуха. Мощный северный или северо-западный поток распространяется вплоть до Черного или Каспийского морей (скорость часто превышает 60—80 км/ч).

Передняя часть гребня и особенно районы с циклонической кривизной изобар характеризуются развитием кучевой и мощно-кучевой облачности, начинающей образовываться рано утром. Эта конвективная облачность обычно не достигает ливневой или грозовой стадии, так как на некоторой высоте вершины облаков растекаются под задерживающим слоем. Основная причина ранней конвекции при данном синоптическом положении — динамическая турбулентность, возникающая благодаря большому изменению скоростей ветра в слое от поверхности земли до высоты 600—1000 м. Интенсивная динамическая турбулентность способствует подъему воздуха до уровня конденсации. Выше него, как правило, достаточно условий для влажно-адиабатической конвекции, так как фактические вертикальные градиенты температуры в холодной воздушной массе равны влажно-адиабатическим или превышают их.

Парящие полеты на дальность возможны также в восходящих потоках перед холодным фронтом или перед фронтом окклюзии. Лучше всего использовать для них восходящие потоки квазистационарных холодных фронтов, на которых образовался ряд волновых возмущений. Полеты в таких случаях должны проходить вдоль фронта и на некотором расстоянии от фронтальных грозовых облаков. Однако опасайтесь попасть в кучево-дождевые облака.

Скоростные полеты по треугольным маршрутам и в цель с возвращением лучше всего проводить в малоградиентных барических областях, представляющих собой разрушающиеся высокие теплые и малоподвижные антициклоны, где днем до высоты 2000—2500 м возникает сухоадиабатический градиент температуры, а в верхних слоях градиенты близки к влажно-адиабатическим. Следует, однако, иметь в виду, что во второй половине дня и в разрушающихся антициклонах часто наблюдается мощная кучевая и кучево-дождевая облачность, иногда сопровождающаяся «сухими» грозами.

Малоподвижные области повышенного давления летом редки. Подвижные антициклоны и барические гребни, перемещающиеся за фронтом, встречаются чаще всего. В них также создаются хорошие условия для термической конвекции, особенно на участках, где непрерывно переносится относительно холодный воздух. Эти гребни и антициклоны преимущественно формируются в морском умеренном и морском арктическом воздухе. На Европейскую часть СССР они смещаются с западных или северо-западных районов Атлантики.

Для того чтобы иметь наглядное представление о синоптическом положении и составить прогноз погоды на день, необходимо ознакомиться с картами погоды. Метеорологические станции регулярно наблюдают за облачностью (количеством, формой и высотой), видимостью, температурой и влажностью воздуха, направлением и скоростью ветра, атмосферным давлением и за такими явлениями, как туман, дымка, гроза, осадки и т. д. Наблюдения ведутся через каждые 3 ч, начиная с 00 ч московского декретного времени. Станции, предназначенные для обслуживания авиации, ведут наблюдения через 1 ч, а иногда и чаще. Температуру, атмосферное давление, влажность, направление и скорость ветра на различных высотах наблюдают аэрологические станции методом радиозондирования атмосферы. Радиозонды выпускают в 03; 09; 15 и 21 ч московского декретного времени. На станциях трехразового радиозондирования

Te Te	C _H	~
TT	C _M	PPP
WW	(N)	PPa
VV	C _L N _h	W
T _d T _d	h	RR

Рис. 11. Схема нанесения метеоданных на синоптическую карту (двойными линиями показаны элементы, которые наносятся на карту красным цветом)

подъемы зондов чаще всего делаются в 03, 15 и 21 ч, а двухразового — в 03 и 15 ч. Результаты наблюдений зашифровывают специальными кодами и телеграфируют в метеорологические центры. Там телеграммы раскодируют и наносят на бланки географических карт определенным образом. Они называются картами погоды, или синоптическими. По фототелеграфу их передают в местные обсерватории, бюро погоды, авиационные метеорологические станции.

Таблица 2

	— Автоматическая станция		
	— На метеостанции тихо		
	— Условия развития облаков неизвестны		
	— Облака рассеивались		
	— Состояние неба без изменения		
	— Облака развивались		
	— Видимость ухудшена из-за дыма		
	— Мгла		
	— Пыльная или песчаная буря в поле зрения		
	— Дымка		
	— Гроза		
	— Туман		
	— Морось		— Сильная морось
	— Дождь		— Сильный непрерывный дождь
	— Морось с дождем		
	— Ливневый дождь		
	— Град слабый		
	— Снег		

Сведения о погоде в пункте наблюдения, сообщаемые в телеграмме, наносятся на приземную карту по схеме, приведенной на рис. 11. Кружком обозначена метеорологическая станция. Значения буквенных символов и порядок нанесения метеорологических данных на карту погоды следующие.

N — общее количество облаков в баллах (наносит в кружочке станции в соответствии с гр. 2 табл. 3);

dd — направление ветра;

ff — скорость ветра в срок наблюдения (направление ветра обозначено стрелкой. Ее «острие» — кружок станции; оперение — скорость, причем длинное перо — 5 м/с, короткое — 2,5 м/с; если скорость ветра 1 м/с — стрелка без оперения, скорость ветра 25 м/с — зачерченный треугольник. Когда на метеостанции тихо, ее кружок обводится еще одним кружком);

VV - горизонтальная видимость в цифрах кода, например: 5—0,5 км, 10—1 км, 15—1,5 км, 40—4 км, 56—6 км,

57—7 км, 60—10 км, 70—20 км и т. д.;

WW—погода во время наблюдения или за последний перед наблюдением час (наносится на карту согласно коду КН=01). Для обозначения погоды в срок наблюдения или за последний час существует 99 различных символов (см. табл. 3) Если явление окончилось до наблюдения, но отмечалось в последний час, то значок выносится за квадратную скобку влево:



ppp—атмосферное давление на уровне моря в мб с десятиными долями, без цифр, обозначающих сотни и тысячи (Если давление выше 1000 мб, то отбрасывают первые две цифры; при давлении менее 1000 мб отбрасывают первую девятку. Как прочесть давление на станции? Следует знать: если первая цифра в давлении более 5, то добавляется 9 сотен, если менее 5, то 10 сотен Например: 036 читаем 1003,6 мб, 987—998,7 мб);

+pp—общее изменение давления за последние 3 ч в целых и десятых долях мб. Знак ± соответствует росту или падению давления;

a — характеристика барометрической тенденции

(Например  : давление падало неравномерно.

Наносится согласно гр. 9 табл. 3);

TT — температура воздуха в целых градусах Цельсия (Отрицательная обозначается знаком минус. Температуру рекомендуется наносить красной тушью);

Te — экстремальная температура (На картах за 09 ч наносят минимальную, а за 21 ч—максимальную температуру суток. Также рекомендуется наносить красной тушью);

TdTd — значения точки росы в целых градусах Цельсия (Точка росы — температура, при которой водяной пар, содержащийся в воздухе, начинает конденсироваться) ;

W — характеристика прошедшей погоды в промежутке между наблюдениями (Наносится согласно гр. 4 табл.3);

RR — осадки (если были) за последние 12 ч в мм (Наносятся зеленой тушью);

Nh — количество облаков нижнего яруса, а при их отсутствии среднего яруса в цифрах кода (Например, код 7 означает 9 баллов облачности, код — 8—10 баллов, 9—туман. Наносится на карту согласно табл. 3);

Cl—форма облаков нижнего яруса, высота которых указана кодом (Наносится значками, помещенными в гр. 6 табл. 3);

h_sh_s—высота нижней границы облаков (Наносится кодом согласно табл. 3. Например, код 6 означает высоту нижней границы облаков 1000—1500 м);

См—форма облаков среднего яруса. (Наносится соответствующим значком согласно гр. 7 табл. 3);

Таблица 3

Цифры кода	N	Nh	W	h	Облака			α
					С _л	С _м	С _н	
	Общее количество облачности	Классификация облачности	Проведенная погода	Высота облаков С _л или С _м (на высоте нижнего предела)	Слоисто кучевые, слоистые кучевые и кучево дождевые	Высоко кучевые, высоко-слоистые слоисто-дождевые	Перистые перисто слоистые, перисто кучевые	Классификация облаков (по виду и высоте)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	○	0	○ ясно или облачность не более 5 баллов	<50	Облаков С _л нет	Облаков С _м нет	Облаков С _н нет	∧
1	◐	1	● меняющаяся облачность	50-100	☉ С _л - плоские кучевые	☼ Ас - просветляющаяся Высоко-слоистые	☽ С _л - перистые, нитевидные или когтевидные, не распространяющиеся по небу	∧
2	◑	2-3	● облачность более 5 баллов	100-200	☉ С _л - средние или мощные кучевые	☼ Ас - непроедвизиваемая или Ns Слоисто-дождевые	☽ С _л - перистые плотные или хлопьевидные	∧
3	◒	4	☼ Песчаная дымка или туман	200-300	☉ С _б - кучево дождевые ("лысье")	☼ Ас - просветляющаяся Высоко-кучевые	☽ С _л - перистые плотные из С _б	∧
4	◓	5	☼ туман или сильная морось	300-600	☉ С _с из С _л или С _б Слоисто кучевые	☼ Ас - просветляющаяся изменяющаяся Высоко-кучевые	☽ С _л - перистые нитевидные или когтевидные, распространяющиеся по небу	∧
5	◔	6	☼ Морось	600-1000	☉ С _с не из С _л или С _б Слоисто-кучевые	☼ Ас - распространяющаяся по небу Высоко-кучевые	☽ С _с - перисто-слоистые, иногда С _л - надвигующиеся (выше 45°)	∧
6	◕	7-8	☼ Дождь	1000-1500	☉ St (кроме St плахой пазды) Слоистые	☼ Ас из С _л или С _б Высоко-кучевые	☽ С _с - перисто-слоистые, иногда С _л - надвигующиеся (выше 45°)	∧
7	◖	9	☼ Снег или дождь со снегом	1500-2000	☉ St fr или С _л fr плахой пазды Слоистые	☼ Ас вместе с Ас - высококучевыми или без них	☽ С _с - перисто-слоистые, покрывающие все небо	∧
8	◗	10	☼ Ливневые осадки	2000-2500	☉ С _л и С _с не из С _л или С _б Кучевые и слоисто кучевые	☼ Ас - хлопьями Высоко-кучевые	☽ С _с - перисто-слоистые, не распространяющиеся по небу	∧
9	⊗	X	☼ Гроза	облаков выше 2500 метров нет	☉ С _б - кучево-дождевые ("волгат.те")	☼ Ас - при хаотическом виде неба Высоко-кучевые	☽ С _с - перисто-кучевые	∧

СН

— форма облаков верхнего яруса (Согласно гр. 8 табл 3. Рекомендуется наносить красным цветом).

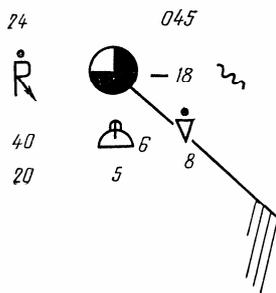


Рис 12 Пример «изображения» погоды на синоптической карте в одном из пунктов наблюдения

На рис. 12 «изображена» типичная летняя погода. Облачность кучево-дождевая 8 баллов, с высотой основания 600—1000 м. Наблюдались также перистые облака В срок наблюдения была гроза с дождем при видимости 4 км. Атмосферное давление, приведенное к уровню моря, равнялось 1004,5 мб, величина барической тенденции — 1,8 мб, давление падало неравномерно. Температура воздуха 24° С, точка росы 20° С. В момент наблюдения ветер юго-восточный 16—18 м/с. Между сроками наблюдения отмечались ливневые осадки. За последние 12 ч выпало 8 мм осадков.

Составлению прогноза предшествует «вычерчивание» карт и в первую очередь проведение изобар. Они помогают определить распределение давления на уровне моря, в частности, положение циклонов, антициклонов и других барических систем. Изобары проводят простым черным карандашом в виде непрерывных линий через 5 мб (на картах небольшого района — через 2,5 мб). В центре каждого циклона на карте погоды ставится Н (низкое), а в центре антициклона — В (высокое). Изолинии барических тенденций проводят через 1 мб тонкими прерывистыми линиями. В центре области падения давления красным карандашом ставится буква П (падение), а рядом справа внизу проставляется величина максимального понижения давления с точностью до десятых долей мб. В центре области роста давления синим карандашом ставится буква Р (рост) и проставляется «величина максимального роста давления. Зона обложных осадков на карте закрашивается зеленым цветом, туманов — желтым, остальные явления погоды (гроза, ливневой дождь, морось и др.) отмечаются красным или зеленым цветом в соответствии с условными знаками на карте, но крупнее.

Атмосферные фронты имеют огромное значение для диагноза и прогноза погоды. Как уже известно, фронты бывают холодными, теплыми и сложными (фронты окклюзии). В свою очередь, они делятся на главные и вторичные в зависимости от значимости в общей циркуляции атмосферы. Главные фронты разъединяют воздушные массы различного географического происхождения (например, воздух умеренных и тропических широт). Имея большую горизонтальную протяженность, они обычно характеризуются значительной разностью температур между воздухом по обе стороны от фронта («теплым» и «холодным»). С ними связано образование циклонов. Вторичные фронты

разделяют две части воздушные массы одного и того же географического происхождения, но имеющие несколько различные характеристики, в частности — температуры, влажности, силы и направления ветра. Фронты, которые мало изменяют свое положение (они обычно почти параллельны изобарам), называются малоподвижными или стационарными. На картах погоды теплый фронт проводят красным, а холодный — синим карандашом. Фронт окклюзии проводят коричневым. Малоподвижные фронты обозначают с одной стороны красным, а с другой — синим карандашом. Вторичные фронты обозначают прерывистой линией соответствующего цвета.

Как уже говорилось, благоприятные условия для полетов планеров бывают в антициклонах, их гребнях и в тыловых частях циклонов (последние — для полетов на дальность). Вблизи малоподвижных фронтов, а также при приближении циклонов нет условий для парящих полетов. В последнем случае давление падает и погода резко ухудшается. Перистая облачность уплотняется, переходит в перисто-слоистую, затем в высокостроистую. Начинается обложной дождь. Иногда, при разрушающихся антициклонах, утром появляется высококучевая и слоисто-кучевая облачность, постепенно покрывающая все небо. Если она не связана с фронтом, она рассеивается к 10—11 ч, реже — к 12—13 ч. После ее рассеивания почва быстро прогревается, и возникают кучевые облака.

По наземным картам погоды нельзя предвидеть в полной мере характер развития конвективной облачности и термиков. Этому помогает анализ вертикального зондирования атмосферы, поскольку на развитие вертикальных движений в атмосфере больше всего влияет распределение температуры и влажности с высотой.

АЭРОЛОГИЧЕСКАЯ ДИАГРАММА

В метеорологических подразделениях по данным радиозондирования составляют специальные графики — аэрологические диаграммы. С их помощью анализируют состояние атмосферы на различных высотах. Особенно они нужны для прогноза развития конвекции и конвективной облачности. Такой график представляет поэтому большой интерес для оценки метеорологических условий полетов.

В настоящее время применяется аэрологическая диаграмма формы АДК (аэрологическая диаграмма в косоугольной системе координат). На бланке АДК изобары отпечатаны в виде горизонтальных линий коричневого цвета, а изотермы — коричневыми прямолинейными и параллельными между собой линиями, наклоненными к изобарам вправо. На бланке нанесены также сухие адиабаты (наклоненные влево коричневые линии), иллюстрирующие изменение температуры, равное 1°C на 100 м высоты, при подъеме сухого или ненасыщенного воздуха и влажные адиабаты, показывающие изменения температуры в поднимающемся насыщенном воздухе (зеленые штриховые линии). Приведены также изограммы, т. е. линии равной удельной влажности при состоянии насыщения (зеленые сплошные линии). Слева от графика на вертикальной шкале — значения давления в мб и высот стандартной атмосферы в км.

На бланках аэрологической диаграммы по данным зондирования атмосферы строятся кривые стратификации, точки росы и состояния. Кривая распределения фактической температуры воздуха по высотам называется кривой стратификации (на диаграммах она красная). При ее построении на горизонтальной оси находят значение температуры, соответствующее начальному уровню подъема, а на вертикальной — давление для того же уровня. На пересечении изотермы и изобары ставят точку и проставляют значение высоты в км. Остальные точки подъема наносятся по температуре и давлению аналогично. Кривая точки росы (прерывистая черная линия) строится подобно кривой стратификации и характеризует изменение удельной влажности с высотой.

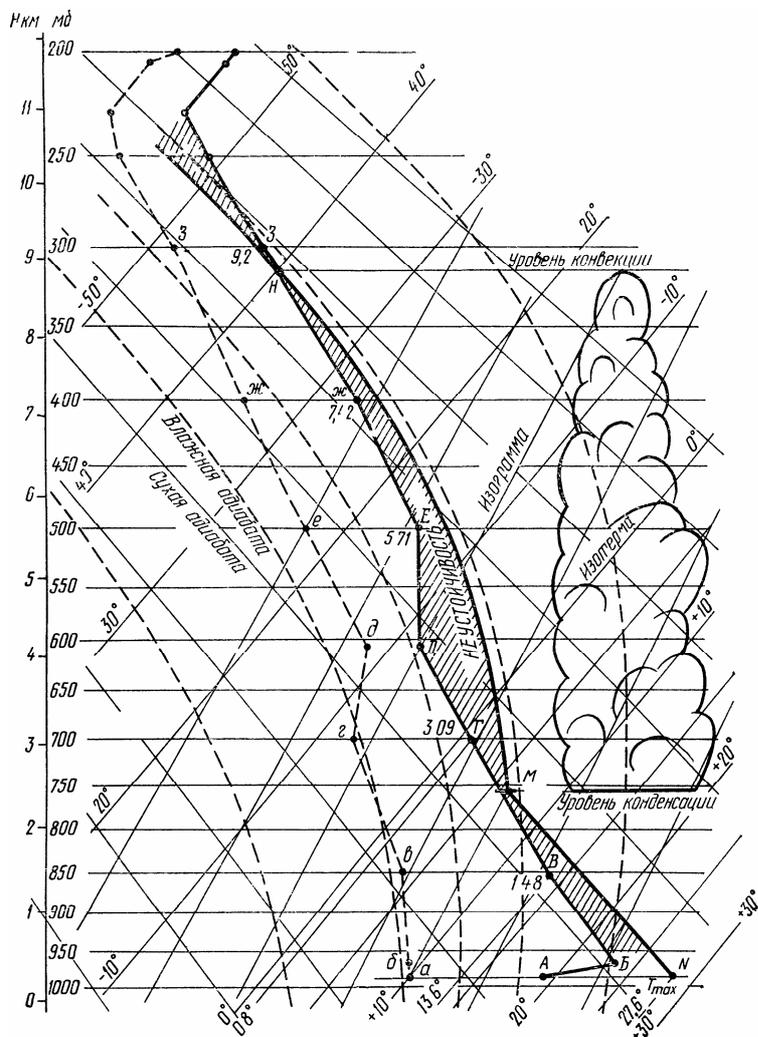


Рис 13 Пример построения кривых стратификации, точек росы и состояния по данным радиозондирования атмосферы: АБВГДЕЖЗ — кривая стратификации; абвгдежз — кривая точек росы, NMH — кривая состояния

На рис. 13 — пример кривых стратификации и точки росы (кривой влажности) по данным зондирования. АБВГДЕЖЗ — кривая стратификации, абвадежз — кривая точки росы. Данные вертикального зондирования атмосферы приведены в табл. 4.

Таблица 4 Данные вертикального зондирования атмосферы

H - высота, км	P - давление, мб	T - температура, °C	t - температура точек росы, °C
0	984	19,0	9,0
	967	23,2	9,2
1,48	850	13,6	3,6
3,09	700	0,8	- 7,2
	608	- 7,9	-11,6
5,71	500	- 14,7	-22,7
7,42	400	- 26,5	-34,5
9,20	300	- 42,3	-48,3
	250	- 51,3	-57,3
	228	- 55,3	-60,3
	205	- 55,3	-60,3
	200	- 54,3	-59,3

Кривая изменения состояния характеризует изменения температуры частицы воздуха, если она поднимается до уровня конденсации по сухоадиабатическому закону, а выше — по влажно-адиабатическому. Конденсация начинается при достижении водяным паром состояния насыщения. Происходит это увеличением общего влагосодержания воздуха или понижением температуры. Температура воздушной частицы при ее подъеме понижается (внутренняя энергия затрачивается на работу расширения против сил давления), и наоборот, при опускании частица сжимается (ее внутренняя энергия увеличивается). Из этого следует, что при подъеме объема воздуха температура его понижается, а при опускании (нисходящем движении) растет. Эти процессы играют важную роль в образовании и развитии облаков кучевых форм.

Расчеты показывают, что если сухой или ненасыщенный воздух поднимается без теплообмена с окружающей атмосферой, т.е. адиабатически, то температура его понижается на 1°C на каждые 100 м подъема. Эта величина называется сухоадиабатическим градиентом температуры. Начиная с уровня, на котором температура достигает значения точки росы, воздух становится насыщенным водяным паром. Высота, на которой воздух при подъеме достигает насыщения, называется уровнем конденсации. Дальнейший подъем воздуха сопровождается конденсацией водяного пара, при которой выделяется скрытая теплота конденсации, за счет чего температура будет падать медленнее, чем до начала конденсации. Понижение температуры в насыщенном воздухе на каждые 100 м подъема называется влажно-адиабатическим градиентом температуры.

Если сухоадиабатический градиент — величина постоянная, то величина влажно-адиабатического зависит от температуры и давления. На высотах до 5—6 км влажно-адиабатический градиент в среднем равен $0,5\text{—}0,6^{\circ}\text{C}$ на 100 м. При опускании (нисходящем движении) как сухого, так и влажного воздуха температура повышается на 1°C на каждые 100 м. Воздух из-за этого удаляется от состояния насыщения, и если это происходит в облаках, то капельки воды, из которых они состоят, испаряются. Значит, облако распадается.

Кривая состояния характеризует адиабатическое изменение температуры в поднимающемся объеме воздуха. При построении этой кривой исходят из предположения, что до уровня конденсации поднимается ненасыщенный воздух, температура в нем понижается на 1°C на каждые 100 м. Следовательно, до уровня конденсации кривая состояния совпадает с сухой адиабатой. За уровень конденсации на диаграмме принимается точка, где пересекаются сухая адиабата (начальный отрезок кривой состояния) с изограммой (соответствует точке росы на уровне начала подъема). Выше уровня конденсации изменение температуры в поднимающемся воздухе будет происходить влажноадиабатически. Следовательно, второй отрезок кривой состояния пойдет параллельно влажной адиабате в виде плавной кривой (проводится простым карандашом) линии *MH* (см. рис. 13).

По данным зондирования атмосферы можно рассчитывать фактический градиент температуры, характеризующий изменение температуры с высотой. В отличие от адиабатических градиентов он может иметь различные значения. Вертикальный градиент положительный, если температура с высотой падает, и отрицательный, если она растет. Слои атмосферы, где температура с высотой не меняется (изотермия) или растет (слои инверсии), являются задерживающими. Они препятствуют вертикальным движениям, вызывая их затухание. Для определения вертикального градиента в каком-либо слое разность температур на верхней и нижней границе слоя делят на его толщину. Так, например, если на высоте 1480 м (давление 850 мб) температура воздуха $13,6^{\circ}\text{C}$, а на высоте 3080 м (давление соответственно 700 мб) температура $0,8^{\circ}\text{C}$, то вертикальный градиент в этом слое равен $0,8^{\circ}\text{C}$ на 100 м (см. рис. 13).

Степень устойчивости атмосферы зависит от величины вертикального градиента температуры. Допустим, температура воздуха у земли 15°C , а фактический вертикальный градиент температуры составляет $0,5^{\circ}\text{C}$ на 100 м, т. е. на высоте 1 км температура равна 10°C . Предположим, некоторый объем ненасыщенного воздуха вследствие тех или иных причин начинает подниматься. Поскольку воздух ненасыщенный, то при его подъеме температура должна понижаться на 1°C на 100 м. При начальной температуре у (поверхности земли, равной 15°C , температура поднимающейся массы воздуха на высоте 1 км станет равной 5°C . Иначе говоря, как только воздух начнет подниматься, он будет становиться холоднее окружающего, причем с высотой разница температур увеличивается. Но холодный воздух, как более тяжелый, стремится опуститься, т. е. занять первоначальное положение.

Состояние атмосферы, при котором частицы воздуха после некоторого смещения вверх возвращаются на исходный уровень, называется устойчивым состоянием или, как говорят в этом случае, стратификация атмосферы устойчива. Если вертикальный градиент температуры в воздухе, окружающем частицу, меньше 1°C на 100 м, то атмосфера по отношению к насыщенному воздуху стратифицирована устойчиво, а кривая состояния располагается на графике влево от кривой стратификации. Конвективные движения в устойчивой атмосфере затруднены.

Пусть теперь фактический вертикальный градиент температуры больше сухоадиабатического, например, равен $1,2^{\circ}\text{C}$ на 100 м. Если у поверхности земли температура воздуха равна 15°C , то на высоте 1 км она станет равной 3°C . Когда в этих условиях начнется поднятие ненасыщенного воздуха, то на высоте 1 км, как в первом примере, его температура будет равна 5°C . Сопоставляя температуру поднимающейся массы воздуха с температурой окружающего воздуха на высоте 1 км, видим, что поднимающийся воздух в данном случае теплее окружающего. Поэтому начавшееся восходящее движение уже не затухает, а будет продолжаться, т. е. частицы воздуха не возвращаются в первоначальное положение. Такое состояние атмосферы называется неустойчивым. Следовательно, если вертикальный градиент температуры в атмосфере больше 1°C на 100 м, то по отношению к ненасыщенному воздуху атмосфера стратифицирована неустойчиво. Кривая состояния в таком случае отклоняется вправо от кривой стратификации. Такая стратификация атмосферы весьма благоприятна для развития конвективных движений.

Если фактический градиент температуры равен 1°C на 100 м, то стратификация атмосферы будет безразличной. В этом случае поднявшийся воздух встретит на любом уровне такую же температуру, как его собственная, и останется на этом уровне.

Увеличение влагосодержания воздуха увеличивает его неустойчивость.

наоборот, спешить не следует, если ливневых осадков и гроз не ожидается.

О возможности осадков можно судить и по высоте основания облаков. Если разность фактической температуры и точки росы у земли в период максимального прогрева больше 20°C , то уровень конденсации (т. е. нижняя граница облаков) лежит выше 2,5 км. Как правило, осадки из таких высоких облаков не достигают земли. Однако планерист, летя под облаком, может попасть в нисходящий поток, обычно бывающий в зоне выпадающих осадков (в так называемых полосах падения). Если над облаками есть задерживающий слой (инверсия или изотермия) и влажность на его границе значительна, а внутри слоя растет с высотой, то испарение с верхней границы облаков мало и они растекаются по горизонтали, постепенно превращаясь в слоисто-кучевые. Количество их может достигать 9—10 баллов. Это уменьшает прогрев и ухудшает парящие условия. Так происходит чаще всего, если на нижней границе задерживающего слоя дефицит точки росы равен $1,5\text{--}3,0^{\circ}\text{C}$. На рис. 15

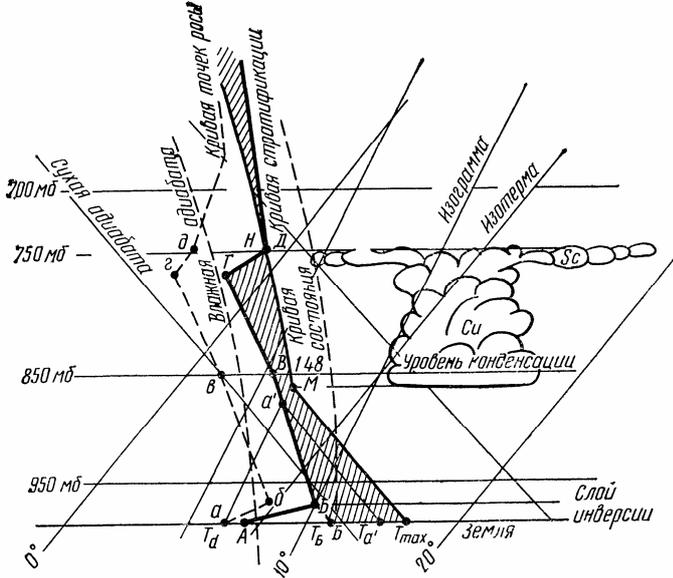


Рис. 15 Наличие задерживающего слоя выше уровня конденсации (в данном случае участок ГД на кривой стратификации) и увеличение влажности с высотой вызывает растекание кучевой облачности Си в 8—10-балльную слоисто-кучевую Sc

по данным радиозондирования влажность с высотой увеличивалась (происходило сближение кривых стратификации АБВГД и влажности abvcd). Из-за этого кучевые облака быстро растекались и возникло 8-10 баллов слоисто-кучевой облачности. В тактике предстоящего полета явление это тоже должно найти свое отражение. Участки маршрута, где произошло растекание облачности, надо проходить особо осторожно, как можно выше, со скоростью, обеспечивающей наименьший расход высоты. Допустимы также обходы районов с размытой облачностью, когда опасный район не преодолеть более коротким путем.

Если на нижней границе задерживающего слоя дефицит точки росы равен 5°C и более, а в слое инверсии он увеличивается с высотой, то с верхней границы облаков происходит интенсивное испарение, явного растекания их вершин в стороны нет и условия для парения весь день хорошие (рис. 16).

Когда вертикальная мощность неустойчивого слоя невелика, а дефицит точки росы превышает 5°C , кучевая облачность имеет вид блинчиков. В нашем примере (рис. 17) в течение всего дня их было 3—4 балла.

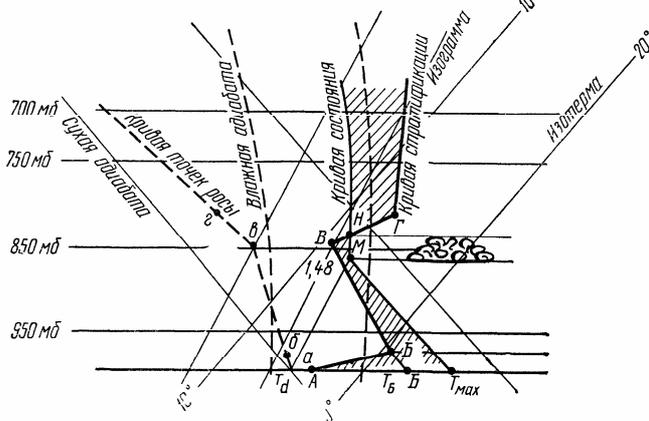


Рис. 17. Вертикальная мощность неустойчивого слоя МН мала, а дефицит точки росы 5°C и более (расстояние ab) на нижней границе задерживающего слоя ВГ. Кучевая облачность имеет вид блинчиков (толщина 100—200 м), количество облаков 3—4 балла

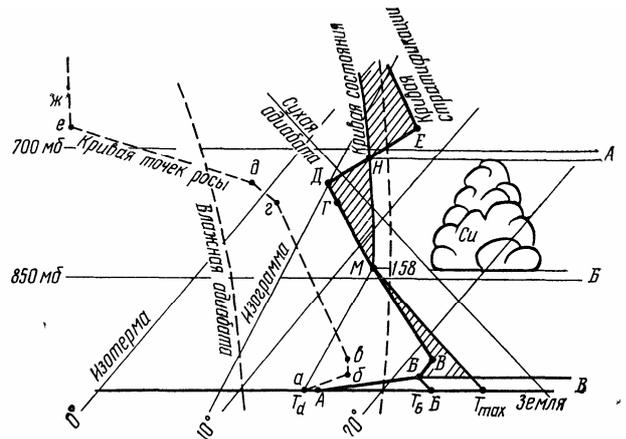


Рис. 16 Если на нижней границе задерживающего слоя (в данном примере на кривой стратификации слой ДЕ) дефицит точки росы равен или более 5°C , то с верхней границы облаков происходит интенсивное испарение. Растекания кучевых облаков не происходит

В двух последних примерах наблюдалась стабильная парящая погода. Планерист строит тактику так, чтобы

полет проходил в наилучшее время дня, когда «восходящие потоки и высота нижней кромки облаков максимальные. «Пик» парящей погоды летом обычно бывает между 13—14 ч дня. Приземный слой воздуха охлаждается и нагревается от земли, потому и образуется ночью приземный слой инверсии. Если с верхней границы инверсии провести прямую, параллельную сухой адиабате до пересечения с изобарой, соответствующей давлению у земли, можно определить температуру, когда эта инверсия «разрушится». После ее исчезновения появляются термики (см. рис. 17: температура T_B , когда разрушится инверсия). Проведя изограмму от точки росы до пересечения с кривой стратификации и опустившись от точки пересечения (по сухой адиабате) до «земли», получим температуру, когда начнет развиваться кучевая облачность. Чем больше разность между максимальной температурой и полученной, тем раньше начнут развиваться кучевые облака (см. рис. 15: точка T_A указывает температуру, при которой начнется образование кучевых облаков).

Дистанцию полета можно выбрать тем длиннее, чем раньше начнут образовываться кучевые облака, так как время действия восходящих потоков увеличивается. Наоборот, дистанцию следует сократить, если инверсия нарушится поздно. Следует учитывать, что температура повышается неравномерно. За 1 ч она может возрасти на 1,5—3° С. Чаще всего над Центральной частью Европейской территории страны с 8 до 11 ч наблюдается прогрев на 1,5—2° С за 1 ч, после 11 ч — на 0,5—0,8 С. Таким образом, с точностью до 30 мин можно вычислить время образования первых кучевых облаков

Если ожидается прохождение холодного фронта, определить парящие условия дня по аэрологической диаграмме затруднительно, так как в течение дня температура и влажность как у земли, так и на высотах резко изменяются. Утренний радиозонд в таком случае не дает достаточно точного представления о метеоусловиях дня. Необходимо использовать радиозонды тех мест, откуда движется фронт или масса воздуха с изменяющимися метеоэлементами. При прогнозировании условий полета надо учитывать характер подстилающей поверхности. Большие лесные массивы, значительные водные пространства, горные хребты сильно влияют на ход атмосферных процессов, делая их «нестандартными». При прогнозе большое значение имеет поэтому учет местных климатических особенностей района полетов.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПАРЕНИЯ И ПРАКТИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ОПТИМАЛЬНОГО ПОЛЕТА ПЛАНЕРА

ОСНОВНОЕ УСЛОВИЕ ОПТИМАЛЬНОСТИ СКОРОСТНОГО ПАРЯЩЕГО ПОЛЕТА. СРЕДНЯЯ СКОРОСТЬ ПЕРЕЛЕТА

Основная цель любого маршрутного полета на планере состоит в достижении наибольшей для конкретных метеословий средней путевой скорости на дистанции $V_{\text{ср}}$, которая будет равна отношению пройденного расстояния L к общей продолжительности полета T . Продолжительность парящего времени складывается из времени, затраченного на восстановление высоты в восходящих потоках T_1 и продолжительности планирования между ними T_2 . При фиксированном расстоянии L и прочих равных условиях наибольшее значение средней путевой скорости получится в случае минимальной продолжительности полета, т. е.

$$V_{\text{ср max}} = \frac{L}{(T_1 + T_2)_{\text{min}}} \quad (1)$$

Для простоты дальнейших рассуждений считаем, что преждевременная посадка планера исключается и полет начинается и заканчивается на одной высоте в безветренную погоду. На рис. 18 представлен реальный профиль парящего полета планера, где (и в дальнейших выводах):

V — скорость планирования на переходах между восходящими потоками, км/ч;

V_y — собственная скорость снижения планера, м/с;

U_y — скороподъемность планера в восходящих потоках, м/с;

$\pm \Delta U_y$ — интенсивность промежуточных восходящих (—) и нисходящих (+) потоков на переходах, м/с;

L — горизонтальная дальность парящего полета, км.

Найдем развернутое выражение для общей продолжительности парящего полета на дистанции L .

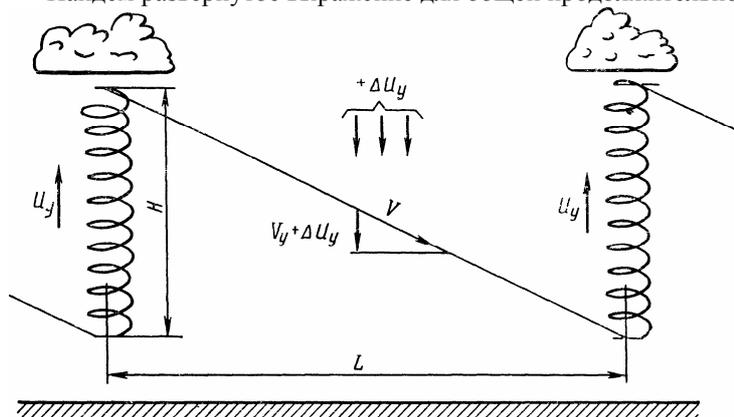


Рис 18

Для преодоления расстояния L необходимо иметь запас высоты H , равный

$$H = \frac{L}{K_d} \quad (2)$$

где

$$K_d = \frac{L}{H} \approx \frac{V}{V_y + \Delta U_y}.$$

K_d — отношение пройденного расстояния к высоте начала планирования (действительное качество).

Для набора указанной высоты в восходящих потоках затрачивается время

$$T_1 = \frac{H}{U_y}$$

или с учетом (2)

$$T_1 = \frac{L (V_y + \Delta U_y)}{V U_y} \quad (3)$$

Аэродинамическое качество с достаточной точностью равно $K \approx \frac{V}{U_y}$.

Имея это в виду, можно переписать выражение (3) таким образом

$$T_1 \approx L \left(\frac{1}{KU_y} + \frac{\Delta U_y}{VU_y} \right). \quad (4)$$

Продолжительность планирования на переходах можно определить как отношение расстояния L к скорости планирования

$$T_2 = \frac{L}{V}. \quad (5)$$

Выражение для суммарной продолжительности полета на дистанции L примет вид

$$T = T_1 + T_2 = L \left[\frac{1}{KU_y} + \frac{1}{V} \left(1 + \frac{\Delta U_y}{U_y} \right) \right]. \quad (6)$$

Во-первых, нетрудно увидеть, что продолжительность парящего полета будет тем меньше, чем больше скороподъемность планера в восходящих потоках U_y и чем меньше интенсивность промежуточных нисходящих потоков $+\Delta U_y$. Во-вторых, при фиксированных значениях U_y и ΔU_y первое слагаемое в выражении (6) обратно пропорционально аэродинамическому качеству планера K , а второе — обратно пропорционально скорости планирования V . Но с ростом скорости планирования V падает аэродинамическое качество. Следовательно, уменьшение одного слагаемого суммы (6) вызывает увеличение другого слагаемого, и наоборот.

Таким образом, при фиксированных U_y и ΔU_y существует такое значение скорости планирования, при котором сумма (6) будет минимальной. Назовем эту скорость оптимальной. Для определения оптимальной скорости планирования V в конкретных метеоусловиях U_y и ΔU_y и для данного планера необходимо найти условие экстремума функции $T = T(V, U_y, \Delta U_y)$, в которую U_y и ΔU_y входят как параметры. Это условие экстремума функции T можно назвать также условием оптимальности парящего полета, оно выражает собой условие минимальной затраты времени на преодоление дистанции L .

Чтобы найти выражение производной этой функции по скорости, необходимо найти выражение для аэродинамического качества данного планера как функцию скорости планирования V . В практических расчетах следует использовать реальную поляру планера, полученную в результате летных испытаний. После ряда несложных математических преобразований известных из аэродинамики формул можно получить следующее выражение аэродинамического качества планера

$$K = 2K_{\max T} \frac{V_k^2 V^2}{V_k^4 + V^4}, \quad (7)$$

где теоретическая скорость планирования планера на режиме максимального теоретического качества $K_{\max T}$ обозначается как V_k .

После введения в формулу (6) выражения для аэродинамического качества (7), дифференцируя по скорости и приравнявая к нулю, получим

$$U_y + \Delta U_y = \frac{V^4 - V_k^4}{K_{\max T} V_k^2 V}. \quad (8)$$

Полученная формула — наиболее важный результат теории скоростного парящего полета. Она выражает условие, выполнение которого обеспечивает достижение максимальной средней путевой скорости в парящем полете по маршруту в данных метеоусловиях. Особенность условия (8) состоит в том, что левая его часть определяется только характеристиками метеоусловий и изменяется произвольно, независимо от воли пилота. На правую часть этого равенства пилот может влиять непосредственно изменением скорости планирования V . Следовательно, условие оптимальности скоростного парящего полета (8) требует непрерывного изменения режимов планирования в строгом соответствии с изменениями метеоусловий в процессе полета.

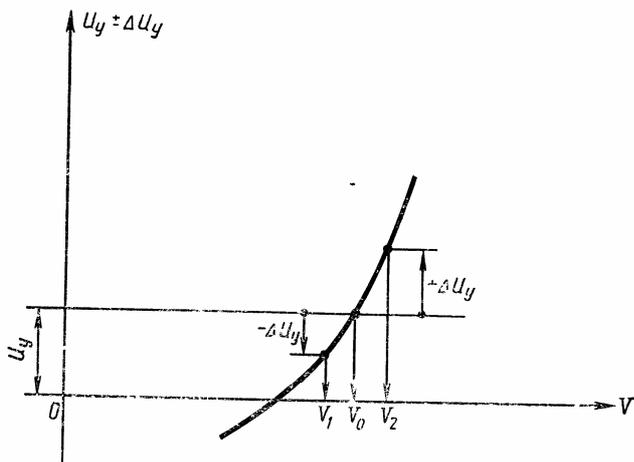


Рис 19

На рис. 19 графически представлено условие (8) и условно показано изменение режимов планирования при постоянной скороподъемности планера в восходящих потоках, равной U_y , и переменной интенсивности промежуточных потоков $\pm \Delta U_y$. При $\Delta U_y = 0$ оптимальной скоростью планирования будет $V_{\text{опт}} = V_0$, при $+\Delta U_y$ — $V_{\text{опт}} = V_2$, при $-\Delta U_y$ — $V_{\text{опт}} = V_1$ и т. д.

К достижению возможно большей средней скорости спортсмены стремятся не только в скоростных парящих полетах, но и при полетах дистанционных, так как в этом случае повышение скорости необходимо из-за ограниченного времени действия термических восходящих потоков. Как уже

говорилось в начале главы, величина средней скорости зависит от времени, затраченного на выполнение набора высоты T_1 , и времени перехода T_2 . Для вывода математической зависимости между средней скоростью и величинами, характеризующими метеорологические условия, сначала при отсутствии ветра в соответствии с реальным профилем парящего полета планера (см. рис. 18) подставим в формулу (1) выражение для T_1 и T_2 .

$$T_1 = \frac{H}{U_y} \text{ и } T_2 = \frac{H}{\Delta U_y + V_y},$$

а также

$$L = VT_2 = V \frac{H}{\Delta U_y + V_y}.$$

Получим

$$V_{\text{ср}} = \frac{VT_2}{T_1 + T_2} = \frac{V \frac{H}{\Delta U_y + V_y}}{\frac{H}{U_y} + \frac{H}{\Delta U_y + V_y}}.$$

Упростим это выражение, умножив числитель и знаменатель на дробь

$$\frac{(\Delta U_y + V_y) U_y}{H},$$

и получим окончательное выражение для средней скорости полета в штиль

$$V_{\text{ср}} = \frac{V U_y}{\Delta U_y + V_y + U_y}. \quad (1a)$$

Выше подробно проанализировано влияние метеорологических условий на среднюю скорость полета путем изменения скорости перехода. Поэтому излишне повторять о влиянии восходящих и нисходящих потоков на скорость выполнения переходов и, следовательно, на $V_{\text{ср}}$. В выражение $\Delta U_y + V_y$ (показание вариометра на переходе) входит одна из важных характеристик планера V_y — собственное снижение планера на переходе. Чем оно меньше, тем на большей скорости можно выполнить переходы. В этом случае средняя скорость полета, полученная при том же значении U_y скороподъемности планера в восходящем потоке, будет больше (величина V находится в числителе полученной формулы 1a).

В этих рассуждениях не учитывалось влияние ветра. Средняя путевая скорость планера будет являться геометрической суммой средней воздушной скорости планера и скорости ветра. Получая наибольшую среднюю скорость относительно воздуха, мы имеем в данных условиях и наибольшую среднюю скорость относительно земли. Таким образом, задача сводится к определению наивыгоднейшей в штиль скорости полета. Учет влияния ветра выражается только соответствующей поправкой к направлению полета (подробно рассматривается в навигации). Общая формула, пригодная для полета как с попутным, так и со встречным ветром, имеет вид

$$W_{\text{ср}} = \frac{(V \pm u) U_y}{U_y + \Delta U_y + V_y}, \quad (16)$$

где $W_{\text{ср}}$ — средняя путевая скорость с учетом ветра;
 $\pm u$ — скорость для попутного (+) и встречного (—) ветра.

Практически доказано, что в течение дня средние вертикальные скорости нисходящих потоков составляют 10—30% от средних скоростей набора высоты планером в восходящих потоках. Это значение мы назовем коэффициентом нисходящих потоков (b). В среднем

$$\Delta U_y = b U_y = 0,2 U_y.$$

Такое предположение несколько упрощает выражение (16) для средней скорости полета. Подставив в формулу (16) выражение $\Delta U_y = 0,2 U_y$, получим

$$\begin{aligned} W_{\text{ср}} &= \frac{(V \pm u) U_y}{\Delta U_y + V_y + U_y} = \frac{(V \pm u) U_y}{b U_y + V_y + U_y} = \\ &= \frac{V \pm u}{1 + b + \frac{V_y}{U_y}} = \frac{V \pm u}{1,2 + \frac{V_y}{U_y}}, \end{aligned}$$

т. е.

$$W_{\text{ср}} = \frac{V \pm u}{1,2 + \frac{V_y}{U_y}}. \quad (1b)$$

Полученное выражение (1в) для средней скорости полета планеристы обычно применяют для расчета полета по данным метеоанализа. Спрогнозировав среднюю скороподъемность восходящих потоков на день по данным аэрологической диаграммы (вертикальному градиенту температуры, площади неустойчивого слоя между кривыми стратификации и состояния), определяем среднюю скорость перехода данного планера и его собственное снижение на этой скорости. Среднюю скорость определяем по участкам маршрута, подставляя в формулу (1в), кроме найденных выше U_y , V , V_y , встречные или попутные составляющие скорости ветра $\pm u$. Затем можно просто найти значение W_{cp} для всего маршрута.

Целесообразность такого подсчета средней скорости полета по предполагаемому маршруту заключается в следующем. Он дает возможность спортсмену еще при подготовке к полету на земле сделать приближенный подсчет W_{cp} по данным метеоанализа погоды. Последующее сравнение фактической средней скорости в полете с расчетной дает спортсмену возможность рассмотреть допущенные ошибки в анализе метеорологических условий погоды.

КРУГОВОЙ КАЛЬКУЛЯТОР

Из предыдущего раздела знаем, что скорость перехода должна все время подбираться в соответствии с физическими метеоусловиями полета. Всякое изменение вертикальных восходящих или нисходящих потоков должно найти отражение в изменении скорости перехода планера. На практике используется достаточно простой и точный метод, позволяющий без большого физического и умственного напряжения определить нужные скорости. Наиболее простым и достаточно совершенным считается метод определения скорости перехода круговым калькулятором. На поворотном кольце, смонтированном на вариометре, нанесены скорости перехода. Стрелка вариометра, фиксируя различные значения вертикальных скоростей снижения или набора высоты, одновременно указывает на калькуляторе скорость, которую следует выдерживать в данный момент. Планеристу остается только соответствующим образом установить кольцо и согласовать показания указателя скорости и вариометра.

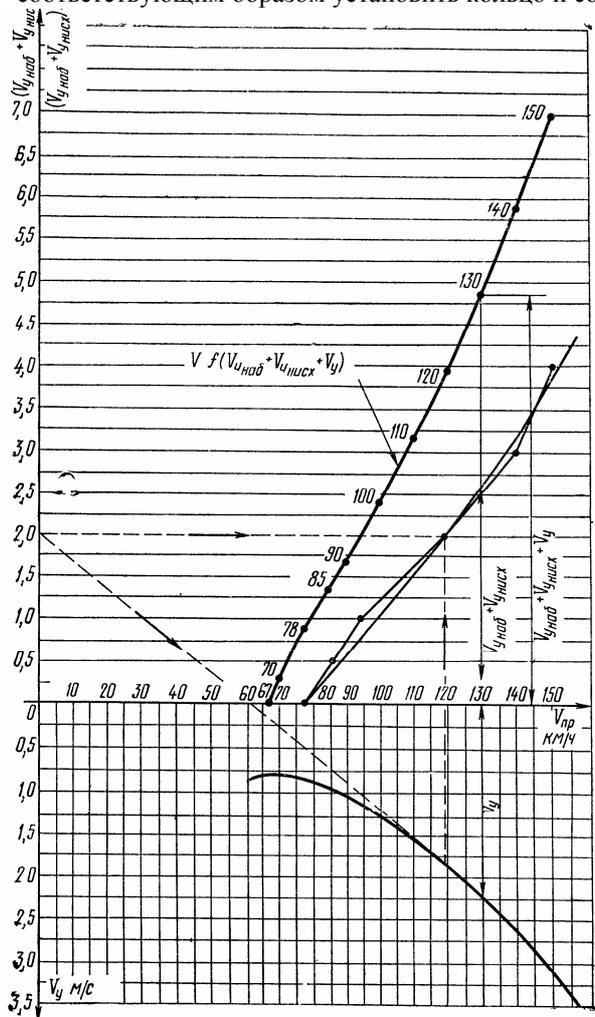


Рис. 20. Графическое определение скоростей для кругового калькулятора (Планер «Бланик», вес планера 472 кг)

V (км/ч)	67	70	78	85	90	100	110	120	130	140	150
$V_{y \text{ наб}} + V_{y \text{ нисх}} + V_y$ (м/с)	0	0,32	0,93	1,36	1,72	2,43	3,14	3,97	4,89	5,89	7,1

Значения скоростей, наносимые на кольцо, определяются графически. На миллиметровой бумаге возможно точнее наносим поляры скоростей данного планера (рис. 20). В нашем примере берется поляра планера «Бланик» в одноместном варианте (полетный вес 472 кг). Если необходимо построить круговой калькулятор для другого типа планера или аналогичного, но с другим полетным весом, требуется поляра именно того планера и с таким полетным весом. Желательно, причем, пользоваться полярой, снятой в процессе летных испытаний этой серии планеров с аналогичным полетным весом, пересчитанной для стандартных условий (температуры, атмосферного давления или высоты полета). Точность построения поляры очень важна в последующих построениях. По вертикальной оси откладываем целые значения вертикальных скоростей. Вверх до 10 м/с, вниз до 4 м/с. Затем из точек, соответствующих целым значениям $V_{y \text{ наб}} + V_{y \text{ нисх}}$, проводим касательные к поляре.

Определить точное место касания бывает затруднительно, поэтому построение кривой скорости перехода ($V_{пер}$) в функции $V_{y \text{ наб}} + V_{y \text{ нисх}}$ производится постепенно. Вначале полученные точки соединяются отрезками прямых, а затем строят кривую, которая усредняет эту ломаную линию. Таким образом исключается значительная часть погрешностей. Для получения зависимости $V_{пер} = f(V_{y \text{ наб}} + V_{y \text{ нисх}} + V_y)$, которая используется для разметки скоростей на кольце кругового калькулятора, следует к ординатам полученной нами кривой прибавить соответствующие ординаты (вертикальную скорость собственного снижения планера V_y) поляры скоростей. По полученной нами кривой составляем таблицу.

Таблица 5

Затем приступаем к оцифровке кружка. Кружок надевается на вариометр, обычно с диапазоном ± 5 м/с так, чтобы он легко поворачивался вокруг своей оси на 360° . Построение начинается с нанесения на кольцо экономической скорости $V_{эк}$, т. е. скорости, которая получилась в результате пересечения кривой $V_{пер} = f(V_{у\text{ наб}} + V_{у\text{ нисх}} + V_y)$ с осью V . Эта скорость обозначается на калькуляторе зачерненным треугольником. Затем, совместив его с 0 вариометра, переносим остальные значения скоростей (рис. 21).

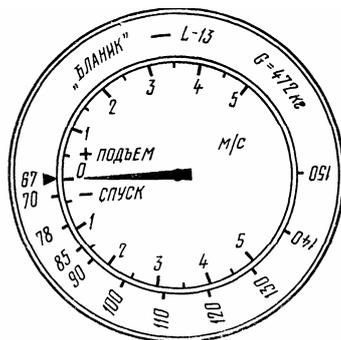


Рис. 21. Пример разметки скоростей на кольце кругового калькулятора

В реальном полете действуем так. Поворотом кольца совмещаем зачерненный треугольник с цифрой шкалы вариометра, соответствующей средней скороподъемности планера в восходящем потоке, к которому делается переход (ожидаемый поток).

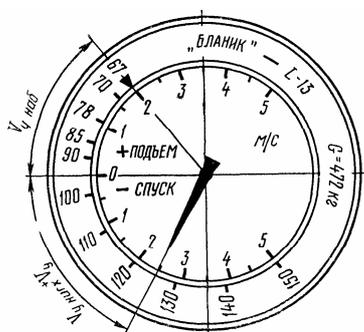


Рис. 22. Определение скорости перехода с помощью кругового калькулятора

На рис. 22 показано кольцо калькулятора планера «Бланик», установленное для случая, когда ожидаемая средняя скороподъемность планера в восходящем потоке $V_{у\text{ наб}}$ составляет 2 м/с. Показание вариометра 2,5 м/с включает вертикальную скорость снижения планера относительно воздуха, равную 2,1 м/с (для скорости полета 125 км/ч), и вертикальную скорость нисходящего потока 0,4 м/с. Стрелка вариометра показывает на кольце значение скорости, которую следует выдерживать с учетом как восходящих, так и нисходящих потоков. Поворотом калькулятора суммируем вертикальную скорость планера в восходящем потоке $V_{у\text{ наб}}$ с мгновенным значением суммы вертикальной скорости нисходящего потока и собственной вертикальной скорости снижения планера относительно воздуха $V_{у\text{ нисх}} + V_y$, показываемой вариометром.

Определение наивыгоднейшей скорости отличается от оптимальной скорости перехода тем, что средняя вертикальная скорость планера в восходящем потоке считается равной 0. Скорость полета при этом будет зависеть только от интенсивности нисходящих потоков. Поэтому, совмещая треугольник на кольце с давлением 0 на шкале вариометра, сможем в зависимости от его показаний читать значение наивыгоднейшей скорости (рис. 23).

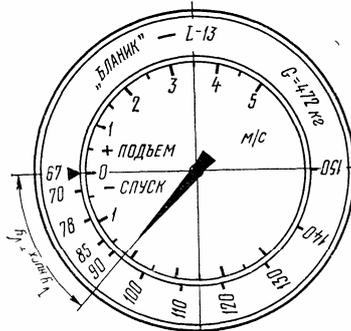


Рис. 23. Определение наивыгоднейшей скорости полета с помощью кругового калькулятора

Преимущество кругового калькулятора — в возможности непосредственно определить скорости перехода. Планеристу не нужно для этого отрывать взгляд от приборов. Установив соответствующим образом кольцо, он может в дальнейшем действовать без всяких затруднений, не тратя времени на подсчеты в уме. Переход на наивыгоднейшей скорости также очень прост и не требует никаких дополнительных приспособлений. Он часто применяется на заключительном этапе полета или в условиях длительного перехода через атермичный район. Планеристы во многих случаях относятся к круговому калькулятору настороженно, несмотря на его достоинства. Причина в том, что показания указателя скорости и вариометра (калькулятора на нем) необходимо постоянно увязывать. На практике, однако, оказывается, что большая точность увязки этих показаний не обязательна. Потери в

средней скорости из-за отклонений скорости перехода от оптимального значения бывают невелики, так как неточность в выдерживании скорости перехода порядка ± 5 км/ч влечет потери средней скорости не более 0,5 км/ч.

Недостаток кругового калькулятора и в том, что пилот постоянно следит за бортовыми приборами. Для наблюдения за местностью, метеообстановкой, картой у него остается мало времени. У спортсмена ослабляется внимание и осмотрительность (например, на соревнованиях).

За рубежом уже разработаны и с успехом применяются электрические вариометры, позволяющие определить «на слух» интенсивность восходящего потока при наборе высоты и центрировании в нем, а также, не глядя на приборы, выдерживать оптимальную скорость на переходах.

ОБ ИСКЛЮЧЕНИИ РЕАКЦИИ ВАРИОМЕТРА НА ИЗМЕНЕНИЕ РЕЖИМА В ПРОЦЕССЕ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРЯЩЕГО ПОЛЕТА

Процесс оптимизации управления полета сводится к уменьшению или увеличению скорости планирования V для сохранения равенства (8) в течение всего полета. Вариометр, снабженный специальной подвижной скоростной шкалой (круговым калькулятором, см. рис. 21), удобен лишь тогда, если он не чувствителен к изменению режима полета, а реагирует лишь на собственную скорость снижения планера в установившемся планировании и на величину $U_y + \Delta U_y$. Изменения скорости V , которые следует осуществлять в течение всего полета в соответствии с показаниями стрелки вариометра по скоростной шкале, должны происходить довольно быстро. При этом меняется высота полета, а следовательно, и атмосферное давление. Тем самым происходят забросы стрелки вариометра. Ее показания по скоростной шкале отличаются от желаемых. Процесс оптимизации управления упомянутым выше способом затрудняется. Необходимо поэтому исключить реакцию вариометра на изменение режима (на маневр, связанный с увеличением или уменьшением скорости полета), но сохранить функции вариометра в установившихся режимах. Задача об исключении реакции вариометра на маневр принципиально состоит в построении регулятора показаний вариометра (компенсатора забросов показаний вариометра при маневре), при котором положения стрелки вариометра при неустановившихся режимах подчинялись бы тому же закону, что и при установившихся (8):

$$V_y = \frac{\Delta P}{A}, \quad (9)$$

где

$$V_y = \frac{V^4 + V_k^4}{2 K_{\max} V_k^2 V}. \quad (10)$$

Имея в виду, что коэффициент A пропорционален объему корпуса вариометра ω

$$(A) = b \omega \quad (11)$$

получаем

$$\omega = \frac{1}{b} \frac{\Delta p}{V_y}, \quad (12)$$

где V_y , ω — соответственно «желаемые» значения показания стрелки вариометра и объем его корпуса при маневре;

b — коэффициент пропорциональности;

Δp — перепад давлений на чувствительном элементе вариометра при действительном законе изменения V_y при маневре;

V_y — вертикальная скорость при маневре. Один из способов получить желаемые отклонения стрелки вариометра при маневре — изменить объем его корпуса по закону (12). Эту задачу и должен выполнять регулятор. В связи с тем, что перепад давлений Δp , согласно динамической теории вариометра (12), выражается чрезвычайно сложной формулой, практически реализовать закон (12) невозможно. Используют поэтому более простой путь приближенного решения задачи, основанной на допущении о неизменности давления при маневре p_i , когда $\omega = \text{const}$. Такое допущение оправдывается тем, что продолжительность маневра невелика и выравниванием давления через капилляр с большим гидравлическим сопротивлением в первом приближении при маневре можно пренебречь. Так удастся построить довольно простые регуляторы, приближенно изменяющие объем корпуса при маневре по закону (12). Они обладают характеристиками, вполне приемлемыми в практике, о чем свидетельствует их проверка в многочисленных реальных полетах.

Исключить реакцию вариометра на изменение атмосферного давления Δp_a вызванного ростом или падением высоты при маневре, удастся, меняя объем корпуса вариометра ω , т. е. изменяя давление p_i на такую же величину. Практически это осуществляется с помощью некоторого упругого элемента типа поршня с пружиной. Положение поршня должно зависеть от скоростного напора

$$q = \frac{\rho V^2}{2}.$$

При планировании с некоторой постоянной скоростью V пружина сжата под действием q , и поршень находится практически в равновесии (рис. 24).

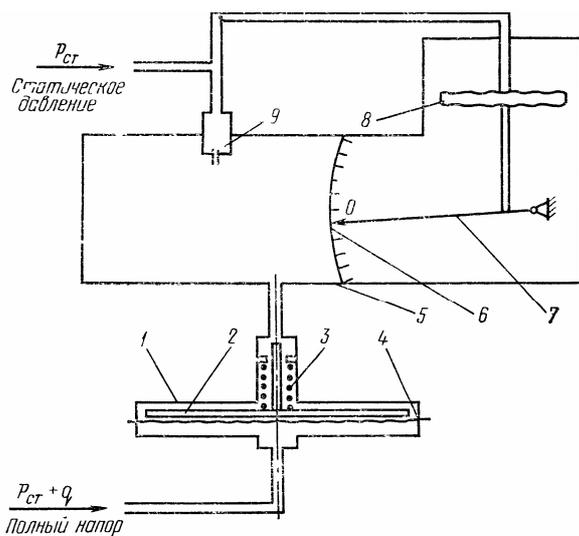


Рис. 24. Обобщенная схема вариометра с компенсатором:

1 — корпус регулятора (компенсатора); 2 — поршень регулятора с площадью S ; 3 — пружина регулятора с жесткостью K ; 4 — мембрана из тонкой эластичной резины, исключающая перетекание воздуха между полостями регулятора; 5 — корпус вариометра; 6 — шкала; 7 — стрелка; 8 — анероидная коробочка; 9 — капилляр

S — площадь поршня;

K — жесткость пружины.

Проверку практически удобно производить контрольным прибором, изготовленным на базе обычного анероидного вариометра ВР-10. Достаточно заглушить для этого капиллярную трубку (изнутри), а корпус дополнительным штуцером соединить с атмосферой. Регулировку делают так: на корпус вышеуказанного контрольного прибора подается некоторое давление ΔP и фиксируется по манометру (вместо него можно использовать обычный указатель скорости). Стрелка контрольного прибора отклонится тогда в некоторое положение V_{y1} . Затем то же давление Δp (по манометру) подается на корпус контрольного прибора через компенсатор. Стрелка контрольного прибора займет новое положение V_{y2} . У правильно отрегулированного компенсатора любой схемы (см. рис. 25)

$$\frac{V_{y1}}{V_{y2}} = 2.$$

Если это отношение меньше 2, надо увеличить жесткость пружины, если оно больше — уменьшить ее. Для этого вращают регулировочный винт, изменяющий ее упругость (жесткость). Надо помнить, что при настройке и эксплуатации компенсатора его ось должна располагаться вертикально. В полете, кроме этого, не следует допускать очень резких или слишком медленных движений ручкой «от себя» или «на себя». Иначе это может нарушить правильность показаний вариометра (из-за вынужденной перекompенсации или недокомпенсации коробочки). Правильно подобранный темп изменения режимов полета в вертикальной плоскости значительно улучшает работу компенсатора в парящем полете.

Тогда вариометр работает, по существу, так же, как и без компенсатора (показания его занижаются всего на 2—3%). Изменение скоростного напора (режима планирования) принудительно перемещает поршень в ту или иную сторону и, следовательно, изменяет давление внутри корпуса вариометра. Это существенно влияет на характер отклонения стрелки вариометра при изменении режима и используется планеристами для определения интенсивности восходящих потоков (если правильно отрегулирован компенсатор). Облегчается также выбор оптимальных режимов планирования. Ниже даны схемы подключения компенсационной коробки польского производства к вариометрам типа $WRs-5$ и «Лун-1141» (рис. 25).

Качество и эффективность работы вариометра зависят от правильной регулировки компенсатора. Настройка его сводится, по существу, к изменению жесткости пружины 3 (см. рис. 24), так как

$$r = \frac{S^2}{K}$$

где

r — основной жесткостной параметр любого компенсатора;

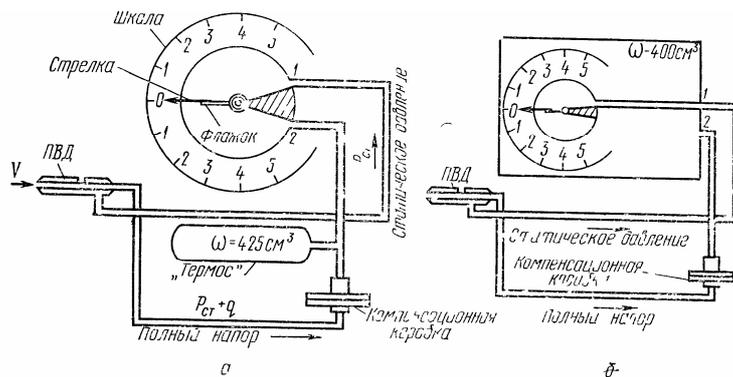


Рис. 25:

а — схема подключения компенсационной коробки к вариометру типа $WRs-5$; б — схема подключения компенсационной коробки к вариометру типа «Лун-1141» (штуцер 2 на стандартном вариометре отсутствует)

ПОСТРОЕНИЕ ЛИНЕЙКИ ДОЛЕТА

В парящих полетах большое значение имеет их заключительный этап — участок долета. Современные типы планеров позволяют начать долет к намеченной цели с достаточно большого расстояния. Планерист, стремясь достичь возможно большей путевой скорости или дальности, старается идти на оптимальной для конкретных условий (скороподъемности планера, а в последнем восходящем потоке и ветра) скорости. Трудность выбора в том, что при долете в любой момент надо точно знать требуемое оптимальное и фактическое качество планера K как функцию

$$V_{у\text{наб}} + V_{у\text{нисх}}$$

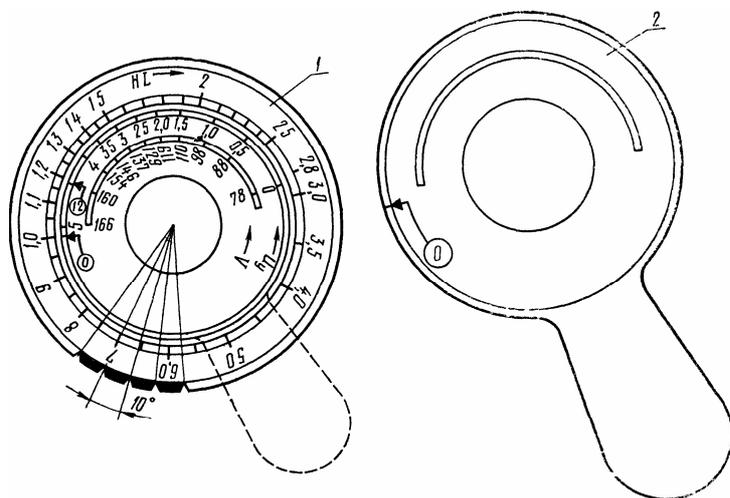


Рис 26 Разметка и построение линейки долета

Довольно удобный вычислитель долета создал Е. П. Вачасов — известный планерист из г. Харькова. Вычислитель определяет оптимальные скорости и высоты при долете для разных сочетаний скороподъемностей в восходящих потоках и скоростей ветра. Для построения вычислителя (линейки) долета используют график определения скоростей для кругового калькулятора (см. рис. 20). Задаваясь поочередно значениями $V_{у\text{наб}} + V_{у\text{нисх}}$ от 0 до 5 м/с, мы последовательно снимаем с графика $V = f(V_{у\text{наб}} + V_{у\text{нисх}})$ соответствующие значения скоростей перехода. Для определения высоты долета (высоты выхода из последнего потока) необходимо знать качество как функцию $V_{у\text{наб}} + V_{у\text{нисх}}$. Эта величина может быть определена приближенно как

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

где V_y соответствует V (по поляре).

Полученные величины V , V_y , K заносим в табл. 6. Линейка долета состоит из двух частей: внутреннего вращающегося кружка большого диаметра 1 и неподвижного кружка меньшего диаметра 2 (рис. 26) Шкала внутренней части линейки 1 является одновременно шкалой высот и дальностей H , L . Шкала — логарифмическая, может использоваться для любого планера. Разметка же неподвижного кружка 2 производится для конкретного планера по табл. 6.

Таблица 6. Таблица для разметки вычислителя долета. Планер «Бланик», полетный вес — 472 кг.

$U_y = V_{у\text{наб}} + V_{у\text{нисх}}$	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
V	78	88	98	110	119	129	137	146	154	160	166
V_y	0.76	1.05	1.3	1.65	1.85	2.2	2.55	2.9	3.26	3.75	4.5
$K = V/V_y$	28.5	23.3	21	18.5	17.9	16.3	15	14	13.1	11.8	10.2

В данном примере — для планера «Бланик» с полетным весом 472 кг. Вначале вырезается кружок 2 (см. рис. 26) с диаметром, равным внутреннему диаметру шкалы кружка 1. Затем его накладывают сверху на кружок 1 и подвижно закрепляют в центре. На неподвижном кружке выбираем начало отсчета (цифра 0), обозначаем его стрелкой. Затем совмещаем его с цифрой 1,0 на подвижном кружке. Против значения 28,5 на шкале (соответствует максимальному качеству планера «Бланик») наносим на одной из шкал неподвижного кружка риску, которая соответствует скороподъемности $U_y = V_{у\text{наб}} + V_{у\text{нисх}}$, равной 0, а на другой — отвечающее ей значение оптимальной скорости. В той же последовательности производится дальнейшая оцифровка этих двух шкал.

Для исключения всевозможных просчетов в полете, связанных с ветром и другими метеорологическими явлениями, на подвижном кружке 1 наносится дополнительная шкала, выполненная в виде зубцов. Каждый соответствует силе ветра в 2,5 м/с. На кружке 2 наносится также стрелка с цифрой 1,2, которая будет соответствовать полету с 20%-ным запасом высоты. Эта стрелка наносится против цифры 1,2 на шкале H, L ,

Для определения размера каждого зубца на подвижном диске необходимо вначале задаться предельно возможным значением отношения (W/V), где W — встречная составляющая скорости ветра (при нем средняя скорость полета остается больше W на 10—15 км/ч).

Для планера «Бланик» такими условиями могут быть: $U_y = 1$ м/с; $W = 30$ км/ч; средняя скорость планера $V_{cp} = 42$ км/ч. При большей скороподъемности и неизменной скорости ветра расчет высоты полета будет идти в запас.

Высота полета определяется по формуле

$$H = \frac{L}{K_d}$$

где

$$K_d = \frac{V - W}{V_y}$$

или

$$H = \frac{L V_y}{V \left(1 - \frac{W}{V}\right)}$$

При выбранных выше предельных условиях выражение $\left(1 - \frac{W}{V}\right)$ принимает определенное числовое значение и играет роль коэффициента, учитывающего ветер. Это дает возможность определить величину зубца. Для «Бланика»

при выбранных условиях $H = H_0 \left(1 - \frac{W}{V}\right)$, где $H_0 = \frac{L V_y}{V}$ — высота полета в штиль или

$H = H_0 (1 - (30/98)) = H_0 0,694$, т. е. высоту надо увеличить на 30%. Для определения размера зубца зададимся высотой $H_0 = 1000$ м, тогда добавка составит около 300 м. Для силы ветра 2,5 м/с добавка составит 100 м или 10% от H_0 . Поэтому на подвижной шкале через каждые 10° центрального угла наносятся зубцы (см. рис. 26). Их будет всего 36.

Полет рассчитываем очень просто. Находясь в «последнем» восходящем потоке, определяем расстояние до финиша. Поворотом кружка совмещаем полученное расстояние на шкале H, L со значением скороподъемности планера (по вариометру) в «последнем» восходящем потоке на шкале $V_{унаб}$, а затем читаем против $V_{унаб}$ по шкале V значение оптимальной скорости полета. На том же диске 2 против стрелки с цифрой 1,2 находим значение оптимальной высоты, откуда надо уходить на полет. Стрелка с цифрой 0 показывает высоту полета без запаса, а стрелка с цифрой 1,2 — с 20%-ным запасом высоты в штилевую погоду. Обычно пользуются значением высоты с 20%-ным запасом, чтобы учесть изменения, связанные с усилением встречной составляющей ветра, неожиданное попадание в зону сильных нисходящих потоков, а также сохранить необходимое количество высоты для маневра после финиша и захода на посадку. При полете со встречным ветром его учитывают доворотом кружка 1 против часовой стрелки на определенное число зубцов (цена деления зубца соответствует скорости ветра 2,5 м/с). При попутном ветре кружок 1 следует доворачивать по часовой стрелке.

ТАКТИКА И ТЕХНИКА ПАРЕНИЯ ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ТАКТИКИ ПЕРЕЛЕТА НА ПЛАНЕРЕ

Планеристы больше всего ценят умение достигать на дистанции больших средних скоростей. Повышение средней скорости в конечном счете непосредственно связано и с увеличением дальности перелета. Оставляя в стороне усовершенствование матчасти (планера) и длину дистанции, можно сказать, что на рост средней скорости влияет средняя скороподъемность используемых вертикальных потоков и правильный выбор режима полета.

В полете по прямой между восходящими потоками планер следует вести на оптимальной скорости. В выборе режима полета (оптимальной скорости) на любом участке перехода особых трудностей использование кольцевого калькулятора не вызывает. За счет этого, следовательно, не будет существенной потери в средней скорости. Потеря времени на маршруте, а в конечном счете и средней скорости, происходит из-за неполного использования скороподъемности восходящих потоков, частого набора высоты в потоках, где скороподъемность меньше средней, а также из-за неумения их находить.

Сразу оговоримся, что единых правил или признаков, по которым можно с уверенностью определить местонахождение термических восходящих потоков и их параметры, не существует. Речь может идти лишь об отдельных, наиболее часто встречающихся признаках. Проще всего отыскивать потоки под облаками. К ним (часто обозначающим восходящий поток) относятся: развивающиеся кучевые «хорошей погоды», крупные кучевые с темным четким основанием, плоские блинообразные кучевые обычно с довольно высокой нижней кромкой и мощно-кучевые облака с большим вертикальным развитием.

В первой половине дня восходящий поток под облаком чаще всего бывает с солнечной стороны. Затем он перемещается по западной его кромке к северной части. Это правило отнюдь не закон, но подобное явление встречается часто. Под крупными кучевыми восходящий поток находится в наиболее темной части основания облака. Потоки под облаками с большим по площади основанием следует находить экспериментально, путем предварительной «проверки» двух-трех таких же облаков. Потоки под облаками нередко бывают скошенными, особенно если есть градиент ветра по высотам (рис. 27).

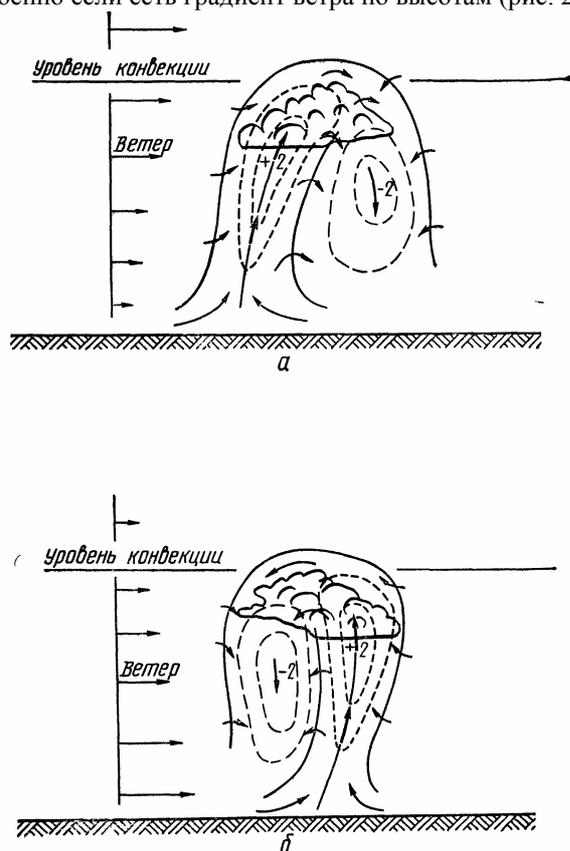


Рис 27 Скос потока и характер вертикальных потоков под облаками при наличии несильного ветра
 а — усиливающегося с высотой, б — слабеющего с высотой

Ориентироваться по основанию облака, находясь значительно ниже его, бывает затруднительно, особенно если вести поиск не в плоскости ветра. Тогда следует также экспериментально соизмерять свою высоту со скоростью и направлением ветра. Полученная закономерность оказывается верной для большинства потоков в течение дня.

Труднее находить «термики» в безоблачном небе. Если потоки под облаками существуют как бы привязанные к

ним, то без облаков «термик» необходимо связывать с местом его зарождения. Поэтому умение правильно определять места зарождения термических потоков позволяет с успехом отыскивать последние. Вот наиболее характерные места образования восходящих термических потоков: освещенные солнцем склоны оврагов, возвышенности холмистой местности, контрастная подстилающая поверхность (пашня — лес и т. д.), а в сухую антициклональную погоду — леса, поймы небольших рек и другие наиболее увлажненные места. Белесые пятна на фоне голубого неба, особенно при полете против солнца, также говорят о наличии термических потоков. Это не что иное, как взвешенные частицы пыли и продуктов сгорания, поднятые с земли восходящим потоком на вершину «термика». Иногда в воздухе попадаются и более крупные предметы: обрывки газет, мусор, кукурузные листья. Часто можно встретить птиц парителей и буквально «тучи» бабочек, комаров и других насекомых, занесенных восходящим потоком на большую высоту. В сухие и жаркие дни повсеместно наблюдаются своеобразные маленькие смерчи — пылевые вихри. Все эти приметы помогают планеристам ориентироваться при поиске восходящих потоков, позволяют пролетать в чистом небе сотни километров.

Лишь обнаружить восходящий поток недостаточно для успешного набора высоты. Необходимо найти его центр и набирать высоту, выполняя спираль, в месте наибольшего подъема по вариометру. Необходимо иметь в виду, что вариометр без компенсатора правильно показывает скороподъемность планера в потоке только при постоянной скорости в спирали, выполняемой координированно (без скольжения). Если, обнаружив восходящий поток или выполняя набор высоты, скорость в нем уменьшить, то вариометр покажет ложное значение набора высоты.

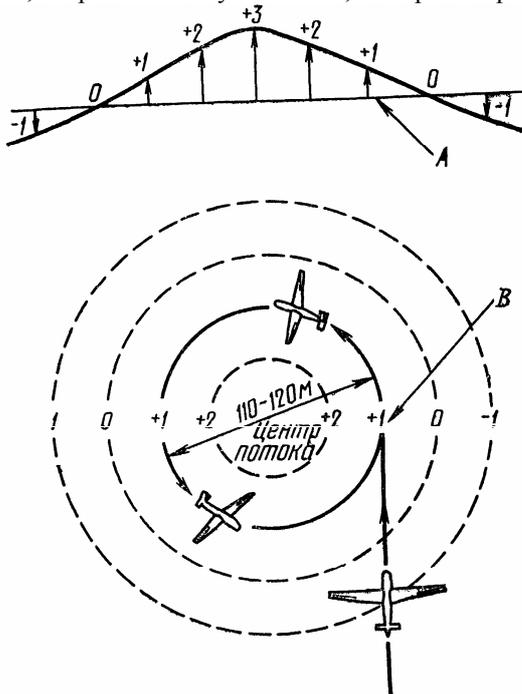


Рис 28 Один из примеров входа планера в восходящий поток и распределение скороподъемности по диаметру потока

На рис. 28 схематически изображен правильный вход планера в восходящий поток и последующий набор в нем высоты. Выполнение спирали в данном случае начинается при устойчивом (1 м/с) показании подъема по вариометру. При этом необходимы крен и скорость, обеспечивающие наибольшую скороподъемность. Так, в данном примере выполнение спирали с меньшим креном или на повышенной скорости приведет к тому, что планер будет выполнять спирали с диаметром более 110—120 м, т. е. в области с меньшими восходящими потоками или вообще вне их действия. Если же скорость меньше или крен больше оптимальных для данного потока, то планер может сорваться в штопор и уменьшится его скороподъемность в потоке.

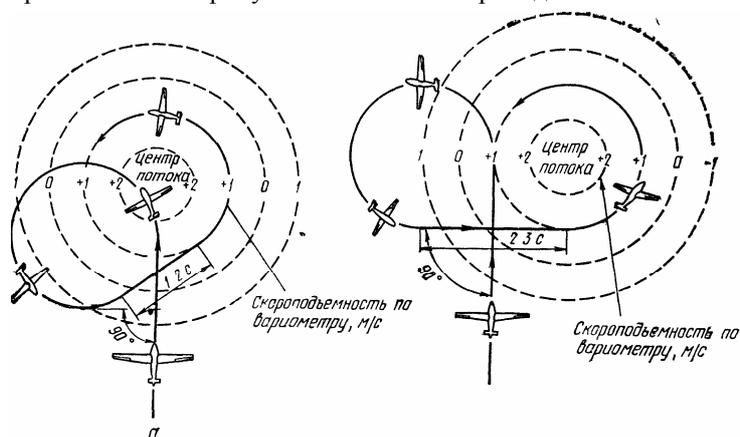


Рис 29 Центрирование планера в восходящем потоке методом вытягивания спирали
а — восходящий поток впереди б — восходящий поток справа

Значительное увеличение крена увеличивает собственное снижение планера. А в итоге это уменьшает его скороподъемность в потоке и вызывает неприятные ощущения от длительного действия перегрузок на спирали. Обычно после первого витка появляется необходимость подправить положение планера относительно центра восходящего потока. Это видно по показаниям вариометра, фиксирующего уменьшение скороподъемности на определенном участке спирали. Поток центрируется вытягиванием спирали к предполагаемому центру восходящего потока. Начинать вытягивать спираль надо, когда ось планера составляет с направлением полета угол, близкий к 90°, а заканчивать при максимальной скороподъемности, наблюдаемой по вариометру (с учетом его запаздывания).

Весь процесс, который мы не описываем подробно (он понятен на рис. 29,6), повторяется до установления скороподъемности в продолжение всего витка спирали.

Первый виток в новом восходящем потоке следует выполнять по возможности с большим радиусом. Это позволит выяснить структуру и характер потока. Затем, как уже говорилось, угол крена и скорость планера подбираются в зависимости от характера восходящего потока и летных характеристик планера. Например, узкие и сильные восходящие потоки требуют больших кренов для получения малого радиуса спирали, хотя это и увеличит собственное снижение планера и усложнит технику пилотирования. Рост скорости снижения тут с избытком компенсируется использованием максимальных вертикальных скоростей восходящего потока. Уменьшить радиус спирали можно, применяя механизацию крыла (закрылков). Если они есть, то их необходимо выпустить при вводе в спираль и не забыть убрать при выводе из нее.

На легком маневренном планере, выполняя спирали, можно в одних и тех же условиях создавать меньшие крены, чем на скоростном, но менее маневренном аппарате. Выбирая на спирали скорость, необходимо учитывать также степень турбулентности восходящего потока. Если турбулентность велика, следует выдерживать скорость на 5—10 км/ч больше нормальной скорости на спирали. Так легче удержать планер в центре потока. В ветреную погоду при парении следует помнить, что планер при наборе высоты всегда сносится по ветру больше, чем восходящий поток, ввиду меньшей скороподъемности из-за собственного снижения планера. Причина в том, что при одинаковом действии ветра восходящий поток вверх движется под большим углом к горизонту, чем планер (см. рис. 30).

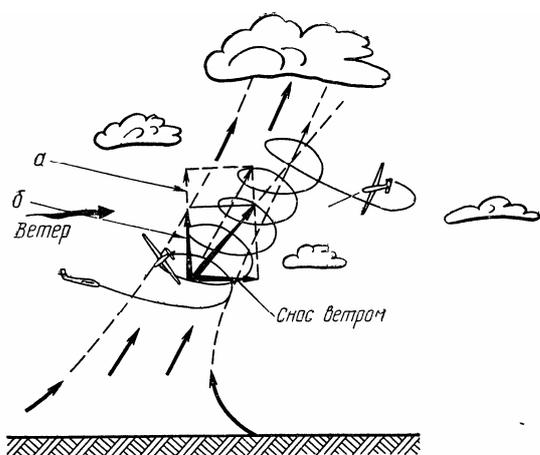


Рис 30 В ветреную погоду планер в наборе высоты сносится по ветру больше, чем восходящий поток:
а — скороподъемность потока, б — скороподъемность планера

Руководствуясь показаниями вариометра, планерист осторожно, немного изменяя крен, должен вытягивать спираль против ветра, таким образом все время оставаясь в потоке.

В режиме набора высоты полезно наблюдать за другими планерами, набирающими высоту в этом же потоке. Делают это не только для того, чтобы избежать столкновения, но и чтобы научиться определять (по их подъему и снижению относительно вашего планера), в какой стороне и части спирали «держит» лучше, а где хуже. Если ваш планер в сравнении с другим поднимается, то в этой части спирали подъем больше. Значит, выполняя следующий виток, надо слегка вытянуть в ту сторону и занять место в центре потока. Увеличение средней скороподъемности планера в восходящих потоках ведет к росту наиболее выгодной скорости перехода между восходящими потоками и, как результат, повышению средней скорости полета по маршруту. Очевидно, в каждом восходящем потоке поэтому следует стремиться к скорости как можно большей. Целесообразно возможно реже использовать слабые восходящие потоки, а искать более сильные.

Все эти соображения вынуждают планериста тщательно центрировать каждый восходящий поток, а также отказываться от слабеющих иногда в верхней части восходящих потоков. В подобных случаях не следует набирать максимальную высоту. Выполнять набор надо до тех пор, пока скороподъемность не станет ниже некоторого среднего в этот день значения (например, 3 м/с). Таким способом, за счет увеличения риска, уменьшением высоты полета достигается большая средняя скорость по маршруту.

Иногда для более точного определения средней скороподъемности планера в восходящем потоке пользуются секундомером. Вычислив среднюю вертикальную скорость набора высоты (деление величины набранной высоты на затраченное для этого время), устанавливаем против этого значения на вариометре зачерченный треугольник кругового калькулятора. Начинаем перелет по выбранному маршруту, используя скорости, полученные по калькулятору. Изменение средних вертикальных скоростей в течение летного дня должны соответственно корректироваться планеристом переменной положением калькулятора. Пользуясь калькулятором, скорость планера изменяем плавным движением ручки управления (исключая случай пролета сильного нисходящего или восходящего потока, когда увеличить или уменьшить скорость надо более энергично).

Из теории парения известно, что устанавливать калькулятор необходимо в зависимости от скороподъемности

планера в потоке, к которому летит спортсмен (она заведомо неизвестна). Вначале поэтому мы заменяем ее предшествующей средней скороподъемностью дня. Затем, в зависимости от метеобстановки, вносим поправки в положение калькулятора. Результаты наблюдения за облаками часто дают повод оценивать их с точки зрения восходящих потоков под ними.

Например, спортсмен направил свой планер под облако, явно более мощное, чем то, под которым он только что набирал высоту. Калькулятор следует поставить в положение ожидаемого под ним более сильного потока. В подобной и многих других ситуациях приходится опираться только на собственный опыт. Никаких точных критериев, которыми можно было бы руководствоваться, тут нет. Очень полезно 'бывает здесь знание метеорологии.

Случается, в конце маршрута либо в области, лишенной термических потоков, необходимо лететь на наивыгоднейшей скорости. Действуем так. Устанавливаем калькулятор на 0 и при штиле выдерживаем по нему полученные скорости. Если летим против ветра — увеличиваем их на половину значения встречной составляющей скорости ветра (определяется она на глаз). Например, калькулятор показывает, что необходима скорость 120 км/ч, а встречная составляющая ветра — 5 м/с (18 км/ч). Прибавим к 120 половину встречной составляющей ветра (9 км/ч). Значит, 129 км/ч — скорость, которую надо установить. При попутном ветре можно полностью пренебречь его влиянием, так как мы знаем, что оно сравнительно мало.

Таким образом, с технической точки зрения перелет выполняется правильно, если планерист умеет находить наивыгоднейшие атмосферные условия, а при выборе режима перелета — использовать аэродинамические свойства планера. В тактике ту же роль играет знание метеорологии.

ПЕРЕЛЕТЫ ПО ЗАМКНУТЫМ МАРШРУТАМ И В ОДНОМ НАПРАВЛЕНИИ

Из множества возможных вариантов маршрутных парящих полетов целесообразно подробнее рассмотреть лишь два — в одном направлении и замкнутые маршрутные. Все остальные, в смысле тактики, лишь сочетают их в себе одновременно. Для каждой из этих двух групп характерны определенные метеорологические условия. Для полетов в одном направлении (открытая дальность и дальность до намеченного пункта) сильный ветер, если маршрут выбран в его направлении, помогает достичь больших средних путевых скоростей, а это в свою очередь увеличивает возможную дальность перелета. Для полетов по замкнутым маршрутам наиболее благоприятны противоположные условия, имея в виду конечную цель — увеличение средней скорости перелета. Достичь это возможно как раз при отсутствии ветра.

Для выполнения полета на открытую дальность или в цель одного сильного ветра недостаточно. Необходим также приток холодных масс на теплую подстилающую поверхность. Это создает условия для интенсивного теплообмена «земля — воздух», что в свою очередь приводит к тому желаемому распределению температуры с высотой, которое «благоприятствует возникновению и существованию вертикальных термических потоков. Быстрое перемещение холодной воздушной массы способствует поддержанию значительной разности температур между воздухом и подстилающей поверхностью. Термические (потоки, образованные таким образом, именуется потоками холодной адвекции.

Погода такого типа обычно устанавливается непосредственно после прохода холодного фронта и фронта холодной окклюзии. Полет можно выполнять и в тылу гребня вдоль его оси, если протяженность его обеспечивает необходимое расстояние. Время вылета надо так планировать, чтобы не догнать в течение полета фронт. Кроме того, условия, возникающие непосредственно после прохода холодного фронта или фронта холодной окклюзии, не всегда бывают благоприятные. Низкая температура, высокая влажность и неустойчивость воздушной массы приводят зачастую к низкой кромке облаков и десятибалльной облачности. Это препятствует прогреву земной поверхности солнцем и усложняет полет в целом.

Иногда целесообразнее после консультации на метеостанции перенести взлет на следующий день. Однако необходимо знать и такую закономерность. С увеличением продолжительности пребывания холодных масс над данным районом разность температур между воздухом и подстилающей поверхностью уменьшается, а ветер слабеет. С другой стороны, увеличивается интенсивность восходящих потоков (за счет неравномерного прогрева земной поверхности, а рост температуры значительно повышает нижнюю кромку кучевой облачности. В зависимости от скорости движения фронта и его активности взлет рекомендуется назначать не раньше, чем через 10—24 ч после его прохода. Уходить при этом по маршруту следует как можно раньше, но только если есть устойчивые восходящие потоки для данного типа планера. Если потоки слабы и кромка облаков низка, лететь надо осторожно, не спеша. Когда условия улучшаются, темп следует увеличивать до оптимальных режимов полета.

При потоках холодной адвекции характерно образование плотных гряд кучевых облаков. При сильном ветре оси термических восходящих потоков наклоняются и приближаются к горизонтальным. Отдельный очаг термиков может образовать облачную гряду значительной длины. Например, при скорости 36 км/ч и продолжительности жизни очага 15 мин облачная гряда будет длиной около 10 км. Учет таких факторов, как скорость перемещения холодных воздушных масс, их температура, относительная влажность и уровень конденсации, дает возможность определить основные характеристики облачных гряд.

Так называемое «движение дельфином» — техника полета, обычно дающая наилучшие результаты три перелетах под облачной грядой, т. е. набор высоты с плавным отклонением ручки «на себя» в восходящем потоке, достижение оптимальной скорости по калькулятору и затем планирование вниз без спиралей. Для прямолинейного полета без спиралей важное значение имеет отношение диаметра термиков к расстоянию между ними D/L (рис. 31).

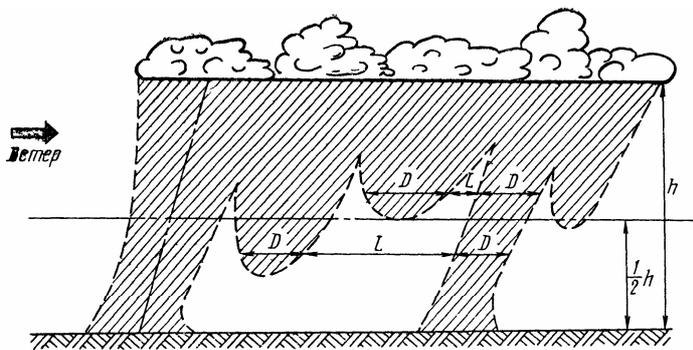


Рис. 31 Схема распределения восходящих и нисходящих потоков воздуха над грядой

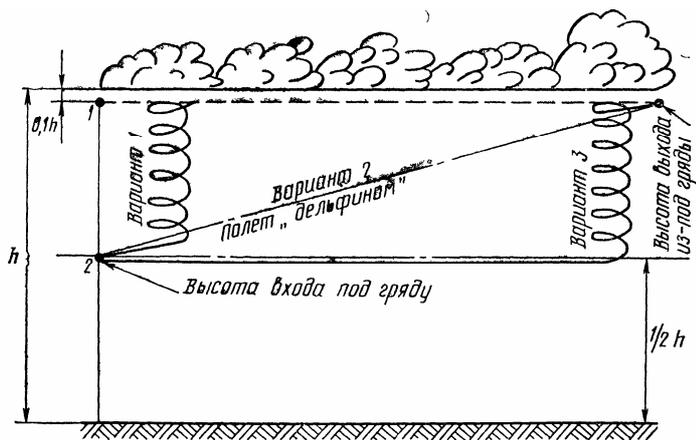


Рис. 32. Возможные варианты полета планера над грядой

Это отношение растет с высотой и непосредственно под грядой может стать бесконечно большим, так как L превратится в 0. Если полет под грядой начинается вблизи основания облаков, планерист не имеет выбора в тактическом плане. Он может только использовать встречающиеся восходящие потоки для увеличения своей путевой скорости и поддержания постоянной высоты полета. Если же полет начинается на высоте, например, $0,5 h$ (h — высота основания облаков), у него множество вариантов «преодоления трассы под грядой». Наиболее интересны три варианта (рис. 32).

Вариант 1

Планерист использует один из первых термиков гряды для набора высоты в спирали. Он продолжает полет на максимально возможной скорости без потери высоты и покидает гряду на высоте примерно $0,9 h$. Оставшиеся $0,1 h$ необходимы для улучшения видимости (увеличения сектора обзора). В тактическом отношении это помогает точно вести планер под грядой в зоне максимальных восходящих потоков и следить за обстановкой впереди по маршруту. Кроме того, во избежание столкновения с другими планерами и случайного входа в облака, этот запас крайне необходим.

Вариант 2

Спортсмен летит под грядой «дельфином» на наиболее выгодной для этого случая скорости. Он набирает высоту также и S-образным маневром (рис. 33,б) без спиралей и тоже оставляет гряду на высоте до $0,9 h$.

Вариант 3

Планерист летит под грядой на повышенной скорости, поддерживая постоянную высоту. В конце гряды он пополняет высоту в восходящем потоке до $0,9 h$.

На выбор одного из трех вариантов влияют особенности планера, средняя сила восходящих потоков дня, высота нижней кромки облаков, направление облачной гряды по отношению к курсу перелета, протяженность гряды, степень развития облаков, ожидаемая скороподъемность под ними. В 1-м и 3-м случаях необходимы дополнительные допущения. В 1-м планерист предполагает, что наилучшие восходящие потоки есть в начале гряды и они лучшие потоки дня. В 3-м же допускает, что наиболее сильные потоки должны быть в конце гряды. Наиболее правилен 2-й вариант, поскольку все предположения относительно термических потоков основаны, как правило, только на догадках, на практике они значительно изменяются.

Полет «дельфином» частично возможен и при выполнении замкнутых перелетов (на отдельных отрезках). Грядобразующие процессы могут быть и при безветрии. Благоприятные условия для этого бывают в гористой местности вдоль хребтов и долин, на границе горно-долинной циркуляции, на равнинах вдоль рек, опушках больших лесов, берегах озер, кромках морского бриза. Каждое облако при этом типе грядобразования имеет свой источник вертикального движения. Следовательно, перепад вертикальных скоростей в данном случае значительно больше,

чем под грядой, образованной одним очагом «термиков» под действием ветра. Кроме того, линейность таких гряд может существенно нарушаться.

На современном уровне развития планерной техники сильный ветер не препятствует выполнению полетов по замкнутым маршрутам. Достигнутая при этом путевая скорость может быть достаточно высокой. Не последнюю роль в этом играет процесс грядобразования. Использование, хотя бы частичное, облачных гряд на отдельных участках замкнутого маршрута,

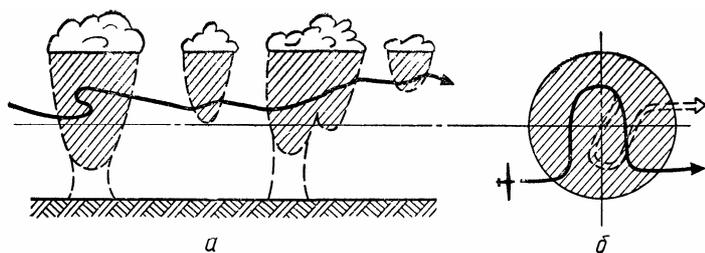


Рис 33
а — схема движения планера «дельфином» на коротком отрезке облачной гряды, б — S-образный маневр

особенно полет «дельфином» против сильного ветра, «позволяет достигнуть в целом по маршруту довольно высоких скоростей. На рис. 33 схематически изображен полет «дельфином» на коротком отрезке облачной гряды. Быстро и правильно оценить скорость восходящего потока и местонахождение его центра можно, если под первым облаком гряды выполнить S-образный маневр. Сделав четверть этого маневра, планерист может уже судить о силе потока и положении его центра. А это позволяет решить, следует ли выполнить здесь несколько спиралей или, не задерживаясь, лететь дальше. Полет «дельфином» дает планеристу определенную свободу действий. Но для этого нужны планер достаточно высокого аэродинамического качества и подходящие термические условия (под грядой отношение — должно быть велико).

Очевидно, что при этом сила восходящих потоков, необходимая для полета «дельфином», может быть малой. Итак, под облачной грядой почти всегда есть условия для такого полета.

Скоростные парящие полеты по замкнутым маршрутам объединяют, в отличие от полетов в одном направлении, ряд технических и тактических элементов, довольно сложных по выполнению.

В полетах на дальность и в цель старт, отметка на контрольном поворотном пункте, долет и финиш практически не выполняются. Ведь для них важны лишь отцепка планера над начальным контрольным пунктом (на высоте не более 1000 м) и посадка, либо в радиусе 1000 м от намеченного пункта, либо (открытая дальность) вообще в любом месте земного шара. В полетах же по замкнутым маршрутам эти элементы играют иногда решающую роль. Исключение составляет лишь полет до намеченного пункта с возвращением к месту старта (причем старт в этом случае тоже не выполняется, фиксируется лишь отцепка не выше 1000 м над начальным контрольным пунктом маршрута. Такой полет оценивается как рекордный по дальности. Планеристу необходимо пройти контрольно-поворотный пункт и произвести посадку в районе отцепки (начального пункта маршрута) в радиусе 1000 м. Такой полет, однако, подходит для тренировок и соревнований, если его рассматривать как замкнутый скоростной маршрут.

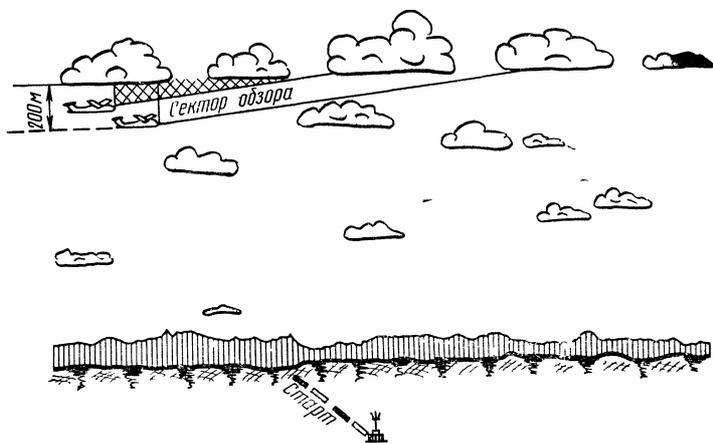


Рис. 34. Для увеличения сектора видимости перед стартом необходимо находиться под облачностью на 150—200 м ниже ее основания

Наблюдая за метеобстановкой по маршруту, надо ожидать удобный для старта момент. Удобный для этого момент — соответствующее расположение кучевых облаков с учетом силы и направления ветра, а также интенсивности восходящих потоков под ними. Если же погода безоблачна, момент этот определяется возникновением в нужном направлении по маршруту пылевого вихря, появлением птиц-парителей или находящимися в наборе высоты другими планерами. Перед стартом, чтобы все это видеть и анализировать, следует находиться на высоте 1400—1500 м в специально отведенной для этого зоне. Иногда, чтобы увеличить сектор обзора (рис. 34), выгодно даже снизиться (если высота облачности 1300—1400 м).

Разумеется, если предстоит полет по маршруту в безветрие, с попутным или встречным ветром, направление его после старта выбирается ближе к линии пути в соответствии с расположением облаков. Другое дело, когда первый отрезок маршрута выполняется с боковым ветром. Здесь обычно и допускаются ошибки в выборе направления. Например, угол ветра 90°. Спортсмен, наблюдая за движением облаков, ждет, когда они окажутся на линии пути. Затем он стартует, берет строго по маршруту направление, подходит «под намеченное облако и начинает набор высоты, не считаясь с тем, что его сносит ветром перпендикулярно линии пути. Закончив набор высоты, спортсмен с удивлением замечает, что его планер оказался далеко от маршрута, и возвращение к линии пути будет проходить в значительной степени против ветра. Набранной высоты, как правило, оказывается маловато для осуществления этого маневра. В такой обстановке он вынужден снова задерживаться для набора высоты, увеличивая тем самым относительную и теряя драгоценное время.

Правильно выбранная стартовая ситуация такая, когда направление полета учитывает относительное положение планера во время набора высоты (рис. 35).

Угол между продольной осью планера и линией заданного пути должен быть тем больше, чем ближе угол ветра к 90° и 270° и чем больше его скорость. Угол упреждения также зависит от силы восходящих потоков и других метеорологических факторов, а также от летных данных планера. Большинство расчетов легко выполняется при

В полетах по замкнутым маршрутам достигнутая путевая скорость определяется главным образом подготовкой планериста и качеством материальной части, а не силой ветра, как это часто бывает при полетах на открытую дальность и в цель. Старт — один из важнейших тактических элементов скоростного парящего полета. Мы не будем рассматривать его. Этот элемент, а также выполнение финиша тщательно отработываются в соответствии с учебно-летными программами. Обратим внимание лишь на тактику старта в зависимости от сложившейся метеорологической обстановки. Выбор оптимальной стартовой ситуации — первое условие правильного старта. После тщательного анализа метеоданных и практической оценки их в предстартовый период полета необходимо занять удобную предстартовую позицию.

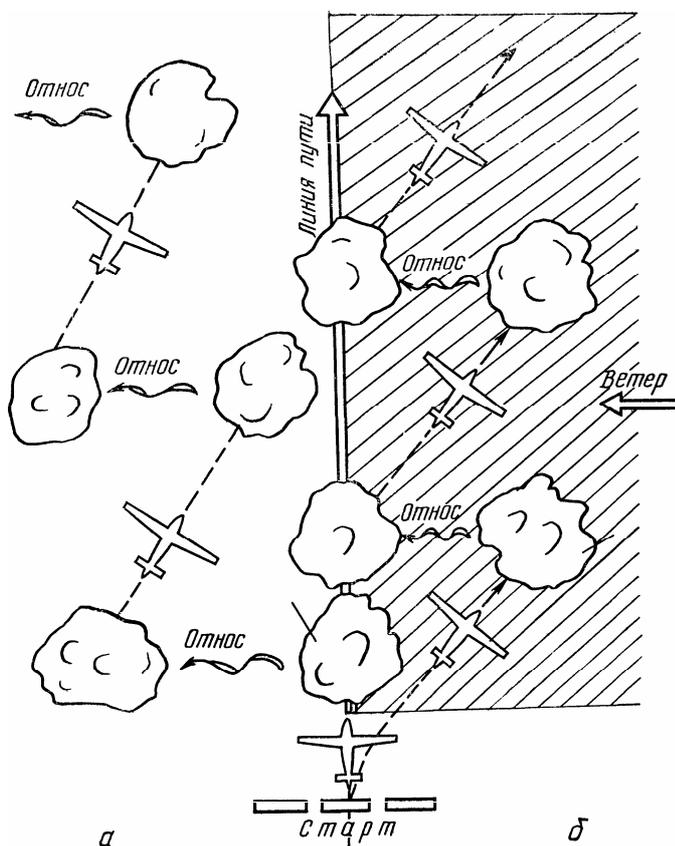


Рис. 35. Выбор направления полета после старта с учетом бокового ветра: а — неправильно; б — правильно

или встречно-боковым ветром. В средних широтах нашей страны максимальное действие «термиков» (9—10 ч) приходится на июнь — июль. В другие месяцы парящее время заметно сокращается. Это тоже следует учитывать при планировании времени старта.

Долет — другой важный технический элемент, характерный для замкнутых маршрутов. Вместе с финишем это заключительный этап полета. Технику выполнения финиша разбирать подробно нет смысла. Он не особенно интересен в тактическом отношении и лишь включает ряд характерных способов. Они детально отрабатываются в учебных полетах. Полезно дать некоторые рекомендации по долету — так в планерной терминологии называется последний, весьма ответственный участок маршрута (30—40 км, а иногда больше). Предварительно, возможно даже до взлета, навигационной линейкой планериста определяем по данным метеослужбы рубеж долета. Войдя в его зону, отыскиваем восходящий поток и по точным данным его скороподъемности и скорости встречной или попутной составляющей ветра определяем высоту для осуществления долета и среднюю скорость планирования. Если на пути встретится восходящий поток с небольшой скороподъемностью, его надо пересекать по указаниям кольцевого калькулятора. Если же встретится поток значительно мощнее, чем предыдущий, то в нем выгодно ненадолго остановиться, пересчитав при этом по линейке высоту и скорость.

Во время долета необходимо регулярно проверять соответствие расхода высоты пройденному расстоянию. Если расход высоты заметно отклоняется от расчетного (при проходе мощных нисходящих или поддерживающих воздушных масс), следует соответственно изменить режим планирования. Указатель калькулятора сдвигаем ниже или выше значения набора в последнем восходящем потоке, задавая более экономный или, наоборот, ускоренный расход высоты. Страховочный 20%-ный запас высоты, искусственно введенный при расчетах навигационной линейки планериста, по мере приближения к финишу надо реализовать увеличением скорости, необходимой для маневра и посадки после финиша.

Очень популярным на соревнованиях различного масштаба стал в последние годы оригинальный маршрутный парящий полет «кошачья колыбель». Его в некотором смысле можно назвать полетом на дальность через несколько поворотных пунктов. Однако количество их хотя и вполне определено, очередность прохода может быть произвольной. Кроме того, не все указанные поворотные пункты надо непременно проходить. Есть лишь одно обязательное правило. Его следует выполнять при выборе очередного направления полета после отметки. Нельзя возвращаться к предыдущему поворотному пункту. Следует лететь в любом другом направлении, к любому другому поворотному пункту. Правила этого надо придерживаться весь полет. Побеждает тот спортсмен, который пролетит наибольшее расстояние, считая от аэродрома взлета, через все последовательно пройденные поворотные пункты до места посадки. Такое упражнение разыгрывается после нескольких скоростных дистанций, обычно во второй половине соревнований. По сумме очков, набранных спортсменами в этих упражнениях, определяются места, занятые ими. Взлеты производят в порядке занятых мест. На установленной высоте и в указанном месте (в районе аэродрома) производят отцепку планеров. Спортсмен с этого момента имеет право без старта лететь к любому выбранному им поворотному пункту.

помощи навигационной линейки планериста. Их результаты, однако, всегда следует сопоставлять с метеорологической ситуацией, а не придерживаться их слепо. Второе условие правильного старта — выбор его времени. В течение дня бывает несколько удобных стартовых ситуаций, но всегда лишь одна-две соответствуют расчетному времени выполнения упражнения. Зная длину маршрута и правильно оценив метеоданные, легко подсчитать среднюю скорость, а следовательно, и время всего полета (все это предположительно, без учета ошибок в технике, тактике и при условии верного прогноза погоды).

Таким образом, для выполнения маршрутов различной протяженности даже при одинаковых метеоусловиях требуется разное время. Предположим, планер с высокими аэродинамическими характеристиками полет по замкнутому маршруту в 100 км выполнит за 1 ч или за 1 ч 30 мин, а на замкнутый маршрут в 750 км уже необходимо от 7 до 9 ч парящего времени. Ясно, в последнем случае старт совпадет с одной из первых удобных стартовых ситуаций. Когда же расчетное время выполнения упражнения не слишком велико, то момент старта (стартовая ситуация) выбирается так, чтобы полет проходил в период наибольшей активности «термиков», или, как говорят, в «ядре» парящей погоды (от 13 до 16 ч дня). Следует также стараться за это время пройти самый тяжелый участок маршрута, например, с сильным встречным

Такой полет одновременно проверяет искусство планериста правильно оценивать метеорологические условия дня, его выдержку, выносливость и умение бороться на заключительном этапе до конца. Ведь скоростные полеты по замкнутым маршрутам спортсмены осуществляют в одном направлении. Поворотные пункты они должны проходить в определенной последовательности. Оценка метеоусловий заключается лишь в выборе оптимального времени старта и последовательного прохода отрезков от одного поворотного пункта к другому. Метеоусловия у всех спортсменов примерно одинаковые. Выигрывает тот, кто наиболее грамотно их использует.

В предыдущем же случае планерист должен оценить метеоусловия в более широком плане и в наиболее короткое время, так как направление полета он выбирает сразу же после отцепки. К какому поворотному пункту следует сделать первый переход? Куда затем направить свой планер? В какой конечный результат выльется подобная тактика? В таком полете решается и другая важная задача. Во время соревнований определяется умение планеристов проходить не только скоростные, но и дистанционные маршруты. Посылать участников соревнований в полет на открытую дальность, как это делалось раньше, невыгодно. Обратный путь зачастую занимает много времени и требует немалых материальных затрат. Новый вид программы соревнований при правильном расположении поворотных пунктов такие затраты исключает. Спортсмены могут показать все свое мастерство, выдержку, выносливость, которые проявляются именно в многочасовых полетах на дальность.

Задача организатора соревнований — правильно расположить поворотные пункты относительно аэродрома и выбрать их оптимальное количество. В зависимости от масштаба соревнований, уровня подготовки спортсменов и типа планеров поворотные пункты располагают в 30—100 км друг от друга, а количество их колеблется от 3 до 6—7 (не считая аэродрома, также служащего поворотным пунктом). Такое расположение поворотных пунктов и их количество обеспечивают эвакуацию планеров к началу следующего летного дня.

ВЫХОД НА ПОВОРОТНЫЙ ПУНКТ И ФИКСИРОВАНИЕ ПРОХОДА ПОВОРОТНЫХ ПУНКТОВ МАРШРУТА

Выход на поворотный пункт осуществляется со стороны маршрута через направляющее полотнище. Его выкладывают судьи за 500 м до контрольных знаков. Над ним разрешается проходить не выше, чем указано в положении о соревнованиях. Высота прохода ограничивается для более точного фиксирования судьями на поворотных пунктах маршрута бортовых номеров планеров (оптическими приборами).

Зная эту высоту и удаление от поворота пункта (в штиль), планерист набирает в последнем (перед отметкой) восходящем потоке такую высоту, чтобы при полете на оптимальной скорости выйти на поворотный пункт без лишних запасов высоты. Вычисления ведут с помощью навигационной линейки планериста. Планер считается отмеченным на поворотном пункте, если он прошел со стороны направляющего полотнища строго над контрольным знаком и на высоте, не превышающей установленную положением.

После отметки планерист выполняет разворот в направлении следующего перехода, что зависит от конфигурации маршрута и условий погоды. В штиль этот ЭТАП маршрута не вызывает трудностей, так как даже приход в район поворотного пункта на малой высоте (300—500 м) и быстрый поиск тут же восходящего потока не вызывает заметной потери времени или снижения средней скорости полета по маршруту. В реальных условиях полет значительно усложняется по другой причине. Планеристу необходимо сопоставлять силу и направление ветра с направлением полета и, исходя из этого, строить его тактику на каждом отрезке маршрута по-разному. Отметка на поворотных пунктах, кроме того, связана с вынужденной потерей высоты и точным выходом на контрольные знаки с установленным курсом.

Рассмотрим наиболее характерные случаи и тактику оптимального прохода поворотных пунктов при ветре. Сначала рассмотрим простейший случай — полет в цель с возвращением к месту старта. Если до поворотного пункта ветер попутный, то приход на «отметку» следует на максимальной высоте (установленной на соревнованиях или тренировке), чтобы затем против ветра выполнить возможно более длинный переход, уйти из

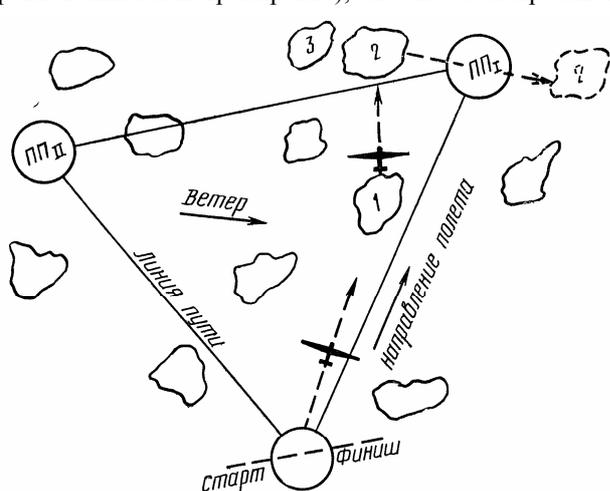


Рис 36. Один из возможных случаев отметки на поворотном пункте при полете по маршруту

зоны поворотного пункта. Планерист, допустивший приход на поворотный пункт на малой высоте, вынужден будет набирать высоту вблизи него. Тогда ветер отнесет планер за поворотный пункт, что, естественно, удлинит маршрут и уменьшит среднюю скорость полета. Наоборот, если до поворотного пункта полет проходит при встречном ветре, не следует пытаться «отметиться» на максимальной высоте. При благоприятной обстановке в районе поворотного пункта можно смело приходиться на «знаки» на высоте 500—600 м. Если даже планерист не найдет после отметки хорошего потока, то и в слабом выгодно набирать высоту, так как ветер теперь попутный.

Всевозможные варианты могут возникнуть при полете по замкнутому маршруту с двумя или более изломами и наличии ветра. В любом из них планерист должен определить наиболее приемлемый проход поворотного пункта.

На рис. 36 изображены лишь два в равной степени правильных способа отметки на первом поворотном пункте. Один из них — набор высоты в потоке под облаком 1, который хватило бы для выхода на контрольный знак на максимально допустимой высоте, так как следующий переход необходимо выполнять против ветра. Несколько более рискованным будет второй способ — выход под облаком 2 на высоте 500—600 м и набор необходимой высоты в восходящем потоке под ним. Во время набора высоты планер снесет ветром к поворотному пункту. Рискованный он вот почему. Если под облаком 2 встретится восходящий поток слабее ожидаемого, то до поворотного пункта планерист не успеет набрать необходимой высоты и вынужден будет отмечаться на меньшей высоте или же продолжать набор, но уже по ветру за поворотным пунктом (в обоих случаях это потеря времени и скорости). Но это не значит, что такой случай нельзя использовать. Достаточный опыт в парящих полетах, а также дополнительные «страхующие» факторы (наличие вблизи 2 «запасного» облака 3 или же других планеров, набирающих высоту в потоке под тем же облаком) делает этот метод самым удачным. Так же детально анализируя, учитывая все факторы летного дня, выбирают оптимальный вариант прохода контрольных поворотных пунктов во всех возможных случаях.

Мы рассмотрели технически простой и распространенный, но далеко не идеальный метод прохода поворотных пунктов. Недостатков у него много. Такие, как несовершенство оптических средств, снижающих высоту прохода поворотного пункта, обязательное наличие площадки, пригодной для посадки и взлета самолета с членами судейской коллегии вблизи характерного ориентира, служащего поворотным пунктом, и т. д.

Примерно с 1970 года в международной практике появился новый метод фиксации прохода поворотных пунктов — фотографирование их с воздуха. Он исключает необъективность судей. Высота полета по маршруту при этом способе не ограничивается искусственно. Отпала нужда в поисках подходящих площадок для размещения поворотного пункта и даже в самих судьях. Для планеристов же прибавилось работы. Раньше им надо было лишь пройти строго над поворотным пунктом и записать в бортовую карточку время и высоту прохода, а также зарисовать выложенный судьями знак. Теперь появилась необходимость еще и сфотографировать поворотный пункт. Короче, фотография, позволяющая уверенно определить объект съемки, — единственное доказательство прохода спортсменом поворотного пункта. Для этого годится любой фотоаппарат с фокусным расстоянием объектива 40—60 мм, неподвижно установленный на левом борту кабины планера так, чтобы в левую верхнюю часть кадра попадал конец левой консоли крыла. В настоящее время Международной авиационной федерацией (ФАИ) предъявляется дополнительное требование к конструкции фотоаппарата. У него не должно быть устройства для обратной перемотки пленки (оно отсутствует, например, у фотоаппарата «Смена-Рapid»), Предварительно фотоаппарат должен быть опломбирован судьей и сфотографирована специальная доска с указанием цели полета

(содержание упражнения или рекордной попытки), номера и типа планера, фамилии планериста, даты полета и подписи судьи.

Фотографирование поворотного пункта маршрута производится в момент нахождения планера в «секторе съемки», который зависит от конфигурации маршрута (рис. 37).

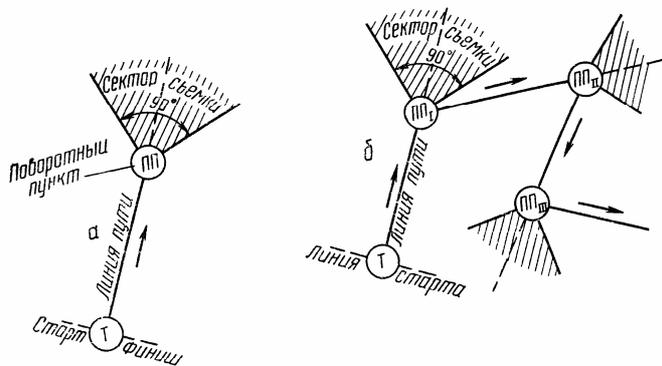


Рис. 37:

а — полет в цель с возвращением к месту старта; б — маршрутный полет с несколькими изломами

«Сектор съемки» — квадрант (с углом 90°), расположенный своей серединой на продолжении только что пройденного отрезка маршрута с вершиной в объекте съемки. В момент фотографирования он должен находиться род концом левого крыла. Если объекта съемки на снимке нет (например, он закрыт консолью или вышел за кадр и т. д.), снимок для свидетельства прохода поворотного пункта непригоден (равно,

как и съемка вне пределов «сектора»). В тактическом смысле главное в том, чтобы правильно произвести съемку, потеряв как можно меньше времени и высоты и сохраняя максимальную осматрительность и безопасность полета. Опыт многочисленных полетов во время тренировок и соревнований говорит, что оптимальным методом является съемка со спирали. Выполняется она влево, так как фотоаппарат устанавливают на левом борту кабины планера. Если в секторе съемки производится набор высоты в восходящем потоке, то фотографировать можно непосредственно со спирали, лишь уменьшая или увеличивая крен для поиска объекта съемки (рис. 38).

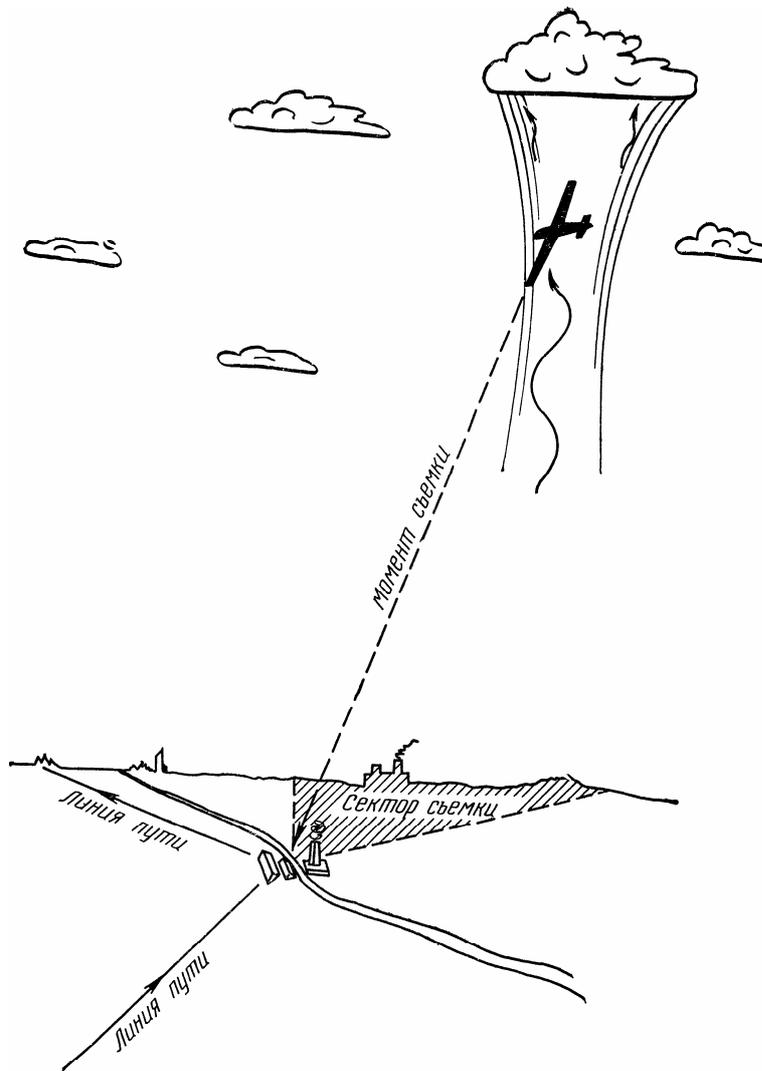


Рис 38. Пример фотоконтроля поворотного пункта во время набора высоты в восходящем потоке (если планер находится в секторе съемки)

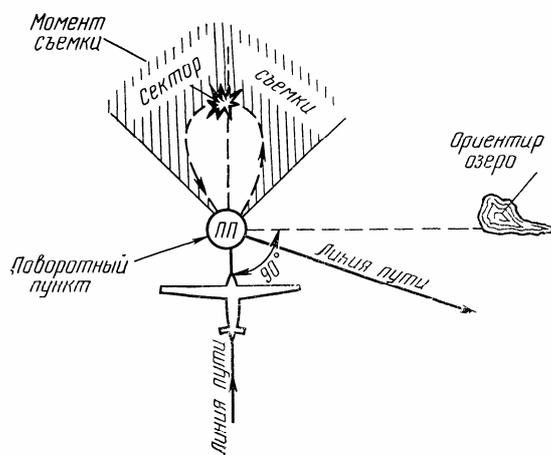


Рис 39. Пример фотоконтроля поворотного пункта с воздуха при полете планера по маршруту с «правым кругом»

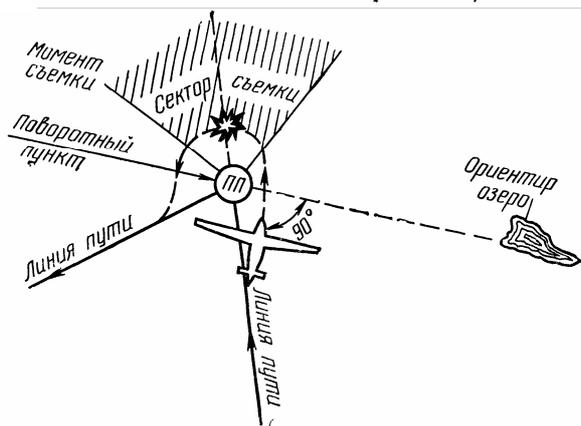


Рис 40. Пример фотоконтроля поворотного пункта с воздуха при полете планера по маршруту с «левым кругом»

Если этот способ невозможен, то лучше всего выполнять фотоконтроль следующим образом. Двигаясь по пути к поворотному пункту, надо на его траверзе наметить какой-нибудь ориентир (для более точного контроля момента прохода поворотного пункта). Затем, выждав для гарантии еще несколько секунд после осмотра левой полусферы, следует энергично выполнить крутую координированную спираль. Взгляд при этом должен быть направлен влево — вниз под углом $30-45^\circ$ так, чтобы конец консоли крыла и район объекта съемки находились в поле зрения «Накрыв» крылом поворотный пункт, нажать на спуск фотоаппарата левым указательным пальцем (рис. 39).

Когда полет происходит по маршруту «с левым кругом» и в цель с возвращением к месту старта, для съемки необходимо заходить так, чтобы поворотный пункт оставался чуть левее (рис. 40).

Сразу после съемки спортсмен должен энергично вывести планер из крутой спирали и осмотреться. Может случиться, планерист не будет уверен, что объект попал в кадр. Тогда необходимо убрать крен до оптимального и продолжать спираль для повторения съемки (предварительно перевести пленку и взвести затвор).

После посадки на аэродром или площадку, подобранную с воздуха, спортсмен снимает фотоаппарат и фотографирует хвостовой или бортовой номер планера (номер, указанный на сфотографированной ранее доске). В дальнейшем опломбированный фотоаппарат сдается в судейскую коллегию для проявления пленки и ее дешифровки. Допустимо для съемки поворотных пунктов использовать на борту два фотоаппарата. Для подтверждения прохода поворотного пункта достаточно качественного изображения его на одной из пленок.

ГРУППОВЫЕ ПОЛЕТЫ НА ПЛАНЕРАХ

Групповой полет — это тесное сотрудничество между отдельными планеристами во время парящего полета. Состав группы и полет могут быть самые разные. Состав определяется мобильностью группы. Однако оптимальным вариантом является пара. Полеты группой могут выполняться в районе аэродрома (например, отработка некоторых элементов совместного полета: взаимопонимания, центрирования в потоке, выхода из него, элементов перехода) и по маршруту (для тренировки, установления рекорда или на соревнованиях). Непосредственная польза групповых полетов становится очевидной при полетах в трудных условиях, в частности, при слабых термических потоках, в безоблачную погоду, когда поиск восходящих потоков весьма труден. Условие успеха такого полета — в достаточной степени равный и высокий уровень подготовки спортсменов-планеристов, а также их тесное сотрудничество.

Полеты молодых планеристов парой издавна считаются нецелесообразными. Они не так просты и чаще (особенно на соревнованиях) приводят к потере времени, чем к выигрышу. Нужно стремиться скорее к сотрудничеству с партнерами, встречающимися в районе аэродрома или на маршруте. И не надо бояться упрека в «цеплянии за хвосты» более опытных спортсменов. Стремление видеть тактические приемы мастеров, их действия в сложных ситуациях — не позор для молодых спортсменов. Это один из способов приобрести опыт.

Иногда надо выявить слабые стороны молодого спортсмена, помочь ему быстрее овладеть тактическими, а зачастую и техническими приемами парящего полета. Тогда рекомендуется совместный (групповой) полет молодого спортсмена с более опытным. Перед ним нужна соответствующая наземная подготовка, где обстоятельно решаются все детали совместного полета. Молодой планерист, как правило, все внимание обращает на то, чтобы не отстать от ведущего. Зачастую он забывает о ведении ориентировки, осмотристельности, допуская при этом и нарушения техники пилотирования. Ведущий должен по радио подсказывать менее опытному планеристу, как находить центр потока, куда сделать последующий переход, а также задавать контрольные вопросы по штурманской подготовке, оценке метеоусловий, предлагать ему первому решить ту или иную тактическую задачу.

Особое внимание в групповых полетах следует уделять осмотристельности не только в плане обеспечения безопасности полета, но и в тактическом отношении. В спирали надо располагаться примерно на одинаковом удалении друг от друга (рис. 41). Это помогает лучше видеть партнеров и находить центр потока. Взаимные колебания группы по высоте в восходящем потоке говорят о децентрации спирали. Опытные планеристы, не глядя на вариометры, тут же восстанавливают нарушенное равновесие вытягиванием спиралей в сторону, где «вспухает» планер партнера и, таким образом, вновь размещаются точно вокруг центра восходящего потока. Новичку следует подсказать и показать, как это делается.

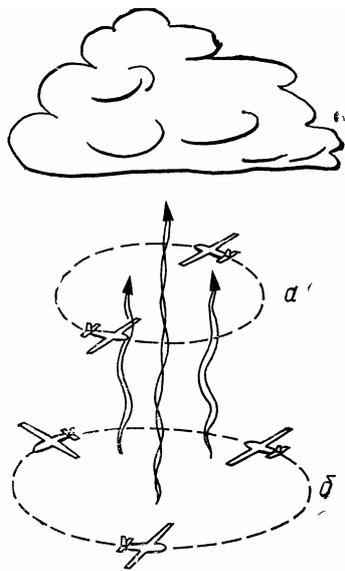


Рис 41

При полете парой (а) или группой (б) планеры в спирали должны располагаться на примерно равном удалении друг от друга

Из спирали на курс первым выходит планерист, находящийся несколько ниже или тот, кто по договоренности на данном этапе будет в роли лидера. При полете под грядой дистанция между планерами по горизонту должна быть минимальной, в «термиках» — значительной для захвата возможно большей площади в поисках восходящих потоков, но не настолько, чтобы нарушилось единство группы. Как и в спирали, на (взаимные колебания планеров по высоте пилоты должны своевременно реагировать изменением дистанции. В случае заметного «вспухания» одного из планеров группы всем остальным следует тут же сократить дистанцию до минимума, приблизившись к находящемуся в более выгодных условиях партнеру, наоборот, при «проседании» одного планера надо немедленно отойти от него, чтобы самому не попасть в зону более сильного нисходящего потока.

Полеты за лидером приносят новичку много пользы, учат его основам тактического мастерства. Появляется уверенность в своих действиях. Если же эти полеты превращаются в постоянное «натаскивание», спортсмен теряет инициативу, способность действовать самостоятельно. Злоупотреблять лидированием поэтому нельзя. Один-два полета для общего представления о технике полетов по маршруту вполне достаточны. Дальше новичок должен думать сам.

Умение сотрудничать в групповых перелетах приобретает особенно большое значение на крупных соревнованиях, где в большинстве случаев кроме индивидуальной оценки планеристов дается еще и командная. Хорошо слетанная команда сумеет в трудных термических условиях использовать максимум преимуществ группового полета. Слетанность чаще всего проверяется на соревнованиях. Часто партнеры, отлично понимающие друг друга на тренировках и показывающие хорошие результаты, плохо контактируют на соревнованиях или значительно снижают спортивные показатели. Чем это вызвано? Считается, что подбором и подготовкой группы. Но если перед группой нет цели, то нельзя найти и способа ее организации. Действительно, это необходимое условие при сравнительно одинаковой подготовке пилотов. Прежде всего — единство цели, т. е. стремление помочь чем можно партнеру для достижения как можно большей скорости или дальности в каждом упражнении соревнований вопреки нервному напряжению и не лимитированной активности, вызываемых конкуренцией. Совершенно ясно — ни один опытный тренер не порекомендует в группу эгоиста, разгильдяя, склочника, а также человека с агрессивным или высокомерным характером, неустойчивой психикой. Если при подборе группы не учитываются симпатии людей друг к другу, то в дальнейшем (чаще всего на ответственных

соревнованиях) это почти наверняка приведет к осложнениям. Коллективному полету способствует лучшая оценка метеоусловий и широкий анализ принимаемых решений. Это гарантирует оптимизацию параметров совместного полета и как следствие — увеличение средней скорости перелета.

Формы коллективного (группового) полета на соревнованиях могут быть такие: непосредственное сотрудничество, когда расстояние между планерами не более 1000 м (в горизонтальной плоскости); частичное сотрудничество, когда расстояние между планерами значительно больше 1000 м и может достигать несколько десятков километров. Обе эти формы сотрудничества необходимо учитывать еще во время подготовки к полету на случай временного или полного разъединения членов группы. Взаимодействие осуществляется визуально или по радио. В первом случае сотрудничество основывается главным образом на визуальном контакте. Рекомендуемое расстояние между планерами по фронту колеблется от 100 до 500 м, а разница в высотах — не более 400 м. Уменьшение расстояния по фронту между планерами ухудшает свободу их движений, отвлекает внимание пилотов от анализа метеообстановки, ослабляет инициативу каждого. Такой полет в результате окажется связанным, лишенным творчества и инициативы.

Дистанция между планерами подбирается практически, по метеообстановке. Она оптимальна тогда, когда достигается максимальный выигрыш группы в целом. Так, пролетая в безоблачном небе, используя невидимые термические потоки, дистанцию целесообразно увеличивать, чтобы захватывать возможно большую площадь для поиска лучших потоков.

Высота — один из наиболее интересных факторов группового полета. 800 м — применяемый условный уровень раздела двух слоев высот. Высота менее 800 м вводит дополнительные условия для сотрудничества, такие, как солидарность, взаимопомощь, терпеливость и т.д. На малой высоте (ниже 800 м) наилучшая разница между планерами по высоте — около 100 м. В данной ситуации ведущим группы должен быть наиболее опытный планерист. Полет на высоте более 800 м значительно облегчает оценку метеоусловий на трассе. Разница в высоте между планерами уже не играет такой большой роли, как при низком полете. На малой высоте сотрудничество приобретает более свободный характер (как в отношении высот, так и расстояний между планерами). Все большее значение приобретает радиоинформация. На большой высоте полета планеры могут разъединиться на такое расстояние, что сотрудничество приобретает лишь частичную форму — в виде метеоинформации и практических советов по радио.

ОСОБЕННОСТИ ПОДГОТОВКИ И ТАКТИКА ПОЛЕТОВ НА СОРЕВНОВАНИЯХ

Подготовку к соревнованиям можно разделить на два этапа: подготовка непосредственно перед началом соревнований (первый) и к очередному спортивному сезону (второй). Получив необходимые указания по выполнению маршрутного парящего полета, а также сведения о погоде в районе предстоящих полетов, спортсмен проводит самостоятельную подготовку и расчет полета. Для этого отводится обычно 20—30 мин. Успеть надо многое. Проложить маршрут на карте и сделать соответствующие штурманские измерения и расчеты, а их результаты (длину отрезков маршрута, курсы и т. д.) занести в боржурнал. По известным метеоданным и личному опыту найти силу ожидаемых восходящих потоков, чтобы определить ожидаемую путевую скорость полета. Затем по данным ветра, средней ожидаемой скороподъемности планера в восходящих потоках и средней путевой скорости полета вычислить углы сноса на каждом из отрезков маршрута и время их прохождения. Все эти расчеты, а также общее ожидаемое время выполнения упражнения также заносятся в боржурнал.

Оставшиеся минуты используйте на детальное изучение маршрута полета по карте. Особо займитесь выявлением характерных ориентиров по маршруту и вблизи него, рельефом и характером местности. Очень важно выделить на карте ориентиры, по которым ведут общую ориентировку по маршруту, а также участки со сложным рельефом, характером подстилающей поверхности (в случае внеаэродромной посадки), запретные зоны и воздушные коридоры. Необходимо также отметить на карте участки, где по расчету ожидается изменение метеоусловий (например, время начала и развития грозовой деятельности, усиления или изменения скорости и направления ветра, термической активности и т. д.).

Опыт многих соревнований учит: побеждает обычно наиболее «ровно летающий» спортсмен. Так называют пилота, который не обязательно побеждает в отдельных упражнениях, а добивается достаточно высоких показателей во всех упражнениях программы соревнований. Исключения из этого правила могут быть только, если победителя определяют, используя непродуманные системы подсчета очков.

Стремясь соблюдать равномерность результатов, все же в первом упражнении лететь надо предельно осторожно, тщательно вести детальную ориентировку (особенно в незнакомом районе), повисить осмотрительность в воздухе, быть может даже за счет некоторой потери средней скорости по маршруту. Срыв в первом же упражнении может очень сильно повлиять на морально-волевой настрой спортсмена. Это повлечет снижение результатов в последующих полетах.

Ограниченное, как правило, стартовое время — особенность маршрутных полетов на соревнованиях. Судейская коллегия может выбирать его совершенно произвольно, но все же в некоторой зависимости от протяженности маршрута и метеоусловий дня. Не вдаваясь в причины, вынуждающие ограничивать время работы старта, отметим лишь тактические приемы, применяемые при этом спортсменами. Если в хорошую погоду, с устойчивыми потоками, позволяющими пройти короткую дистанцию сравнительно быстро, стартовое время кончается незадолго до наилучших условий дня, выгодно подождать стартовую ситуацию, которая возникнет незадолго до прекращения работы старта. При старте нужно учитывать и такой фактор, как количество уже улетевших на маршрут участников

соревнований. Парящие впереди планеры облегчают поиск восходящих потоков. Все же, пропуская вперед соперников, не переоценивайте своих возможностей. Есть риск не догнать летящих впереди товарищей, упустив при этом лучшую стартовую ситуацию.

Тактика полета группой отличается в этом случае своей самостоятельностью в выборе времени старта. Бывает, группа стартует задолго до закрытия линии старта, спортсмены активно помогают друг другу и на всем маршруте держат лидерство. Если в тех же метеоусловиях судейская коллегия примет решение разыгрывать большой по протяженности маршрут и таким же образом ограничит стартовое время, стартовую ситуацию долго ждать не следует. Здесь все решает борьба на самой дистанции, так как с увеличением последней ошибка в выборе времени старта будет уменьшаться за счет накопления большого количества ошибок на самом маршруте, за счет непредвиденного ухудшения метеоусловий, распадав кучевой облачности, возникновения временных «кризисов» в погоде и т. д.

В итоге сам собой напрашивается еще один важный вывод. Чем короче дистанция, тем при прочих равных условиях старт важнее. И не только выбор времени старта, но и первоначальный эффект от него. Если время старта удачно и первый же восходящий поток оказался не ниже среднего в этот летний день, можно считать, что большая часть дела уже сделана. Если старт неудачен (восходящий поток слабее ожидаемого), есть смысл при наличии стартового времени набрать высоту для второго старта и снова повторить его возможно успешнее.

Полет по маршруту любой протяженности в какой-то степени напоминает игру в шахматы. Здесь также надо рассчитывать варианты действий на несколько переходов вперед. Опытные планеристы, набирая высоту в потоке, намечают очередное облако, следя за его развитием, а во время перехода к нему уже следят за теми, что находятся по линии пути дальше. Только так, определяя метеорологическую обстановку по маршруту в пределах видимости вперед, можно своевременно оценить и выбрать соответственно правильные тактические схемы для преодоления намеченного расстояния. На маршруте регулярно сопоставляются расчетные данные с действительными углами сноса, средними скороподъемностями и временем прохождения отрезков маршрута. В случае значительного их отклонения необходимо выявить причину этих изменений, например, из-за усиления ветра или уклонения от маршрута, тогда вовремя и правильно можно внести необходимые поправки.

Иногда на пути встречаются участки с резко пониженной термичностью. Причин атермичности много — однообразная болотистая подстилающая поверхность, натекание перистой облачности, а вместе с ней воздушной массы с пониженным вертикальным температурным градиентом, кратковременный термический «кризис» после прохождения обширного очага внутримассовой грозы с ливневыми осадками и т. д. Подмеченные признаки предстоящей атермичности позволяют своевременно изменить тактику полета. Если, предположим, до этого планерист делал переходы на оптимальных скоростях, высоту набирал только в слое наибольшей скороподъемности, то, приближаясь к опасному району, надо вовремя перейти на экономичные режимы как по расходу высоты, так и по ее набору — набирать максимальную высоту для преодоления атермичной зоны.

На маршруте может встретиться и более грозная неприятность — пасмурное небо. Если непосредственно выше уровня конденсации располагается мощный задерживающий слой (инверсия или изотермия), облака начинают «растекаться» по небу. Они закрывают от солнца огромные участки земли, ослабляя или вообще исключая всякую конвекцию. Такие районы обычно рекомендуют обходить стороной. Но зачастую они бывают столь велики, что обойти их невозможно. Остается одно — выждать момент и «перескочить» через этот район. Набрав максимальную высоту, сделать переход на наивыгоднейшей скорости, особое внимание уделяя поиску хотя бы слабых восходящих потоков. Под облачным «одеялом» они бывают там, где наиболее темные (плотные) облака, свидетельствующие о значительной вертикальной мощности облака, на малой высоте полета — в местах разрыва облаков, в так называемых «окнах».

Земля, закрытая облачностью, остывает. Солнечные лучи, падающие на небольшой участок подстилающей поверхности через «окно», достаточно прогревают ее. Возникают хотя бы слабые восходящие потоки. Преимущество в таких случаях всегда будет за планеристом с большой выдержкой. Кризисное состояние в этом районе иногда приходится пережить по 30—40 мин и более на малых высотах. Это требует огромного напряжения всех физических и моральных сил. Малейшие нарушения техники пилотирования тут недопустимы. Если же в спирали одновременно два или более планера, полет должен вестись, как говорят, «на слух». Все внимание на осматриваемость! Скорость выдерживается по шуму воздуха за кабиной. Лишь изредка режим полета контролируется по приборам. Такие ситуации некоторые спортсмены не выдерживают и заходят на посадку. Но более выдержанный планерист, переждав томительные минуты, постепенно начинает набирать высоту и оказывается на большой высоте. Опасный район пройден. Планерист устремляется вперед. Но время, затраченное на преодоление этого участка, не входило в расчет полета. Близок заход солнца. Облачность начинает распадаться. Сила и высота «термиков» уменьшается. Осталось совсем немного до финиша, а высоты не хватает... Не надо отчаиваться! Долететь можно. Техника пилотирования в этом случае должна быть идеальной. Надо мобилизовать, несмотря на усталость, свою волю и внимание на успешное завершение задания. Нагретые за день пашни под вечер отдают свое тепло. Планер, идя вдоль них, может не только не снижаться, но и немного набирать (высоту). Под вечер в теплых массах сухого воздуха на сравнительно малых высотах именно так можно пролетать большие расстояния.

Конечная цель — финиш — достигнута. Но на этом полет не кончается. Еще и еще раз мысленно придется пролететь этот маршрут заново.

К сожалению, планеризм есть и, надо думать, много лет будет спортом, где совершенствуются самостоятельно, индивидуально. Поэтому каждую возникшую ситуацию планерист должен оценить сам. Ответить на вопрос, случайно или осмысленно совершено то или иное действие, — пожалуй самое важное в анализе полета. Его необходимо вести документально, очень скрупулезно. И не только каждого в отдельности полета, но и всех

спортивных полетов минувшего сезона (включая неудачные или запланированные, но невыполненные). Записи по каждому вместе с барограммами кладутся в основу анализа. При рассмотрении каждого полета следует ответить на множество вопросов. Правильно ли было выбрано задание дня по метеоусловиям? Своевременно ли произведен взлет и старт? Соответствует ли метеоусловиям достигнутый результат (дальность, скорость)? Каков этот результат по сравнению с достижениями других планеристов? О чем говорит анализ барограммы (средние скороподъемности, частота остановок в потоках, максимальные и минимальные высоты и т. д.)? Выдерживалась ли оптимальная скорость на переходах? Как выполнен полет? Правильно ли оценивались метеоусловия дня и какие при этом принимались решения? Не было ли трудностей в пилотировании или в навигации? Каковы их причины и влияние на результат? В каком объеме использована информация, извлеченная из полетов других планеров (визуально или по радио)?

Можно продолжить перечень обстоятельств, хотя бы частично повлиявших на конечный результат полета. Тщательный анализ каждого полета как тренировочного, так и соревновательного с последующим их обобщением позволит не только сделать ценные выводы, но — и это главное — откроет слабые стороны спортивной подготовки. Увидеть их будет легче, если результаты анализа свести в таблицу. Ее графы, где часто появляется отрицательный ответ, ясно покажут источники неудач и главную цель работы в новом сезоне.

Для подавляющего большинства спортсменов источником знаний по планеризму может и должна служить авиационная пресса как отечественная, так и зарубежная. Полное усвоение теоретического и методического материала по аэродинамике, метеорологии, теории полета, теории и тактике парения необходимо спортсмену-планеристу любой квалификации. Более квалифицированные планеристы должны относиться к теории творчески, обогащая ее новыми элементами, сопоставляя со своим опытом, особенно там, где «возникают дискуссионные проблемы».

ТЕХНИКА И ТАКТИКА ПАРЯЩЕГО ПОЛЕТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОБЛАКОВ

В парящем полете под облаками на прямолинейное планирование при переходах можно расходовать в среднем всего 500—1500 м высоты, так как нижняя кромка кучевых облаков на Европейской территории СССР редко превышает 2000 м. Если же использовать облака, можно расходовать до 3000—4000 м высоты. Использование восходящих потоков внутри облаков (зачастую более сильных, чем под ними), увеличение средней высоты парящего полета позволяют значительно увеличить дальность и путевую скорость. Для полетов внутри кучевых облаков необходимо пилотажно-навигационное оборудование. Научиться грамотно пилотировать планер по приборам — значит осознанно и умело применять на практике основные принципы распределения и переключения внимания в зависимости от факторов полета.

Основные принципы распределения и переключения внимания и их зависимость от факторов полета

Информацию пилотажно-навигационных приборов можно воспринимать по-разному. Можно, например, последовательно переводить взгляд с одного прибора на другой в том порядке, как они установлены на приборной доске, или установить для каждого режима полета, как это делалось в недалеком прошлом, свою собственную схему, строго определенную последовательность перевода взгляда, включив в нее все приборы. Вариантов можно придумать бесчисленное множество. Если эти схемы окажутся жесткими, они не будут рациональными, ведь порядок перевода взгляда с прибора на прибор, как показывает практика, зависит от многих факторов случайного характера. Многие планеристы, не овладевшие методикой рационального распределения и переключения внимания, могут все же отлично выполнять полеты по приборам. Этому, на первый взгляд, парадоксальному явлению есть простое объяснение:

хорошо натренированный пилот способен за 1 мин более 100 раз перевести взгляд с прибора на прибор, поэтому он может воспринимать необходимую информацию даже при нерациональном порядке распределения внимания. Правильно обученный планерист затрачивает на пилотирование только некоторую долю своего внимания, оставшуюся часть (резерв) он сможет использовать при усложнении обстановки и для других целей, например, при полетах в облаках — ведения ориентировки, решения всевозможных навигационных и тактических задач.

Новейшие исследования психики человека опровергли суждение о возможности осуществлять одновременно два или более вида деятельности. Человек является в принципе «одноканальной системой» (Н. П. Бехтерева, В. М. Смирнов «О принципах изучения нейрофизиологических основ психической деятельности человека»). «Одновременность» ряда деятельностей есть не что иное, как быстрая и четкая их последовательность. Действительно, если одновременно воспринимать показания двух соседних приборов, не переводя взгляда с одного на другой, окажется, что показания того прибора, на который взгляд не направлен (его показания воспринимаются периферическим зрением), воспринимаются только, если на него «переключено» сознание. Показания прибора, на который направлен взгляд, при этом перестают фактически восприниматься.

Разработка рациональной методики распределения и переключения внимания на приборы тесно связана с анализом физических закономерностей, устанавливающих связь между положением осей планера в пространстве, действиями спортсмена по сохранению этого положения и показаниями пилотажно-навигационных приборов.

Для уяснения закономерностей пилотирования по приборам рассмотрим режим установившегося планирования (как наиболее простой и типичный). Планирование характеризуется двумя параметрами — скоростью и

направлением (без скольжения). Планерист определяет их по указателю скорости и компасу. Однако выдерживать режим планирования только этими двумя приборами практически невозможно. Работая рулями, планерист не меняет «параметры, характеризующие режим полета. Он меняет только положение осей планера в пространстве, а параметры режима устанавливаются в зависимости от положения осей (тангажа, крена, курса). Для полета с заданным углом планирования продольная ось планера должна составить с горизонтом определенный угол тангажа "Тета". Величина скорости (будет зависеть от этого угла. Для прямолинейного полета поперечная ось планера должна быть горизонтальна и угол скольжения равен нулю (рис. 42).

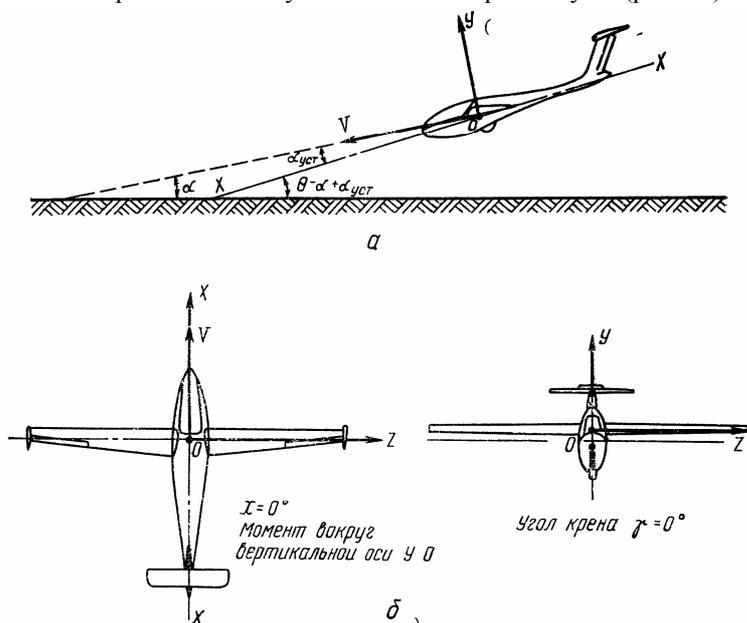


Рис. 42

а — условия установившегося планирования (α — угол атаки крыла; $\alpha_{уст}$ — установочный угол крыла), б — условия постоянства направления полета

Таким образом, сохранить нужные параметры планирования на режиме, соответствующем заданной скорости, можно, если оси планера занимают исходное положение относительно горизонта. Положение планера в пространстве по крену и тангажу определяются с помощью авиагоризонта. Следовательно, выдерживать режим планирования в известных пределах можно одним этим прибором (если планер летит без скольжения и нет вертикальных движений воздуха). Выдерживать заданный угол планирования позволяет гораздо точнее вариометр. Итак, грубо сохранять режим планирования короткое время можно, используя показания всего двух приборов — авиагоризонта и вариометра. При длительном же планировании помимо ошибок приборов накапливаются ошибки из-за неточного пилотирования планера, несбалансированности планера в продольном и поперечном отношениях, воздействия на него внешних факторов, например обледенения.

Ни по авиагоризонту, ни по вариометру нельзя судить о величине параметров, определяющих режим планирования. Чтобы точно выдерживать этот режим, необходимо пользоваться приборами, дающими количественную информацию о его параметрах, т. е. указателем скорости и компасом. Авиагоризонт и вариометр применяются для выдерживания режима полета (назовем их приборами пилотирования), а указатель скорости и компас — для их контроля (рис. 43).

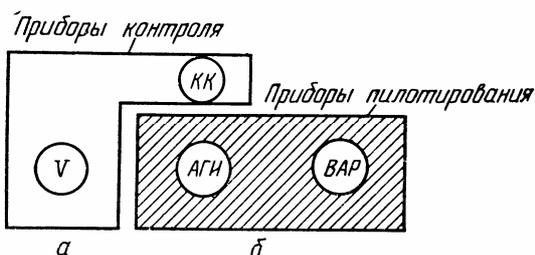


Рис 43 Распределение внимания между приборами пилотирования и приборами контроля режима полета

а — контроль, б — постоянное внимание

(приборы пилотирования). Практически они безынерционны. Показания же приборов контроля режима запаздывают. Заметить по ним нарушение равновесия планера можно, только когда накопится уже значительная ошибка. Поэтому, чтобы с максимальной точностью пилотировать планер, необходимо больше уделять внимания приборам пилотирования, предотвращая малейшую тенденцию планера к отклонению от положения равновесия. Приборам контроля режима можно уделять тем меньше внимания, чем точнее пилотируется планер.

Некоторое предпочтение следует отдать авиагоризонту, так как он дает возможность следить за положением планера по крену (точно) и по тангажу (грубо). Вариометр используется только для уточнения степени отклонения планера от равновесия в продольном отношении.

Известно, пилотирование планера в заданном режиме полета заключается в том, что пилот стремится предотвратить отклонение планера от положения равновесия, а если оно произошло, действиями рулей возвращает планер в исходное положение. Отклонение планера от положения равновесия показывают в первую очередь авиагоризонт и вариометр

Как часто надо переключать внимание с приборов пилотирования на контрольные? Это зависит от конкретных условий полета: навыков планериста, устойчивости планера, состояния атмосферы, задачи, поставленной пилотом. Какому из контрольных приборов следует отдать предпочтение? Если при планировании чаще всего возникает левый крен, а стрелка вариометра равномерно с незначительными отклонениями колеблется около заданного значения, то сначала обратите внимание на курс, т. е. взгляните на компас, и тем скорее, чем значительнее и продолжительнее отклонения по крену;

если же крен небольшой и равномерный в обе стороны, но вариометр отклоняется значительно и «преимущественно в одну сторону от заданного положения, в первую очередь необходимо обратить внимание на скорость, и тем раньше, чем больше и продолжительнее одностороннее отклонение стрелки вариометра (рис. 44).

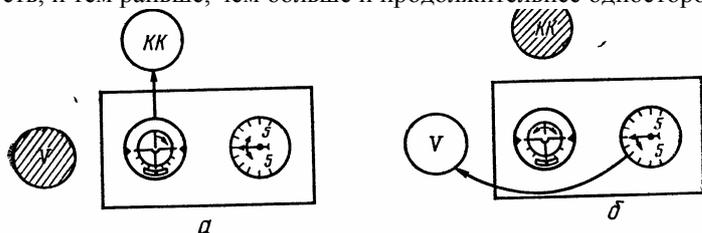


Рис 44 Последовательность переключения внимания с приборов пилотирования на приборы контроля режима полета
а — отклонения по крену односторонние, а стрелок вариометра — равномерные ПРОВЕРЬ КУРС! **б** — отклонения по крену равномерные, а стрелок вариометра — односторонние ПРОВЕРЬ СКОРОСТЬ!

До сих пор рассматривалось только четыре пилотажно-навигационных прибора и ничего не говорилось об остальных: высотомере, указателе поворота и скольжения, часах и других приборах контроля параметров полета планера. В расчет не бралась и цель полета, оказывающая влияние на порядок переключения внимания.

Итак, определен минимум приборов для выдерживания с максимальной точностью данного режима полета. Отметим еще два положения, имеющих важное значение для безопасности полета. Если указатель поворота и скольжения работает автономно, надо изредка проверять положение его стрелки и сопоставлять с показаниями авиагоризонта. Необходимо своевременно обнаруживать отказ приборов. Тогда можно перейти на пилотирование по дублирующим приборам. Второе — это контроль высоты полета. Регламентировать этот процесс нельзя. В режиме планирования следует переключать внимание на высотомер тем чаще, чем ниже опускается планер; в наборе же высоты — чем ближе планер к заданной или необходимой высоте. Отсюда еще один важный вывод: порядок распределения и переключения внимания зависит не только от режима полета, но и от задачи или места планера в общей схеме полета (рис. 45).

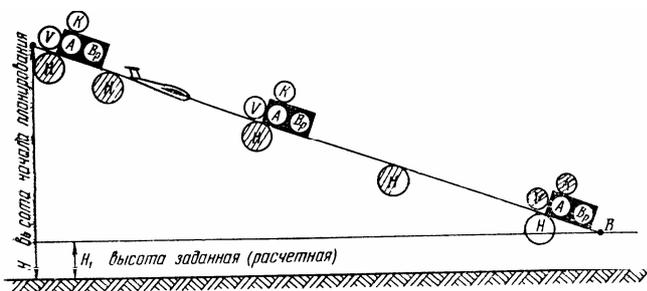


Рис 45 Распределение внимания на приборы в зависимости от этапа полета

снижение (допустим, скорость 120 км/ч, снижение 2 м/с). Крен отсутствует. На авиагоризонте силуэт планера удерживается против соответствующей отметки угла тангажа. Планерист переводит взгляд на вариометр — тот показывает снижение со скоростью 3 м/с. Произошло это потому, что показания авиагоризонта по тангажу не выдерживают достаточно точно необходимый угол (планирования). Надо проверить, как из-за увеличения вертикальной скорости снижения изменились параметры режима планирования. Планерист смотрит на указатель скорости:

она возросла по отношению к заданной на 10 км/ч. Но пока планерист следил за вариометром и указателем скорости, мог появиться крен. Он снова смотрит на авиагоризонт и убеждается, что крена нет.

Теперь нужно исправить возникшее отклонение по скорости. Планерист переводит планер на большие углы атаки и по вариометру устанавливает нужное снижение (2 м/с). Снова смотрит на авиагоризонт (убеждается, что исправляя одну ошибку, не допустил другой) и тут же переводит взгляд на указатель скорости. Скорость задания — 120 км/ч. Допустим, устраняя ошибку в скорости, планерист не наблюдал за авиагоризонтом. Переключив теперь внимание на него, замечает левый крен в 5°. Коротким отклонением рулей устраняет его. Затем, переведя взгляд на компас, видит, что курс уменьшился на 10°. Его надо исправить, и планерист, глядя на авиагоризонт, создает небольшой крен вправо. Пока исправляется курс, надо взглянуть на стрелку вариометра — она опять отклоняется вниз от заданного положения. Незначительно потянув ручку «на себя», спортсмен парирует это отклонение и затем снова смотрит на компас. Заданный курс восстановлен. Пилот немедленно устраняет созданный ранее крен по

Теперь, зная основные принципы распределения и переключения внимания, выполним полет, который только что анализировался. Проследим за фактическими действиями планериста по распределению и переключению внимания в соответствии с изложенными выше рекомендациями, но уже в реальном полете.

Начав планирование с заданной высоты, планерист устанавливает необходимый курс и скорость полета. Он внимательно следит за отсутствием крена и грубо выдерживает угол тангажа, соответствующий выбранной скорости полета, чтобы выдержать заданный режим планирования. Стрелка вариометра показывает при этом соответствующее этой скорости

авиагоризонту.

Теперь параметры режима полета заданы. Их надо сохранить. Планерист внимательно следит за приборами пилотирования. Заметив, что для удержания стрелки вариометра на нужной отметке надо прилагать к ручке небольшое тянущее усилие, планерист снимает последнее триммером. Это сразу облегчает выдерживание заданной скорости планирования. Установив режим полета и убедившись, что планер устойчиво планирует, пилот проверяет показания высотомера, указателя поворота и скольжения. Как видим, в реальном полете действия планериста оказались намного сложнее, чем при анализе установившегося планирования. Ведь при анализе полета речь шла только о выдерживании режима и его контроле. При описании же реального полета бралось в расчет, что режим установившегося планирования нарушался из-за внешних факторов и неточных действий самого планериста. Режим поэтому приходилось восстанавливать. Однако и тогда распределение и переключение внимания при восстановлении режима полета были строго подчинены основному принципу: только в зависимости от показаний приборов пилотирования переключать внимание на приборы контроля.

Свободный полет планера делится в основном на два режима: планирования, который мы проанализировали выше, и набора высоты. Режим набора высоты — есть выполнение правильной спирали в восходящем воздушном потоке. Для правильной спирали необходимы постоянные крен и скорость (скольжение исключается). Крен можно выдержать постоянным, если наблюдать за прибором пилотирования — авиагоризонтом. В данном случае он приобретает еще и функцию прибора контроля режима, так как крен на спирали — задаваемый параметр. Постоянную скорость выдерживают как соответствующим углом тангажа по авиагоризонту, так и показаниями вариометра. В спокойной атмосфере последние определяются собственным снижением планера на данной скорости с учетом угла крена. Если набор высоты ведется в восходящем потоке, показания вариометра соответствуют действительной скороподъемности планера в потоке. Определив по компасу направление ввода планера в спираль, надо внимательно следить за приборами пилотирования, добиваясь того, чтобы стрелка вариометра не отклонялась значительно от исходного положения (при наборе высоты в устойчивом и достаточно широком потоке). Когда планер войдет в спираль и начнет ее устойчиво выполнять, надо взглянуть на указатель скорости. Если скорость изменилась, довести ее до заданной. В спирали главное внимание уделяйте приборам пилотирования — авиагоризонту и вариометру. На приборы контроля — указатель скорости, высотомер и другие нужно посматривать периодически, тем чаще, чем менее устойчивы показания приборов пилотирования (рис. 46).

Во второй половине спирали необходимо внимательно следить за компасом, оценивая оставшуюся величину

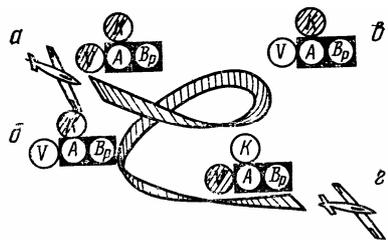


Рис. 46. Распределение внимания на приборы при выполнении спирали:

a — ввод в спираль; *b* — устойчивая спираль (вторая половина); *c* — устойчивая спираль (первая половина); *z* — вывод из спирали

угла разворота. Приближаясь к выбранному направлению, смотреть на компас следует все чаще. Выходя из спирали, наблюдать за скоростью уже не надо. Все внимание сосредоточивается на приборах пилотирования и компасе. По вариометру следят, чтобы стрелка оставалась в заданных пределах. Это гарантирует стабильную скорость в выходе из спирали. По авиагоризонту определяют темп уменьшения крена, который согласовывается с темпом уменьшения оставшегося угла разворота.

На заключительном этапе вывода следует быстро переводить взгляд с одного прибора на другой.

Действия планериста при выводе планера из сложного положения

В облаках могут возникнуть ситуации, когда планерист, случайно отвлекшись от приборов, теряет представление о фактическом положении планера в пространстве. И тогда планер может оказаться в необычном или даже весьма сложном положении. Вывод из этого положения требует от пилота четких, своевременных и осмысленных действий. Неожиданно попадая в полете по приборам в сложные ситуации, планерист может оказаться в одном из двух состояний. Он не знает, в каком положении планер (непонятное положение), или он знает, как расположен в пространстве планер, но для вывода его из этого сложного положения по приборам нужны соответствующие навыки. Особенность первого случая состоит в том, что планеристу, для того чтобы начать действовать прежде всего, надо по показаниям приборов определить положение планера в пространстве. Во втором случае положение планера в пространстве известно (хотя бы качественно), и можно сразу начать действия по выводу его в режим нормального планирования.

Рассмотрим, как должен действовать планерист, какими приборами пользоваться и в какой последовательности переключать внимание с одного прибора на другой при выводе планера из непонятного или сложного положения. Сложное положение планера может быть частным случаем непонятного.

Например, планерист находился в непонятном положении, а затем определил, что у планера левый крен 100° и угол кабрирования 15° . С этого момента можно считать, что планер находится в сложном положении, и планерист должен немедленно приступить к выводу из него планера. Положение планера в пространстве, как известно, характеризуется тремя параметрами: креном, углом тангажа и курсом. В нашем случае курс не имеет значения.

Рассмотрим возможные положения планера по двум оставшимся параметрам. Положение по крену характеризуется направлением (левым или правым) и величиной угла к горизонту (меньше 90° — нормальное

положение, больше 90° — перевернутое). Положение по тангажу характеризуется направлением (пикированием или кабрированием) и величиной угла к горизонту (меньше 90° — нормальное положение, больше 90° — перевернутое). Таким образом, если не принимать в расчет направление кренов (левый или правый), то все многообразие возможных положений планера в пространстве может быть сведено к четырем основным случаям: нормальное и перевернутое пикирование; нормальное и перевернутое кабрирование. На рис. 47 приведены показания авиагоризонта, соответствующие перечисленным возможным положениям планера в пространстве.

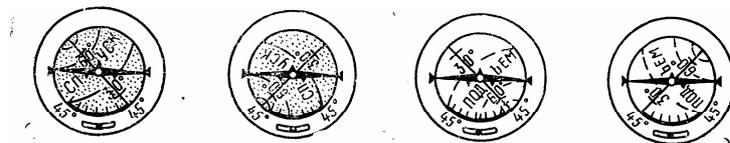


Рис. 47. Показания авиагоризонта, соответствующие возможным положениям планера в пространстве (крен — правый)

(Планеристы, выполняя сложные полеты в облаках, практически в любой момент могут оказаться в одном из рассматриваемых положений (в результате попадания в зону мощной неупорядоченной турбулентности, в результате отказа из-за обледенения указателя скорости, вариометра и других приборов). Поэтому планеристы, выполняющие полеты в облаках, должны твердо знать, как действовать при внезапном попадании в непонятное или сложное положение при отсутствии видимости естественного горизонта и наземных ориентиров. Рассмотрим случай попадания планера в непонятное положение, которое после восстановления пространственной ориентировки окажется к тому же и сложным. Имеется в виду, что планер снабжен пилотажным авиагоризонтом.

1-й случай. Планер пикирует с креном, находясь в прямом или перевернутом положении (см. рис. 47;

показания авиагоризонта 1 и 2). Для вывода планера в нормальное положение в обоих случаях вначале необходимо устранить крен. Делать это следует координировано, отклоняя рули в сторону наименьшего угла приведения к нулевому крену, т. е. в 1 и 2 положении рули следует отклонить «влево». Затем отклонением ручки «на себя» вывести планер из пикирования в нормальное планирование.

2-й случай. Планер кабрирует с креном, находясь в нормальном или перевернутом положении с большим углом тангажа (см. рис. 47; показания авиагоризонта 3 и 4). Предположим, планер находится в нормальном кабрировании и угол тангажа велик и отклонение ручки «от себя» вызовет иллюзию перевернутого полета. Тогда выводить его в нормальное положение следует с разворота. Сначала необходимо создать крен (увеличить или уменьшить его до оптимальной величины, определяемой типом планера). После создания крена планер постепенно «сваливается» на крыло до тех пор, пока центральная точка силуэта планера (на авиагоризонте) не совместится с линией искусственного горизонта. Крен устраняется, и планер переводится в нормальный угол планирования. Если угол тангажа малый, планер выводят из крена одновременно с отдачей ручки «от себя» до заданного положения. В случае кабрирования в перевернутом положении с креном планер выводят из крена с одновременным взятием ручки «на себя» (для обеспечения скоростью). Когда планер зафиксируется в положении соответствующем перевернутому планированию без крена, надо вывести его в нормальный полет в любую сторону.

Таким образом, попав в непонятное положение, первое, что должен сделать планерист, — определить авиагоризонтом (другие приборы тут не нужны) общее положение планера. Вначале по крену, т. е. планер в нормальном или перевернутом положении, и вслед за этим (практически одновременно) по тангажу, т. е. пикирует он или кабрирует. Определив общее положение планера в пространстве, следует немедленно выводить его в нормальное положение. Не следует при этом уточнять по другим приборам значений режима полета. Во-первых, планерист всегда знает, какой режим полета предшествовал потере пространственной ориентировки. Во-вторых, на определение параметров режима нужно время, тогда как высота, если она мала, станет еще меньше и ее может не хватить для вывода. Итак, во всех рассмотренных случаях, выводя планер из сложного положения, необходимо следить за авиагоризонтом и в соответствии с его показаниями вывести планер в режим нормального планирования. Только когда угол тангажа очень большой и вывод из него достаточно продолжителен, можно посмотреть на указатель скорости и высотомер, чтобы получить представление о величине этих параметров. Затем темп вывода планера из пикирования надо соизмерить со скоростью изменения этих параметров. Когда по авиагоризонту будет установлен нулевой крен и нормальный угол тангажа планера, следует посмотреть на вариометр, чтобы по его показаниям точно установить нужный режим планирования. Теперь нужно проверить все параметры полета, чтобы установить необходимые скорость и курс.

Тактика полетов с использованием облаков. Особенности ведения ориентировки при таких полетах

Полет в кучевых облаках «хорошей погоды» не представляет сложности. В мощно-кучевых он иногда требует быстрых и грамотных действий, так как возможны осадки, обледенение и повышенная турбулентность. Практика подсказывает, что, используя кучевые облака толщиной до 500 м, каких-либо заметных успехов планеристы не достигают. Происходит это, во-первых, потому, что восходящие потоки в таких облаках редко превышают среднюю скороподъемность под облаками, а иногда имеют значительно меньшую среднюю величину; во-вторых, полет в облаках (и особенно центрирование восходящего потока), выход на курс (особенно через зону сильных нисходящих потоков внутри облака) становятся зачастую даже невыгодными. Однако на отдельных участках маршрута, в частности, при пересечении атермичной или значительной зоны распада кучевой облачности, а также на долете, когда высоты из-под последнего кучевого облака «не хватает до финиша», следует воспользоваться малейшей

возможностью увеличить высоту полета в облаке. Тем самым пилот гарантирует себя от всяких случайностей на маршруте или долете.

Наиболее рационально использовать кучевые облака толщиной более 500 м или же мощно-кучевые с сильным вертикальным развитием. Однако они таят в себе массу неожиданностей, включая всевозможные виды осадков, обледенение и мощную турбулентность. Особой опасностью чреват обледенение. Оно может свести на нет преимущества, достигнутые в облаке (в высоте или скорости набора высоты), да и вообще сделать дальнейший полет невозможным. Обледенение — это отложение льда на плоскостях и других частях планера во время полета. Оно нарушает аэродинамические характеристики планера, работу приборов, ухудшает видимость (обледеневают стекло кабины), может вызвать опасные для прочности планера вибрации, смещения допустимых центровок и даже привести к его разрушению. По форме поверхности обледенение бывает: профильное (идеальное), повторяющее профиль поверхности, где идет отложение; и желобковое, имеющее выемку в средней части вследствие подтаивания льда или сдувания части капель на выступе.

Профильное обледенение характерно для переохлажденных облаков (обычно ниже -20°C) малой водности, когда осевшие капли замерзают, повторяя форму поверхности. Желобковое отложение наблюдается в переохлажденных облаках большой водности (температура обычно более высокая, чем в предыдущем случае).

Степень обледенения планера зависит от скорости и продолжительности полета в условиях обледенения данной интенсивности. Чем больше скорость и продолжительность полета в этой зоне, тем степень обледенения выше. Опасное для планеров обледенение (толщина льда — 3—4 см) при скорости отложения льда 2 мм/мин, наиболее часто встречающееся в облаках, создается за 10—20 мин полета.

Обледенение в облаках, его интенсивность и зону обледенения можно прогнозировать по аэрологической диаграмме. Так, наиболее вероятная зона обледенения в слое от 0 до -10°C с преобладанием переохлажденных капель воды. Возможно оно и в слое от -10 до -20°C . Менее вероятно — выше изотермы -20°C , где обычно преобладают ледяные облака.

Если величина $T-T_d$ быстро возрастает с высотой, то существенное обледенение маловероятно, где T и T_d соответственно температура и точка росы на соответствующей изобарической поверхности аэрологической диаграммы. Если имеется задерживающий слой инверсии, изотермии или малых значений вертикальных температурных градиентов и если разность $T-T_d$, уменьшаясь с высотой, (принимает наименьшее значение у нижней границы слоя, то зона возможного обледенения находится под задерживающим слоем (при отрицательной температуре). Если внутри задерживающего слоя величина $T-T_d$ продолжает уменьшаться с высотой, то обледенение возможно как под задерживающим слоем, так и внутри него. Если на некоторой высоте усиливается падение температуры с высотой при одновременном уменьшении разности $T-T_d$, то вероятность обледенения в этом слое велика.

Полет с использованием облаков в принципе не отличается от полетов по приборам. Основные правила распределения и переключения внимания остаются прежними. В наборе высоты в центре внимания приборы пилотирования (авиагоризонт и вариометр). Для контроля первого надо изредка посматривать на дублирующий указатель поворота и скольжения. Режим набора высоты контролируется указанием скорости с высотомером. Приближаясь к заданной высоте, необходимо чаще смотреть на высотомер, а достигнув ее, — на компас, чтобы точно определить нужный курс, а затем выйти на него. Затем на некоторое время исключить из поля зрения высотомер.

Предположим, планерист, набрав необходимую высоту, должен выполнить перелет по маршруту вне видимости земных ориентиров (достаточного количества) и естественного горизонта, а затем выйти в район поворотного пункта (по известным курсу и расстоянию до него). В штиль это несложно. Зная (по полетной карте) точное место (входа в облака и выдерживая после выхода из него расчетные курс и скорость, простейшими арифметическими подсчетами можно определить, когда истечет время выхода на поворотный пункт. Для этого есть бортовые авиационные часы (хронометр), секундная стрелка которых запускается сразу после отхода от облака, где набиралась высота.

Рассуждая формально можно сделать вывод: на участке маршрута от начала перехода до поворотного пункта планерист должен следить за часами. А если мыслить логически, то начинать наблюдать за часами сразу нет никакой необходимости. Если предположить, что до поворотного пункта маршрута лететь 15 мин, то первую половину пути смотреть на часы нет никакой необходимости (чувство времени, свойственное человеку, позволяет промежуток в 5—10 мин определить достаточно точно). Приближаясь к поворотному пункту, на часы и высотомер

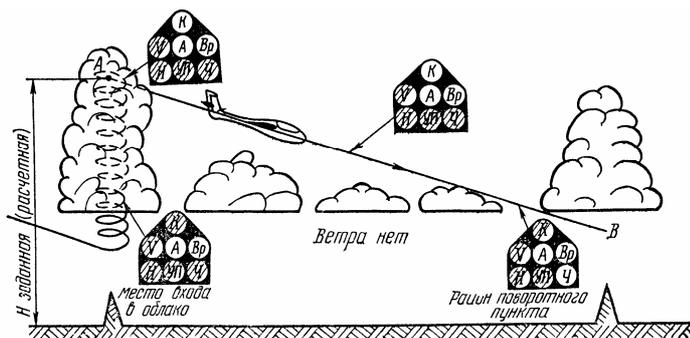


Рис 48 Порядок распределения внимания на приборы контроля режима полета в полетах с использованием облаков

надо смотреть почаще (рис. 48), а на указатель скорости и компас реже, так как за очень короткое время режим полета значительно не изменится. Когда облаков много, режим планирования выбирается так. Выход на поворотный пункт надо делать на такой высоте, где визуально просматриваются наземные ориентиры. Тогда можно уточнить свое место сличением карты с местностью и познанием поворотного пункта маршрута, а также контролировать проход его одним из известных методов.

Ветер усложняет работу планериста в воздухе. Необходимы значительные подсчеты в уме или по имеющимся под рукой разного рода счетным линейкам

(например, линейке допета и углов сноса конструкции Е. П. Вачасова, навигационной линейке НЛ-10М и др.) Но для этого нужны точные метеоданные о направлении и силе ветра по высотам. Длительное переключение внимания на решение той или иной задачи (за счет имеющегося резерва времени) может значительно нарушить режим полета. Не исключено и попадание в сложное положение. Поэтому планерист должен рационально переключать внимание на решение навигационных задач. Не следует решать навигационную задачу сразу «в один прием», лучше поэтапно. Сначала, к примеру, по скороподъемности в облаке и расстоянию до поворотного пункта (с учетом встречной или попутной составляющей ветра) подсчитать скорость перехода и высоту, которую необходимо для этого набрать. Теперь, зная величину и направление боковой составляющей ветра, можно определить примерный курс выхода из облака. Сразу после выхода на курс подсчитать снос планера по ветру (по известному времени нахождения в облаке). Затем надо внести поправку в курс следования и уточнить скорость перехода. Последний этап подсчетов — определение точного времени прилета на поворотный пункт по уточненным параметрам (скорости полета, расстоянию до поворотного пункта, а также силе и направлению ветра).

Для наиболее точного выхода на поворотный пункт следует как можно точнее выдерживать курс и скорость. А это, в свою очередь, зависит от правильного пилотирования по приборам. Визуальная ориентировка зачастую осложняется тем, что у планериста нет точных данных о силе и направлении ветра по высотам. Полет с использованием облаков в таких случаях может привести к полной или временной потере ориентировки, особенно в районе без характерных площадных, линейных ориентиров или крупных населенных пунктов. Такие сложные участки местности желательно пролетать визуально, т.е. под облаками, или можно проходить их целиком вне видимости земли, а потом выходить в район с площадными, линейными и другими характерными ориентирами, где легко определить свое местонахождение и продолжить полет.

В разделе «Групповые полеты на планерах» подробно говорилось о преимуществах таких полетов. Как действовать планеристам, если тактика полета требует использовать одно или несколько облаков, а нарушать групповой полет нельзя. Личный опыт автора подсказывает, что такой полет возможен, и оптимальный состав группы — два планера. Мастерство пилотов должно быть высоким и примерно равным.

Основные условия безопасности такого полета — однотипные планеры и устойчивая двусторонняя радиосвязь между ними. После входа в облако планера, находящегося выше, второй должен повременить некоторое время входить в облако, чтобы между планерами образовалась дистанция не менее 100—150 м по вертикали. Время задержки планера зависит от устойчивости и скороподъемности восходящего потока. Войдя в облако, нижний планерист немедленно докладывает об этом по радио. Верхний пилот по высотомеру определяет дистанцию по высоте и сообщает об этом нижнему. В дальнейшем, через каждые 100—200 м набранной высоты верхний планерист докладывает свою высоту и скороподъемность, нижний сопоставляет эти данные с показаниями своих приборов, особо следя за сохранением дистанции по высоте. Он работает «на прием». Если дистанция сокращается, нижний планерист немедленно покидает облако, сообщив партнеру высоту, скорость и курс выхода.

Верхний планерист, получив такое сообщение, также покидает облако с тем же курсом и скоростью. Он поступает так, чтобы избежать столкновения, сохранить дистанцию и не потерять партнера. Выйдя из облака, планеристы вновь находят один другого и продолжают совместный полет, помогая друг другу. Аналогично действуют спортсмены при значительном отложении льда на лобовых частях планеров. Дальнейшее его нарастание может значительно снизить аэродинамические характеристики аппаратов и, следовательно, не даст желаемого выигрыша при использовании облаков.

ПРИРОДА ОБРАЗОВАНИЯ ВОЛНОВЫХ ПОТОКОВ И ТЕХНИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ПОЛЕТА В НИХ

ВОЗНИКНОВЕНИЕ ВОЛНОВЫХ ДВИЖЕНИЙ В АТМОСФЕРЕ

При обтекании воздушным потоком горного препятствия в атмосфере происходит целый ряд интересных явлений. Знакомство с ними необходимо для каждого пилота, особенно на современном уровне развития планеризма. Это волны, порождаемые препятствием в воздушном потоке и распространяющиеся по вертикали; различные облачные системы, связанные с этими волновыми движениями; волновые, вертикальные потоки; вихри в районе горных вершин и т. д. Успешно и грамотно их используя, планеристы могут подниматься очень высоко и проникать даже в нижние слои стратосферы.

Для возникновения волнового движения в атмосфере необходимо сразу несколько обязательных условий. Горная гряда, находящаяся на пути воздушного потока, не вызовет волнового движения, если нет еще одного условия. Волновое движение возникает только на границе двух различных по своим свойствам воздушных слоев. Оно никогда не возникает внутри однородной массы воздуха. Термические задерживающие слои (инверсии, изотермии или с замедленным падением температуры с высотой) препятствуют развитию восходящих вертикальных движений. Они образуют внутри воздушной массы поверхности раздела, вдоль которых разрывается плотность воздуха, а также изменяется направление и скорость ветра. Из многочисленных измерений следует, что воздушная масса при волновом движении должна обладать значительной устойчивостью именно в слое нескольких сот метров, на уровне вершины хребта. Ниже и особенно выше этого уровня статическая устойчивость воздуха при волновом движении меньше, чем при ситуации без волновых движений.

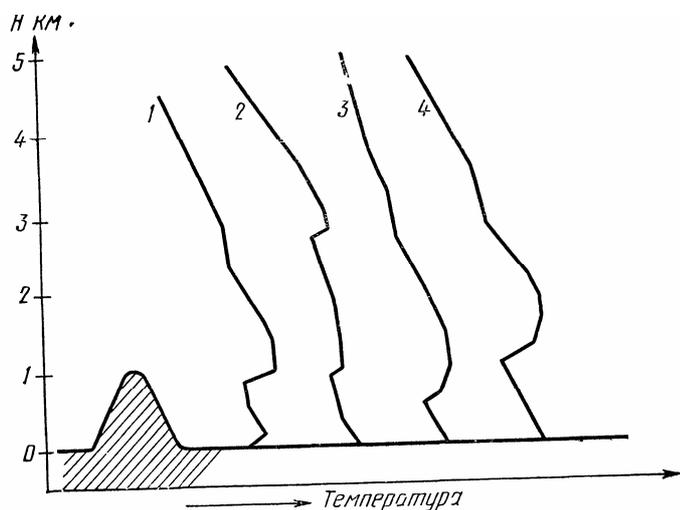


Рис 49

1, 2, 3, 4 — характерные кривые стратификации атмосферы, при которых возникают волновые движения над препятствиями задерживающего слоя в непосредственной близости от горы

Если относительная скорость ветра над препятствием уравнивается со скоростью распространения волнового движения к препятствию, оба эти движения уравниваются, и вынужденные волны становятся «стационарными» («стоячими»). Иными словами, их гребни и впадины равноудалены от препятствия, возбуждающего волновое движение. Амплитуды стационарных волн L — это вертикальное расстояние между верхней и нижней кульминационными точками траектории воздушной частицы (линии тока) при волновом движении (см. рис. 50). Они достигают очень больших размеров, так как эти волны, постоянно находясь недалеко от препятствия, пополняются все новыми импульсами. Стационарное волновое движение, начавшееся вдоль определенного термического

На рис. 49 представлено несколько примеров изменения температуры воздуха с высотой по фактическим измерениям при волновых положениях, которые можно принимать за типические.

Если размеры препятствия (горного хребта) и скорость воздушного потока (перпендикулярного хребту) достаточны для образования вынужденного волнового движения, то по закону Бернулли увеличение скорости в нижнем слое воздуха в момент перемещения над вершиной хребта вызывает падение статического давления и, следовательно, приводит к уменьшению вертикального градиента давления. Сила вертикального градиента давления уменьшается и не уравнивается уже силы земного притяжения. В результате воздух засасывается в подветренную сторону склона хребта или возвышенности с направлением книзу. При наличии в воздухе устойчивого равновесия засасывание будет иметь волновой характер (рис. 50).

Эта деформация создается вдоль термического

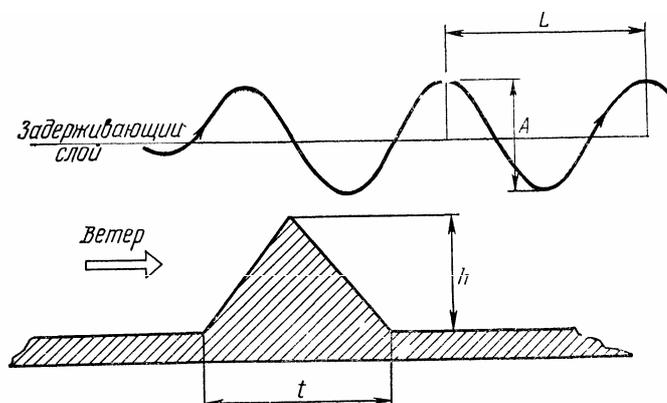


Рис 50

Деформация задерживающего слоя вблизи горы имеет волновой характер (L — длина волны, A — амплитуда колебаний, h — высота препятствия, t — ширина препятствия)

задерживающего слоя, охватывает своим влиянием слои воздуха, расположенные по обеим его сторонам. Вертикальная протяженность этого влияния зависит от размера амплитуды волны. Она в свою очередь зависит от относительной скорости перемещения воздуха над препятствием, его устойчивости, а также формы и масштаба самого препятствия. Общее правило гласит, что максимальная амплитуда вызывается таким хребтом, ширина которого l приблизительно равна длине волны L (см. рис. 50). Когда хребт значительно шире или уже длины волны, амплитуда намного меньше (рис. 51,6). Вдоль мощного хребта, слишком широкого по отношению к длине волны, не бывает сильных восходящих потоков (рис. 51, в).

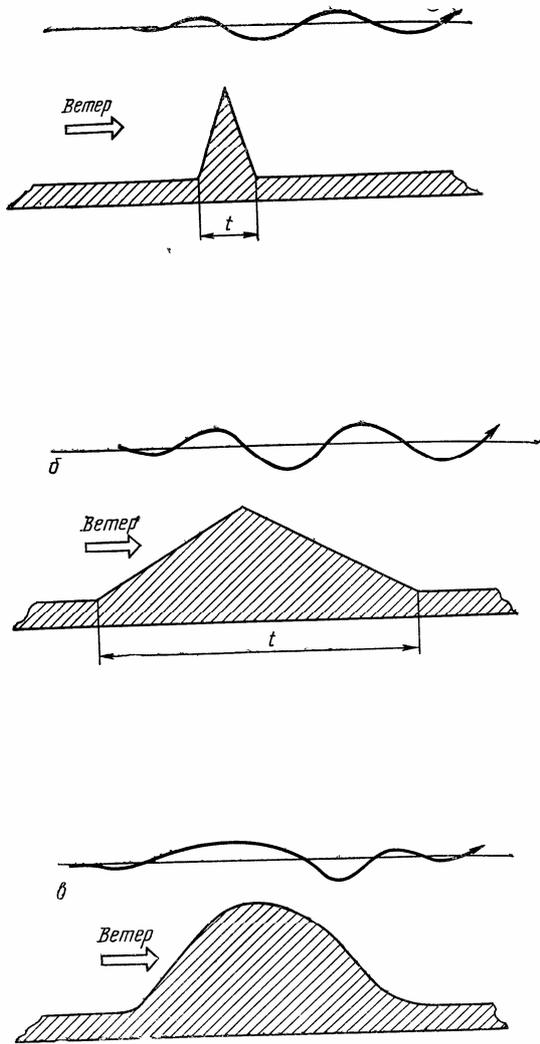


Рис 51
Влияние ширины препятствия на амплитуду вынужденных колебаний (l — ширина препятствия)

Следовательно, при постоянной длине волны и скорости ветра величина подъема или спуска возрастает с увеличением амплитуды (рис. 52, а), т. е. с увеличением вертикального расстояния, по которому частицы воздуха колеблются вверх и вниз. При постоянной скорости ветра и амплитуде величина подъема и спуска возрастает с уменьшением длины волны (рис. 52, в), т. е. чем меньше длина волны, тем круче поднимаются и опускаются частицы воздуха. При постоянной длине волны и амплитуде величина подъема и спуска возрастает с увеличением скорости (ветра, т. е. чем быстрее частицы проходят волновую траекторию, изображенную линией тока (рис. 52,б). Для возникновения мощных подветренных волн, проектирующихся до больших высот, воздушные течения до этих высот должны быть направлены приблизительно перпендикулярно к хребту.

Отклонение направления ветра от перпендикуляра к хребту не должно превышать 30° . При этом скорость ветра, точнее слагающая, перпендикулярная к горному хребту, должна достигать на уровне вершины хребта определенного минимального значения, которое зависит от превышения хребта h с подветренной стороны (см. рис 50) и в некоторой мере от его формы и размеров. Чем больше превышение, тем большая скорость «ветра необходима. Для

Значительные амплитуды возникают быстрее в воздушных потоках с тонким слоем большой устойчивости (например, при резкой инверсии), чем в более мощном вертикальном слое с меньшей устойчивостью. В первом случае максимальное отклонение амплитуды находится вблизи или прямо на уровне инверсии, но быстро уменьшается ниже и выше инверсии; во втором — уменьшение амплитуды менее заметно. Длина же волны L обычно возрастает с высотой. Это хорошо согласуется с постепенным усилением ветра в нижней тропосфере. Небольшие длины волн обычно наблюдаются при слабых ветрах и большой устойчивости атмосферы, большие, наоборот, — при сильных ветрах и небольшой устойчивости атмосферы.

В наших условиях длина волн колеблется от 5 до 20 км. Расстояние между горным хребтом и гребнем первой подветренной волны в большинстве случаев составляет приблизительно только $2/3$ длины волны. Вертикальная скорость $\pm U_y$ — одна из наиболее важных и конкретных характеристик. За ней планерист может наблюдать непосредственно во время полета. Величина положительных и отрицательных скоростей зависит от амплитуды, длины волны и скорости ветра (рис. 52).

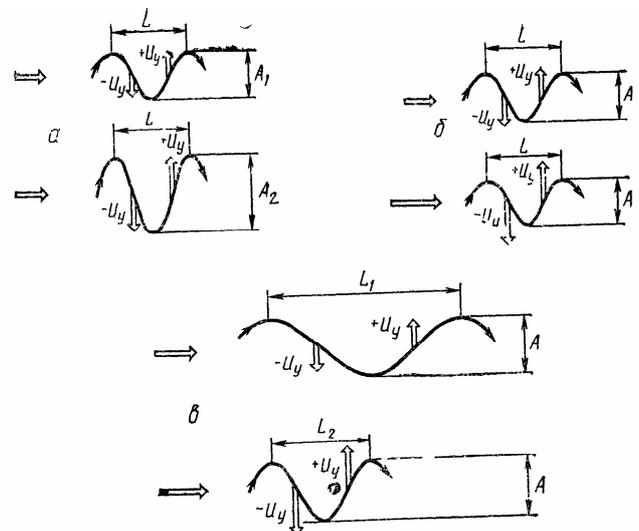


Рис 52
Масштаб вертикальных скоростей $\pm U_y$ является функцией амплитуды колебаний, длины волны и скорости ветра

большинства известных хребтов она составляет 10—15 м/с.

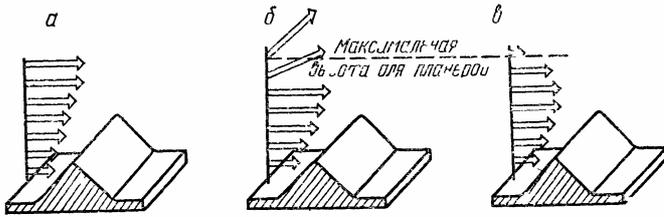


Рис 53 Скорость и направление ветра по высотам существенно влияют на распространение и образование волнового движения в атмосфере

На рис. 53, а отмечен наиболее благоприятный ход перпендикулярной составляющей скорости ветра. Тут характерно постоянное нарастание ветра с высотой. Установлено, планеры не могут преодолеть высоту, где перпендикулярная составляющая скорость (приближается к 0. Такой случай может возникнуть при быстром повороте ветра с высотой вдоль хребта, как показано на примере (рис. 53,б), или при уменьшении его скорости с высотой при устойчивом направлении (рис. 53,в). В слоях, где наблюдаются резкие изменения длины и амплитуды волны. Синоптические условия, при которых возникает соответствующая стратификация атмосферы до больших высот и упомянутый (см. рис. 53, а) ход ветра, можно чаще всего ожидать вблизи фронтов в обширном теплом секторе. Здесь направление ветра до больших высот почти не меняется. Скорость его нарастает с высотой до больших значений в направлении от окраины к центру циклона (рис. 54).



Рис. 54 Синоптическая обстановка, при которой направление и скорость ветра по высотам наиболее благоприятны для образования волновых движений

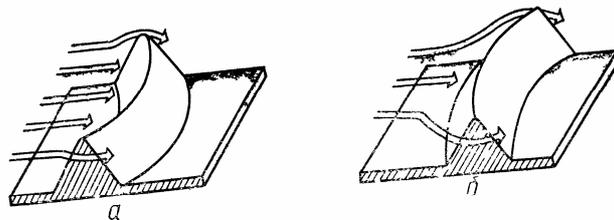


рис 55. Влияние кривизны хребта при виде сверху на выразительность подветренных волн

На интенсивность и характер развития волнового движения, кроме вышеуказанных метеорологических элементов и существующего синоптического положения, значительно влияет рельеф горной местности (см. рис. 50, 51, а, б). Отсюда видно, что при одинаковой относительной высоте хребтов h волны с наибольшей амплитудой возникнут за тем хребтом, ширина которого приблизительно равна длине волны. Влияние превышения высоты хребта на величину амплитуды вполне понятно — хребты с большей относительной высотой создают волны с большей амплитудой. Установлено также, что влияние отдельных холмов или коротких хребтов значительно меньше, чем влияние длинных хребтов подобного профиля. За хребтом большой длины может возникать значительно большее число выразительных подветренных волн, чем за обособленными короткими, где появляются обычно одна или две подветренные волны, быстро исчезающие.

Большое значение имеет кривизна хребта (вид сверху) (рис. 55).

В местах, где линия хребта имеет вогнутую кривизну по отношению к воздушному потоку (слева), возникают более выразительные подветренные волны, чем за выпуклым хребтом (справа).

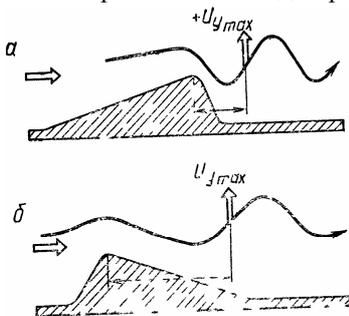


Рис 56 За асимметричными хребтами возникают подветренные волны значительной амплитуды в большом диапазоне длин волн

Асимметричные формы горных хребтов (рис. 56, а, б) характерны тем, что зона максимальных восходящих потоков находится ближе или дальше от хребта по сравнению с симметричным. За ними возникают подветренные волны значительной амплитуды в большом диапазоне их длин. Наоборот, за симметричным хребтом волны с максимальной амплитудой бывают только (при одной длине волны, равной приблизительно его ширине).

Влияние двух горных хребтов, расположенных последовательно друг за другом таково (рис. 57): если длина подветренной волны совпадает с расстоянием между хребтами или его целым кратным (рис. 57,а), подветренные волны, вызванные первым хребтом, усиливаются волнами, образованными вторым хребтом; если длина волны не совпадает с расстоянием между хребтами или его целым кратным (рис. 57, б), второй хребет может полностью ликвидировать подветренные волны, вызванные первым. В первом случае за вторым хребтом возникают волны с

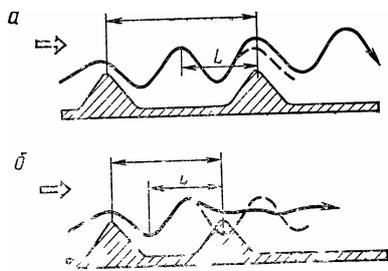


Рис 57 Влияние двух горных хребтов, расположенных последовательно друг за другом, на интенсивность волнового движения

амплитудой, большей, чем можно ожидать для каждого из хребтов в отдельности. Во втором случае за вторым хребтом не бывает подветренных волн, благоприятных для парения. Здесь можно встретить усиление восходящих потоков с наветренной стороны второго хребта. У непараллельных (взаимно) хребтов по приведенным причинам надо ожидать развития существенных волн за вторым хребтом только в той части, где расстояние между ними кратно длине волны. В обширной горной местности с неупорядоченным рельефом результирующее течение воздушного потока очень сложное. Небольшие изменения в характере воздушного потока могут способствовать большим и быстрым изменениям в результирующем течении, так что его непосредственная связь с рельефом может и не быть четко выражена.

ОБЛАКА, СОПУТСТВУЮЩИЕ ВОЛНОВЫМ ДВИЖЕНИЯМ В АТМОСФЕРЕ

Феновый вал (феновая стена), роторные (вихревые) и чечевицеобразные облака — характерная облачность, выделяющая отдельные области волнового движения.

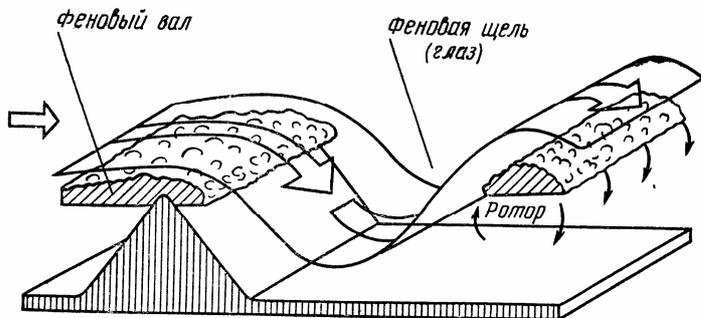


Рис 58 Облачность, возникающая в так называемом активном турбулентном слое и ниже волнового движения

Вот как выглядит облачность (рис. 58), возникающая в так называемом активном турбулентном слое, а также в прилегающем к земной поверхности слое с течением, возникающем ниже волнового движения. Это феновый вал, который часто затягивает горный хребет, и один или несколько вихрей (роторов), образующихся под гребнями волн. Феновый ветер возникает, когда устанавливается такое распределение давления, в результате которого через горную цепь перетекает воздух. Предположим, что рассматриваемый горный хребет одинаково возвышается над долинами по обеим его сторонам. Рассмотрим четыре основных случая возникновения фенового ветра.

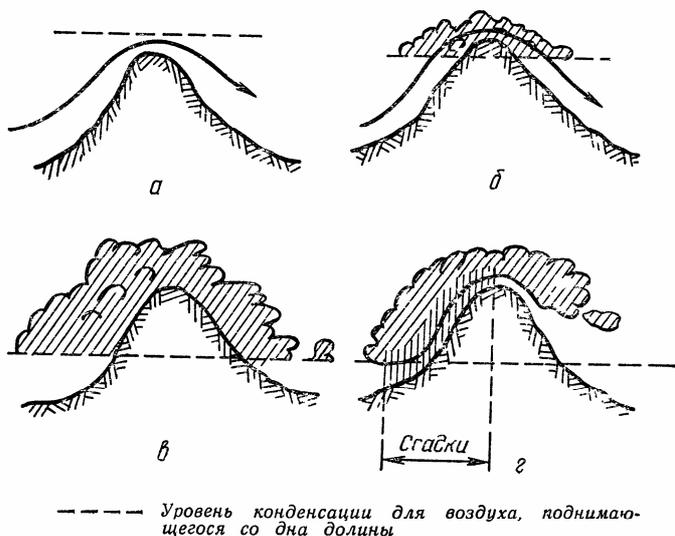


Рис 59 Различные случаи образования вала облаков фенового ветра при условии, что уровень долин, окружающих горный хребет, с обеих сторон одинаков

Если уровень конденсации по отношению к долине находится над горным хребтом, то вал облаков фенового ветра не образуется (рис. 59, а). Его не будет также и в том случае, когда воздух на наветренных долинах остается неподвижным (не переваливает через горный хребет). Если уровень конденсации находится немного ниже горного хребта, то вал облаков фенового ветра не опускается вдоль подветренных горных склонов (рис. 59, б). Если уровень конденсации находится на небольшой высоте над уровнем долин, то сохранение вала облаков на подветренной стороне склона зависит от того, выпадают ли осадки на наветренной стороне. Когда осадки не выпадают, вал облаков фенового ветра глубоко опускается вдоль подветренного склона вниз к долине (рис. 59, в),

Если на наветренном склоне хребта осадки

выпадают из облаков, на подветренной стороне вал облаков фенового ветра вскоре исчезает (рис. 59, г). Происходит это вот почему. На наветренной стороне воздух, поднимаясь, расширяется и поэтому охлаждается на 1°C на каждые 100 м подъема до уровня конденсации. Это вызывает образование облаков. Внутри них от выделения скрытой теплоты поднимающийся воздух охлаждается на каждые 100 м подъема уже примерно на $0,5^{\circ}\text{C}$. Если из образовавшихся облаков выпадают обильные осадки, то выпадает значительная часть влаги, содержащейся в них. Перейдя горный хребет, облака исчезают, так как немного влаги, оставшейся в них, быстро испаряется (под влиянием адиабатического нагревания при опускании воздуха). Дальнейшее опускание воздуха вызывает уже нагревание на 1°C на каждые 100 м. Феновый ветер, достигший долины, приносит поэтому с собой неожиданное потепление и сильное падение относительной влажности. При волновом движении одинаковой интенсивности, но при разной степени влагосодержания воздуха наблюдаются большие различия в развитии облаков волнового характера. Так, при значительной влажности воздуха (рис. 60), сплошной облачности и небольшой высоте ее нижней кромки h единственный признак волнового движения — узкая безоблачная щель с подветренной стороны хребта (так называемый феновый глаз или феновая щель).

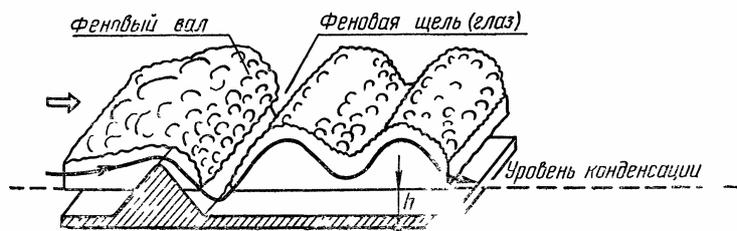


Рис. 60. При значительной влажности воздуха и сплошной облачности с небольшой высотой ее нижней кромки единственным признаком волнового движения является так называемый феновый глаз (щель)

Верхняя граница фенового вала обычно гладкая. Находится она на высоте десятков или сотен метров над гребнем и нередко описывает нижележащие формы рельефа. Если феновый вал поднимется и приобретет кучевообразные формы, а ротор одновременно приближается к гребню, это первый признак ослабления волнового процесса. Причина — в снижении скорости ветра или возрастающем влиянии конвекции. Феновый ветер чаще бывает с середины октября до середины ноября, несколько реже — с середины марта до середины апреля. В остальное время года он наблюдается чрезвычайно редко.

Роторные (вихревые) облака образуются так. Поток воздуха, падая вниз вдоль подветренного склона, на передней стороне вихря поднимается круто вверх. Он бывает заметен по облакам пыли, которую уносит с собою вверх. Процесс этот ведет к «засасыванию» новых порций воздуха, расположенных ниже восходящих частей волн. Это дает начало образованию роторного восходящего движения. Так образуются вихри (роторы) с горизонтальной осью, имеющие с подветренного склона гор узкую и прерывистую полосу восходящих движений, а на противоположной стороне ротора — такую же зону нисходящих движений. Ниже вихря в приземных слоях ветер бывает слабый. Он часто дует в противоположном направлении, т. е. к горам. В отчетливо выраженных роторах скорости вертикальных движений колеблются от 5 до 10 м/сек. Роторы наклонены в сторону ветра и имеют близкое к кругу сечение (рис. 61).

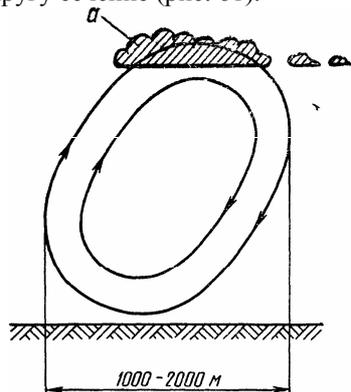


Рис 61 Вертикальный разрез обычно встречаемого ротора (вихря) (a — разорванно-кучевые роторные облака)

Обычно роторный поток по вертикали на 50—100% больше высоты превышения горы над долиной. Следовательно, вертикальное развитие роторов зависит от высоты хребтов, вблизи которых они образуются. В большинстве случаев наблюдается развитие лишь одного вихря над гребнем первой волны. Если образуется несколько волн достаточной амплитуды, может появиться и несколько рядов вихрей, параллельных друг другу, а также и горному хребту (рис. 62).

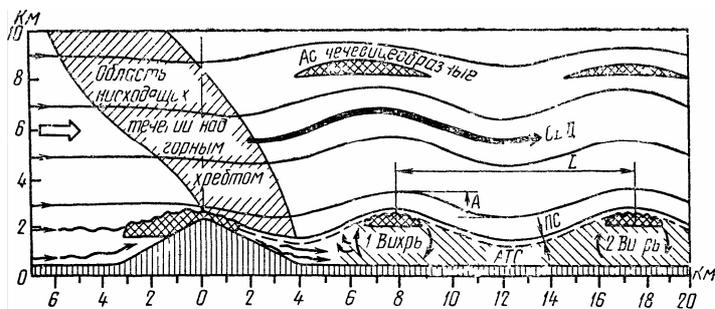


Рис 62 Схема развития волновых и роторных движений, обусловленных неровностями местности

Роторные облака напоминают по виду отдельные кучевые или слоисто-кучевые, вытянутые в ряд параллельно горному хребту. Иногда они выглядят как сплошная облачная полоса. Однако в некоторых случаях мало выделяющаяся разорванная облачность — единственный признак вихря. Вид этих облаков наглядно свидетельствует о турбулентном движении в области вихря. При внимательном рассмотрении легко заметить, как верхняя часть облака будто непрерывно перетекает через нижнюю

Чечевицеобразные облака — очень красивые и наиболее характерные облака волновых движений в атмосфере. Они образуются на гребнях волн (см. рис 62) в слое волнового движения (СВД), который простирается выше приземного активного турбулентного слоя (АТС). Оба эти слоя разделяет тонкий переходный слой (ПС), где турбулентность очень быстро падает при переходе от слоя АТС к слою СВД.

Чечевицеобразные облака обычно наблюдаются под термическими задерживающими слоями в областях гребней волн на одном или одновременно на нескольких уровнях. Возникают они в области максимальных восходящих движений. Конденсация наблюдается поэтому только на данном участке. Навстреченные, четко выраженные края чечевицеобразных облаков расположены обычно на 100—200 м выше, чем подветренные, слабее выражены. Последнее происходит потому, что частицы облака после пересечения уровня конденсации с общим нисходящим движением воздуха требуют определенного периода времени на испарение. Длина чечевицеобразных облаков бывает от нескольких километров до десятков километров, а ширина от нескольких сот метров до 100 км. В зависимости от размера волнового возмущения и его расстояния от препятствия могут наблюдаться один за другим несколько рядов чечевицеобразных облаков, которые, как и вихревые, параллельны друг другу и горному хребту (см. рис. 62).

В обширной горной местности, где много крупных и в разных направлениях простирающихся хребтов, чечевицеобразные облака располагаются весьма беспорядочно. Они могут иметь различную, иногда необычную форму. Причина этого — взаимное усиление или ослабление волновых движений, вызванных отдельными хребтами. Чечевицеобразные облака бывают и в несколько этажей, обычно в два-четыре. Отдельные ярусы могут быть четко отделены друг от друга или сливаться своей средней частью, образуя единое мощное чечевицеобразное облако, из которого на разных уровнях выделяются острые наветренные стороны отдельных облаков. Если гребень самой низкой волны не превышает уровня конденсации волны, расположенной выше, то чечевицеобразные облака не соединятся между собой (рис. 63, а). Если расстояние между слоями (большой относительной влажности и большой амплитуды волн) небольшое, уровень конденсации волны, расположенной выше, перейдет через волну, расположенную ниже. Это приведет к соединению чечевицеобразных облаков между собой (рис. 63, б).

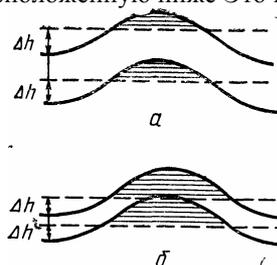


Рис. 63 Различные варианты расположения ярусов чечевицеобразных облаков

Основания самых низких отдельных чечевицеобразных облаков лишь иногда находятся ниже 3 км, обычно они располагаются на высотах 5—8 км. В высокогорной местности их высота может достигать 10—12 км.

Как уже сказано, слой, где происходят волновые движения воздуха, характерен невозмущенным ламинарным движением. Об этом свидетельствуют и гладкие формы чечевицеобразных облаков. Однако иной раз можно видеть внезапный переход их в разорванные хаотические формы, что указывает на быстрый переход ламинарного потока в турбулентный. Это может происходить только в некоторой части или во всем вертикальном слое атмосферы, охваченном волновым движением. Резкие перемены, вероятно, обусловлены постепенными изменениями некоторых метеозлементов (ветра, температуры, влажности), которые на определенном этапе приводят к внезапному изменению характеристик (волнового движения).

Парящие полеты на волне по сложности можно разделить на три категории.

Первая категория (наиболее простая). После взлета аэропоезд набирает высоту вплоть до слоя волнового движения СВД (см. рис. 62) поблизости от аэродрома или в районе с минимальной турбулентностью. Достигнув высоты ламинарного воздушного потока, буксировщик с планером направляются (к горным склонам, вызывающим волновое движение, вплоть до встречи с восходящей зоной волнового движения, расположенной ближе к горам (в нескольких км от них). Здесь отцепляют планер на (высоте, характерной для данного района. Она колеблется (в зависимости от высоты гор) от 1 до 3—4 км. Сразу после отцепки продольную ось планера необходимо установить параллельно направлению ветра и лететь против него (т. е. к хребту). Тут необходима скорость, равная примерно экономической скорости планера. Следует помнить, что гребни вынужденных волн, удаляясь от подножия, все более передвигаются под ветер. Зона максимальных вертикальных движений наклонена к горизонту примерно на 30—45°, причем чем сильнее ветер, тем наклонение больше. Для контроля необходимо использовать наземные ориентиры (если они не закрыты облачностью) или облака, сопутствующие волновым движениям (роторные или другие). Использование волновых движений требует точного применения тактики полета к скорости ветра.

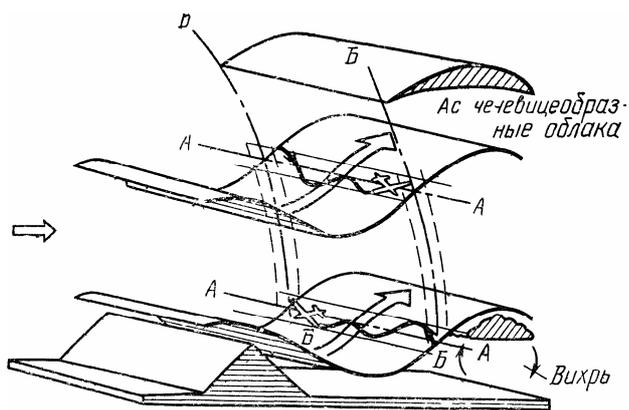


Рис 64 Схема полета планера в области волны

Для скорейшего набора высоты (рис. 64) планер необходимо держать все время в области максимальных восходящих потоков (вдоль линии А — А), которая как уже говорилось выше, перемещается с высотой вдоль линии Б — Б. Наибольшую высоту можно набрать в наветренных частях роторных и чечевицеобразных облаков.

Если скорость ветра меньше экономической скорости планера, можно применять движения в сторону, "восьмерку" или делать выпады против ветра. Каждый раз после выхода из зоны максимальных вертикальных скоростей надо возвращаться на исходную позицию (см. рис. 64), пользуясь все теми же намеченными заранее ориентирами.

Если же скорость ветра больше экономической скорости планера, применяют так называемые «зигзаги». Этот способ заключается в следующем. Когда ветер «сдвинет» планер назад (по направлению ветра), надо увеличивать его

скорость (рис. 65) и, следя за вариометром, снова войти в зону максимальных вертикальных скоростей подъема, чтобы затем ветром быть сдвинутым назад (рис. 65, б). Таким образом, повторяя этот маневр, можно подобрать скорость планера, соответствующую скорости ветра, тем самым оставаясь в зоне максимальных восходящих потоков (рис. 65, в).

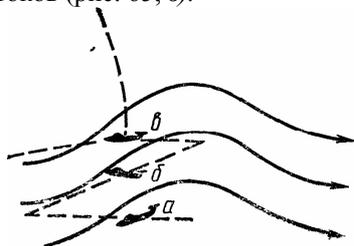


Рис. 65 Выбор оптимального режима набора высоты методом «зигзагов»

Особенности тактики полета требуют иногда перейти с волны на волну. Переход с ветром (по ветру) не представляет никаких трудностей благодаря большой скорости такого полета. Потеря высоты при (подобном маневре поэтому невелика. Против ветра переход с волны на волну связан со значительной потерей высоты (порядка 1—1,5 км) из-за малой путевой скорости планера.

Вынужденным волновым движениям, как известно, сопутствуют чечевицеобразные облака. Однако не следует набирать высоту внутри них. Вертикальное развитие отдельных чечевицеобразных облаков составляет обычно 200—600 м и сравнительно редко превышает 1000 м. Следовательно, попадая в облако, пилот вынужден лететь, не видя естественный горизонт и ориентиры по крайней мере в течение какого-либо времени. Это усложняет технику пилотирования. Кроме того, в облаках волнового происхождения встречается обледенение, правда, довольно слабое (в виде тонкого налета кристаллического льда, забивающего приемник воздушной скорости и покрывающего с внешней стороны стекла кабины). Это также усложняет пилотирование. С обледенением не следует смешивать нарастание инея на внутренних поверхностях стекла кабины, происходящее от разности температур (свыше 10°C) между наружным воздухом и воздухом внутри кабины и от насыщения воздуха в кабине влажностью от дыхания. Избежать это явление, хотя бы частично, можно, открыв вентиляцию кабины.

Вторая категория (наиболее сложная). После взлета аэропоезда набор высоты выполняется к горным склонам, вызывающим вынужденное волновое движение, вплоть до встречи с роторами, расположенными ближе к горам, но не ниже 700—1000 м. При отцепке можно руководствоваться положением относительно роторного облака, так как зона восходящих движений находится в передней части роторного облака, обращенного к склону горы. Буксировочный полет — самая трудная часть полета. Необыкновенная хаотичность вертикальных потоков, особенно в нижнем слое, в значительной мере усложняет полет на буксире. Значение вертикальных ускорений обычно колеблется в этих зонах между 2—4 м/с². В отдельных случаях оно может быть намного больше. Это приводит к значительным перегрузкам и усложняет технику пилотирования.

Отцепившись в передней части ротора, в зависимости от скорости ветра и ширины зоны вертикальных

движений надо применять соответствующую тактику полета. Если скорость ветра на высоте вершины ротора 20—30 м/с, то в нижней части направление ветра противоположно господствующему над горами. Чтобы не выйти из пределов ротора, следует установить планер в направлении «от гор», т. е. на ветер, господствующий в нижней части облака (рис. 66).

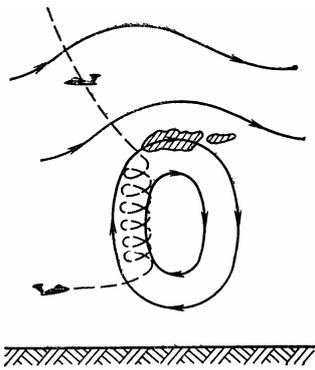


Рис 66 Переход из роторных движений на волновые в случае очень сильного ветра

Эту тактику можно применять прежде всего в нижней и средней частях ротора. Набирая высоту в роторах, планеристу надо следить за положением и изменениями в облаке, части которого иногда «отрываются» от него, сносятся ветром по горизонту и быстро исчезают. Планерист в этих случаях не должен догонять их. Надо держаться намеченных земных ориентиров и облака, вновь возникающего над ротором вместо «оторвавшегося».

Расположение этих облаков позволяет также установить, в какой части ротора находится планерист. Возможна поэтому тактика, наиболее подходящая для данной части роторной зоны движения. Например, необходимо принимать во внимание усиление ветра по мере приближения планера к уровню, где находятся роторные облака. Когда станет заметно, что движения в роторном слое исчезают, его надо покинуть и лететь против ветра, т. е. к хребту. Таким способом проще всего перейти от роторных движений к волновым. Переход от роторных движений с высокой степенью турбулентности к совершенно спокойным волновым обычно совершенно очевиден. Можно без труда установить, когда это происходит. Если же граница между обоими движениями не так отчетлива, то планерист до момента пересечения уровня роторных облаков может быть уверен, что он еще не в волновых потоках. Очень важно установить момент перехода из роторных движений в волновые. Ведь тактика полета различна в обоих видах движений, резко отличающихся характером областей вертикальных потоков. Перейдя в зону волновых движений, тактику полета надо строить соответственно ранее рассмотренному случаю полета в слое ламинарного волнового движения.

Третья категория (встречается наиболее редко). Она сочетает в себе полет в термических восходящих потоках с последующим переходом в волновые. Такой переход возможен, когда в приземном слое имеется достаточно сильно развитая термическая конвекция, достигающая уровня вынужденного волнового движения. Кучевые облака, возникающие при этом, перемещаются с ветром (в противоположность роторным облакам даже очень сильного развития). Опытным путем установлено, что восходящие движения возникают перед наветренными сторонами кучевых облаков на высоте их основания. Переходить на волну лучше всего, когда планер, перемещаясь с кучевым облаком, оказывается выше зоны вынужденного волнового движения, неподвижно стоящего относительно горного хребта. Этот переход напоминает переход от роторных движений (в спирали) к волновым, но гораздо труднее, так как только через относительно короткое время нижняя подвижная зона вертикальных конвективных движений соприкасается с зоной волновых.

Современные полеты на волне — преимущественно высотные тропосферные полеты. Для достижения максимальных абсолютных высот (относительно уровня моря) проще всего использовать первый способ набора высоты в волновых потоках. Достигнуть максимальный выигрыш высоты лучше двумя другими.

При полетах на волне может возникнуть целый ряд неожиданных ситуаций и моментов, требующих немедленного прекращения набора высоты и экстренного снижения. Например, такие: при наборе высоты, указанной в задании, произошла утечка кислорода (допускается остаток не менее 30 атмосфер), ухудшилась видимость, неисправно или отказало приборное или радиооборудование, плохо почувствовал себя пилот, испортились метеоусловия, не гарантирующие безопасность дальнейшего полета (резко усилился ветер у земли, натекание сплошной облачности нижнего или среднего яруса и т. д.). Все это требует незамедлительного прекращения набора высоты, энергичного снижения и скорейшей посадки на аэродроме вылета или на запасном. Нельзя также забывать о времени наступления темноты и захода солнца на земле. На большой высоте может еще ярко светить солнце, а на земле уже сумерки. На необорудованном ночным стартом аэродроме произвести посадку после захода солнца будет крайне трудно.

Массовые полеты в волновых потоках — будущее советского планеризма. Такие полеты при хорошей организации не представляют сложности. Они с успехом могут выполняться спортсменами со вторым и более высоким разрядом.

По мере набора высоты уменьшается горизонтальная составляющая движения в роторе (скорость ветра) и одновременно увеличивается скорость восходящих потоков. Благодаря этому, не опасаясь выйти из зоны вертикальных движений, можно направить планер параллельно оси ротора, т. е. вести себя, как в парении над склоном при сильном ветре. Только достигнув верхней части ротора, следует установить планер «к горам» — на ветер, господствующий на высоте. Если горизонтальное движение воздуха слабое (порядка 15 м/с) и зоны роторных движений обширные, то набирать высоту в них можно по спирали, как набирают высоту в термических потоках (рис. 67).

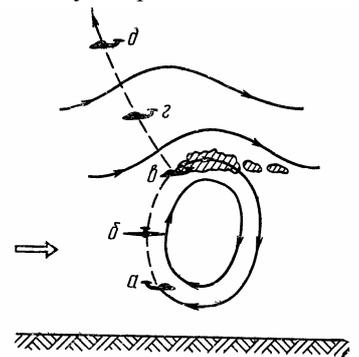


Рис 67 Переход из роторных движений на волновые в случае относительно слабого ветра

ЛИТЕРАТУРА

Бурдаев М. Н. Теория и расчет спиралей для планеров. М., Изд-во ДОСААФ, 1970.

Вельгус С., Макула Э., Скшыдлевский С. Перелеты на планере Пер. с польск. М, Изд-во ДОСААФ, 1963.

Гончаренко В. В. Техника и тактика парящих полетов. М., Изд-во ДОСААФ, 1974.

Двоеносов Д. В. Нагрузки, действующие на планер в полете. М., Изд-во ДОСААФ, 1963.

Замятин В. М. Планеры и планеризм. М., «Машиностроение», 1974

Зверев А. С. Синоптическая метеорология. Л., Гидрометеиздат, 1968.

Качоровский И. Б. Распределение и переключение внимания при полетах по приборам. М., Воениздат, 1972.

Naža L., Koldoysky M., Kostka O., Forchtgott J. Plachtarska meteorologie. Hase vojsko, Praha, 1956.

Parczewski W. Meteorologia szybowcowa. Wyd. Zigi Zotniczej, Warszawa, 1953

Zientek A. Na jalah halnfakowych. Wyd. Zigi Zotniczej, Warszawa, 1952.

Периодические издания

Советские: «Авиация и космонавтика», «Крылья Родины», «Спаргаи» «Самолетостроение. Техника воздушного флота».

Иностранные: «Flieger Revue» (ГДР), «Skrzydłata Polska» (Польша), «Soaring» (США).