

ВСЕСОЮЗНОЕ ДОБРОВОЛЬНОЕ ОБЩЕСТВО СОДЕЙСТВИЯ АРМИИ. АВИАЦИИ И ФЛОТУ (ДОСААФ СССР)

ХЕЛЬМУТ РАЙХМАНН

ПОЛЁТЫ НА ПЛАНЕРАХ ПО МАРШРУТАМ

ОБ ЭТОЙ КНИГЕ

Желание свободно двигаться в пространстве, старая мечта о полёте, безусловно, нашла своё прекрасное воплощение в парящем полёте. Планеристу природа открывает мир, который ещё несколько десятилетий назад казался недостижимым, мир могучих сил, кротких или диких, великолепных и таинственных. Он объединяется с этим миром, летит в нём, пытается его исследовать и использовать его динамику. Груз повседневности остаётся далеко позади, внизу, кажется маленьким и незначительным, крылья делают его свободным.

Чем лучше мы понимаем природу, тем более умело, мы используем её силы, тем выше, тем дальше, тем быстрее мы можем летать. Свойства и характеристики нашего летательного аппарата - это наши возможности, многое мы чувствуем почти инстинктивно, многое мы постигаем с трудом. Наше тело выдерживает нагрузки, для которых оно первоначально не было предназначено, разум должен непрерывно оценивать, взвешивать новые ситуации, принимать решения.

Вероятно, существуют лишь немногие виды спорта, успех которых в большой степени зависит от умения распознавать процессы в природе. Этот факт совершенно особо отличает парящий полет как спорт.

Если сегодня летательный аппарат позволяет добиваться достижений, которые несколько лет тому назад казались невозможными, то это лишь частично объясняется лучшей аэродинамикой современных летательных аппаратов. Развитие новых планеров за последние 5 лет, безусловно, протекало быстро и чрезвычайно успешно. Развитие искусства летчика, техники и тактики полёта способствовало повышению результатов, хотя и менее заметно, но более эффективно. Овладение летательным аппаратом, чувство руля, которое так высоко ценилось среди ведущих лётчиков, сегодня считается лишь предпосылкой для высококачественного парящего полёта. Правда талант и сейчас играет роль, но один только талант не ведёт непосредственно к успеху. Он должен сочетаться с очень глубокими знаниями и опытом. Талант и опыт взаимно дополняются, талантливому требуется меньше опыта. Однако знания ничем нельзя заменить. В современном маршрутном полёте, который, например, проходит на соревнованиях, только тот имеет настоящий шанс на успех, кто владеет теоретическими основами полёта. Сюда относятся широкие области метеорологии, а так же частичные области физики и математики.

Многие из связей теории с полётом простые и легко разгадываются, другие - многосторонние и сложные. Они идут по многим факторам, которые играют роли различной важности в маршрутном полете. По этой причине не может существовать тайный трюк, который многие пилоты ищут вновь и вновь как ключ к успеху. Нужно знать много факторов, оценить их влияние, видеть альтернативы и решать. Если важнейшие из этих решений правильны, то есть надежда, на успех. Однако никогда не удастся оптимально принять все решения.

На крупных соревнованиях иногда ведущие пилоты добиваются больших преимуществ во времени на маршруте, а потом приходят на Финиш почти одновременно. Очевидно, что оба совершали разные ошибки, хотя в сумме результат одинаковый. Если бы пилоту удалось действительно оптимально использовать обусловленные погодой возможности, то даже при состязаниях на мировое равенство он, безусловно, показал бы результаты на 10 - 20% лучше, чем победитель в данный день.

Таким образом, качество хорошего планериста состоит главным образом в том, чтобы делать несколько меньше ошибок или менее роковые ошибки, чем другие.

Сознавая это, Хейнц Хук ответил репортеру, спрашивавшему его о секрете: «ДРУГИЕ ДАЛИ МНЕ ВЫИГРАТЬ!» Понял ли репортер, что он хотел сказать?

Если эта книга будет способствовать освещению связи теории с практикой, передаст опыт состязаний и тем самым поможет пилоту принимать решения в полете, то она углубит красоту этого спорта и тем самым выполнит свою цель.

Эта книга, состоящая из двух: частей, дает планеристу теоретическую и практическую информацию о полете на планере в то же время в ней нет чрезмерного нагромождения диаграмм и формул.

Практическая часть 1

Содержит материал о том, что планерист должен знать и успешно предпринимать на соревнованиях и при полетах по маршруту. В этой части наряду с практическими советами изложены также теоретические обоснования, которые кратки и не вызывают трудностей для понимания

Полет в восходящем потоке

Навигация

Оптимальный переход

Физическая работоспособность

Тактика ведения соревнований

Подготовка, тренировка

Снаряжение

Теоретическая часть 2

Является обоснованием первой части и способствует лучшему пониманию всего материала и, кроме того, в ней детально изложена проблема спортивного полета на планере, Расчёты теоретической части основываются на материале первой части, необходимость теоретической части для практики полета на планере очевидна.

Метеорология

Оптимизация перехода

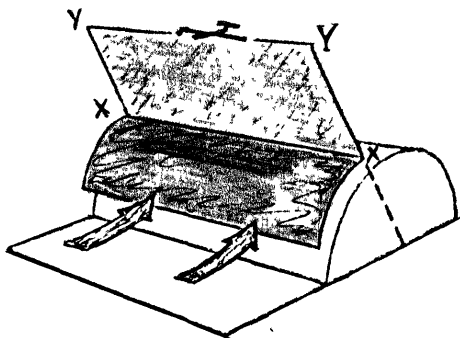
Оборудование

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

ЧАСТЬ 1

Выражение "парящий полет на склонах" уже явно покрылось паутиной, но этот способ, который в короткой истории парящего полета принес первые сенсации с первыми длительными и даже маршрутными полетами, сохранил свое значение также и для современного планерного спорта, конечно, мы не летаем по маршрутам со склона к склону, однако бывают случаи, когда при полете в горах, над гористой местностью или холмистой местностью знание этого способа парения является решающим. В связи с тем, что часто поток обтекания является одной из субъективных причин возникновения термического потока, к тому же поток обтекания часто встречается в совокупности с термиком, рассмотрим в начале книги восходящие потоки обтекания.

Принцип возникновения восходящего потока на склоне очень прост. Горизонтальный поток воздуха отклоняется склоном вверх, чтобы на подветренной стороне отклониться вниз. В приведенном примере рассматривается идеальный случай, когда сечение склона - полуокружность, длина склона бесконечна, направление склона перпендикулярно плоскости ветра.



Зона наилучшего подъема находится в плоскости ХУ, наклонной навстречу ветру и перпендикулярной поверхности склона. Таким образом, если планерист хочет, возможно, быстрее набрать высоту, он должен держаться в этой наклонной плоскости. Идеальная траектория подъема планера от подножья склона была бы сначала вдоль склона до высоты Х-Х с возрастающей скороподъемностью, а отсюда вдоль радиальной плоскости У-У с нарастающей скороподъемностью. Максимально достижимая высота подъема лежала бы в этой плоскости на высоте, где скорость восходящего движения воздуха равнялась бы скорости собственного снижения планера. Для нас, кто летает в местности, имеющей мало общего с приведенным строго геометрическим примером, всё же остаётся мало успокоительным тот факт, что самая большая скороподъемность наводится вплотную - к склону. При неровных склонах землю покрывает толстый турбулентный слой, завихрения которого делают близкую к склону зону опасной для полётов. В этом случае лучше набирать высоту в ровном потоке, более удалённом от горы. При полёте вблизи склона следует держать такую скорость, чтобы в любой момент даже при внезапном нисходящем потоке оставалась еще достаточная скорость для отлёта. Ротороподобные завихрения, которые после 4-5 м/сек подъема, внезапно бросают планер вниз со скоростью 7-8 м/сек - в Альпах не редкость и необходимо от них страховаться соответствующим запасом скорости.

НАВЕТРЕННЫЙ ВИХРЬ ПЕРЕД КРУТЫМИ СКЛОНАМИ.

Такие завихрения часто возникают у подножья особенно крутых склонов или частей склона. Поэтому слишком крутой наклон не всегда благоприятствует развитию восходящего потока, более пологий склон может оказаться эффективнее, так как он менее способствует образованию наветренных, вихрей. Разумеется, типовых случаев здесь нет, так как устойчивость воздушной массы должна играть решающую роль.

Оптическое впечатление, что крутые склоны опаснее, чем более пологие, обманчиво и уже привело ко многим авариям у относительно плавных склонов. Возле крутого склона при нисходящем воздушном потоке возможно гораздо более быстрое бегство в сторону долины, чем возле пологих склонов! Особенную осторожность следует соблюдать у горизонтальных уступов в крутом профиле склона, где легко могут образоваться вредные вихри. Кроме того, у пологих склонов в особенности необходим страховочный запас скорости и запас высоты от склона.

ПОДЪЕМ ПЕРЕД ИЛИ НАД ВЕРШИНОЙ?

При наборе высоты до достижения вершины следует ожидать, что скороподъемность будет выше, если отойти дальше от горы. Поднявшись выше вершины, мы найдем зону наилучшего подъема ещё дальше в наветренную сторону. Но это бывает не всегда - здесь играет решающую роль профиль склона и градиент ветра.

ВАЖЕН ПУТЬ НАБЕГАНИЯ.

Для образования восходящего воздушного потока свободной путь набегания с наветренной стороны перед склоном играет более важную роль, чем высота и угол уклона. Даже высокие крутые склоны не создают хорошего восходящего потока, если перед ними находится другая гора, сильно расстраивающая приближающуюся струю, служащая ей препятствием. Этот эффект встречается удивительно часто и особенно неожидан для равнинного планериста, впервые отважившегося летать в гористой местности. Редко имеет смысл подлетать к склонам, путь набегания которых не свободен. Часто здесь даже направление ветра бывает обратным, и там, где ожидается подъем, возникает усиленный нисходящий поток.

НЕПРИГОДНОСТЬ КОНИЧЕСКИХ ГОР.

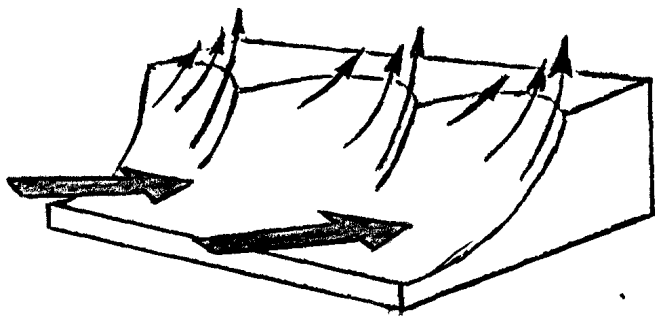
Отдельно стоящая гора достаточной высоты и подходящего наклона вряд ли даст восходящий поток на склоне даже при свободном пути набегания, если воздух большей частью имеет возможность струиться по сторонам вокруг горы. Позади склона эти течения встречаются снова, часто с поднятием по подветренной стороне вдоль склона, причем в высокогорной местности под влиянием снега и льда, а также вследствие уменьшения давления. При подъеме воздух адиабатически настолько охлаждается, что возникают "хвосты" на вершине. Такие горы, как Маттеркорн по своей форме просто предназначены для этого.

ДЛИННЫЕ ГОРНЫЕ ХРЕБТЫ НЕБОЛЬШОЙ ВЫСОТЫ.

Длинные горные хребты небольшой высоты создают устойчивые восходящие потоки, если воздух на них набегает до некоторой степени поперечно. Даже возвышенности менее 50-метровой высоты могут дать нам полезные источники восходящих потоков, если все другие факторы благоприятны. Типичным примером этого являются восходящие потоки на дюнах Россинг, где совершались состязания на дальность полёта.

СОПЛО НА СКЛОНЕ.

Если у нашего горного хребта есть изгиб, как что он образует открытый угол против ветра, то с флангов воздух сначала направится в этот угол, затем с увеличением скорости, а соответственно с лучшим восходящим движением преодолевает препятствие.



Само собой разумеется, что в полете, мы особенно стараемся отыскать такие места. Но часто лучше здесь делать восьмерки, чем летать по всему склону горы. Ещё эффективнее может оказаться спираль, которая постоянно должна вытягиваться против ветра. Однако, эта техника требует даже от опытных пилотов не только совершенного владения планером, но и очень хорошей способности к оценке расстояния до склона, так как планер, обладающий заметным собственным снижением относительно восходящего наклонно потока воздуха, может оказаться в "мышеловке" не имея достаточной высоты и скорости - для беспрепятственного завершения спирали вблизи склона.

Если ветер набегает на горный хребет под углом, то каждая выдающаяся часть склона с наветренной стороны действует как сопло.

МАНЕВРИРОВАНИЕ СКОРОСТЬЮ.

Если не имеет смысла или невозможно оставаться в одном из таких сопел, следует попытаться во время полета у склона медленнее пролетать места лучшего подъёма, чем области умеренных скороподъёмностей. Если даже между местами лучшего подъёма подъем воздуха меньше, чем снижение планера, то маневрирование скоростью поможет решить стоит ли вообще набирать высоту. Развороты при полете на склоне следует выполнять в таких заранее намеченных местах, где лучше подъём или не слишком большое снижение вследствие кратковременного удаления от склона.

НИКОГДА НЕ РАССМАТРИВАТЬ ВОСХОДЯЩИЙ ПОТОК У СКЛОНА ИЗОЛИРОВАННО.

Так как маршрутные полёты в основном происходят неустойчивых воздушных массах с термическими потоками, то, принимая решения в полёте на малой высоте, мы должны учитывать одновременное действие потоков обтекания у склонов и термиков, чтобы получить по возможности реальную картину существующих воздушных потоков. Имеющиеся реальные зоны восходящих потоков представляют собой смесь из столь различных источников энергии. Обычно воздушный поток на склонах возникает под влиянием распределения давления в большом районе, определяющем воздушные потоки, тогда как термик вызван благоприятным распределением температуры воздуха, нагретого от солнечной энергии. Обе причины ведут к появлению восходящих и нисходящих воздушных потоков, которые взаимно усиливаются, ослабляются или компенсируются. Именно искусство оценки взаимодействия этих величин и решает, можем ли ещё найти поток или вынуждены совершить посадку, разумеется, если предположить, что воздух ещё - не совсем неподвижен.

ПАРЕНИЕ В ТЕРМИЧЕСКИХ ПОТОКАХ.

Остановимся сначала вблизи земли. Что содействует образованию термика, где он возникает, что его освобождает, чем определяется его характер? В принципе, по всем летно-тактическим соображениям на небольшой высоте следует ясно представлять, где расположен источник теплого воздуха и где он начинает подниматься (точка освобождения воздуха-термика). Это две различные проблемы, которые мы хотим рассмотреть в отдельности.

ИСТОЧНИКИ ТЕРМИКА.

Под выражением „источник термика" мы понимаем область, в которой воздух изменяется так, что становится легче окружающего его настолько, что он поднимается или по крайней мере мог бы подниматься, если его толкнуть. Иначе говоря, источники термика позволяют приземному воздуху стать подвижным.

ЛЕГЧЕ, КОГДА ТЕПЛЕЕ ИЛИ ВЛАЖНЕЕ.

Естественно, когда воздух теплее, молекулы движутся быстрее и поэтому распределяются в большем пространстве, то есть объём при той же массе увеличивается, удельный вес уменьшается.

Воздух является газовой смесью, которая кроме кислорода, азота, углекислого газа и других газов, содержит также газообразную воду (прозрачные водяные "пары"). Но эти водяные "пары" на 3/8 легче, чем сухой воздух. Поэтому очевидно, что воздух также легче, когда он содержит относительно много невидимых водяных паров.

ПЛОХОЙ ПРОВОДНИК ТЕПЛА.

Воздух - превосходный изолятор тепла, поэтому пуховые перины и шерстяные пуловеры так хорошо нас греют,

воздух очень медленно отдаёт тепло, один раз нагретый воздушный "пузырь" долго остается теплым, если он не смешивается с другим воздухом или не расширяется с уменьшением давления окружающего воздуха тем самым охлаждается. Почва, а не солнце нагревает воздух. В ясные дни солнечные лучи пронизывают воздушную оболочку земли, не нагревая ее заметно. Необходимое для возникновения термика заметное повышение температуры воздуха исходит от земли.

ВОЗНИКНОВЕНИЕ ПОДВИЖНОГО НАЗЕМНОГО ВОЗДУХА.

Существует огромное количество факторов, которые благоприятствуют возникновению теплого приземного воздуха или ослабляют его. Здесь мы укажем несколько важных факторов, так как они существенны для оценки вероятности образования термиков.

СОЛНЕЧНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ.

Проходящие тени облаков прерывают нагревание почвы. Там где только что была довольно долго тень, навряд ли можно ожидать образование термика. Найденный на небольшой высоте очень слабый подъем большей частью прекращается, если над этой областью проходит тень, так как из-за неё прекращается поступление энергии. Только если во время солнечного нагрева объём тёплого воздуха стал довольно большим, тогда собранный запас энергии достаточен, чтобы образовать восходящий поток даже при набегании тени.

ЭКРАНИРОВАНИЕ БОЛЬШОЙ ПЛОЩАДИ.

Затенения вообще мешают, но всё же при широких экранированиях часто возникают ещё вполне пригодные восходящие потоки. Местное затмение, например, собравшиеся вместе кучевые облака, грозовые фронты и др., мешает в своей зоне образованию конвекции, тогда как вне этого затмения термическая деятельность продолжается.

ТУМАН, ПЫЛЬ, ПРОМЫШЛЕННЫЕ ДЫМЫ.

Туман, пыль, промышленные дымки могут, в зависимости от площади, особенно в первой половине дня, сильно подавить конвекцию в своем районе. Так, например, промышленность вокруг Людвигахафена с её грязевым покрывалом при слабоветренной погоде высокого давления разрушает термики нередко в радиусе 20 км. и более.

УГОЛ ПАДЕНИЯ СОЛНЕЧНЫХ ЛУЧЕЙ.

Угол падения солнечных лучей определяет, на какую площадь земной поверхности распределяется одно и то же количество энергии. Он зависит от географической широты, времени года, времени суток и угла наклона обогреваемой площадки. Гористая или холмистая местность вообще лучше пригодна для парящего полета, так как вследствие различного нагрева солнечных и затененных склонов быстрее возникают разности температур, чем в равнинной местности.

ЗАВИСИМОСТЬ ПОВЕРХНОСТНОГО НАГРЕВА ОТ ПОЧВЫ.

Влажные почвы испаряют на своей поверхности воду. Вследствие этого расходуется много тепла на испарение и этим уменьшается прогрев почвы. Влажные почвы быстро проводят тепло вниз, так как вода относительно хороший проводник тепла. Высокая теплоёмкость воды также приводит к тому, что приходящая к ней энергия аккумулируется, не вызывая заметного повышения температуры на поверхности. Зелёные растения испаряют воду подчас в необычно больших количествах: большое лиственное дерево расходует в жаркий, сухой летний день целых три тонны воды! Вообще растения испаряют на влажной почве значительно больше влаги, чем на сухой почве. Чем суше растение, тем лучше нагрев. Хвойный лес по сравнению с лиственным более термически продуктивен, а луговая местность лучше, чем лес и т.д.

ВЕТЕР ЗНАЧИТЕЛЬНО УСИЛИВАЕТ ИСПАРЕНИЕ.

Ветер значительно усиливает испарение растений и почвы. Движением воздуха к почве подводится новый, более сухой воздух. Поэтому испарённая влага (а, следовательно, и тепло) распределяется на более толстый слой воздуха.

Поглощение лучей почвой, очень различно и зависит от её сродств. Часть полученной от излучения энергии почва тотчас же отдаёт обратно, как отражение в длинноволновом (инфракрасном) диапазоне. Чем меньше отражение, тем больше поглощаемая доля, тем больше энергии остается в почве. Для приближенной оценки количества отраженной энергии приводим здесь таблицу потери энергии вследствие отражения. (По Уоллингроку)

Характер поверхности	Отраженное излучение
Различные злаковые насаждения	3 - 1,5 %
Чернозём	8 - 14 %
Влажный песок	10 %
Голая почва	10 - 20 %
Сухой песок	18 %
Различные травяные покровы	14 - 37 %
Сухая вспаханная земля	20 - 25 %
Пустыня	24 - 28 %
Снег и ледовые поверхности	46 - 66 %

Потери энергии от видимой части солнечного излучения больше на светлых и гладких поверхностях.

ВРЕМЯ ПЕРЕДАЧИ ТЕПЛА ОТ ПОЧВЫ ПО ВОЗДУХУ.

При сильном ветре перемешивание воздуха с более высокими слоями усиливается вследствие турбулентности, поэтому почвенное тепло распределяется на более толстый слой. Этим самым почва постоянно охлаждается.

Гораздо реже образуются источники перегретого приземного воздуха при безветрии. По этой причине в штиль возникают редкие и сильные восходящие потоки большого диаметра.

ЗАЩИЩЕННЫЕ ОТ ВЕТРА СЛОИ.

Защищенные от ветра слои удлиняют время нагрева. Так, например, в пшеничных полях температура воздуха между стеблями часто на 2-3°C выше, чем на высоте 0,5 м. над колосьями, в картофельном поле температура на 2-5°C выше, чем на высоте 1 м. над ним (по Уоллингроку). Высокая сухая трава, луг, кустарники, сухие кусты действуют аналогично. Даже дома и кроны деревьев, могут дольше удерживать на месте воздушные пузыри. В полёте иногда может удивить отличный термик на подветренном склоне. Это воздух, который, очевидно, дольше нагревался без воздействия ветра. Горные ложбины вообще очень пригодны для образования подвижных воздушных пузырей. При частом освобождении термика сила отдельных восходящих потоков меньше вследствие быстрого истощения объёма тёплого воздуха. Наоборот, там, где мало освобождающих воздействий (безветрие, равнинная поверхность местности), термики встречаются реже, но они более сильные.

ПОДВИЖНОСТЬ ВОЗДУХА ВСЛЕДСТВИЕ РАЗНОСТИ СОДЕРЖАНИЯ ВЛАГИ.

Особенно высокая влажность воздуха может привести к местным явлениям, например, к восходящим потокам над болотами и мелкими озёрами. Записи при измерительных полётах, показавшие в восходящих потоках более низкую температуру, чем в окружающем воздухе, могут быть объяснены именно этим.

Взаимодействие влажности и температуры нельзя изучить с помощью измерительной техники. Даже сами отдельные параметры не всегда можно определить. Как же можно тогда определить общий эффект воздействий, частично усиливающих и частично ослабляющих друг друга воздействий? Однако для тактики полёта имеет большое значение то, чтобы правильно определить эти воздействия для лучшего понимания встречаемых полей восходящих потоков и этим самым накопления ценного опыта, помогающего оценить возможности термика.

МЫСЛЕННАЯ ПРОГУЛКА.

При полете на небольших высотах можно облегчить оценку возможностей термика, если представить себе, что именно сейчас ты бегаешь вокруг внизу. Так можно быстрее выяснить: где может образоваться тёплый воздух и где не может. Например, мы обожгли бы себе ноги на освещенной солнцем песчаной почве, но тело находилось бы в приятной прохладе. Еще прохладнее было бы в лесу, особенно в лиственном и у ручьев, тогда как картофельное поле и сухие злаковые поля ощущались бы как невыносимо жаркие.

Этот способ с мысленным представлением имеет то преимущество, что помогает понять решающий нижний слой, который при слабом ветре мог бы способствовать образованию термика. Еще одно преимущество состоит в том, что таким способом отчетливее воспринимается влажное тепло, а более влажный воздух может способствовать образованию термика. Недостатком является влияние высоты. Для правильного определения свойств воздуха таким

способом нам следовало бы совершать такую мысленную прогулку в горах на высоте полёта. На то, в каком месте тёплый воздух начнет подниматься над источником или в другом месте, влияют другие факторы.

ГДЕ МЫ НАЙДЕМ ОСВОБОЖДЕННЫЕ ТЕРМИКИ.

Даже очень горячий и очень "лёгкий" наземный воздух может очень долго устойчиво лежать на земле, если не хватает освобождающего импульса. Фред Вейнхольц сравнивал это явление с водяными каплями на влажном потолке, которые долго будут висеть, пока не дотронуться пальцем до потолка в каком-нибудь месте. При этом тотчас же проливается небольшая струйка, которая питается водой, окружающей место прикосновения. Если на земле лежит достаточное количество горячего воздуха, то даже маленькие толчки приводят в действие сильный механизм конвекции тысяч тонн воздуха.

Состязания юниоров 1965 года. Задача дня - 120 км. треугольного маршрута при очень слабых термиках. Я взлетел слишком поздно, потерял очень много времени на 1 поворотном пункте у Штейнау, потому что экранирование почти полностью подавило термики. По радио я слышу, что впереди меня при солнце летят дальше ещё при умеренных скороподъёмностях, тогда как за мною, кажется, уже никого нет. Мне нужно вырваться из зоны экранирования (затенения) на солнце! Края затенения я достигаю на высоте 400 м. Несмотря на благоприятную местность, поля и пашни, потоков нет, солнце только недавно светит в этой области, воздух совершенно неподвижен. Я сообщаю своё местоположение автомобилю, докладываю, где буду совершать посадку и лечу дальше в сторону солнечной зоны. Над ровной однородной местностью, лучше всего пригодной для посадки, курс идет вдоль государственной дороги. На высоте 200 м. воздух впервые становится несколько подвижным. Я описываю мелкие спирали, но могу найти ничего, что оправдало бы эти действия. На высоте 150 м. посадочная площадка давно уже видна, мне становится ясно, что где-то здесь должен развиваться восходящий поток, однако я при моей высоте не смогу его использовать, если не найду точку его освобождения. Местность совершенно плоская и однородная, на высоте 120 м., скорее для успокоения совести, чем в надежде изменить свою судьбу, я делаю небольшой разворот над нагромождением из камней со стержнем посередине. Это триангуляционная точка высотой примерно 3-4 м, И действительно, меня явно поднимает, я начинаю спираль влево, после неё проверяю возможность ухода на посадочную площадку, теряю ещё 10-20 м. высоты, затем при центрировании высота остается постоянной, пока, наконец, не ощущаю подъём. Позднее поток увеличивается до 2 м/сек. Я ощущаю себя получившим подарок и наслаждаюсь возвышающимся чувством, что несмотря на безнадёжность положения, я все-таки спасся.

Такие переживания - не редкость. Я сделал себе привычкой - прежде чем совершить посадку, слетать ко всем вероятным точкам, чтобы не упустить никаких шансов снова набрать высоту. Разумеется, при этом нельзя подвергать опасности уверенность в совершении нормальной посадки.

Во время Германского чемпионата 1969 года в Эрмингхаузене решение отказаться от полёта по спирали на высоте 120 метров над затенённой плоской пашней у гор Низерборка стоило посадки многим пилотам. Я полетел у подножья склона прямо к освещенной выемке ручья с домами и кустами и здесь достиг точки освобождения термика. Многие товарищи по несчастью, летевшие на такой же высоте над пашнями, вынуждены были совершить посадку едва ли не в полукilометре от меня.

В 1971 году в Австралии меня спасла однажды тополияная аллея, к которой я подлетел на время шага спирали раньше, чем другой пилот, летевший за мной на равной высоте. Но этой дополнительной спиралью он потерял несколько метров высоты, так что у него не стало возможности подняться в восходящем потоке.

Во время чемпионата Европы в 1972 году в Данстейбле (Англия) стало обычаем лететь к смежным картофельным полям, которые при равномерно затененном небе и слабом ветре были надежными освободителями термиков. Примеров можно было приводить! сколько угодно. Чем равномернее погода и местность, тем меньший толчок может освободить термик.

ПОИСК ВОСХОДЯЩИХ ПОТОКОВ НА МАЛОЙ ВЫСОТЕ.

При длительных полётах по маршруту мы при поиске восходящих потоков ориентируемся по облакам. Однако если мы находимся на малой высоте, то нас не должны привлекать товарищи, быстро поднимающиеся на большой высоте, так как вблизи земли используемый ими поток, возможно, уже прекратился. Удивительно сильный инстинкт во время соревнований может глубоко обмануть планериста, если на его глазах один из планеристов, лидеров поднимается высоко с хорошей скороподъёмностью. Результаты подчинения такому инстинкту весьма плачевны.

Чтобы самостоятельно, в соответствии с метеобстановкой найти спасительный поток, необходимо не обращая внимания на подобный инстинкт быстро вспомнить всё то, что сказано выше о возникновении и освобождении термиков.

О ПТИЦАХ.

Степной орёл - это только одна из многих хищных птиц, которые имеют отличное чутьё на термики. Имеющийся у них биологический врожденный "вариометр" ещё не объяснен, в настоящее время есть только предположения, что к этому причастно их внутреннее ухо. Однако и другие птицы, такие как аисты, цапли, чайки, ласточки, а в южных

странах коршуны, пеликаны и другие являются отличными "искателями" термиков. Они определяют центр термика в принципе лучше, чем мы со своими метеорологическими знаниями, точнее любых, даже электронных вариометров. Особенно хорошо это делают стрижи, которые стремглав носятся в летнем небе, выписывают всевозможные фигуры в воздухе под карнизом нашего дома. По каким причинам они любят кружиться в термике, пока неизвестно, но где мы их встретим, там можно позабыть о вариометре, так как лучшего восходящего потока поблизости не найти. Если мы встретим парящего орла и рядом кружащихся стрижей, то их поток определенно лучше. От этих искусных летунов можно узнать и еще кое-что. После двух-трёх спиралей сделанных нами в потоке они неожиданно улетают прочь. Это не потому, что они испугались нас, к этому у них нет оснований - они могут летать со скоростью нашего планера, а их подвижность прямо захватывает дух. Было бы интересно знать, какие перегрузки возникают у них во время этих диких маневров. Нет, они меняют положение и летят уже к лучшему термику раньше, чем мы начнем о нем догадываться. И если мы хотим оптимально использовать данные метеоусловия, то мы должны быть такими же подвижными и так же быстро центрироваться, как эти птицы.

Далеко не так хорошо, как птицы, однако лучше всех вариометров помогают найти поток другие планера, кружащиеся рядом. Тот, кто в этом случае ещё много смотрит на вариометр, не только подвергается опасности столкновения, но и теряет шанс увидеть более лучший поток по находящимся рядом планерам. При нулевом показании вариометра бывает выгодно иногда бросать взгляд на высотомер, так как может показаться, что партнер набирал высоту, когда вы находились в разных "потоках", хотя на самом деле тот просто медленнее снижался. После таких "парений" недоумеваете оба: "почему он не последовал сразу же напрямик дальше, когда я войдя в поток, мог в нём "подежурить"?!".

В безветренный день иногда можно увидеть развитие термика по движению волн на хлебном поле. В теплых странах с пересечённым рельефом поднявшийся воздух уносит с собой не только бумагу, но и пыль, которая долго стоит столбом над колеблющимся от нагрева ландшафтом. Пыль, поднимаемая с поля пешеходами и автомобилями, является абсолютно надёжным указателем термика, так как она позволяет нам "увидеть" поток в фазе отделения от земли, то есть в благоприятный начальный момент.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ МЫШЛЕНИЯ ПРИ ПОИСКЕ ПОТОКА НА МАЛОЙ Н(Высоте).

Необходимо начинать размышления с вопроса о силе и направлении ветра у земли. Потом мы должны предположить место образования теплого воздуха (возможно по принципу "мысленной прогулки"). Следующим шагом будет решение вопроса - где нагретые массы воздуха, увлекаемые ветром, смогут отражаться от земли и образовать поднимающийся термический "пузырь"? Вообще, такая оценка вероятности образования термика проще и надежнее при чистом небе, когда солнечному нагреву земли не препятствуют облака. Оправдывает себя в гористых странах полет вдоль вершины горы, так как нагретый воздух здесь под действием ветра скользит по косогору, чтобы оторваться от него на вершине. Если мы ещё не на гребне горы, то все равно надо лететь к вершине, так как почти всегда благоприятный отрыв происходит на гребне вершины. Ниже гребня движущийся термик не вертикален, но поднимается, следуя профилю склона. Особенно при лёгком ветре этот косогорный термик очень част и лететь в нем рекомендуется также, как в чистом потоке обтекания. Если косогор имеет явно выраженный выступ, термик отрывается от косогора еще раньше, чем достигнет вершины. Если косогорный термик смешивается с общим потоком обтекания, то возникает наклонный поток, в котором мы должны вытягивать спирали против ветра, чтобы не очутиться в нисходящем потоке. Это вытягивание особенно важно при слабом подъёме и сильном ветре. В случае парения на малой высоте мы должны принципиально еще внимательнее центрировать поток, чем раньше, так как даже одна спираль при попадании в нисходящий поток может означать, что скоро мы сможем спокойно обдумать свои ошибки на земле. Правда, определено, что восходящий поток на малой высоте сам затягивает планер к центру из-за стекания воздуха к точке освобождения. Однако своеобразие планера может способствовать потере потока при слабых скороподъемностях или при слишком маленьких кренах. Вертикальная составляющая термика в этом случае сходит на ноль из-за собственного снижения планера, в то время как горизонтальная составляющая сносит нас в сторону против ветра. Таким образом, ни когда нельзя полагаться не то планер сам найдёт центр. Тщательнейшее центрирование, совершенство техники пилотирования, наличие компенсированного вариометра являются необходимыми, чтобы использовать все возможности выпарить таких крайних ситуациях.

БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ПОЛЁТА НА МАЛОЙ ВЫСОТЕ.

Само собой разумеется, что хорошее владение планером является важной предпосылкой для безопасности полёта на малой высоте. На малых высотах часто случаются неожиданные перевороты. Начинающие планеристы склонны к тому, чтобы против ветра лететь, слишком быстро, а по ветру слишком медленно, так как земля быстро проносится внизу. Так как скольжение на малой высоте особенно опасно, необходимо наряду о УПС контролировать отсутствие скольжения по нитке, закреплённой на фонаре. Благодаря этому могут быть предотвращены тяжелейшие аварии. Также надо учитывать, что ветер у земли обычно слабее, чем на большой высоте. При всех поисках термика на малой высоте безопасность должна оставаться важнейшей заповедью. На любом этапе полёта, а также и при попадании в нисходящий поток должна обеспечиваться возможность посадки на намеченную площадку.

ВХОД В ВОСХОДЯЩИЙ ПОТОК.

Прежде, чем мы приблизимся к восходящему потоку, мы попадём в зону нисходящего потока. Эту зону нужно пройти сравнительно быстро, в соответствии с показаниями вариометра и калькулятора. Если затем нас неожиданно начнёт поднимать, ни в коем случае нельзя продолжать лететь прямо. При быстром входе в боевой разворот наша энергия ускоренного полета по прямой превратится в высоту, благодаря более крутому подъёму. Незадолго перед максимальной скороподъёмностью планер выводится в горизонтальный полёт в направлении вращения со скоростью, на которой мы собираемся выполнять спираль. Эта вытянутая вверх криволинейная траектория должна уже здесь привести нас в центр потока. Нить скольжения в течение всего маневра должна быть в центре фонаря. Для такого движения нам необходим безукоризненно скомпенсированный вариометр, по показаниям которого можно уже в наборе высоты судить - имеется ли в действительности ожидаемое усиление восходящего потока или на полметра в секунду меньше, так как возможно мы выполняем спираль и слишком слабым потоке или даже снижаемся. Обычно интересует одно: попал наш планер в поток или нет, находясь в поднимающейся воздушной массе. Для того чтобы ни в коем случае не пролететь мимо восходящего потока, нужно лететь со скоростью не более 100 км/час. Если затем планер начинает подниматься, значит, мы попали в поток и можем, наконец, улучшить наше положение и быстро набирать высоту, мы концентрируем наши чувства, регистрируем каждый порыв, летим с небольшими отворотами, слегка двигая ручку управления, приближаясь к месту наиболее сильного подъема. Однако мы не встаем в спираль до тех пор, пока скомпенсированный вариометр не будет показывать более чем 0,3 м/сек набора (благодаря усиленному подъёму за счет избытка скорости на криволинейной траектории). Эту цифру мы выбираем осмысленно для данной обстановки, и если она меньше, то спираль вообще не выполняется. Спираль выполняется в тот момент, когда подъём имеет максимум и уже начал ослабевать (это чувствуется по перегрузке, звуковому вариометру и др.). Но в какую сторону закручивать спираль? Известно, что сам поток имеет закрутку, и было бы выгодно выполнять спираль в направлении противоположном закрутке, при этом центробежные силы меньше и планер вращается ближе к центру потока. Поток имеет значительное вращение только вблизи земли, причем равновероятно в обоих исправлениях (что было определено при исследовании более 100 случаев возникновения термиков). Особым случаем является смерч, однако они, к счастью, встречаются редко. Х.Яэкиш во время конференции по планерному спорту в 1972 году в Берлине на вопрос о закрутке терминов ответил: "Облака пока не крутятся..."

Таким образом, направление вращения в восходящем потоке мы можем выбирать. Этот выбор направления спирали, с которым нам легче набирать высоту, и есть первый элемент центрирования. Те, у кого есть привычное, излюбленное направление спирали, неохотно становятся в другую спираль, этим уменьшают вероятность быстрого достижения высокой скороподъёмности. Если показания вариометра при подходе к месту вероятного расположения потока не поднимаются выше установленного нами значения 0,3 м/сек плюс значение подъема, при котором еще можно набирать высоту спиралью, то мы летим дальше напрямую к следующему восходящему потоку и не будем тратить время даже на единственную спираль.

ЦЕНТРИРОВАНИЕ И НАБОР ВЫСОТЫ В ВОСХОДЯЩЕМ ПОТОКЕ.

Вспомните об орлах или о стрижах, когда эти специалисты по термикам всего лишь на минуту остановились на месте, значит, у них есть для этого определенное основание. Воздух в термике совершенно не однородный, он перемешан с окружающим воздухом в неизвестной пропорции, к тому же в нем имеется множество горизонтальных завихрений, особенно вблизи инверсии и уровней сдвига ветра, которые усложняют полет. Встречаются, конечно, и такие равномерные вертикальные потоки, которые позволяют нам иногда выполнить в наборе от 5 до 10 спиралей без какой-либо корректировки режима набора. Таким образом, центрирование потока не является чем-то таким, что у каждого "аса" получается с самого начала запросто, чтобы затем спокойно ровными спиралями подниматься до самой кромки облаков. Центрирование необходимо в течение всего набора. Прежде всего, мы определяем с помощью нашего ощущения перегрузок, звукового вариометра (по его показаниям не только в данный момент, а по тенденции показаний), летим ли мы в направлении наилучшего подъема. Чувство перегрузок является в этом случае лучшим индикатором, так как оно является наиболее ранней реакцией. Собственно, оно является идеальным "вариометром" со временем запаздывания, равным нулю, то есть безошибочным указателем направления на лучший подъем. На секунды или, может быть, даже на доли секунд, но мы можем установить, что полет в этой области уже происходит с набором высоты.

Удивительно, что несмотря на запаздывание показаний электроники и вариометра никто еще не решился создать Высокочувствительный регистратор перегрузок, который, правда, должен быть скомпенсирован от ускорений за счет движения ручкой управления.

Итак, для этой задачи мы и поныне используем с большим успехом, всегда имеющимся у нас от природы "компьютер". Клетками головного мозга мы можем удовлетворительно переработать еще один довольно сложный вход информации. Направление, в котором возрастает подъем, мы замечаем по темным ориентирам, по виду облаков и положению солнца. Если при дальнейшем вращении уменьшение радиуса спирали приводит к возрастанию скороподъёмности, то это подтверждает наши догадки. Если мы снова выпадаем из этой предпочтительной области, то теперь мы довольно точно знаем величину оптимального угла крена, мы пытаемся сознательно или бессознательно

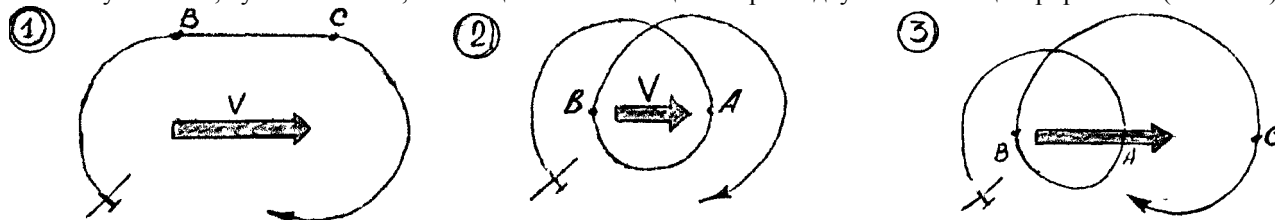
создать наглядную картину потока, подобно некоему рельефу, которым изображает области набора как возвышенности, а зоны спуска как низины и ямы.

ТРИ СПОСОБА ЦЕНТРИРОВАНИЙ.

Если мы выполняем спираль так, что ее ось совпадает с вершиной термика, то это, в принципе прекрасно. Однако вскоре становится необходимо выполнять переход к следующему потоку. Если мы уверены в том, что знаем куда идти, то нам не нужно бояться потерь от крутого маневра и полной перекладки рулей. На 10 секунд раньше мы придем в следующий поток - и подъем в нем на 1м/сек больший, чем в нашем потоке, сделает положение еще лучшим. В принципе, нам должно быть ясно, что центрирование обычным способом вытягивания спиралей (1 способ) имеет малую точность.

Метод Лута: как только подъем ослабел, выполняется особенно крутая полуспираль, пока подъем не будет увеличенным при старом угле крена (2 способ).

Если мы хотим потерять по возможности меньше времени и все-таки расположить спираль поточнее, то имеется, по моему мнению, лучший способ, являющийся комбинацией первых двух способов центрирования (способ 3).



- Слабый установившийся подъем - плоская спираль с креном 15-20°
- плохо используемый поток - крутая спираль с креном 50°
- постоянный установившийся подъем - спираль с креном 25-30°

Подчеркну для верности, что, выполняя спирали по этому правилу, нельзя рассматривать поток как абсолютно хороший или абсолютно плохой.

На рисунке мы видим, что способ (3) позволяет быстрее сместиться в сторону лучшего подъема, если даже на участке большого крена (А-В) выбран не совсем удачный режим. Крен около 45 на этом участке дает наилучшее увеличение скороподъемности.

Правила центрирования нельзя рассматривать как догму, все они имеют свои недостатки, поэтому предлагаемые способы должны модифицироваться применительно к каждому потоку в зависимости от его турбулентности, типа и т.д.

Наша способность ассоциировать термики по "рельефу" по-прежнему имеет безусловное преимущество. Третий способ имеет больше положительных свойств, быстрее приводит к центру потока, особенно если и перед корректировкой крен был уже велик, кроме того, он гарантирует правильное перемещение к центру подъема, если момент начала корректировки был выбран не совсем точно в противоположность способу (1). Этот способ не так требователен к технике пилотирования как способ двукратного чемпиона мира Ганса Хута.

ВЫСОКАЯ ТЕХНИКА ПИЛОТИРОВАНИЯ НА СПИРАЛИ.

Высокая техника пилотирования - это, естественно, важная предпосылка для оптимального набора. Нитка, закрепленная на фонаре - незаменимый по точности инструмент, показывающий малейшее скольжение. Поэтому важно быстро приблизиться к центру восходящего потока. Самая чистейшая спираль не принесет пользы; если она только наполовину расположена в восходящей зоне. Итак: 1 - быстрое центрирование, 2 - высокая техника пилотирования.

КРЕН. СКОРОСТЬ. ДИАМЕТР СПИРАЛИ.

Ввиду того, что наиболее сильный подъем расположен в центре потока, мы стремимся выполнять спираль вокруг центра с минимальным радиусом. Однако это означает повышенные центробежные силы и увеличенное собственное снижение планера. Если восходящий поток имеет явно выраженную центральную часть с повышенной скороподъемностью, то он имеет большой градиент (усиление подъема к середине). В таком потоке выгодно лететь с сильным креном. Если же поток сравнительно равномерный (слабый градиент), то лучше лететь в нем большими спиралями с малым собственным снижением. Для каждого восходящего потока, или, точнее, для каждого градиента восходящего потока имеется оптимальный радиус спирали, зависящий также от типа планера. Эти величины характеризует спиральная поляра планера (зависимость собственного снижения от радиуса спирали). Также важно знать, что каждому радиусу спирали соответствует определенная скорость и угол крена. В большинстве случаев

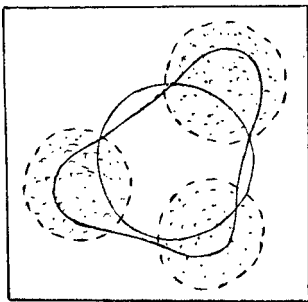
метеобстановки в центральной Европе современные планеры могут лететь оптимально, так как имеют большой диапазон выбора угла крена.

Соответствующая скорость берется на несколько километров в час выше минимальной скорости для данного угла крена, часто бывает, что крен и скорость набора изменяются в одном потоке. Обычно сильный восходящий поток на высоте является более узким, чем у земли

ПОЛЕТ В ВОСХОДЯЩЕМ ПОТОКЕ, НЕ ПОДДАЮЩЕМСЯ ЦЕНТРИРОВАНИЮ.

Пожалуй, половина всех восходящих потоков является достаточно однородными, благодаря чему планер, стоящий в спирали, будет подниматься равномерно. Другая половина качает нас постоянно меняющимся значением скороподъемности. Несмотря на это, в восходящем потоке почти всегда летают спирально, что не каждый раз соответствует полету птиц - парителей, с которых мы берем пример. Для того чтобы лучше использовать зоны подъема в неравномерном термике., мы должны выполнять головокружительные спирали, при возрастающем подъеме тянуться вверх, замедлять планер или круто разворачиваться в зависимости от расположения различных центров подъема. В принципе, для полета по спирали имеется нечто подобное оптимизации, траектории, соответствующее в прямолинейном полете теории Мак-Креди. Для каждого набора имеется такое большое изобилие вариантов режимов полета, что, пожалуй, невозможно найти общую закономерность, все-таки соревнующиеся пилоты должны попытаться "выжать" всёвозможное из своего потока, предполагая, что другие пилоты на равной высоте используют менее эффективные способы маневрирования.

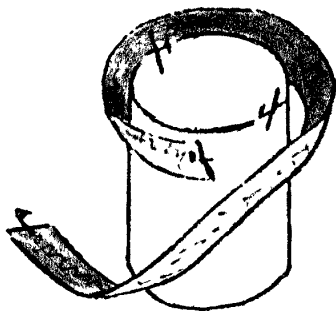
Для неопытных пилотов такое маневрирование не рекомендуется, так как оно предполагает виртуозное владение планером. Даже опытные пилоты в порывистых, неравномерных потоках могут так быстро выходить из одной зоны максимальной скороподъемности и попадать в другую, что они выигрывают в скороподъемности, кружась в равномерной установившейся спирали. Такая техника набора требует хорошей компенсации вариометра, иначе его стрелка быстро перемещается и не может быть использована для выбора режима.



ГРУППОВОЙ ПОЛЕТ В ВОСХОДЯЩЕМ ПОТОКЕ.

Прежде всего, приведу несколько правил, предотвращающих опасное сближение планеров в потоке:

- 1). Управление спирали задает первый, вошедший в поток.
- 2). Планерист, влетающий в поток выше стоящих в нем планеров, должен сделать это, не ставя остальных в затруднительное положение, входить в поток по касательной.
- 3). При центрировании спирали планерист не должен создавать помехи другим.
- 4). Планерист, имеющий большую скороподъемность, должен не мешать при обгоне медленнее поднимающимся планерам.
- 5). Запрещается лететь вплотную друг к другу, так как это, при малых скоростях, не дает возможности разминутся.
- 6). Все пилоты, набирающие высоту в одном потоке, должны знать в каждый момент времени расположение остальных планеров.
- 7). Лететь по возможности так, чтобы не подвергать опасности ни себя, ни других.

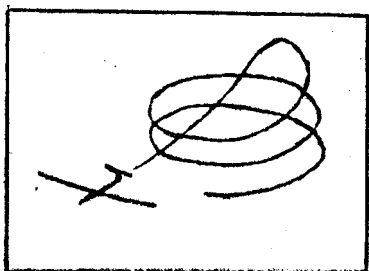


Наблюдение за другими планерами - это не только фактор безопасности, оно помогает в значительной мере увидеть места лучшего подъема. Остальные планеристы точно также стремятся увеличить скороподъемность, располагаются в правильную спираль и, поднимаясь с одинаковой скороподъемностью, исключают опасность столкновения.

ВЫХОД ИЗ ПОТОКА.

Если возникает необходимость покинуть поток, то это делается при скороподъемности, которая равна по величине предполагаемой начальной скороподъемности в следующем потоке. Момент покидания потока обусловлен средней скороподъемностью следующего потока, которую мы должны оценить. И конечно, досадно покидать поток при скороподъемности 1,5 м/сек., если в следующем потоке при скороподъемности 0,5 м/сек. на восстановление потерянной высоты потребуется трехкратное время. Точно так же плохо, хотя психически, менее тяжело, долго набирать высоту при скороподъемности 0,5 м/сек., когда в следующем потоке 1,5 м/сек., эту же высоту можно набрать втрое быстрее. Под мощно-кучевым облаком можно покидать поток, уже достигнув кромки, однако при плоско-кучевых облаках не особенно выгодно подниматься до кромки, так как там скороподъемность уменьшается.

Георг Иоффат, американский чемпион мира 1970 и 1974гг. рекомендует технику польского пилота высокого класса А.Витека, который оставляет восходящий поток типа "башня" через его центр, причем такой способ применяется, если термик с высотой слабеет.

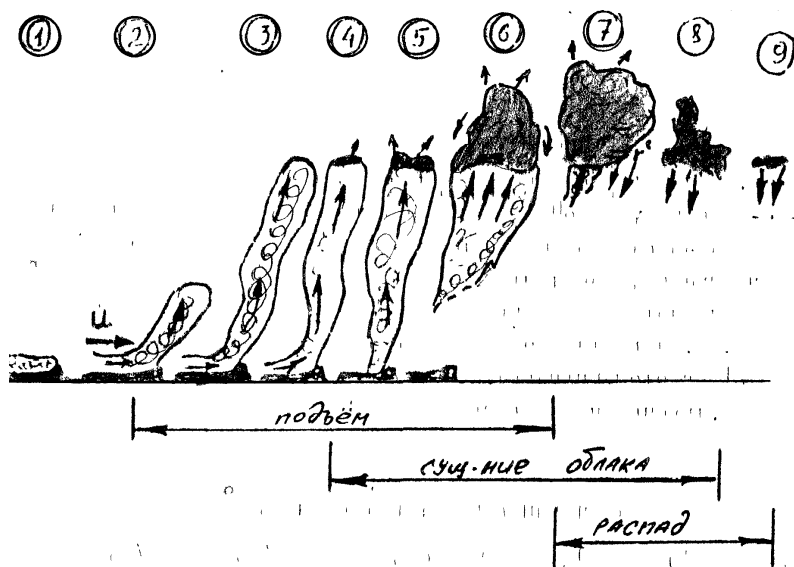


Перед покиданием восходящего потока следует определить цель последующего перехода, чтобы выйти из потока в нужном направлении.

ТЕРМИЧЕСКИЕ ПОТОКИ ПРИ КУЧЕВЫХ ОБЛАКАХ.

Представим себе идеальную "планерную" погоду: 1-2 бала облачности на высоте 1500 метров. Если мы пролетим подряд под всеми облаками, то заметим, что полезный восходящий поток, встретится под каждым третьим облаком. Распределение восходящих потоков по небосводу составляет, таким образом, не 1-2 бала, а 1/2-2/3 бала, что, к сожалению, значительно меньше. Поэтому мы должны научиться различать хорошие и плохие облака по возможности уже издалека, чтобы избегав разочарований и бессмысленной траты времени и высоты. Кроме этого надо помнить, что поток первичен, а облако - вторично, т.е. облака - это всего лишь следствие развития потока. Таким образом, наличие кучевого облака еще не значит, что под ним есть восходящим поток.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАЗВИТИЯ ТЕРМИКА ПРИ КУЧЕВЫХ ОБЛАКАХ



- 1). На земле собирается теплый воздух (как описывалось выше).
- 2). Теплый воздух при подходящих обстоятельствах отделяется от земли и начинает подниматься.

3). Образуется один более или менее вертикальный шлейф восходящего потока. (При малом количестве теплого воздуха у земли связь с землей может оборваться и термик поднимется изолированно как пузырь.)

4). Если вершина потока достигнет уровня конденсации (высота основания других облаков), то здесь образуется белесое пятно водяного пара, которое вскоре становится значительным (через время от 10 сек. до 1 минуты).

5). В отдельных клочках облако начинает свое существование. Эти клочки уплотняются и растут вместе.

6). Облако приобретает плотный, компактный вид с резко очерченными краями. В месте наибольшего подъема оно становится куполообразным и светлым, основание облака темное, это пластическое, словно вылепленное прекрасное чудо является не только верным визуальным ориентиром потока, но также признаком наилучшего развития его.

Как планеристы, мы должны быть эстетам и достичь самого облака в лучшей стадии его развития. Потемнение, особенно явное у основания, говорит о том, что облако здесь не только наиболее сильное, но и наиболее влажное. Это также положительная примета, так как большое влагосодержание, означает то, что поднимающийся от земли воздух в этой части облака еще меньше смешан с окружающим охлажденным воздухом. Из-за конденсации здесь освобождается много тепла, что усиливает поток. Если эта темная область выступает даже в верхней части облака, то это указывает на особенно теплый воздух, который поднялся выше уровня конденсации. Здесь поднимает особенно хорошо, даже лучше, чем ожидается. Однако иногда и нижние части облака, возникающие ниже основания, могут указывать на наиболее сильный подъем. Здесь воздух зачастую насквозь влажный и поэтому легче, чем окружающий воздух термика.

ЧАСТОТА ОБЛАКОВ.

Большое количество кучевых облаков не означает, что в данный момент существует много восходящих потоков. Часто расположенные кучевые облака объясняется чаще всего тем, что важность окружающего воздуха велика и растворение облаков (испарением их воды) значительно затягивается по времени. При таком множестве облаков необходимо обнаружить относительно малое количество молодых, активных облаков, которые обеспечивают надежным поток. Из-за сильного влияния теней приемлемые восходящие потоки могут встречаться очень редко.

ТАКТИКА ПОИСКА ТЕРМИКА ПРИ ХОРОШЕЙ КУЧЕВО-ОБЛАЧНОЙ ПОГОДЕ.

Искусство поиска потоков в этом случае состоит большей частью в правильной оценке стадии развития облаков. Для того чтобы правильно оценить эти стадии, необходимо долгое время наблюдать за развитием облаков, среди которых мы должны выбрать "свое" облако. Эти наблюдения за попутно возникающими различиями между облаками должны быть закончены прежде, чем мы полетим к "своему" облаку. Или другими словами: во время набора в восходящем потоке присматривать следующее облако! При этом нам помогает эффект "повременного" наблюдения, когда мы при разворотах на каждой полной спирали наблюдаем и сравниваем форму облаков в направлении дальнейшего полета. Во время перехода у нас еще есть возможность контролировать наши сравнения и при необходимости направить к другому облаку, которое до этого считали "второсортным". Кто полагает, что ему потребуется такая техника, должен тренироваться именно в выполнении спиралей автоматически, не глядя на приборы. При наблюдении развития кучевого облака мы видим, что восходящий поток исчезает, когда облако еще цело. Если мы, двигаясь от облака к облаку, встречаем в чистом небе значительные термики, то можем смело набирать в них спиралью. Если планер поднимается в некоторой мере хорошо, то мы можем ожидать, что поток усилится, так как его стадия разрушения еще далека. Особенно часто это бывает при короткоживущих кучевых облаках. (Они возникают, когда влажность воздуха мала и температурные слои ограничивают рост облаков). В таких случаях рекомендуется использовать поток в чистом небе, это зачастую вообще более выгодно. Необходимо надежно распознать белесое пятно, так как это почти всегда значит, что нужно лететь туда; еще раньше, чем мы достигаем этого места, там уже возникнет маленькое облако. Газы каждого облака нужно рассматривать более внимательно, так как "сухое" облако можно спутать с конечной фазой разрушения большого облака. Здесь я бы советовал лететь к такому "сомнительному" облаку только тогда, когда вы перед этим достаточно долго наблюдали за ним и убеждены, что облако растет. Тогда, конечно, мы найдем под ним хороший поток. К сожалению, мы не знаем такого правила, по которому можно выбрать наиболее надежное облако. С наибольшей достоверностью мы определяем стадию разрушения облака и поэтому предпочитаем относительно малые облака с явно выраженным основанием. С малой высоты плотность основания видна лучше, и легче определить четкость границ и его потемнение. Если мы находимся на высоте облаков, то о стадии развития облака судим по переднему краю шапки облака. Шапка облака должна быть меньше основания, в противном случае уже наступила стадия разрушения облака. Если рядом с относительно плотным облаком висит еще остаток облака, то это может быть старое облако, которое восстанавливается благодаря новой добавке воздуха из термика. В этом месте обычно все-таки слабый подъем, если нам нужно долго лететь до сомнительного облака, то следует использовать и этот поток, чтобы набрать больше высоты. С большей высоты мы можем лучше оценить расстояние до следующего облака по расстоянию между собственной тенью и тенью облака на земле.

Достигнув поворотного пункта, мы меняем курс и должны, прежде всего, привыкнуть к новому виду облаков, если, например, на первом отрезке облака казались нам при боковом освещении удивительно мощными и монолитными, то после 1-го ППМ мы видим их с теневой стороны как волокнистые серые пятна. В идеальном случае

такую картину можно наблюдать задолго до ППМ, если рассматривать плотные облака, оглаживаясь назад во время спирального набора. При этом можно, например, заметить, как выглядит "двухметровое" облако с этого направления.

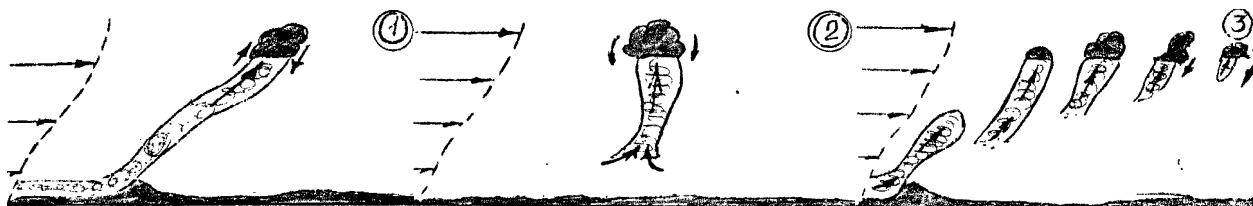
ПОИСК ТЕРМИКА ПОД КРОМКОЙ ОБЛАКОВ.

На высоте основания облаков наиболее сильные подъёмы необходимо искать по наиболее темным местам, которые в большинстве случаев лежат под самой плотной и развитой в высоту частью облаков. Непосредственно в основании мы можем наблюдать, что в местах подъёма кромки скороподъемности выше. Положение солнца также может влиять на место самого сильного подъема, так как оно подогревает облака с одной, стороны, важным является профиль ветра на высоте облаков (к сожалению, чаще всего нам неизвестный). Он сдвигает лучший подъём. Если взять, к примеру, ветер на высоте облаков, то наилучший подъём будет с наветренной стороны, особенно если она ещё освещена солнцем.

Если мы один раз определили, в какой стороне от центра облака расположено место наилучшего подъёма, то можно принимать, что это имеет место почти у всех облаков и в этот день можно искать поток всегда с этой стороны облака.

ПОИСК ТЕРМИКА НА СРЕДНИХ ВЫСОТАХ.

Чем выше мы летим, тем увереннее можно руководствоваться формой облаков при поиске потоков. Если же мы значительно снизились, то ни в коем случае нельзя забывать тот факт, что самые активные облака на несколько сот метров ниже основания иногда могут уже не иметь никакого восходящего потока, так как облако может питаться уже от другого источника. У некоторых "перезрелых" по виду облаков это особенно заметно. Если ветра нет, то мы можем ожидать, что восходящий поток стоит вертикально под тем облаком, которое он породил. Иногда, благодаря этому, возможно, обнаружить на земле место образования термика и этим определить весь поток. Чем меньше высота полёта, тем больше значение мы должны придавать наблюдению за землей. При ветре значительно сложнее попасть в часто изгибаемый ветром шлейф восходящего потока. Ветер по-разному влияет на поднимающийся вверх термик. Можно рассмотреть три часто встречаемых случая:



1). Если на земле образовалось постоянное место больших объемов теплого воздуха, то поднимающийся теплый воздух передвигается с ветром. Таким образом, мы видим, что при ветре термик, происходящий из постоянного источника на земле, поднимается наклонно. Наклон такого термика может быть неодинаков на различных высотах. Для каждого профиля ветра свои наклоны термика. На форму восходящего потока влияет скорость ветра и его направление, их изменение с высотой, значение скороподъемности воздуха в потоке. На высоте, где скороподъемность термика выше, его наклон меньше. Если вершина термика уже достигла облака, то мы можем попробовать снова определить место источника на земле, чтобы лучше оценить его. При сильном ветре и турбулентности это удастся редко. Если, однако, нам повезло, и мы сумели определить место источника потока (по дыму, пыли или другим планерам, поднимающимся на разных высотах), то можно считать, что мы нашли величину скоса потока на сегодняшний день. На всех участках земли, имеющих обширные области нагрева, обычно имеются такие наклоненные восходящие потоки.

2). Если ветер сильный и местность ровная, то нижние турбулентные слои сами освобождают термик без связи с каким-либо постоянным местом земной поверхности. Такой термик стоит, затем сравнительно вертикально и передвигается вместе с ветром над землей до тех пор, пока не истощатся неустойчивые воздушные массы из турбулентных приземных слоев. В этом случае восходящий поток мы можем найти почти вертикально под облаком, несмотря на ветер. В таком потоке мы набираем высоту почти как при безветрии.

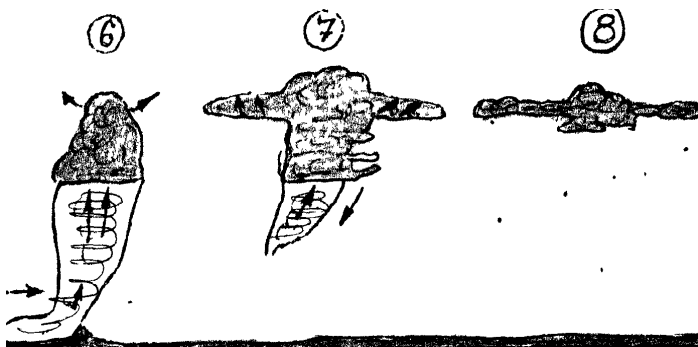
3). Следующее предположение - это то, когда восходящий поток, питаясь от постоянного источника, дает пульсирующие порции теплого воздуха, причем каждая отдельная порция восходящего воздуха отделяется от земли и движется вместе с ветром как изолированно поднимающийся пузырь, подобно случаю 2). При этом развивается ряд восходящих потоков в плоскости ветра.

Эти три различных формы термика при различных состояниях погоды могут превращаться друг в друга. Трудно определить в каком месте, какая форма термика. Больше возможностей найти потерянный термик имеется в том случае, когда ищем его в плоскости ветра, проходящей через облако.

РАЗВИТИЕ КУЧЕВОГО ОБЛАКА ПРИ ВЛАЖНОМ ОКРУЖАЮЩЕМ ВОЗДУХЕ

Начало развития кучевого облака в таком случае соответствует фазам 1 - 6 развития облака в обычных условиях. Если на высоте образования облаков находится слой влажного воздуха, то достаточно конденсации поднимающегося термика, как происходит цепная реакция: воздух, окружающий поднимающийся поток, сталкивается с ним, конденсируется, становится из-за выделившегося при этом тепла неустойчивым и часть его поднимается, продолжая конденсироваться. Кучевое облако растет в ширину, толкая при этом соседей, которые тоже конденсируются, поднимаются и т.д.

Часто такие слои высокой влажности связаны с температурной инверсией, благодаря которой сюда проникают только самые теплые воздушные массы термика. В большинстве случаев такие облака приплюснуты сверху, они растекаются по сторонам и образуют обширные горизонтальные области, типичные для инверсионных слоев

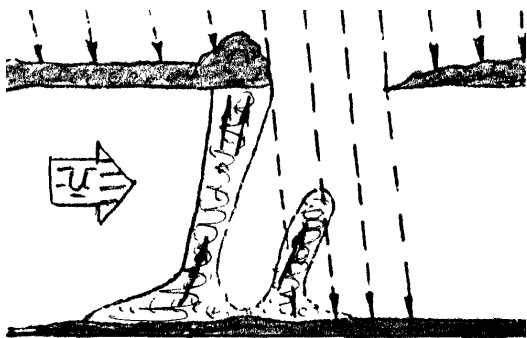


Такое растекшееся облако своим экранированием может часами препятствовать образованию новых термиков. В конце концов, оно снова растворяется, так как подогрывается солнцем, разрушается турбулентностью или попросту уносится ветром.

ТАКТИКА ПОЛЕТА ПРИ СЛОИСТО-КУЧЕВЫХ ОБЛАКАХ.

Поля растекания кучевых облаков могут в течение полета по маршруту увеличиться так сильно, что они срастаются, оставляя лишь небольшую площадь просветов, через которые проникает солнечное излучение. Если нам повезло и мы еще - не сели на площадку, то можно применить такую тактику: мы летим не к облакам, а к солнцу, оценивая, где оно грело землю дольше всего, и ищем там восходящий поток, прежде всего в наветренной стороне края просветов в облаках. Иногда это сам край, который еще термически развивается. Под слоем таких облаков имеет смысл искать поток в том месте, где наиболее темная нижняя кромка облаков.

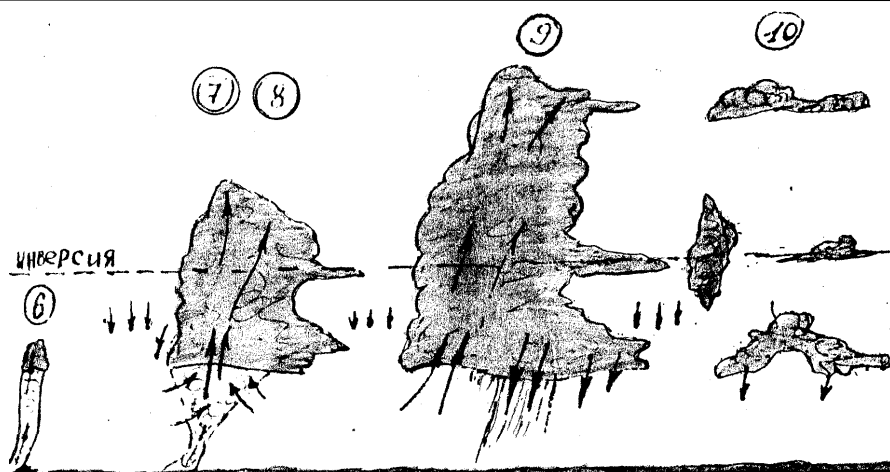
На рисунке показано положение термика при сплошной размытой облачности.



РАЗВИТИЕ МОЩНО - КУЧЕВЫХ ОБЛАКОВ.

Развитие таких облаков начинается точно так же, как кучевых облаков хорошей погоды, фазы с 1 по 6 совпадают,

7). Если резерв теплого воздуха еще не исчерпан, то облако продолжает расти дальше. Оно, однако, может расти и по другим причинам, например, если окружающий воздух на высоте облаков холоднее, чем поднимающийся воздух термика. Если частично перемешивающийся окружающий воздух также конденсируется, он, благодаря этому, становится неустойчивым и поднимается, термик получает дополнительную энергию, восходящий поток развивается дальше независимо от земли, питаясь за счет воздуха на большой высоте.



8). На месте воздуха, забранного облаком, развивается сильное разрежение, в которое устремляется воздух со всех сторон. Другие восходящие потоки, развивающиеся рядом, вливаются в поток большого облака и питают этот суммарный восходящий поток, который становится сильнее и обширнее. В непосредственной близости от облака возникает сильный нисходящий поток, захватывающий часть облака, которая постепенно разрушается и исчезает. На большом удалении от этого облака существует значительное опускание воздуха, соответственно массе поднявшегося воздуха. Это ведет к тому, что вокруг большого облака воздух из-за адиабатического движения вниз стабилизируется, и в этом районе редко возникают другие потоки. Это подавление становится особенно заметным в полдень, когда слишком сильное термическое развитие над гористой местностью вызывает понижение термической активности над плоской местностью. Чем мощнее само облако, тем сложнее оно по конструкции. Оно может иметь одну или больше струй подъема рядом с большим районом нисходящего воздуха. Отдельные части такого облака могут находиться на различных стадиях развития.

9). Если облако развивается выше нулевой изотермы, то может образоваться ливень. От мощности облака, силы восходящего потока и внутренней структуры облака зависит, возникнет ли теплый дождь, крупный, тяжелый ливень или даже град. Сильный дождь или град, падая вниз, увлекают за собой слои воздуха, под облаком образуется сильный нисходящий поток.

Во время мирового чемпионата 1972 года я получил двойное удовольствие, пережив экстремальный пример: после четырех упражнений я находился в довольно-таки незавидном положении и видел свое спасение в том, чтобы, затянув время старта, быстро набрать высоту в одном из развивающихся кучево-дождевых облаков и затем быстро догнать ранее вылетевших конкурентов. Первая такая попытка окончилась неудачно, я несвоевременно подошел к облаку и попал в нисходящий поток. Второй раз я взлетел значительно позже, кругом уже была гроза. Я отцепился на высоте 600 м. перед краем облака; подъем - 8м/сек.! Прежде, чем буксировщик успел приземлиться, я был уже на высоте 1100 метров перед линией старта. Снижаюсь на 100м., скорость 180 км/час., перед стартовой линией снова попадаю в подъем. Чтобы не получить штрафа, я должен оставаться ниже 1000 метров! Выпускаю шасси, увеличиваю скорость: 200, 240км/час! Прочно держу ручку управления двумя руками. После пересечения стартовой линии, выхожу из пикирования, высота 1150м.! Тотчас разворачиваюсь, возвращаюсь в поток - снова 8 м/сек, совершенно устойчивый набор. Я снова в хорошем настроении, пожалуй, даже счастлив, включены указатель поворота и скольжения, авиагоризонт, я на высоте 1700 метров, непосредственно под самой кромкой облака вдруг начинается неожиданный спуск. Через половину спирали на вариометре вместо 8 м/сек. подъема 10м/сек. падения!.. Планер как будто падает в невесомости. Стрелка высотомера вращается вниз. И не могу понять, почему так сильно снижает, пробую выйти из этой зоны. Однако ничего больше не остается, как приземлиться через 11 минут после взлета, причем снова на аэродром.

10). Постепенно очаг разрушения увеличивается, облако распадается на части. Такие остатки облака ещё долго остаются висеть в зоне слабой инверсии или на высотах, где АДК показывает высокую влажность. Они часами могут закрывать землю от солнечного излучения. Таких районов необходимо избегать, и, хотя здесь ничего плохого не заметно, можно угодить в сильный нисходящий поток или, в лучшем случае, не встретить никаких движения воздуха.

ТАКТИКА ПОИСКА ПОТОКА ПРИ МОЩНО-КУЧЕВЫХ ОБЛАКАХ.

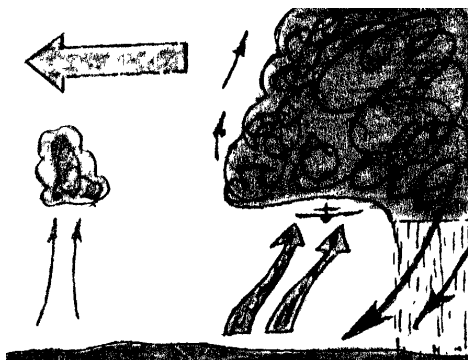
Состояние погоды, характеризуемое благодаря большим кучевым облакам сильными восходящими потоками, всегда приносит с собой опасности чрезмерного развития, ливня и затенения больших областей. Правильная оценка стадии развития различных облаков необходима не только для достижения высокой скорости на маршруте, а часто для решения задачи наибольшей важности - пройти маршрут. Планирование пути мимо зон осадков к следующему восходящему потоку, даже большой обходной путь иногда определяет успех. Такая оценка состояния погоды является летно-тактической задачей первой степени. В течение всего полета необходимо постоянно думать, выбирать, находить альтернативные решения

КУЧЕВО-ДОЖДЕВЫЕ ОБЛАКА (ТЕПЛОВАЯ ГРОЗА)

Если воздушная масса неустойчива до больших высот, то это приводит к образованию тепловой грозы. Этой атмосферной стихии уступает дорогу весь воздушный флот, даже бомбардировщики и истребители летят в обход воздушных масс, содержащих такие явления. Наряду с ураганными восходящими потоками здесь имеется непрерывная болтанка, град, молнии и осадки, ограничивающие видимость под облаком до 100 метров. Нижняя граница облаков в этих районах может быть от 1000 метров и менее, практически до земли, сравнительно низкие возвышенности бывают укутаны туманом облаков. Большое горизонтальное распространение грозы от своего центра практически исключает возможность с высоты нижней границы облаков в планирующем режиме дойти до ближайших восходящих потоков. Поэтому тепловая гроза не представляет интереса для парящих полетов. Она образует исключительно опасное препятствие, которое следует облетать на безопасном удалении, так как термики вокруг подавлены.

ДОЖДЕВОЙ ФРОНТ. (ФРОНТАЛЬНАЯ ГРОЗА)

Часто дождь и непогода имеют тенденцию выстраиваться в одну линию перпендикулярно направлению ветра. В этих случаях внешнее проявление такой грозы подобно хорошо развитому "классическому" холодному фронту. Размереннодвигающийся дождевой фронт редко может быть помечен на картах погоды из-за малой пространственной протяженности и с летной точки зрения рассматривается как грозовой фронт. На его неустойчивой стороне можно ожидать встречи с равномерными, сильными потоками, которые значительно поднимают высоту основания облаков. Если лететь на уровне облаков против ветра вдоль фронтальной грозы, можно иногда встретить восходящий поток в стороне от облака, и набрать в нем высоту выше нижней границы облаков. Однако высокой средней скорости можно достичь только, если идти вплотную под неустойчивой стороной кромки облаков вдоль фронта восходящего потока.

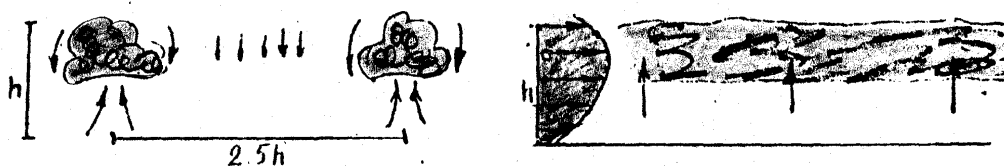


Параллельно в нескольких метрах находится значительный уступ облачности вниз, под которым всегда сильный нисходящий поток, связанный с сильным дождем или градом. Вблизи земли такой фронт грозы вызывает полосу турбулентности. Непосредственно перед этой полосой можно еще найти равномерный устойчивый восходящий поток даже на малой высоте. Если нам посчастливилось подняться выше кромки облаков в стороне от облака, нашим глазам предстанет могучий клокочущий котел конвекции, дикая игра природы, принадлежащая к тем непередаваемым впечатлениям, которые приносит планеризм. Ветер при достижении линии турбулентности закручивается (в северном полушарии вправо) и усиливается подобно ударной волне. Неожиданно выпадающий дождь или град за несколько секунд сводит видимость к минимуму. При таких условиях безопасная посадка становится для пилота как самый сложный цирковой трюк, "смертельный номер". Пилот и планер подвергаются здесь высочайшей опасности. Опыт, накопленный известными планеристами еще в предвоенное время тяжелыми последствиями таких посадок, должен быть для вас достаточным основанием, чтобы не экспериментировать легкомысленно с могучими силами природы. Все полетные решения вы должны прежде достаточно обдумать. Если фронтальная гроза захватила нас неожиданно, то необходимо использовать оставшийся запас высоты для того, чтобы в создавшейся, пока еще безопасной обстановке произвести посадку до наступления грозы. Оставшееся время обычно используется для крепления планера на земле, чтобы обезопасить его от повреждения при прохождении линии турбулентности. Если фронтальная гроза лежит поперек нашего маршрута, то продолжать полет - бессмысленный риск, так как после прохождения этой грозы мы не встретим восходящих потоков, по крайней мере, в пределах максимальной дальности планирования.

ГРЯДЫ ВОСХОДЯЩИХ ПОТОКОВ, ГРЯДЫ ТЕРМИКОВ.

Во время штиля восходящие потоки над ровной однородной местностью распределяются более или менее регулярно со средним расстоянием между потоками, составляющим 2,5 высоты конвективного слоя (по теории). При наличии ветра термики склонны образовывать ряды. Это происходит, прежде всего, оттого, что определенные источники постоянно порождают термики, следующие друг за другом в направлении ветра. Если профиль ветра имеет максимум внутри слоя конвекции, т.е. скорость ветра по мере роста высоты выше половины верхней границы облаков снова

уменьшается, то устанавливается под действием сил Кориолиса стабильная система течения воздуха, ведущая к образованию гряд. Расстояние между грядами при этом составляет в среднем так же $2,5$ высоты конвективного слоя.



Возможность дальнего полета, обусловленная грядами, идеально образуется при следующих обстоятельствах:

- Конвекция ограничена сверху, благодаря изотермическому или инверсионному слою.
- Профиль скорости ветра имеет максимум внутри конвективного слоя.
- Подстилающая местность почти не оказывает или оказывает малое влияние на распределение термиков. При этом не должно быть чрезмерного развития облаков. Гряды термиков могут образовываться и в безоблачном, чистом небе.

ТАКТИКА ПОЛЕТА ПРИ ГРЯДАХ ВОСХОДЯЩИХ ПОТОКОВ.

Если по небосводу тянутся кажущиеся бесконечными гряды облаков - это подарок для планериста. Такое состояние погоды является идеальным для полетов на открытую дальность, в цель, и, если ветер не очень сильный, до цели с возвращением.

Полет выполняется с такой установкой кругового калькулятора скорости, которая обеспечивает высокую скорость, находясь под самым основанием облаков, едва не входя в них. Под нами проплывает яркий ландшафт, воздух при таком состоянии погоды очень прозрачный, видимость отличная, полет проходит приятно и без особых трудностей.

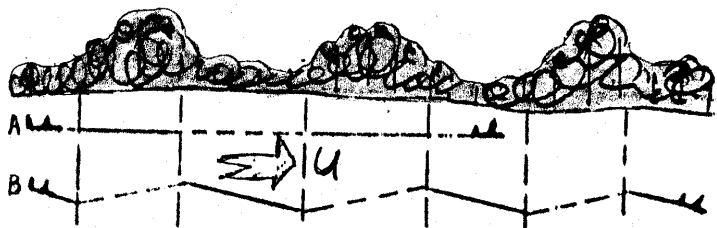
Подобное состояние погоды, характеризующее наиболее закономерным распределением восходящих потоков, позволяет математически точно рассчитать оптимальное направление полета для различных значений скороподъемности под грядами облаков. Насколько важны результаты таких теоретических расчетов для полета с использованием гряд, можно заключить из сказанного ниже. Подробное рассмотрение способа полета стилем "дельфин", используемого при грядах потоков, изложено в первой и второй частях книги в разделах "Оптимальная траектория полета".

ПОЛЕТ ВДОЛЬ ГРЯДЫ ВОСХОДЯЩИХ ПОТОКОВ.

Прежде всего, важное замечание о целесообразности полета под самой кромкой облаков, встречая исключительно сильные подъемы, пилотам приходится отдавать от себя ручку, чтобы не войти в облака. Только в редких случаях они ясно видят, что поступали неправильно, выполняя полет все время под самым основанием облаков и теряя при этом большую часть скороподъемности. Следовательно, при погоде с грядами облаков лучше лететь все же на таком удалении от облаков, чтобы иметь возможность выдерживать скорость по калькулятору или даже останавливаться для набора высоты спирально в чрезмерно сильных восходящих потоках. Полет вдоль ряда восходящих потоков или даже в непрерывном восходящем потоке с возрастающей скороподъемностью обычно описывается под заголовком:

"Полет стилем "ДЕЛЬФИН". Что под этим следует понимать, обычно не указывается. Поэтому дадим, прежде всего, определение полету стилем "дельфин".

Полет "дельфином" - это часть полета на переходе при полете на дальность по теории оптимальной скорости, известной под названием "Мак-Креди", причем постоянно развиваемой и совершенствуемой. Поэтому полет "дельфином" с его участками подъёмов и спусков есть не что иное, как классический полет на переходе, и нет необходимости разделять теорию Мак-Креди и теорию полета "дельфином". Фактически теория оптимальной траектории содержит не только классический полет на дальность, при котором в восходящем потоке набирают высоту спирально, но и прямой полет "дельфином" без единой спирали.



Для полета под грядами эта теория предполагает использование обоих способов. Ниже приводится математическое обоснование того, какой из способов оптимальный в различных случаях, т.е. когда нужно останавливаться для набора спирально, а когда - нет. Положение калькулятора при этом никогда не выбирается в соответствии со

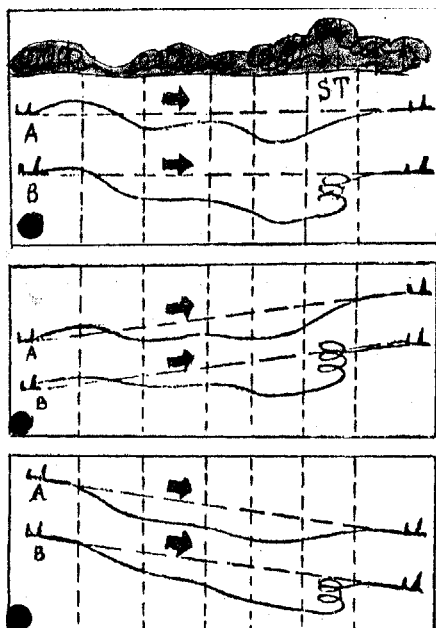
скороподъемностью того или иного участка полета. Наиболее точным будет, пожалуй, такой полет, который ведет быстрее всего к цели. Этой целью чаще всего бывает конец гряды, куда планер должен прийти на максимальной высоте. Таким образом, желаемая траектория проходит горизонтально или с набором высоты, в особых случаях траектория конца полета под грядой может быть направлена вниз. При полете "дельфином" с положением калькулятора, соответствующем среднему набору, лучше иметь дефицит высоты. Недостающая высота должна быть набрана спирально в наиболее сильных центрах подъема гряды. Прохождение таких центров с отрицательной установкой калькулятора, очевидно, будет нецелесообразно. Если же дефицит высоты получается недостаточным, положение калькулятора поднимается, пока не достигается желаемая траектория полета при высокой скорости. В этом случае положение калькулятора выше, чем при классическом полете. Если трудно найти оптимальное положение калькулятора в тех случаях, когда трудно оценить "профиль" подъема гряды, мы должны применять свои знания о тенденциях изменения скороподъемности гряды: "Останавливаться или нет для набора высоты спирально!"

Имеет смысл останавливаться для набора высоты спирально, если:

- мы находимся еще далеко от нижнего края облаков,
 - подъем в данном месте лучше, чем подъем под грядой в целом,
 - гряда облаков скоро закончится,
 - центры подъема настолько узки, что прямолинейный полет в них не позволит достичь оптимальной траектории.
- Такая опытная (практическая) соразмерность является целесообразной, если она делает возможным приход к окончанию гряды на максимальной высоте, так как обычно гряды оканчиваются в области, где отсутствуют термические потоки. Чтобы преодолеть это пространство в планирующем полете, нам и требуется большой запас высоты.

ОПТИМАЛЬНЫЙ ПОЛЕТ ВДОЛЬ ГРЯДЫ ВОСХОДЯЩИХ ПОТОКОВ.

Случай I. Желаемая траектория полета расположена горизонтально.



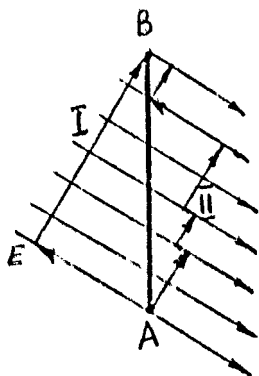
Пилот А устанавливает свой калькулятор на значение спирального подъема (ST) или даже выше и проходит весь путь "дельфином", в целом горизонтально. Пилот В, планер которого имеет меньшее качество планирования, также летит с положением калькулятора ST, теряет при этом часть высоты, которую восстанавливает спиральным набором в потоке ST. Оба пилота летят оптимально, т.е. с их планерами при данных обстоятельствах нельзя получить большее. Это имеет место и в случаях 2 и 3.

Случай 2. Желаемая траектория полета лежит с подъемом (2). Планер пилота А выполняет полет по такой траектории с положением калькулятора ST. Планер пилота В после долгого прямолинейного полета имеет дефицит высоты, которую добирает спиралью в потоке ST. Случай 3. Желаемая траектория полета идет вниз. Пилот А достигает расчетной высоты с положением калькулятора выше ST, в то время как пилот В с таким же успехом устраняет дефицит высоты спиральным набором в центре максимального подъема.

ПОЛЕТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГРЯД, КОГДА ИХ НАПРАВЛЕНИЕ ЛЕЖИТ ПОД УГЛОМ К ЛИНИИ ПУТИ.

Если предположить, что мы можем оценить отношение средней скорости, которую мы можем достичь с использованием гряд, к скорости при полете строго по курсу, то можно произвести оптимизирующие расчеты для различных углов гряд к линии пути и скоростей ветра. Такие расчеты впоследствии покажут нам точно, при каких углах и как далеко имеет смысл лететь вдоль гряды и где необходимо её оставить.

Если линия пути неоднократно пересекается грядами, то пилоту, естественно, предоставляется выбор - долго лететь под грядой и затем оставить ее с оптимальным курсом, или совершать короткие перелеты под грядами, чтобы по мере необходимости переходить от гряды к гряде всегда с одинаковым оптимальным курсом.

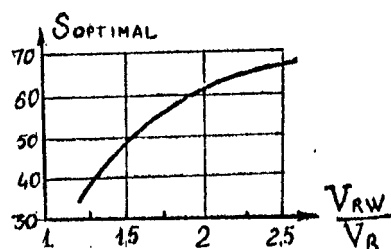


Этой проблемой занимались Г.Киффмеджер (путем пробных расчетов без учета ветра), К.Ахринс. и А.Вийнер (математические выводы, прежде всего без учета влияния ветра), и в 1973 году снова К.Ахринс и П.Сэнд, которые нашли окончательные математически точные закономерности с учетом ветра. Результаты их работы здесь изложены кратко:

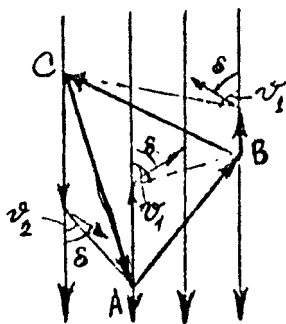
выгодно долго лететь вдоль гряды, если:

- гряда мало отклоняется от курса,
- гряда лежит по направлению ветра более сильного.
- средняя воздушная скорость под грядой по отношению, к средней скорости, возможной на других курсах, значительно больше.

ТОЧНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ УГЛОВ.



На рисунке угол $V1$, - оптимальный угол покидания гряды. Он не зависит от угла гряды к линии заданного пути, пока на планер действует встречная составляющая ветра. Величина этого угла зависит от отношения средней путевой скорости планера без использования гряд к средней путевой скорости с использованием гряд, т.е. от погоды и типа планера, но не от магнитного путевого угла (направления полета). Для попутного ветра (по рисунку на участке СА) также определяется постоянный угол $V2$ покидания гряды. Этот угол с учетом сноса планера ($\delta 1$) - т.е. угол между направлением гряды и осью планера при покидании гряды - зависит от соотношения средних воздушных скоростей с использованием и без использования гряд.



ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ УГЛОВ В ПОЛЁТЕ.

Если мы хорошо представляем тенденцию изменения набора под грядой, то можем отклоняться до $45-60^\circ$ от линии пути вдоль хорошей гряды облаков. При этом более важным является не обеспечение одинакового оптимально рассчитанного угла оставления гряды (δ_1), а покидание гряды с высокой скоростью на максимальной высоте, Соответственно так же и последние 100м перед новой грядой облаков следует лететь на скорости, соответствующей оптимальной для данной гряды. Под грядой следует идти до тех пор, пока угол полета на следующую цель (поворотный пункт, следующую грядку или аэродром) не будет оптимальным.

Если следующая гряда расположена так, что мы должны покинуть нашу грядку с большим углом, то летим сначала даже не вдоль гряды.

Слишком педантичных планеристов я мог бы предупредить: кто слишком уж точно рассчитывает с помощью счетной линейки расстояние, углы, курсы и т.д. во время полета, может с большой вероятностью не заметить случайного восходящего потока. Метеорологические условия никогда не могут быть типичными, а для повышения средней скорости надо использовать все встречающиеся восходящие потоки и все-таки интересно знать порядок величины выигрыша при оптимальном использовании гряд по сравнению с полетом классическим стилем строго по линии пути.

Пример.

При использовании гряд, стоящих к линии пути под углом 30° , можно достичь средней скорости до 140км/час, в то время как обычный полет по линии заданного пути даст скорость только 80км/час. Скорость ветра в этом примере равна 32км/час вдоль гряд против направления полета. Полет будет оптимальным, если мы оставляем гряды с углом 55° (δ_1). Выигрыш времени при этом составит 26%.

ПОЛЕТ ЧЕРЕЗ БЕЗОБЛАЧНЫЙ РАЙОН

18.05.1971г. Германский чемпионат в Бикебурге. Задача дня: 234 км треугольный маршрут Ганноверш-Мюнден-Краинзен.

Мы летим сначала при слабом, потом улучшающемся развитии облаков, термики становятся все шире. За 50 км до финиша достигаем крошки облаков на высоте 1200м со скороподъемностью 2м/сек. Впереди еще одно-два темных облака, а дальше в сторону цели - чистое небо! Только значительно в стороне от линии пути стоят ещё два маленьких клочка. Я решаю лететь в обход этого района, за мной еще 5-6 планеристов. Большинство других летит напрямую, планируя в безоблачном пространстве с постоянным снижением. Под последним слабым облаком мы упорно боремся на высоте 1000м. и слушаем по радио, как "вопят" и жалуются остальные. Однако у нас дела не лучше, остатки облаков растаяли, затем образовалась еще парочка перегревшихся клочков тумана, однако скверным образом только на высоте 600м., что над возвышенностью для нас означает 400м. высоты. Когда даже орел улетел от нас, махая крыльями, мы услышали по радио, что пара наших коллег, которые, по-видимому, без всякой надежды полетели в чистое небо, снова поднимаются. Мы боремся до конца и, наконец, приземляемся в 15 км от финиша. Некоторые летят еще, упорно набирая в слабых потоках обтекания и термиках. На южной стороне возвышенности ветер создавал потоки, используя которые ещё можно было дойти до финиша.

Естественно, этими приключениями мы удручили метеорологов. Их прогноз не оправдался, термики неожиданно уменьшились. Ветер повернул на север и высота конвекции уменьшилась. Нашей ошибкой было решение лететь над горами, вследствие чего у нас осталось меньше свободы действий. Другие планеристы, полетевшие прямо, имели не только большую высоту над землей, но также нашли на южном склоне Везенталя потоки обтекания и отрывы теплого воздуха со склонов. Эта "маленькая" разница стоила мне 142 дорогих очков в упражнении.

То, о чем здесь сказано, является типичным для долго поступающего холодного воздуха. Такую смену погоды хорошо заметно по усилению ветра у земли. В большинстве случаев также изменяются направление ветра и вид облаков.

ЗАТОК ХОЛОДНОГО ВОЗДУХА

Очень часто такие процессы разыгрываются вблизи морского берега, когда заток холодного морского воздуха за день приводит к подавлению термиков за 50 км и более. Иногда граница между морским и континентальным воздухом хорошо заметна по отсутствию облаков, резкому ухудшению видимости и усилению ветра.



При безоблачных термиках очень трудно сразу заметить наползающий снизу воздух, неожиданно пересекающий термики. Однако предпосылки для образования такой облачной "дыры" могут быть и безобидными. Если облачность и перед этим была редкой, это значит, что здесь просто мала влажность для образования облаков, восходящие потоки обычно хорошие. Возможно также, что земной воздух теплее и поэтому больше не конденсируется.

Однако может быть и так, что температура земли слишком мала из-за медленного прогрева болота, влажной местности, чтобы образовать термик, и воздух находится без движения, термически "мертв". Если такой район настолько велик, что мы не можем пересечь его на максимальном качестве, то ищем возможность обойти этот опасный район, и чем раньше примем решение, тем лучше. Раньше пойти в обход - это значит еще на значительном удалении от опасной зоны сделать меньше угловое отклонение от линии пути, чем сильно отклониться при подходе вплотную к этому району. Этим намного уменьшается удлинение пути. Если обход невозможен или окружной путь был бы слишком велик, то следует осторожно войти в безоблачную область и искать возможные места освобождения термиков. Если обнаруживается хоть один термик, значит можно встретить еще, чтобы лететь дальше в безоблачном небе.

ИНДУСТРИАЛЬНЫЕ ТЕРМИКИ.

Большое количество загрязняющих промышленных источников дыма из труб химических заводов, сталеплавильных предприятия и т.п. производств наряду с их вредным для здоровья действием уменьшает видимость, препятствуя прохождению солнечных лучей, а в месте с тем и образованию термиков в своих окрестностях, особенно при слабом ветре. Однако, в утешение планеристам, они сами являются надежными, постоянными источниками тепла, независимыми от солнца. Эти источники, в зависимости от "качества" промышленности, всегда при слабом ветре образуют восходящий поток. Такой вонючий столб "термика" действует постоянно или даже пульсациями и представляет сравнительно надежную возможность лететь дальше преимущественно вечером; когда всякое другое движение воздуха прекращается. Набирать высоту в такой грязи - это с летной точки зрения не высшее наслаждение. Многие такие дымы содержат опасные ядовитые вещества, действие которых ведет к тошноте и рвоте.

Необходимо самому контролировать свое самочувствие, и прежде, чем возникнет такое действие и станет опасным, в большинстве случаев лучше своевременно покинуть эту дымовую башню.

ТЕРМИКИ БЕЗ КОНДЕНСАЦИИ.

Если поднимающийся воздух настолько сух или горяч, что конденсация облака невозможна, то конвекционные потоки невидимы для нас. Вся механика термической конвекции (источники термика, освобождение, гряды термиков и т.д.) остается точно такой же, как и при облачных потоках.

ПОЛЕТ В БЕЗОБЛАЧНЫХ ТЕРМИКАХ.

Основная проблема при таких полетах состоит в том, чтобы лететь достаточно оптимально без надежных указателей термиков. Надежность полета, естественно, обеспечивается некоторой потерей. В оптимальности, однако следует избегать полетов "на авось", подобно прогулке по лесу с завязанными глазами в надежде уж как-нибудь натолкнуться на дерево (в нашем случае восходящий поток). Иногда в полете над однородной равнинной местностью не остается ничего другого, как лететь напрямую с неизвестной вероятностью встречи с потоком. Такая игра случайности рекомендуется, однако, лишь в том случае, когда пересмотрены все другие средства и возможности. Вероятность встречи с восходящим потоком значительно возрастает, если принимать во внимание:

- неравномерный нагрев поверхности земли. Именно при безоблачном небе легче оценить области образования приземных источников теплого воздуха,
- края обрывов, оврагов и т.д.;
- восходящие потоки обтекания при наличии ветра;
- рядность потоков; гряды безоблачных термиков образуются точно так же, как и облачные гряды и требуют соответствующей тактики;
- видимые указатели освобождения термиков: движение колосьев на хлебных полях, изломы дымовых шлейфов вверх, подъем пыли по дороге, движение полотняных указателей ветра на аэродромах и т.д.;

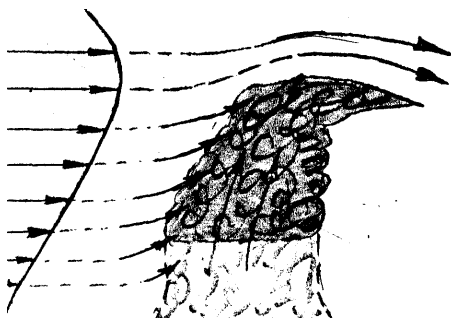
- птицы-парители и другие планера, стоящие в спиралях;
- белесые пятна на высоте инверсии.

Эти пятна достаточно надежны, указывают на места систематического освобождения термиков, подобно облакам при облачных потоках. Они хорошо видны сквозь желто-зеленые очки, через голубые - плохо. Очки с поляризационными стеклами имеют тот недостаток, что совместно с фонарем кабины создают иллюзию темных пятен, которые я нередко принимал за действительные места потоков, пока не догадался отказаться от дорогих очков.

Тактика полета в безоблачных термиках определяет не только результат рекордной попытки в полете на дальность, но и место по упражнению и в общем зачете в соревнованиях, так как по правилам летают при любой погоде, в том числе и при безоблачных термиках.

ПОТОКИ ОБТЕКАНИЯ "КОНВЕКТИВНЫХ ПРЕПЯТСТВИЙ".

Активно поднимающаяся воздушная масса при ветреной погоде может образовать метеорологические препятствия, которые обтекаются общим ветром, как гора на земле. Такие препятствия воздействуют относительно недолго, так как со временем они перемещаются ветром и разрушаются. Обтекающий воздух частично перемешивается с воздухом конвективного препятствия. Именно существованием таких потоков можно объяснить некоторые очень интересные полеты, так как принципы, известные для потока обтекания и волновых потоков, можно применить и к этому случаю.



Сравнительно часто возникает возможность набрать высоту с наветренной стороны облака в спокойном ламинарном подъеме, как в потоке обтекания. Иногда можно подняться даже выше облака.

9 мая 1972 английскому пилоту Майку Филду удалось выполнить вблизи Оксфорда над Бокерским аэродромом необычный полет, который может быть объяснен на основании этого феноменального явления:

Филд стартовал для того, чтобы попытаться выполнить в полете на высоту норматив на золотой значок с тремя бриллиантами. При юго-восточном ветре он поднялся в мощном кучево-дождевом облаке до высоты 8690 м., где достиг вершины действия термического потока. Встав против ветра, он, очевидно, покинул облако, хотя его не видел из-за обледеневшего фонаря, просто заметил, что снаружи кабины стало светлее, Филду удалось освободить ото льда авиагоризонт и он продолжил полет. Открыть форточку фонаря было невозможно из-за наростшего слоя льда, поэтому о дальнейших подробностях полета можно судить по другим источникам информации, таким как барограмма, аэрологическая диаграмма, метеолокатор, запись радиообмена и наблюдения других пилотов за развитием облаков в этот день (28 человек). После покидания кучево-дождевого облака Майк Филд поднимался спокойно и равномерно со скороподъемностью 1-1,5 м/сек. до высоты 12960 метров - добрых 4 км.

Над тропопаузой!

Вероятно, Филд, выйдя из облака, попал в восходящий поток его обтекания, который мог образоваться из-за усиления ветра на высоте от 6000 м. до 9000 м. на 20 км/час. Можно предположить, что благодаря этому течению в верхних слоях тропосферы возникла стоячая волна, давшая пилоту возможность подняться в стратосферу.

Предполагается, что для образования такого восходящего потока обтекания на атмосферных препятствиях необходимо:

- достижение сильной конвекции для образования препятствий (чем интенсивнее рост облака по отношению к градиенту роста скорости ветра, тем лучше поток обтекания конвективного препятствия);
- значительное увеличение скорости ветра с высотой;
- выше конвективного слоя расположены устойчивые слои.

Две последние предпосылки являются так же условием образования волновых потоков над конвективными препятствиями, аналогично волнам орографических препятствий. Воздушный поток, пройдя первое препятствие, образует над ним стоячую волну, которая усиливается следующим конвективным препятствием и т.д. Иногда в результате возникает система волн, под которой термики расположены рядами перпендикулярно к плоскости усиления ветра. Карстен Линдерман неоднократно наблюдал гряды термиков, характеризующиеся перпендикулярно расположенными волнами. Особенно над плоской местностью позади Тсибургского леса, который при

незначительном приземном ветре служит хорошим освободителем для первой термической гряды.

ВОЛНЫ КОНВЕКТИВНЫХ ГРЯД.

Гряды облаков, а также и гряды безоблачных термиков обычно ограничены сверху инверсией. На этой высоте часто изменяется направление ветра. Этим создаются предпосылки для образования конвективных волн.

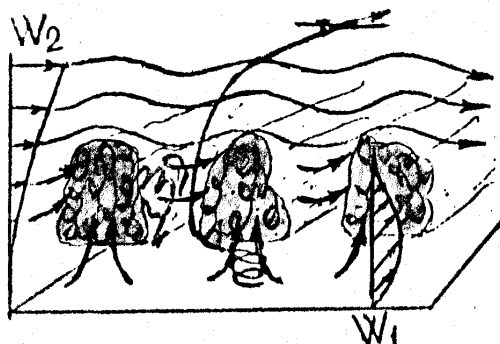
В 1964 году К.Лампартеру удалось полет в таких до того неизвестных волнах. Дальнейшие полеты (А.Эккерт, Г.Хут) в 1971 году позволили сделать окончательные выводы о метеорологических условиях образования волн конвективных гряд. Идеальными условиями являются соответственно следующие:

- над конвективным слоем, образующим гряды облаков, находится достаточно ламинарное течение слабо устойчивого воздуха в направлении приблизительно поперечном положению гряды их направлению ветра;
- естественное расположение волн при виде сверху, образуемое из условий распределения температуры и скорости ветра, должно согласоваться с расстоянием между грядами (резонанс волн)

ПОЛЕТ В КОНВЕКТИВНЫХ ВОЛНАХ.

Хотя при полете на дальность использование сравнительно слабого потока обтекания термических препятствий редко дает выигрыш времени, все-таки Описанная здесь возможность даст интересный полет, прекрасный и

спокойный. Если поток под хорошо развитым кучевым облаком расположен значительно близко к наветренному стороне облака, то можно исследовать возможность подняться выше с наветренной стороны облака. При наличии гряды волн можно лететь, используя равномерно перемещающуюся зону подъема поперек высотных течений. Перетекаемые облака этого состояния погоды чисто редуют и разрушаются в направлении перемещения.



ПОЛЕТ В ГОРНЫХ ВОЛНОВЫХ ПОТОКАХ.

Подобно тому, как над камнем в ручье возникает стоячая волна, также и воздух, текущим над движущимся кораблем образует стоячие волны, в которых без труда парят чайки, летая на определенном расстоянии от корабля. Они могут парить и во второй волне. Желая снова перейти в первую волну, они разгоняются, чтобы пролететь в восходящую часть через ее нисходящий поток. Насколько это наглядно и очевидно, и как сложна физика таких процессов!

планеристы долго не могли покорить горные волновые потоки, изучить это сложное явление, чтобы понять этот природный феномен.

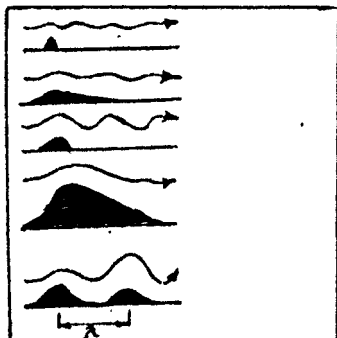
Для лучшей оценки возможностей волнового полета необходимо выполнить основные важнейшие положения метеорологии.

ВЛИЯНИЕ ПОДСТИЛАВШЕЙ ПОВЕРХНОСТИ.

Важнейшим фактором при возникновении волновых потоков является то, что подстилающая поверхность вообще не оказывает влияния на длину волны. Она действует только как возбудитель, которым, в зависимости от свойств колеблющегося воздуха, может привести его в более сильные или более слабые колебания, но не определяет метеорологически обусловленную длину волны. Выражаясь, в общем, более сильное волнообразование даст препятствие, профиль которого наиболее соответствует идеальной форме потенциальной волны. Волна возникает при всех прочих благоприятных условиях, если:

- подветренная сторона горы крутая (форма подветренной стороны является особенно важной для возникновения волн, чем наветренной. Крутой подветренным обрыв благоприятствует образованию ротора).
- гора сравнительно гладкая (особенно при маловысотных препятствиях);
- гора достаточно длинная, чтобы воздух не обтекал ее с боков. Короче говоря, шаровидные и конические горы редко вызывают волны;
- направление горы как можно целее перпендикулярно направлению ветра (При отклонении угла до 30 от идеального угла 90 еще возникают волны, расположенные не перпендикулярно к направлению ветра);

-профиль препятствия и подветренной стороны соответствует потоку на расстоянии длины волны, или за первым препятствием следуют многократно другие горные вали. При этом усиливается амплитуда, т.е. высота волн благодаря явлению резонанса. По грубой оценке, длина волны (в км.) составляет 0,3 от средней скорости ветра (миль/час.). (Более точный результат получится, если учесть другие факторы, например, стабильность воздушного течения).



На рисунке изображены схемы влияния поперечного сечения препятствий (по Валингтону).

- слишком короткая гора;
- слишком длинная гора;
- идеальное препятствие;
- слишком длинный обратный склон, несмотря на высоту препятствия;
- идеальное резонансное повторение;
- λ - длина волны.

ПОГОДНЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ДЛЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ГОРНЫХ ВОЛН.

Волновые потоки в значительной степени спокойные и ламинарные. Поэтому они не связаны с термическими конвекционными и другими потоками, и возникают, таким образом, только в устойчивых воздушных массах. Особенно благоприятно, если некоторый очень устойчивый слой (изотермический или инверсионный), расположенный между двумя слоями меньшей стабильности, может колебаться.

Здесь снова даны короткие упрощенные обобщения о благоприятных факторах:

- устойчивость воздушной массы (с прослойкой большой стабильности, в котором можно ожидать больших амплитуд);
- ветер в стабильном слое приблизительно 15 миль/час;
- направление ветра до верхней границы стабильного слоя приблизительно постоянно;
- увеличение скорости ветра с высотой.

Кому оценка вероятности возникновения волн по этим четырем пунктам кажется слишком тяжелой, тот может воспользоваться так называемым "параметром Скорера", дающим уточненную оценку атмосферных предпосылок возникновения волн. Он представляет собой метеорологическую часть сложного волнового уравнения. Этот параметр должен уменьшаться с высотой, так как воздушный слой должен при соответствующем толчке образовывать волны.

$$P^2 = 10^6 g \cdot \frac{\gamma_a - \gamma}{T \cdot V^2}, \text{ где}$$

l- параметр Скорера,
g- ускорение силы тяжести,
(γ_a)- адиабатическое понижение температуры,
(γ)- фактическое уменьшение температуры в соответствующем высотном слое, T- абсолютная температура, V- скорость ветра.

Параметр Скорера будет уменьшаться, если:

- устойчивость воздуха уменьшается с высотой;
- температура воздуха остается относительно высокой;
- скорость ветра увеличивается.

Скорость ветра входит в формулу в квадрате, поэтому играет особо важную роль.

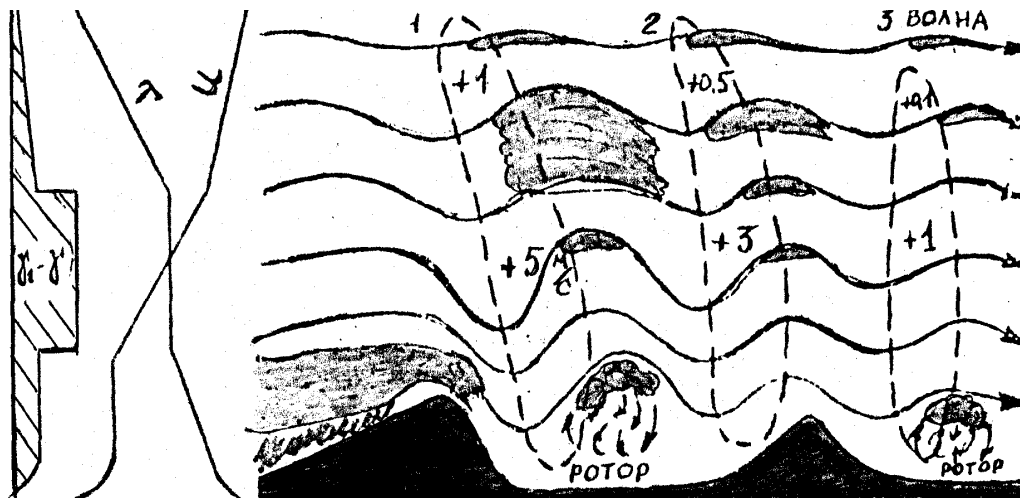
СТРУЙНАЯ МОДЕЛЬ ПОДВЕТРЕННЫХ ВОЛН.

Если выполняется условие Скорера, скорость ветра достаточно высока и поверхность подходящая, то возникают подветренные волны. Это может быть позади дюн на море, позади маленьких возвышенностей среднегорья (Тойтабургский лес, Дейстер, Везерберс и т.д.), Черный лес, Фогезы или в высокогорье - в Альпах, Пиренеях,

Сьерра-Невада и других местах. Естественно, образованные волны получают различными. Как стандартную модель можно было бы здесь схематически изобразить Альпийский фен.

ОБЛАЧНОСТЬ ПРИ ГОРНЫХ ВОЛНОВЫХ ПОТОКАХ

Возникновение облаков зависит от влажности и амплитуды волн и не имеет влияния на структуру подветренных волн.



В потоке, устремляющемся сверху на подветренный склон, растворяется облако пыли фенового вала позади препятствия. Возникает типичная феновая "дыра". Она часто является единственным указателем волнового восходящего потока. В зависимости от местности это может привести к образованию одного или более вихрей, в которых часть воздуха вращается в виде ротора. Это скручивание в ротор против адиабатического изменения температуры ведет к сильной неустойчивости. Конвективные потоки, возникающие благодаря этому, клубятся хаотическим образом. Самые большие амплитуды волн образуются чаще всего в слое с наибольшей стабильностью. Значение скороподъемности здесь обычно достигает своего максимума. Различные подветренные волны имеют различное "количество" в зависимости от их положения. Не всегда можно найти наиболее сильный подъем в первой волне. В зависимости от распределения влажности облака могут не возникать вообще, или в роторе образуется разорванно-кучевое облако, а на гребнях волн образуются чечевицеобразные облака с выпуклым, плоским, или вогнутым основанием. На больших высотах могут возникнуть снежные облака, которые долго растворяясь, широко растягиваются в области распространения волн. При большой влажности позади феновой "дыры" возникает большое скопление облаков. Их передние части, вытянутые в профиль, выдают волновой характер облаков.

Волновые облака опознаются по тому, что они, несмотря на сильный ветер, более или менее неподвижны относительно земли, хотя постоянно "надстраиваются" со стороны Феновой "дыры" и растворяются со стороны нисходящей части волны. Эти облака возникают на гребне волны и растут от неё симметрично к наветренной и подветренной сторонам. Вихревые облака (роторные) возникают из частей кучевых облаков, захватываемых в верхней части сильным течением ветра и растворяемых с подветренной стороны. При большой влажности они могут принимать компактный валообразный вид.

ТАКТИКА ПОЛЕТА В ПОДВЕТРЕННО-ВОЛНОВЫХ ПОТОКАХ

Различные местности и метеоусловия требуют различной тактики полета. Если волны среднегорья обычно безобидны для летания, то полеты через вихревой ветер альпийского фена все-таки требуют от нас высокого мастерства. Мы взлетаем тепло одетыми, по возможности на полностью оборудованном планере, хорошо подготовленные к высотному полету, с большим запасом кислорода (на 3-4 часа), хорошо привязавшись на всякий случай диких бросков в области ротора.

В некоторых местах стартуют по ветру и летят сразу в наиболее сильный турбулентный восходящий поток на склоне, стремясь подняться здесь по возможности выше. Затем перелетают против ветра, сквозь сильную турбулентность ротора в область его восходящего потока, где стараются найти очень узкий и сильный подъем. Изменение вертикальных скоростей $\pm 8 \pm 10$ м/сек - не редкость. Начиная с некоторой высоты, становится неожиданно тихо, достигается ламинарный волновой поток. Однако может быть так, что буксировщик тянет нас сквозь область турбулентности прямо в волновой поток. Такая буксировка, как она проводится поляками в Грюнау, требует от пилота-буксировщика и планериста отличной реакции и хороших нервов.

В другой местности, наоборот, волна может быть достигнута без сильной турбулентности.

В волновом потоке следует своевременно (выше 4000 - 4500 метров обязательно!) надеть кислородную маску. Затем устанавливают планер против ветра и в найденном потоке ищут область наилучшего подъема, подбирая соответствующую скорость полета (не выполняя спирали).

Местоположение определяем по темным ориентирам и остерегаемся того, чтобы не быть втянутым в нисходящий поток волны. Если следующая наветренная и подветренная волна имеет лучший подъем, то мы перелетаем в неё. Перед мощным волновым облаком мы поднимаемся как в потоке обтекания по краю облака и следим за тем, чтобы у нас всегда была возможность посадки в долине. Обычно с возрастанием высоты область подъема с наветренной стороны наклоняется к преодолеваемому препятствию. Мы следим, чтобы не стало слишком поздно, так как яркость на большой высоте обманчива и в долине наступают сумерки. Надо больше двигать ногами, которые при температуре за бортом от -30 до -40 замерзают даже в хорошей обуви. Опасности, кроме определяемых непосредственно высотой полета (недостаток кислорода, холода, низкое давление), возникают из-за недооценки силы ветра, наступавших сумерек или попадания в облачность. Облачность особенно при влажной погоде и ослаблении ветра легко может сомкнуться под планером, создавая первостепенную опасность. В зависимости от обстановки, рекомендуется сразу снизиться через остатки феновой "дыры", переждать (если еще ранний день или большая высота), или перелететь с большой высоты по наветренной стороне в предгорья, так как здесь шансы на безопасную посадку намного лучше.

ИНВЕРСИОННЫЕ РЫСКАЮЩИЕ ВОЛНЫ

Ни в коем случае не следует пробиваться сквозь облачность над горами, даже если мы уверены, что облака не толстые, так как их малая толщина быстро растет. Это тем более не следует делать при отсутствии приборов слепого полета. Специально для полетов в горах я посоветовал бы прочесть книгу Иогана-фон-Калкройча "Парение над горами", в которой рассматриваются все эти проблемы. Для полета на дальность полет в волнах играет и доныне незаменимую роль. Волновое состояние погоды намного реже, чем состояние погоды с термическими потоками. Полеты француза Вуйллемонта, который 18 декабря 1974 года пролетел от Викона по ветру над Каннами (8200м высоты) до Корсики является, пожалуй, и доныне самым показательным достижением этого рода. Многочисленные полеты на дальность проводятся в Альпах. Мировой рекорд в полете до цели с возвращением, с использованием потоков обтекания и волновых потоков, установленный 5 мая 1973 года Карлом Страдеком и Билом Хобробком в Аппалачах, указывает на фантастические возможности таких полетов.

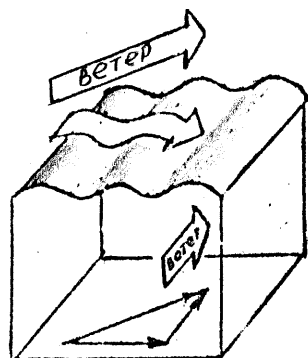
Вольфганг Итцес описывает в журнале "Немецкий аэроклуб" (№1, 1963г.) свой полет, состоявшийся 16 сентября 1962 года: "Я стартовал в 17 час. 35 мин. перед заходом солнца на аэродроме Кассель-Вальдау на планере Ка-8 летного клуба Мейскера в ветровом потоке при высоте отцепке 350 метров. С последними, остатками вечернего термика со скороподъемностью около 0,25 м/сек, я набрал 100 метров высоты. Затем в очень медленном прямолинейном полете, я поддерживал 0 м/сек, развернулся и хотел еще немного полетать. На протяжении четырехкилометрового прямолинейного полета я не терял высоты. Змейкообразными маневрами я двигался в направлении вдоль инверсионной волны и примерно через 30 минут после старта, когда воздух от последнего вечернего термика полностью успокоился, я поднимался со скороподъемностью 1 м/сек, как в потоке обтекания, и удалился почти на 10км. Когда на высоте 700м. я достиг границы инверсии, подъем уменьшился до нуля. Я хотел бы еще продолжать полет и, вероятно, смог бы пролететь еще большую дистанцию. Непроглядные сумерки все-таки вынудили меня приземлиться. Примерно на удалении 4-х километров я обнаружил следующую, очень интенсивную инверсионную волну. Проверив еще направление этой волны, я приземлился".

Итце во время своего полета вспомнил о теоретическом изображении инверсионной волны в книге Георгиаса "Метеорологическая навигация полетов на планерах" и потолковал данную ситуацию с летной точки зрения. Инверсионные волны возникают при сильном рысканьи ветра на высоте инверсии. Они не зависят от каких либо препятствий (горы или конвекция), подобно волнам на море. Их направление лежит поперек рысканья ветра.

16.09.62г. Итце выдал следующие данные: ветер у земли 210/5 узлов, ветер на высоте 850 миллибар -270/15 узлов. Если бы этот скачок ветра возник сравнительно внезапно на высоте инверсии, то в итоге получилось бы рысканье ветра 110/13,5 узлов, и волны распространялись бы в направлении 20-200.

Итце летел с курсом 10-190, т.е. с хорошим совпадением с расчетным направлением волны. Волны одновременно должны были продвигаться в направлении рысканья, т.е. 100, так как они движутся как волны на воде. То, что дистанция до следующей волны была 4 км, действительно непонятно. Волны такой большой длины могут развиваться только в экстремальных условиях. Длина волны возрастает при увеличении рысканья ветра и уменьшается при усилении инверсии. Так как сильное рысканье, однако, в большинстве случаев связано с сильной инверсией, то длина волны находится в пределах 1км. Полет Кольда в Нисте в январе 1960 года, проанализированный Г.Нэкишем, показывает, что расчетная длина волны удовлетворительно совпадает для принятой модели инверсионных волн.

Инверсионные волны, ограниченные в тонком слое, плохо локализируются, склонны к передвижению и поэтому имеют обычно короткую продолжительность существования. Станут ли они иметь важное значение для планеризма - является вопросом.



Из рисунка видно, что направление и сила рысканья ветра является результатом вычитания векторов ветра у земли и на высоте инверсии.

НАВИГАЦИЯ.

ПОДГОТОВКА К ПОЛЕТУ .

ЛЕТНАЯ КАРТА.

Из радиобмена Германского чемпионата 1972 года:

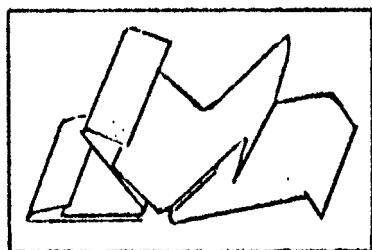
- "Поднимаюсь хорошо, теперь я вне конкуренции!"
- "Хорошо, и дальше так, Клаус!"
- "Продвигаюсь успешно, уже близко поворотный пункт, остальные отстали..."
- 5-минутное молчание.
- "КЛАУС, твое место!"
- "Должен быть над поворотным... минуточку... смешно, но поворотного нет!"
- "Ты видишь дым от фабрики?"
- "Нет, Отто, я над маленьким озером, где это может быть?"
- "Возможно ты слишком далеко залетел, тогда ты должен видеть железную дорогу, сверься с картой"
- "Не могу, я не положил её в кабину, когда ты меня закрывал!"

Дальше следуют разговоры - что где расположено и что должно быть видно вперед и назад. Поворотный пункт все-таки нашли, но после стольких трудов, что пилот отстал от всех конкурентов и ему пришлось снова их догонять. Во время Германского чемпионата 1973 года один из пилотов летел к аэродрому. Он открыл свою карту в полете, причем она была настолько большой, что содержала половину Германии в масштабе 1:200000! Изображение на карте он теперь мог видеть отлично, но ничего более, так как большая карта все собой закрывала. Тут на него нашла такая злость, что он изорвал всю бумагу.

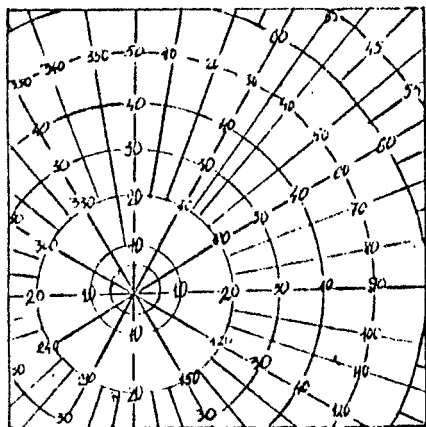
Чтобы такого не произошло, рекомендуется возить с собой постоянно карту положенного масштаба 1:500000.

Для коротких полетов при сложной ориентировке в условиях плохой видимости дополнительно берется карта большего масштаба. В Германии для этой цели служат карты в масштабе 1:250000. Топографические карты в масштабе 1:200000 неудобны по своим размерам, хотя очень точно отражают земную поверхность. Новейший "Автоатлас" имеет, к сожалению, этот же масштаб. Более раннее издание этой карты было прямо-таки идеальным для планеризма:

подробная карта, уменьшенная до масштаба 1:500000, переплетенная в хорошую систему укладки.



На рисунке изображена схема укладки карты по системе "АДАС-АТЛАС". Жаль, что эта карта не использовалась как базовая для полетных карт этого масштаба. Система укладки "АДАС-АТЛАС" очень хорошо подходит для планеризма, и есть смысл готовить наши карты соответствующим образом. Например, мы разрезаем карту посередине, складываем их по этой системе и склеиваем соответствующие части обратными сторонами друг против друга. В результате мы получаем компактную тетрадь карт, которую можно читать непрерывно от 0 до "бесконечности". Эта система укладки особенно выгодна для карт больших масштабов. Однако прежде чем разрезать карту, складывать и склеивать, следует проконтролировать все дополнительные ориентиры, посадочные площадки и другие, важные для нас данные. Р. Ленбранд Холигхауз советует дополнительно расчертить полярные координаты тонким карандашом. Вокруг родного аэродрома проводятся концентрические окружности через 10км. внутри 20-километрового круга проводят курсовые лучи. Через 30°, от 20 до 60 км. - через 10°, и остальные через 5°, таким образом, получается координатная сетка, позволяющая в полете получать точные данные о своем положении в форме чисел. Кроме того, мы всегда знаем курс на аэродром.



На рисунке изображена центральная система координат, полученная таким способом. Она оправдала себя во многих полетах, однако эта система имеет тот недостаток, что карта теряет обозреваемость. Комплект карт подготавливается для каждого полета. Прежде всего, должна быть обычная карта 1:500000, дополнительно можно брать с собой ещё одну карту 1:250000 или 1:200000. Так как по нашей системе укладки мы имеем пакет карт размерами не более 20х30см., следует учесть, чтобы пределов карты хватило для полета в случае непредвиденных отхождений от линии заданного пути. После объявления упражнения обычно есть время подробнее изучить маршрут, однако мы должны заранее иметь подготовленные листы карт различных масштабов, с достаточным запасом по границам карты. На них должны быть указаны обходные пути запретных и опасных зон, зоны контроля и всё, что обеспечивает безопасность полета. Следует также отметить наиболее вероятные зоны термиков и зоны пониженной термической активности. Длины отдельных отрезков и курсы должны быть также вымерены заранее и записаны в отдельный список. В день полета самым первым делом является визит к метеорологам, т.е. к телефону, чтобы получить информацию о погоде. Вечером перед полетом мы уже видим карту погоды и имеем представление о её текущем состоянии. Можно узнать это состояние и по радио из сводки погоды. Если мы докучаем наших метеорологов вопросами типа, "Какие будут сегодня термики в радиусе 300км.?", то можем сразу же получить не удовлетворяющий нас ответ. Конечно, сложнее переработать отдельные точные данные в общее описание погоды. Из того, что мы узнаем от метеорологов в частностях, будут исходить наши дальнейшие действия. Наши вопросы представляют для метеоролога, прежде всего дополнительную работу, которую он, конечно, мог бы сделать очень хорошо при наличии времени. Но как он может знать, будет или нет нужная погода в радиусе 300км., если у него самого нет об этом полного представления?! Как он может оценить силу термика, если он сам не планерист и никогда не получает от спрашивающих встречной информации о своих предсказаниях?

Нам следует попытаться наладить нужные взаимоотношения со своими метеорологами. Мы не должны хотеть знать больше, чем технически возможно, не ожидать от него чудес в точности прогнозов, не вынуждать его к точному надежному ответу, если сведения ненадежны. Желательно выразить ему свое дружелюбие, пряча свои переживания, сообщить ему с какой точностью сбываются его предсказания. Каждый хороший метеоролог будет благодарен вам за информацию, позволяющую узнавать, как улучшить прогноз в дальнейшем. С другой стороны, мы узнаем, как сложно, несмотря на вспомогательные технические средства, прогнозировать такое сложное явление, как термик, который зависит от множества факторов и характеристик, и спланировать на этой основе наш полет.

В Саарланде мы разработали совместно со службой погоды Энехайма формуляр прогноза, описанный во второй части книги. Он обрабатывается метеорологами и объявляется по телефону различным планерным аэродромам, где по мере необходимости отмечается в блокнотах или на доске. Такая система метеоинформирования сложилась и в Северной Рейн-Вестфалии. Эта система оправдала себя и освободила метеорологов, так как отпали многие отдельные вопросы. Прогнозы стали лучше и точнее, метеорологи стали, уверены, что их дополнительная работа (занимающая в зависимости от обстоятельств до одного часа) приносит улучшение результатов полетов. Если мы не можем получить нужные сведения из такого формуляра, то беседуем с метеорологом дважды: первый раз чтобы предложить ему информацию для сопоставления, а второй раз через четверть часа (метеорологи имеют и другие задания), чтобы он мог дать свой прогноз. По этому прогнозу, по визуальным признакам погоды мы оцениваем свойства восходящих потоков, предполагаемое время полета и приблизительно наиболее выгодное направление полета. При этом мы не делаем грубой ошибки, вычисляя среднюю скорость по полюре и оцененной скороподъемности потоков, а также по их распределению. Правда, средняя скорость определяется с учетом предыдущих полетов со сходной погодой. Затем задаются возможной величиной воздушного пути, обусловленной временем работы термиков, ожидаемым с точки зрения метеорологии. По индивидуальной оценке надежности достижения цели выбирается одно из подготовленных направлений полета, при этом непременно учитывается влияние ветра. При полетах с возвращением к месту старта прохождение участков, расположенных против ветра, планируется на период сильных скороподъемностей, чтобы затем в слабых послеполуденных термиках возвращаться с попутным ветром. В зависимости от высоты и количества облаков при полете над плоской местностью выбираются термически активные участки. На "пятикилометровой" карте тонким карандашом прокладывается линия наиболее выгодного пути, однако поворотные пункты оставляют

свободными от штрихов. В зависимости от обстоятельств на последних 30 или 50-60км. линии пути наносятся поперечные штрихи через 10км. Все изображения на карте выполняются по возможности аккуратно. Долетные линии мешают в полете, закрывая нужные ориентиры местности на карте. В принципе достаточно отмечать расстояния между поворотными пунктами, не нанося линию за данного пути. Такая штриховка значительно лучше. В середине карты можно также нанести направление стрелками. Карты масштаба 1:250000 подготавливаются точно также.

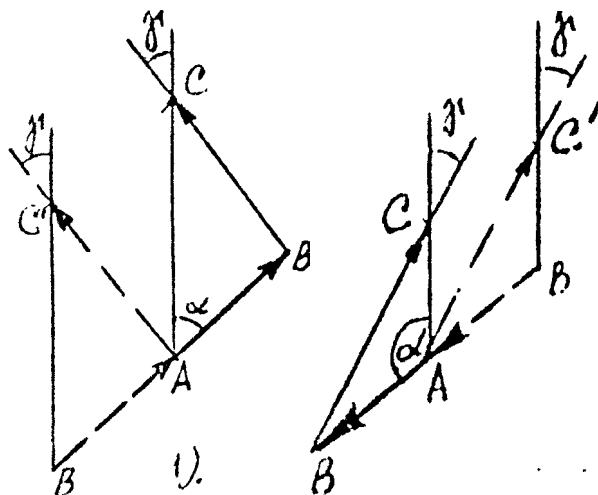
РАСЧЕТ КУРСА С УЧЕТОМ ВЕТРА.

Уже при малой скорости ветра определение угла сноса и путевых составляющих скорости является важной подготовкой, которая кроме облегчения навигации в полете позволяет экономить время на поворотных пунктах, особенно при обходном пути, а также является необходимой для точного расчета долета. Угол сноса можно получить графически с помощью линейки, или, что еще быстрее и надежнее, с помощью вычислителя углов сноса, описанного ниже. Это устройство я могу рекомендовать в качестве обратной стороны вычислителя долета Штоккера.

ПОРЯДОК РАСЧЕТА КУРСА,

Известны:

- курс без учета угла сноса γW_k ;
- собственная скорость V_e ;
- скорость ветра V_w ;
- Исправление ветра ω ;
- $\gamma W_k - \omega + 180 =$ угол ветра α . Определить: Угол к ветру " γ ", т.е. курс с учетом угла сноса $\gamma W_k + \gamma$
- скорость относительно земли V_g ;
- путевая составляющая ветра ($V_g - V_e$);



На рисунке изображен графический способ определения угла сноса при встречном и попутном ветре.

Обозначения:

AB - вектор ветра;

α - угол ветра;

BC - вектор собственной скорости.

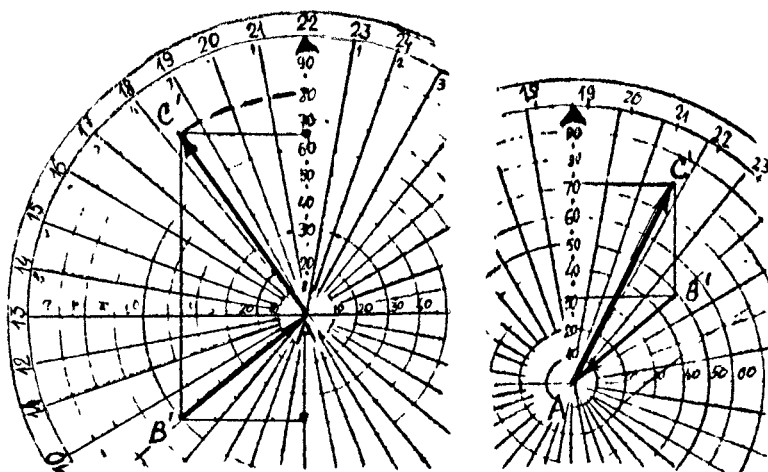
Результат:

γ - угол сноса;

AC - путевая скорость;

Так как треугольники ABC и A'B'C' - подобные, то в треугольнике A'B'C' получаем искомые углы сноса и путевые скорости. Это используется в ветровой линейке.

На рисунке в примере 1 ветер попутный, в примере 2-встречный.



ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЕТРОВОЙ ЛИНЕЙКИ

- 1). Стрелка на шкале курсов устанавливается на курс без учета ветра (в примере 1- 220° , в примере 2- 188°). 2). Вектор ветра устанавливаем на курс, откуда дует ветер (метеорологическое направление ветра). (Пример 1- $90^\circ/60$ км/час; Пример 2 - $238^\circ/50$ км/час; точка ветра - B').
- 3). Проводим круг радиусом собственной скорости (в примере 1 и 2 - 80 км/час), пока он не пересечет параллель к курсовой стрелке, проходящую через точку ветра B' в точке C'.
- 4). Искомый курс может быть прочитан непосредственно над продолжением AC' на розу компаса. (В примере 1- 184° в примере 2- 216°).
- 5). Путевая скорость относительно земли получается как сумма продольных составляющих собственной скорости и скорости ветра. (Пример 1 - $65 + 38 = 103$ км/час; Пример 2 - $70 - 32 = 38$ км/час.

Изготовление ветровой линейки: см. вычислитель полета Штоккера. Она выполнена, но обратной стороне вычислителя для каждого участка маршрута мы определяем курс с учетом угла сноса и путевую составляющую скорости ветра, исходя из оцененной воздушной скорости для предлагаемой скороподъемности. Для полета мы таким же образом определяем эти величины для скорости полета (90-160 км/час).

МЕСТНОЕ МАГНИТНОЕ СКЛОНЕНИЕ

(В Германии 2-4 на запад, т.е. -2 -4). Оно вычитается из вычисленного курса.

ДЕВИАЦИЯ КОМПАСА.

Она получается из-за конструктивно обусловленной ошибки показаний компаса и должна также учитываться. Компас следует помещать возле себя в спокойном месте, или на фонаре кабины. Если компас не имеет конструктивной ошибки, девиация его будет равна нулю. Малые девиации на компасе компенсируются, большие наносятся на девиационную таблицу.

Если мы, таким образом, учли все поправки (истинный путевой угол + магнитное склонение + девиация + угол сноса), то мы получаем величину, показываемую нашим компасом в прямолинейном полете с такой точностью, с какой определяли, величины поправок - и это оправдывает себя! В полете, мы отклоняемся вправо и влево от линии пути, если погода там лучше. Однако мы должны знать, на какую наибольшую величину угла мы можем отклониться от курса, чтобы не потерять в скорости из-за больших углов отклонения. Эта величина зависит, прежде всего, от того, насколько лучше потоки мы встретим при отклонении по сравнению с полетом по линии пути. Невозможно лететь на планере с идеальным одинаковым курсом, так как мы вообще редко держим точный курс, а обычно переходим плоскими зигзагами от облака к облаку.

ЗАПИСИ В НАКОЛЕННОМ ПЛАНШЕТЕ.

Ветер 315°/ 37 ^{км/ч}			$V_R = 80 \text{ км/ч}$		
	МПУ	МК	направление ветра к курсу	путевая составляющая ветра	S
→ W ₁	318°	318°	встречный слева	- 37	44
→ W ₂	58°	31°	встречно-боковой слева	-3	45
→ Z	189°	210°	попутно-боковой справа	+19	57
E	189°	203°	попутно-боковой справа	+20	-
(V=120)			$\Sigma S = 146 \text{ км}$		

Приведенная выше таблица – вид наколенного планшета

Наколенный планшет (а если его нет в наличии, то обычная дощечка, на которой можно делать записи) должен содержать, по крайней мере, следующие записи:

- 1) Направление и скорость ветра.
- 2) Для каждого участка маршрута:
 - а) магнитные путевые углы;
 - б) курсы с учетом девиации и угла сноса;
 - в) примерное направление ветра по отношению к курсу (слева, справа, спереди, сзади);
 - г) попутную и встречную составляющую скорости ветра;
 - д) длина отрезка.
- 3). Для полета также угол сноса, боковую и путевую составляющую скорости ветра.

Интересно, и пожалуй, достойно подражания, что, к примеру, В.А.Смит, чемпион США 1960 года дополнительно советует готовить схему полета, в которой указать не только курсы, но также и знаки ожидаемого развития погоды на участках маршрута в течение дня, запланированное время вылета, примерное время достижения поворотных пунктов и т.д.

Точный график времени полета важен по крайней мере при длинных маршрутах и рекордных попытках для того, чтобы можно было установить, возможно, ли достижение цели или лучше отложить полет или уменьшить дистанцию.

УСТАНОВКА ВЫСОТОМЕРА ПРИ ПОЛЕТЕ ПО МАРШРУТУ

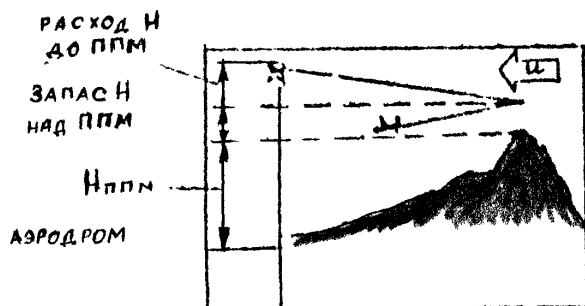
При изучении основ парящего полета мы узнаем, что при полетах в районе аэродрома высотомер устанавливается на "0" по давлению на уровне аэродрома. При полетах по маршрутам, высотомер устанавливается по давлению на уровне моря, т.е. нулевое показание высотомера, соответствует давлению на уровне моря (Эта установка выполняется непосредственно перед взлетом).

Для полета на дальность может быть также удобен другой вид установки: если мы установим высотомер на уровень аэродрома, то в каждой точке маршрута мы должны вычислять фактическую высоту по превышению местности и аэродрома взлета. Эти высоты должны записываться в наколенный планшет. При полете в цель высотомер может быть установлен на высоту цели, это значительно облегчает вычисления в полете, особенно для полета.

Одно весьма хорошее приспособление я увидел в планере Вальтера Шеайдерса. Он нанес вокруг шкалы высотомера поворотное кольцо подобно калькулятору Мак-Креди на шкале вариометра. Это кольцо может устанавливаться на любую высоту, позволяя видеть постоянно оба показания - на маршруте над принятой нулевой высотой, а при полете - над целью.

При полетах над высокими горами рекомендуется регулировать высотомер относительно уровня моря, так как такую высоту легче пересчитывать по знакам превышений на карте. При встречном ветре отметка на высоко расположенных поворотных пунктах производится на принципиально низкой высоте над поворотным. Эта задача похожа на полет в цель, когда высота цели равна сумме высоты поворотного пункта + запас высоты над поворотным,

и решается с помощью линейки долета. Если наш высотомер имеет установочное кольцо, то оно устанавливается на высоту поворотного пункта. Если мы не имеем такого кольца, и имеем высоту относительно аэродрома, то мы отмечаем на нашем планшете превышение поворотного над аэродромом и прибавляем к нему высоту безопасности, чтобы подойти к термику на рабочей высоте, зависимую от обстоятельств при расчете полета.



На рисунке показана схема расчета отметки на поворотном пункте при встречном ветре.

ИЗУЧЕНИЕ КАРТЫ ПЕРЕД ПОЛОТОМ.

(Изучайте карты до полета). Еще перед вылетом необходимо найти 5 минут времени, чтобы точно изучить нашу линию полета по полностью подготовленной карте. На каждом участке маршрута необходимо запомнить наземные ориентиры и вспомогательные средства навигации, уверенно ориентироваться в полете. Тогда мы знаем, чего следует ожидать в том или ином месте, какие ориентиры особенно важны и как провести полет без излишних волнений.

НАВИГАЦИЯ ВО ВРЕМЯ ПОЛЕТА.

После отцепки мы пробуем определить дальность видимости. Она в последующем может являться хорошей мерой для оценки дальности. По движению теней облаков на земле, по дыму заводских труб, по нашему сносу в наборе спиралью мы оцениваем направление и силу ветра, сравниваем их с данными на наколенном планшете и корректируем, в крайнем случае, убеждаемся, что все предварительные данные были нереальными. Мы намечаем направленно на 1 ППМ, немного пролетаем в этом направлении и определяем курс по компасу (уже с учетом сноса). Намечаем ближайшие наземные ориентиры, направление солнечных лучей при полете по 1 отрезку маршрута, а также места образования облаков. Если мы решили лететь, то тут же определяем. Нашу следующую цель: облако, обещающее хороший восходящий поток, лежащее по возможности ближе к нашей линии пути с учетом ветра. Мы не допускаем большой ошибки, выбрав облако на линии пути (без упреждения на ветер). Кроме этого требования, выбранное облако должно находиться на минимальном расстоянии от нас. Однако прежде всего, следует присмотреть "запасное" облако, лежащее даже немного дальше и в стороне от курса, к которому можно будет долететь в случае, если первое облако не обеспечит скороподъемность, ожидаемую нами.

ВО ВРЕМЯ ПОЛЕТА - МИНИМУМ ВРЕМЕНИ НА НАВИГАЦИЮ.

Чем лучше была наша подготовка, тем меньше внимания в полете требует ориентировка. В идеальном случае достаточно пары коротких взглядов на карту, чтобы убедиться, что мы летим по линии пути, или, как и ожидалось, в 5-10 км. В стороне от нее. Этим мы освобождаем наше внимание для других дел: наблюдение за термической обстановкой, оптимизации полета по скорости, центрирования и т.д., т.е. для всех дел, которые повышают среднюю скорость. Самая лучшая навигация в смысле правильного управления полетом по курсу это такая, которая нас меньше всего беспокоит в полете. Из этих же соображений нет необходимости отыскивать на карте каждую маленькую деревушку, мы ориентируемся по крупным и характерным ориентирам и не утруждаем себя малостями, даже если в районе 10-20км. мы не можем узнать свое точное местоположение. Только при подходе к поворотному пункту и при окончании полета мы опознаем все мелкие ориентиры. Характерные признаки, подходящие для ориентирования, мы можем найти в следующих ориентирах: шоссейных дорогах, больших рек, каналах, железнодорожных линиях, больших лесных участках, горных вершинах, городах, промышленных предприятиях. Очень плохо подходят для навигации улицы, маленькие поселки, маленькие реки и ручьи. Горы также мало характерны, если мы летаем на большой высоте.

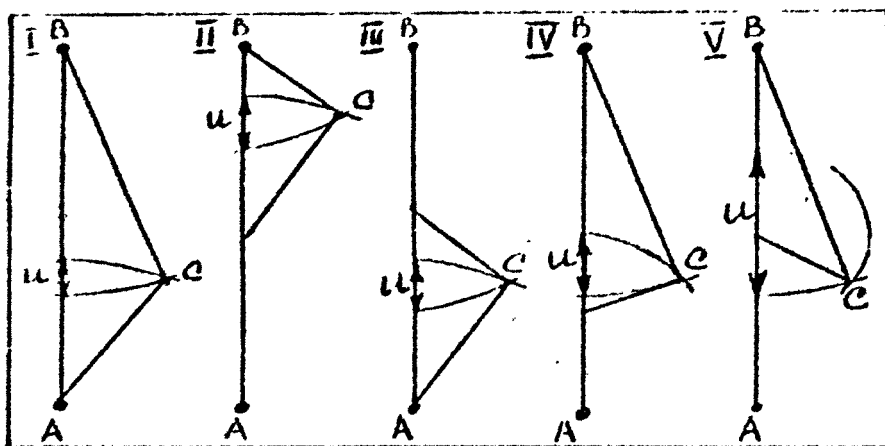
Карта может быть расположена перед глазами "правильно", т.е. так, чтобы север находился сверху, Тогда названия мест хорошо рассматриваются и достаточно взглянуть на карту, чтобы прочитать написанное. Однако мы можем располагать карту так, чтобы наш курс полета совпадал с линией пути на карте. Правда, при этом на каждом поворотном пункте карту надо поворачивать. Таким образом, оба способа имеют достоинства и недостатки. Если карта лежит все время "севером вверх", то, пожалуй, ее все же надо поворачивать, чтобы опознать, к примеру, реку со многими притоками. Изогнутые линии на местности так лучше сравнивать с картой. Во время набора высоты спиралью мы иногда посматриваем на карту, чтобы убедиться, что мы "на месте". В сомнительных случаях всегда лучше сначала осмотреть местность, представить, как она выглядит на карте и только потом брать карту в руки. После взгляда на карту мы контролируем, далеко ли на земле располагаются от нас рассмотренные на карте ориентиры.

НАПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТА ПОСЛЕ НАБОРА СПИРАЛЬЮ.

Нам известно, что во время нахождения в спирали компасом можно пользоваться только условно. Ошибка от вращения, связанная с наклоном линий земного магнитного поля приводит к тому, что в северном полушарии можно постоянно и надежно считывать показания компаса только на восток. При вращении вправо будет правильно указываться только запад. Все другие направления станут более или менее ненадежными и неправильно указываются компасом.

Если возможно, то при выходе из спирали на курс мы оцениваем направление полета по земным ориентирам, если невозможно, то по направлению солнечных лучей, которое мы заметили при полете по линии пути с учетом сноса. Если солнца не видно, то мы оцениваем направление грубо по востоку при левом вращении и по западу при правом, и контролируем направление полета позднее, когда мы находимся в равномерном прямолинейном полете.

После того, как мы выбрали во время спирали следующий термик по поправлению полете, а также "запасной" поток, только после этого мы летим дальше. Никогда нельзя покидать поток без твердого плана своей следующей цели. Во время длительного перехода мы контролируем выбранный курс быстрыми взглядами, между прочим, сосредоточив внимание на оптимизацию скорости и поиске следующего термика. Отклонения от курса из метеорологических соображений или для облета неудобной местности приходится принимать как необходимость. До тех пор, пока отклонения от курса не превышает 10 градусов, связанные с ними увеличения пути незначительны. В диапазоне 10-30 градусов отклонение ещё полностью можно компенсировать, если оно приводит к заметному росту средней скорости. В принципе, можно так далеко отклониться от курса, что образуется новый пункт поворота, в котором заново определяется магнитный путевой угол и курс с учетом сноса, немного отличающийся от прежнего. Это значит, что мы после отклонения от курса не возвращаемся на линию заданного пути, а по кратчайшему пути от нового местоположения следуем к цели (на ППМ). Длинные отклонения от курса с углом свыше 45 рекомендуется, только если в этом есть необходимость, например, при появлении опасности.



На рисунке показано увеличение дальности при обходном полете.

AB - отрезок маршрута;

U - увеличение дистанции при обходе над точкой C;

I - появление увеличения;

II - к сравнению увеличения дистанции (обхода) вблизи цели;

III - бесполезное большое увеличение пути при слишком раннем возвращении на линию заданного пути;

IV - бесполезное большое увеличение пути при слишком позднем выяснении необходимости отклонения от курса;

V - особенно большое увеличение пути при обходе с возвращением назад.

Если мы летим под 90, т.е. перпендикулярно к линии заданного пути, то мы полностью теряем время полета на отклонение от курса, плюс время, необходимое для восстановления дополнительно потерянной высоты. Полет с возвращением вообще никогда не должен применяться, он может быть использован только как крайнее средство от снижения, например, если есть уверенность, что там, куда мы летим, есть восходящий поток. Полет с возвращением означает потерю времени, высоты, расстояния - весьма грустный итог! Рекомендуемые отклонения от курса при волновых потоках и грядках облаков упоминались ранее и показан порядок определения их величин.

Поворотный пункт (цель) уже виден вдали. Одновременно установлен рубеж полета (безопасное расстояние до ППМ), а в полете часто определен заново. Если поворотный пункт не виден, можно сначала подлететь к нему поближе, выбрав соответствующий видный ориентир, а затем, точно определив курс с учетом угла сноса, лететь к поворотному пункту строго определенное по времени и скорости расстояние. Мы сами не должны портить себе полет неудачным выбором поворотного пункта. Также и руководители соревнований должны выбирать хорошо опознаваемые поворотные пункты, которые не испортят полетную навигацию.

ПЕРЕД ПОВОРОТНЫМ ПУНКТОМ

Уже задолго до достижения поворотного пункта мы готовимся к полету после него. Облака, которые до сих пор против солнца выглядели темными, могут при новом курсе, когда солнце сзади, выглядеть светлыми и симулировать хорошую скороподъемность, тем не менее, мы не встретим там большого набора, чем был раньше. Если возможно, мы всматриваемся в район своего полета после ППМ и уже заранее присматриваем соответствующий наземный ориентир. Однако, прежде всего, следует определить свое первое облако с восходящим потоком, куда мы полетим после ППМ. Это особенно важно в связи с изменением условий освещения после перемены курса. Здесь существует опасность после точного достижения ППМ (наконец-то!) слишком сильно обрадоваться и дальше вылететь без плана. Это довольно понятно с точки зрения психологии, но все-таки мы должны помнить: дальнейший план, дальнейший полет! В конце концов - ППМ - это не более чем маленькая точка на линии нашего пути.

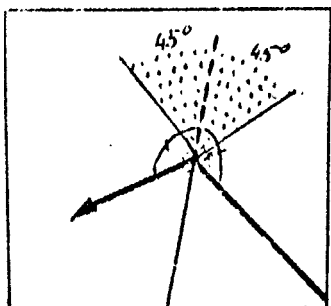
ВЫСОТА ДОСТИЖЕНИЯ ППМ

Важнейшим фактором оптимизации скорости является то, что при попутном ветре на поворотный надо приходить безусловно высоко, при встречном ветре - ниже. Попутный ветер в 1м/сек может быть значительно более выгодным, чем подъем 2м/сек при встречном ветре. Экономии времени от 5 до 15 минут, возможной при этом в экстремальных случаях, нужно только радоваться. Экстремальное развитие погоды также влияет на высоту прохождения ППМ, Если, к примеру, к ППМ приближается фронт, то нужно обязательно быстрее отметиться на поворотном пункте, чтобы не попасть в область плохой погоды. Это особенно важно, когда с фронтом ожидается дождь.

СЕКТОР СЪЕМКИ ПОВОРОТНОГО ПУНКТА.

Поворотный пункт мы должны сфотографировать из сектора с углом $2 \times 45^\circ$, чтобы представить снимок как доказательство. По международному регламенту центральной линией сектора съемки является биссектриса внешнего угла, образованного курсовыми линиями подхода и отхода от ППМ.

В действительности не обязательно выполнять спираль над поворотным пунктом, однако нужно, по крайней мере, сфотографировать ППМ из названного сектора, чтобы был виден сам объект съемки.



Лучше всего лететь в направлении центральной линии и точно над ППМ положить планер в крутой разворот, чтобы сразу сфотографировать с правильного направления. С целью экономии времени можно, правда, не пролетать над ППМ, а просто сфотографировать со стороны сектора, однако при этом вероятность получить снимок уменьшается. Для облегчения можно центральную линию обозначить на карте, во время предполетной подготовки. Как правило, положение этой линии на местности видно так хорошо, что большие ошибки в большинстве случаев невозможны.

НАСКОЛЬКО ДАЛЕКО ЗАЛЕТАТЬ ЗА ППМ ПРИ СЪЕМКЕ?

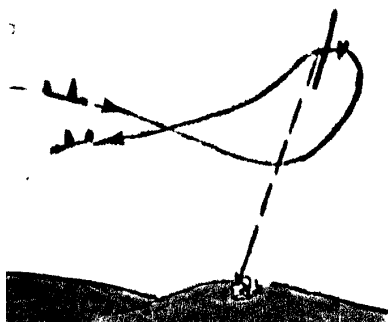
Конечно, просто попасть в сектор, если пролететь далеко за поворотный пункт. Однако это означает увеличение пути, которое во время соревнования имеет в значительной степени отрицательные последствия. При хорошей ориентировке над ППМ, в общем, достаточно фотографировать примерно с расстояния 200м. позади поворота. Колоссальный круг, характерный для неопытных пилотов, абсолютно не нужен, и может при плохой погоде привести к потере времени и к большому риску опасного снижения.

ФОТОГРАФИРОВАТЬ СВОБОДНЫМ ИЛИ ЗАКРЕПЛЕННЫМ ФОТОАППАРАТОМ?

Во время разворота над ППМ его нужно сфотографировать в определенный момент. Со свободным фотоаппаратом в руках это тяжело. Нужно быть незаурядным акробатом, чтобы одновременно разворачиваясь более или менее круто, пожалуй, ещё и управляя левой рукой, в наклонном положении, в то время как другой рукой взять правильно фотоаппарат, поднести к глазам, прицелиться и в нужный момент надавить на спуск, если фото не выйдет, то нужно делать еще круг иначе весь вылет пойдет насмарку. В большинстве случаев из-за не координированного разворота планеры проваливаются на крыло над ППМ. 20-80 метров бесполезной потери высоты из-за плохой техники фотографирования - совсем не редкость. В дальнейшем более или менее обязательно монтировать фотоаппарат на планере жестко. При таком креплении фотоаппарата снимок может быть таким хорошим, как будто сделан не в движении, так как угловое вращение всего планера при крутом развороте не так велико, как при съемке с рук. Планер

лучше всего направить так, чтобы поворотный пункт оказался под крылом, и тогда собственно "попадание" обеспечено всегда. Требующийся при этом большой крен значительно менее вреден, чем нечистый полет в других случаях. Большинство планеристов выполняют лучшие полеты с жестко установленным фотоаппаратом. В конце книги описан и изображен фотодержатель, изготавливаемый с малыми затратами, и на многих соревнованиях он сослужил службу.

При полетах до цели с возвращением и по треугольным маршрутам мы подлетаем близко к ППМ, разгоняемся на некотором пути, а затем накладываем некоторого рода "Баварский разворот", целясь при этом концом крыла в направлении объекта съемки и делаем спуск. Этот способ может быть самым лучшим, но позволяет фотографировать только один раз.



ТРЕБОВАНИЯ К ФОТОКОНТРОЛЮ НА СОРЕВНОВАНИЯХ.

На многих интернациональных и международных соревнованиях, а также и на чемпионатах страны система фотографирования получила дальнейшее развитие:

- камера должна быть жестко скреплена с левой стороны;
- фотографировать только с определенного места, на которое пилот должен точно вылететь (т.е. на "сектор"). - Объект съемки также должен располагаться точно в центре кадра и ориентиры на траверзе места съемки. Из этого следует, что каждый пилот из своего полета должен привозить одинаковые снимки. Правда, из-за различной высоты полета могут возникать небольшие различия. Дешифровка пленки в огромной степени облегчается, и, что весьма положительно для пилота, если он перед началом соревнования получает изображение местности по всем поворотным пунктам с точным обозначением требуемого места съемки, а также дополнительно образец снимка, который он должен привезти из полета. В целом это безупречная спортивная система, которая может быть только горячо рекомендована к подражанию.

ТИП КАМЕРЫ.

Каждый в праве использовать в полете специальную камеру со всем богатством приложений к ней, однако для целей рядового за свидетельствования уже все предпочитают простую камеру с зеркальным дальномером, так как меньше опасности неверной регулировки резкости. Лучше всего использовать две такие фотокамеры, расположенные в планере параллельно. При этом получается дополнительная надежность, особенно если одну отрегулировать на солнце, а другую - на тень. Автоматическая установка экспозиции тоже может быть полезной, однако она не является безусловно необходимой.

При чувствительности пленки 18/10DIN обычно ставят выдержку 1/250 сек., диафрагму 1/8, расстояние на "бесконечность", а при сильной тени и большой облачности - 1/100 сек., диафрагма - 5,6. Отпечаток при этом всегда будет хорошим, так как при печати может быть исправлен.

В последнее время появились простые фотокамеры с автоматической лентопротяжкой, которые позволяют нам без потери времени сделать один за другим несколько снимков.

В жаркие дни следует фотоаппарат и пленку защищать алюминиевой фольгой от прямых солнечных лучей, иначе пленка испортится еще перед взлетом.

ОРИЕНТИРОВКА ПРИ ОЧЕНЬ ОДНООБРАЗНОЙ МЕСТНОСТИ, ПРИ ОЧЕНЬ ПЛОХОЙ ВИДИМОСТИ И ПРИ ОБЛАЧНОСТИ.

Если тяжелые обстоятельства требуют дополнительной надежности ориентировки, то рекомендуется принципиально каждое опознанное местоположение отмечать на карте вместе со временем. Еще лучше отмечать на карте не только место и время, но и пройденный до этого путь. Благодаря этому ориентирование становится значительно надежнее. Если мы используем часы с установочным кольцом, то по мере необходимости устанавливаем кольцо в каждый момент последнего опознанного местоположения. Время прямого полета можно затем увидеть по минутной стрелке прямо на кольце. При дальнейшем планировании мы наблюдаем наш курс по компасу и нашу среднюю скорость, чтобы затем правильно определить свое место с помощью сделанных отметок времени. Контроль

и отметка времени прямолинейного полете особенно важны, так как из-за волнений трудной ориентировки можно полностью потерять чувство времени, 5-минутный полет в турбулентной атмосфере может показаться в 3-4 раза длиннее.

ОРИЕНТИРОВКА ПО СВЯЗИ.

Если область плохой видимости слишком велика, или если мы (при соответствующих условиях) вынуждены полностью использовать облачный термик при сравнительно плотной облачности, и при этом, возможно, совершаем обходной полет из соображений метеообстановки, то для нас возможна только точная навигация по связи. Нам к тому же нужна линейка, чтобы дистанцию можно было определять по карте, лететь желательно только со скоростью, удобной для вычислений, к примеру, $120 \text{ км/час} = 2 \text{ км. за минуту} = 10 \text{ км. за 5 минут}$ (или 2 см. на карте М1:500000). Еще лучше использовать специально для этого изготовленную "линейку связи", описанную в конце книги. Она проста и поэтому не допускает ошибок при использовании.

По этому принципу мы ориентировались на чемпионате мира во Врзаке и самостоятельно смогли при плохой навигационной обстановке уверенно найти поворотный пункт. Однажды этим способом по радио без видимости земли мы смогли на протяжении 70 км. вывести Вольтере Нойберта в конце полета точно на аэродром.

ПОТЕРИ ОРИЕНТИРОВКИ.

Вообще-то в полете, ориентировка должна быть настолько точной, чтобы опасность не определенного местоположения не могла возникнуть, так как если мы однажды засомневаемся, то это приведет к постоянной нервной напряженности при оценке времени и расстояния в полете. Стресс в такой ситуации ведет к тому, что мы совершаем ошибки, которые в нормальных условиях никогда не совершали. Мы дико озираемся вокруг и при хорошей погоде быстро теряемся. Поэтому: главное - сохранить спокойствие, грубо оценить район, в котором мы должны находиться и затем, прежде всего по наземным ориентирам и карте ищем точное местоположение. Спокойствие в этой ситуации совершенно необходимо.

В КОНЦЕ ПОЛЕТА.

Если мы обошлись без вынужденной посадки, то заканчиваем дневное задание расчетным долетом. Какая высота и скорость при этом являются оптимальными и как их вычислять, разбирается в следующей главе. С точки зрения навигации конец полета означает, что мы должны ориентироваться по малым и даже мельчайшим ориентирам, чтобы по возможности точнее определить свое местоположение и, следовательно, расстояние до аэродрома посадки. При наборе высоты в последнем восходящем потоке мы рассчитываем не только необходимую оптимальную высоту, но уже раскладываем полетную карту масштаба 1:250000 или больше, просматриваем наш окончательный полет, устанавливаем контрольные пункты и определяем точное расстояние до цели. При проходе контрольных пунктов сравниваем тактическую высоту с расчетной и при больших отклонениях изменяем установку кольца.

ВЫНУЖДЕННАЯ ПОСАДКА НА ПЛОЩАДКУ ВНЕ АЭРОДРОМА.

Вынужденная посадка является совершенно нормальным явлением для планериста. Никакой нервозности в этом проявлять не надо. Рассчитывать на возможности вынужденной посадки приходится в каждом полете. Еще раз повторю, что вынужденная посадка, при соблюдении основных правил, является абсолютно безопасным летным процессом.

Если достижение нового восходящего потока маловероятно, мы, прежде всего, исследуем возможность совершить посадку в направлении линии заданного пути (ЛЗП). Мы рассмотрим по возможности многие случаи приземления вне аэродрома, которые не являются опасными в диапазоне угла планирования.

В случае, когда "держит" хорошо, мы ищем подходящее поле в отдалении, а на случаи попадания в нисходящий поток следует также подобрать подходящую площадку поближе. Безопасная высота захода на посадку, естественно, тоже должна быть спланирована. Непригодные для посадки местности, такие как лес, города, озера и т.п. нужно только обходить, если есть уверенность, что фактическая высота над рельефом во всех случаях (при нисходящем потоке, усилении встречного ветра и т.д.) позволяет потом безопасно сесть на площадку. Не существует определенной минимально безопасной высоты, поэтому она должна выбираться в каждом полете в зависимости от ситуации, условий местности, особенностей пилота и его опыта. Так что мы летим постоянно в поисках термика от одной посадочной площадки к другой.

КРИТЕРИЙ ПОДБОРА ПОСАДОЧНОЙ ПЛОЩАДКИ.

Если возможно, то при заметном ветре во всех случаях необходимо садиться против ветра. Сама посадочная площадка должна быть подходящей для нашего шасси и нашего летного мастерства. По возможности она должна иметь свободные подходы и гладкую поверхность. Рекомендуются свежеспаханные поля, гладкие места, молодые хлеба, т.е. обработанные сельскохозяйственные поверхности. Если у нас есть несколько надежных площадок, то мы исходим из того, какая из них расположена недалеко от телефона и какая более удобная для подъема самолетом или

подъезда автомашины обратной транспортировки. Безопасность приземления имеет среди этих критериев наибольшее преимущество. Следует также учитывать, что с большой высоты поле оценить труднее.

ПРАВИЛО ЗАХОДА НА ПОСАДКУ.

Заход происходит в принципе точно так же, как и на хороший аэродром, т.е. с высоты 100-150 метров над поверхностью. Не следует поддаваться соблазну и искать в последний момент, восходящий поток, позволяющий пролететь немного дальше. Во всех случаях мы летим по "коробочке",

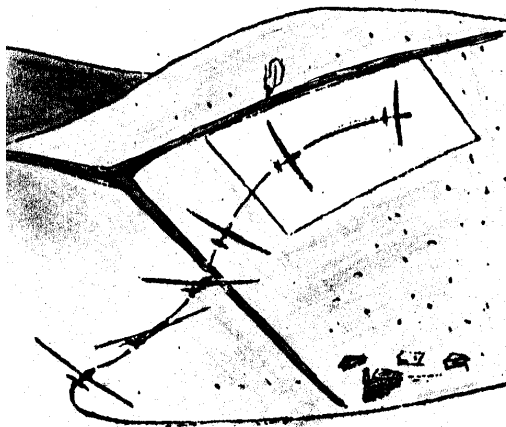
Кто пренебрегает полетом по "коробочке" и пытается посадочную прямую выполнить после разворота на 180, тот теряет площадку из вида и из-за этого может развернуться слишком рано или слишком поздно. На случай неблагоприятных факторов необходимо иметь запас высоты и скорости. При боковом ветре необходимо учитывать угол сноса. Непосредственно перед касанием планер необходимо повернуть в направлении качения. Если мы заходим на посадку со скольжением, то следует держать крен против ветра.

ОСОБЫЕ СЛУЧАИ ПРИ ПОСАДКЕ ВНЕ АЭРОДРОМА. (обычно должны избегаться).

- Посадка круто в гору.

Посадка в гору требует большого запаса скорости (до 30 км/час). Мы подлетаем поближе к земле и устремляемся затем вверх вдоль профиля поверхности. С выпущенными закрылками и интерцепторами, приземление и пробежка особенно коротки.

- Приземление поперек склона. Заход выполняется со стороны долины.



Легкий S-образный маневр в заключительной фазе позволит перед приземлением поставить плоскости параллельно склону. Без такого S-образного маневра, который весьма рекомендуется, мы не сможем в последний момент поставить крылья в нужное положение.

- Заход вплотную над препятствием. Если короткая посадочная площадка вынуждает нас пролететь вплотную над препятствием, то мы должны учитывать далеко выступающие части планера. Если высоты и скорости не хватает, чтобы нормально перелететь через препятствие, то при этих обстоятельствах у нас есть еще один шанс - снизиться перед препятствием и перетянуть его над землей. Этот опыт имеет не простое физическое объяснение, так как при снижении качество планера несколько не увеличивается. Преимущество состоит в том, что вблизи земли несущие свойства крыльев улучшаются, так что даже на малой скорости обтекание крыльев происходит без отрыва потока. Позади препятствий планеру может потребоваться большая высота, чем может обеспечить самый минимальный угол планирования. Прежде всего, при встречном ветре этот метод в необходимых случаях позволяет еще приподняться над препятствием, так как ветер у земли и в подветренной от препятствия стороне заметно меньше.

- Слишком короткая площадка.

В этом случае садимся не по центру площадки, а сбоку, чтобы при пробеге сделать на площадке круг.

В нормальных случаях при достаточных размерах площадки мы садимся в принципе с минимальным количеством движения, чтобы получить минимальную посадочную скорость и длину пробега.

- Посадка в высокую траву, хлебное поле и т.д. При этом необходимо минимальное количество движения (закрылки выпущены, интерцепторы тоже, тормозной парашют раскрыт).

Существуют планера в конструкции которых используется тормозной парашют.

- Очень крутой посадочный склон. При пробеге, но не слишком поздно, так как пробег очень короткий, ложим одно крыло на землю и разворачиваемся на 90. Этим мы спасаемся от того, чтобы после остановки не покатиться назад.

- Слишком короткая посадочная площадка. Касаемся, земли как можно раньше, даже если количество движения еще относительно велико, здесь хорошо пригодится тормоз колеса. Планеры без тормозного колеса прижимаем к лыжке. Непосредственно перед препятствием в конце поля отворачиваем. При этом руль высоты полностью опущен, чтобы снять нагрузку с хвостовой части фюзеляжа.

- При малых поперечных бороздах. Особенно на мокрой траве, мягкой почве и т.п. ущерба для планера не возникает, если шасси не выпускать. На малых поперечных бороздах фюзеляж скользит лучше, а колесо застревает. Кроме этого случая обычно лучше использовать колесо, так как в современном планере мы сидим всего на 1 см. выше нижнего обвода фюзеляжа и все толчки получаем в полную силу на позвоночник из-за отсутствия демпфирования фюзеляжем. В случае попадания на твердый предмет шасси можно отремонтировать, а вот позвоночник вряд ли.

- В кустарник, в воду мы садимся так же, как на хлебное поле. Точно так же на деревья, если нет другой возможности, на более низкие и густые, целимся фюзеляжем между стволами.

- Посадка на, совсем непригодную местность. При посадке на галечник или тому подобное от планера все равно мало что остается. Однако пилот еще может довольно уверенно спастись, если он проскользит по земле. Свисающие крылья при поломке примут на себя большую часть энергии удара.

ПОСЛЕ ПРИЗЕМЛЕНИЯ ВНЕ АЭРОДРОМА

После благополучной посадки и спокойного пробега нас охватывает тишина. Было бы, конечно, неплохо посидеть спокойно, унять чувства соревновательной борьбы, а возможно и злость от преждевременной посадки, однако обычно не получается это, так как скоро появляются первые зрители и надо, наконец, как можно скорее добраться до телефона. Приходится - в который раз - преодолевать нервозность и все делать правильно и спокойно.

ЗРИТЕЛИ.

Мы объясняем всем пришедшим все, что они хотят знать:

и "почему самолет без мотора", и почему здесь приземлился и можно ли приземлиться, если бы не было ветра. Мы приводим сравнение с птицами, показываем инструменты, позволяем некоторым даже посидеть в кабине. Наиболее смелому мальчишке мы объясняем планер особенно подробно, спрашиваем у него адрес и фамилию, так как он может потом посторожить планер.

ВЛАДЕЛЕЦ ПОЛЯ.

Владельцу поля нужно как можно спокойнее объяснить, что посадка вынужденная, что нанесенный ущерб можно оценить и (мы дадим ему адрес) получить компенсацию. В большинстве случаев владелец поля удовлетворяется, забывает свои потери и помогает нам попросить зрителей с поля, чтобы они еще больше не вытоптали плантацию. Только наш избранник может оставаться при планере.

Небольшой практический комментарий: обычно с т.н. «владельцем поля» достаточно быть вежливым, пригласить его в клуб, пообещав прокатить его на планере, но случаются ситуации, когда владелец поля настроен агрессивно, в этом случае следует совершенно спокойно предложить ему возместить ущерб, нанесенный планером, т.е. только за ту часть поврежденных насаждений, по которым прокатилось колесо планера на пробеге, объяснив ему при этом, что за ту часть, которую вытоптали «зеваки» из его же деревни мы не несем ни какой ответственности и пусть он разбирается с ними сам.

МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ НЕПОГОДЕ.

Если приближается непогода, мы просим подошедших помочь нам обезопасить планер. Мы убираем шасси, ложем планер на брюхо, развернув его крылья против ветра и все прочно закрепляем, имеющимся у нас крепежным материалом.

РАЗГОВОР ПО ТЕЛЕФОНУ. ТЕЛЕФОННЫЙ БЛАНК.

Автомобилисты объясняют нам точное место приземления по карте. Они покажут нам, как отсюда выбраться и обычно подвозят нас к телефону. Следует помнить, что ближайший телефон - не самый лучший. Общественный телефон мало подходит, так как наши друзья не смогут позвонить нам обратно в случае надобности. Поэтому лучше использовать личный телефон. Люди обычно вводят в наше положение с достаточным юмором и часто без лишних вопросов помогают нам. Иногда встречаются и курьёзы.

Так, например, я в Западной Франции под Троицу, сев на площадку, искал вместе с хозяйкой поля сорвавшуюся корову и пожил как король, в то время как мой товарищ в маленьком местечке, где было мало юношей, чуть было не женился на дочке своего хозяина. Чего только не случается при посадках вне аэродрома! Например, Гартмут Лодек приземлился однажды на территории ликероводочной фабрики.

Для телефонного разговора лучше всего иметь при себе телефонные бланки, которые на многих соревнованиях хорошо подготовлены и должны лежать на каждом аэродроме рядом с телефоном. Несколько листов должно быть у нас с собой в бортирунале.

ТЕЛЕФОННЫЙ БЛАНК.

Донесение о посадке Дата
на телефон № Время
Номер участника соревнований
Время приземления
Ровность площадки да/нет
(Возможные повреждения). Место приземления (ближайший населенный пункт)
Направление и удаление места посадки от этого населенного пункта
Ближайший крупный населенный пункт
Направление и удаление места посадки от него
Прочее (указания для подъезда, номер улицы и т.п.)....
Пилот (Ф.И.О.)
Для сообщения Телефон №
Пункт поворота

Для засвидетельствования приземления требуются по крайней мере подписи двух официальных лиц: это такие как полицейский, пастор, лесничий, врач, и др. Лучший способ обозначить место приземления - это сделать копию па кальке с карты большого масштаба. Кроме того, просим свидетелей сообщить свою фамилию, адрес и телефон.

Барограф с планера снимается, но не вскрывается, пломбы остаются целыми, чтобы потом сами судьи могли его вскрыть.

ПРАВИЛА РЕГИСТРАЦИИ СПОРТИВНЫХ ДОСТИЖЕНИЙ.

НЕОБХОДИМЫЕ ДОКУМЕНТЫ.

Спортивное признание полета требует соблюдения установленных для этого международных и национальных: правил. Основные положения этих правил сведены в спортивный кодекс ФАИ (международная федерация авиационных видов спорта). Полет для международного признания результата как на серебряный значок, золотой значок и золотой значок с бриллиантами или рекордный полет должен соответствовать этим правилам по всем пунктам. Национальные и областные соревнования по планерному спорту в Германии проводятся в соответствии с "организацией соревнований по мастерству полетов на планерах", приравняваемой к спортивному Кодексу.

Полеты с целью достижения спортивных результатов, организуемые нецентрализованно - пролетел сам установленное задание, я затем сдал полетные документы - должны соответствовать ежегодно публикуемым правилам регистрации. Чтобы предупредить неприятный неожиданности при оформлении результата, в таблице А приведены основные положения, требуемые в зависимости от обстоятельств и соответствующие спортивному кодексу.

Таблица А

Необходимая информация	Объявление рекордной попытки	Буксировочное стартовое свидетельство	Свидетельство о проходе цели и ППМ	Доказательство прохода ППМ	Приземление или прибытие на цель	Барограмма	График полета
1	2	3	4	5	6	7	8
Дата полета	✱	✱					
Имя пилота	✱	✱					
Национальность пилота	✱						
Вид и категория совершенного рекорда	✱	✱					
Результат	✱						
№ и дата выдачи спортивной лицензии ФАИ	✱						
Тип и № барографа							

1	2	3	4	5	6	7	8
Дата последней проверки барографа							
Формуляр и техническое описание планера	✳	✳					
Место старта	✳	✳					
Вид старта		✳					
Давление воздуха на земле к моменту старта (только при высотном полете)							
Точка старта	✳	✳					
Высота старта							
Время старта	✳						
Имя пилота самолета-буксировщика, № его пилотского удостоверения, техническое описание самолета буксировщика		✳					
Время отцепки		✳					
Продолжительность буксировки		✳					
Место отцепки		✳					
Высота отцепки		✳					
Название цели или ППМ	✳						
Время отметки прохода ППМ							
Момент времени, когда планер был над ППМ							
Оценка высоты планера над ППМ							
Фотопленка (дешифрованная) с названиями ППМ или подтверждение прохода ППМ спортивным свидетелем							
Время приземления в цели или время окончания полета.	✳						
Место приземления, если нет полетной цели	✳						
Пройденное расстояние и средняя путевая скорость	✳						
Копия пройденного маршрута (если необходимо)	✳						
Дата и подпись пилота	✳						
Дата и подпись ответственного за проверку							
Дата и подпись спортивного свидетеля	✳	✳					
Дата и подпись пилота-буксировщика		✳					
Штемпель Федерации авиационных видов спорта (при установлении мирового рекорда)	✳						

Если планер не приземлился в цели, то свидетельство о приземлении должно быть подписано двумя независимыми свидетелями, адреса которых также должны быть указаны.

Дополнительные положения правил, требуемые для полетов на мотопланерах.

Остановка двигателя до пересечения стартовой линии	✳						
Двигатель не включался после пересечения стартовой линии	✳						
Двигатель не мог быть снова включен в полете	✳						

ВЫБОР СКОРОСТИ ПЕРЕХОДА.

На переходе мы имеем возможность выбирать любую скорость в пределах диапазона допустимых скоростей. Большие скорости перехода, как и малые, связаны с излишними потерями высоты. В полёте по маршруту скорости перехода должна быть такой, чтобы пройти маршрут с возможно большей средней путевой скоростью. Длина

переходов зависит от длины рабочего диапазона, высоты и скорости переходов. В книге даны графический и аналитический способы выбора этой скорости.

КАК УВЕЛИЧИТЬ ДЛИНУ ПЕРЕХОДА?

При полете по маршруту в случае ухудшения погоды, в целях предосторожности и на случай попадания в нисходящий поток имеется минимально допустимая высота полёта.

При безветрии.

Только при безветрии для достижения максимальной дальности планирования стрелку калькулятора Мак-Креди следует устанавливать на ноль. Главное, чтобы калькулятор был рассчитан для фактического полётного веса планера. Однако при прохождении обширных зон снижения рекомендуется устанавливать кольцо не точно на ноль, а выше ноля, чем обеспечивается увеличение скорости перехода для быстрого прохода нисходящей зоны. Когда же проходим зону слабых восходящих потоков, кольцо устанавливается ниже ноля. Хотя этим перемещением мы получаем отнюдь не точную величину скорости, однако, диапазон получаемых скоростей примерно соответствует оптимальной скорости. При безветрии мы имеем право выбора - слить водобалласт сразу после взлёта или через некоторое время. Слив воду, мы летим медленнее, но быстрее набираем высоту. При этом стрелку калькулятора следует поднять. Оставив планер затяженным, мы отстаем при наборе высоты. Угол планирования на переходах, а вместе с ним и длина переходов останутся без изменения. Если ещё есть надежда на восходящий поток, то облегченный планер не только продлевает нам время на обдумывание, где стоило бы встать в спираль, но и позволяет набирать высоту в слабых потоках. Впрочем, перед посадкой в целях предосторожности мы должны слить водобалласт.

При встречном ветре.

При встречном ветре невозможно осуществить длительное планирование. Совершенно очевидно, что в этом случае следует лететь немного быстрее, чем указало бы нулевое положение стрелки калькулятора. Из оптимальной теории вытекает правильная установка кольца: его стрелка должна быть установлена так, чтобы, будто скорость перехода равна сумме скоростей планера и ветра. В буквальном смысле - скорость, указанная кольцом, справедлива только при вертикальных перемещениях воздушной массы. В сущности, при нисходящем движении воздуха, как и при встречном ветре, мы летим немного быстрее, чем рекомендует установленное кольцо, а при восходящем движении или попутном ветре - медленнее. На планере АСВ-15 с удельной нагрузкой на крыло 28кгс/м.кв. и подобных планерах стандартного класса кольцо устанавливается следующим образом:

Встречный ветер	Положение кольца
25км/ч	+0,25м/с
49км/ч	+0,5м/с
58км/ч	+1,0м/с

Мы видим, что для умеренных ветров "прибавка" кольца не слишком высока, в большинстве случаев она ниже 0,5м/с. С другой стороны, у нас есть выбор веса планера, при встречном ветре благоприятна повышенная скорость планирования планера с водобалластом. Если установка кольца не удовлетворяет тактической задаче, то его следует установить немного выше или ниже. Однако все перестановки должны быть соразмерны с тактической обстановкой.

При попутном ветре.

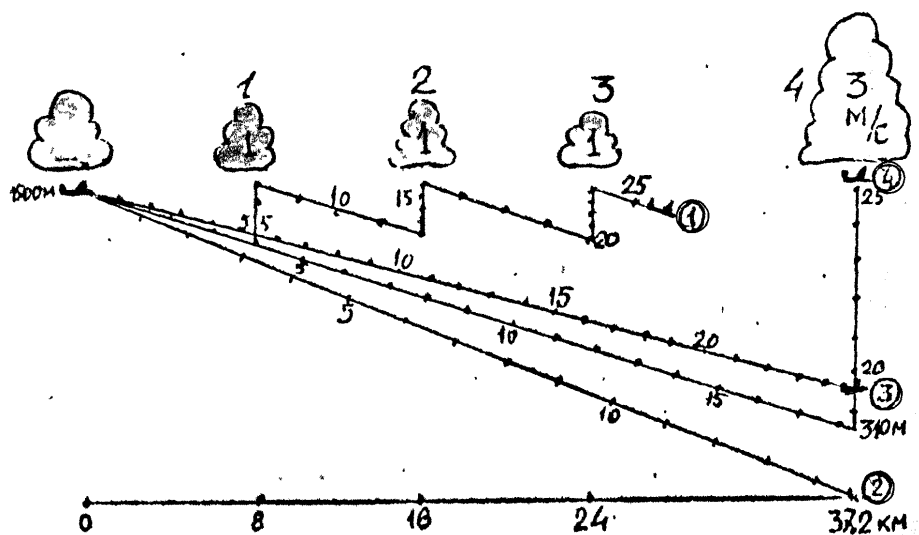
При попутном ветре мы сливаем водобалласт, устанавливаем кольцо немного ниже нуля и летим несколько медленнее, чтобы ветер мог нам сопутствовать.

КАК ДОБИТЬСЯ ВЫСОКОЙ СРЕДНЕЙ СКОРОСТИ?

В маршрутном полете, мы хотим не только достичь цели, но и добиться высокой средней скорости. В этом большую роль играют многие факторы, которые должны быть правильно оценены по их значимости, чтобы суметь достичь высоких спортивных результатов. Прежде всего, это набор высоты в спиралях, зависящих от метеоусловий, типа планера, и техники пилотирования пилота. Большую роль также играют скорость планирования через зоны восходящих потоков и этап полета к финишу.

ЧТО ВАЖНЕЕ - НАБОР ВЫСОТЫ ИЛИ ПЕРЕХОД?

Для того чтобы сравнить набор высоты и переход по их значимости для полета, ниже приводится упрощенный пример. Предположим, что через каждые 8 км встречается слабый восходящий поток, который обеспечивает нашему планеру АСВ-15 с удельной нагрузкой на крыло 28 кгс/м.кв. скороподъемность 1 м/с. На большом удалении, примерно 37,2 км появляются облака, которые обеспечили бы скороподъемность 3 м/с. Воздух между потоками находится в покое. На высоте 1500 метров мы обдумываем, как наилучшим образом выбрать установку калькулятора. Ниже рассмотрены действия четырех разных пилотов.



Пилот(1) устанавливает кольцо калькулятора на 1 м/с и летит к первому облаку, под которым восстанавливает высоту, летит ко 2 и 3 облакам, не меняя установку кольца. Когда под третьим облаком он достигает 1500 метров, то устанавливает кольцо на 3 м/с и подлетает к 3-х метровому облаку относительно быстро. Это - классический стиль полета.

Пилот (2). Восходящий поток в 1м/с для него слишком слаб, поэтому он решает долететь до сильного потока и устанавливает кольцо на 3м/с. Пилот (3). Он не хочет использовать слабые восходящие потоки и пытается достичь сильного потока без остановки в слабых. В целях экономии высоты он устанавливает кольцо на ноль и летит со скоростью максимальной дальности. Пилот (4). У него такой же ход мыслей, как у пилотов (2) и (3), но он считает, что установка калькулятора на 3 м/с для него рискованна, потому что при соответствующей этому положению кольца скорости планирования, удельный расход высоты будет слишком большой. В целях предосторожности он поступает как пилот (3) и ставит кольцо на ноль, летит, сопоставляя высоту с удалением до трехметрового потока. Как только высота и удаление до сильного потока позволяет, он устанавливает кольцо на 1 м/с и летит без наборов к сильному восходящему потоку.

Который же из пилотов стал самым быстрым? Ниже приведены результаты.

Пилот (1), который был убежден, что все сделал правильно, через 25 минут находился еще за 10 км до сильного потока на высоте 1300 метров. Его средняя путевая скорость составляет 68,2 км/ч.

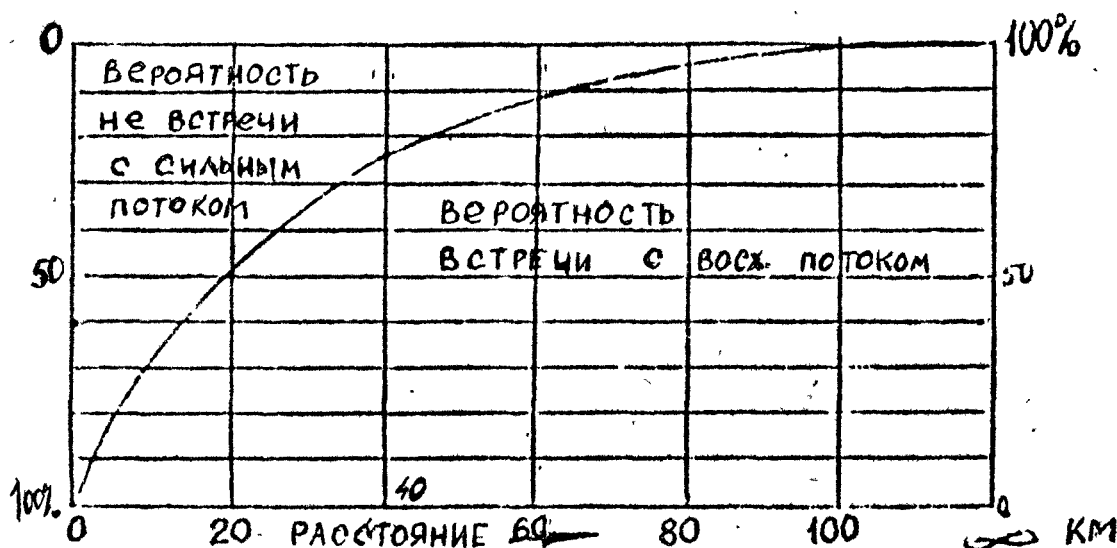
Пилот (2) потерпел неудачу, правда, ему удалось преодолеть расстояние до хороших облаков за 15 минут, но при этом он израсходовал всю свою высоту и приземлился под многообещающим облаком. Если бы его с места посадки сразу поднимало со скоростью 3 м/с, то его средняя путевая скорость равнялась бы 94 км/час. Однако он уже на земле в то время, когда другие пилоты еще летят.

Пилот (3) достиг хорошего облака на высоте 520 метров через 24,7 минуты. Через 5,5 мин он снова достиг высоты 1500 метров. Средняя скорость составила 73 км/час. Пилот (4) достиг трехметрового потока на высоте 310 м, спустя 18,6 мин. В своих расчетах он исходил из следующего: для использования потока в 3 м/с, к нему необходимо прийти на минимально допустимой высоте, с которой еще можно подняться со скороподъемностью 3 м/с. Через 25 минут он снова на высоте 1500 метров. Ниже на 1000 м под ним набирает высоту пилот (3). Планер пилота (2) находится в поле его зрения, пилот (1) отстает от него на 10 км и кроме того, на 200 метров ниже, так что пилот его еще не видит. Средняя скорость, достигнутая пилотом (4), составляет 88 км/час, т.е. на 15 км/час больше, чем у пилота (3) и почти на 20 км/час больше, чем у пилота (2). О пилоте (2) полностью умолчим. Рисунок показывает обстановку полета через 25,2 минуты. Точки и числа на линии траекторий означают время в минутах. Особенно поражает в этом примере то, что пилот (4) достиг высокой средней скорости не за счет положения кольца. Свое положение кольца 1 м/с он выбрал произвольно и намного опередил других, пролетев без остановки в слабых потоках. Для него важнее положения кольца было прийти к сильному потоку на максимально безопасной высоте, не останавливаясь в слабых потоках, и при этом сразу же иметь скороподъемность 3 м/с.

ВЕРОЯТНОСТЬ ВСТРЕЧИ С СИЛЬНЫМ ВОСХОДЯЩИМ ПОТОКОМ.

Чем больше дальность планирования, тем больше у нас возможности достичь восходящего потока необходимой силы. Предположим, что планер поднялся на определенную высоту, (например 1000 метров) и отсюда пролетел расстояние 20км, т.е. у него вероятность встречи с хорошим потоком 50%. Если такое же расстояние пройдено при улучшенной глиссаде планирования (1:40) с той же высоты 1000 метров, то считается, что вероятность встречи с потоком также равна 50%. При расстоянии свыше 40 км вероятность встречи увеличивается, но не более чем до 100 %.

Чтобы лететь со 100 % вероятностью встречи с сильным потоком, необходимо пройти расстояние, равное бесконечности. Согласно расчетам, вероятность встречи с сильным потоком в нашем примере равна 75 %.



На графике мы видим увеличение вероятности встречи с сильным потоком с увеличением расстояния. Естественно, этот график соответствует действительности при постоянных погодных условиях. Но все же мы видим, что незначительная вероятность быстро уменьшается, когда при высоком положении кольца уменьшается дальность планирования. Этот факт стал причиной неудачного перехода пилота (2). Если вероятность встречи с сильным потоком, наоборот, высока (например 90%), то за счет увеличения дальности планирования с помощью низкого положения кольца она увеличивается незначительно. Пилот (3) из-за длительного планирования потерял много времени, хотя в надежности полёта выиграл незначительно по сравнению с пилотом (4).

НАЧАЛО И ОКОНЧАНИЕ НАБОРА ВЫСОТЫ.

Восходящие потоки имеют различную скороподъемность на разных высотах. При расчетах оптимальной средней скорости переходов используют обычно ожидаемую среднюю скороподъемность. Она определяется как частное от деления прироста высоты в потоке на время набора с учётом времени поиска и центрирования потока. Пилот, летающий быстро, входит в поток не только точно, он часто получает дополнительный начальный прирост высоты в отличие от медленно летающего пилота. Как только он достигает необходимой высоты, то сразу же выходит из потока. Момент ухода из потока является решающим для расчета высоты и установки кольца. Для наглядности даны два примера.

1. Предположим, что мы набираем высоту в восходящем потоке со скороподъемностью, уменьшающейся с высотой от 3 м/с до 2 м/с (средняя скороподъемность 2,5 м/с). Если следующий восходящий поток обеспечит среднюю скороподъемность 2 м/с, было бы нелепо оставлять поток при уменьшении скороподъемности до 2,5 м/с, т.к. в следующем потоке мы будем подниматься медленнее. Из этого следует, что восходящий поток может быть оставлен тогда, когда скороподъемность уменьшится до 2 м/с, т.е. будет соответствовать средней скороподъемности следующего потока.

2. Мы набираем высоту в потоке со средней скороподъемностью 2 м/с и собираемся перейти к другому потоку, скороподъемность в котором будет возрастать от 1 до 3 м/с. Если мы покинем наш восходящий поток раньше, то в следующем потоке будем иметь 1 м/с из-за того, что придем в него на малой высоте. Если же мы, наоборот, задержимся в потоке, то прибудем во второй поток на слишком большой высоте, не используя полностью диапазон хороших скороподъемностей. Ясно, что начальная скороподъемность при наборе высоты в идеальном случае должна быть равна средней скороподъемности в предыдущем потоке. Из этих примеров следует неизбежная необходимость подниматься в потоке на такую высоту, которая бы обеспечила приход в следующий поток на высоте, где скороподъемность была бы равна скороподъемности в предыдущем потоке перед его покиданием. Положение кольца при этом соответствует скороподъемности окончания набора, равной скороподъемности начала следующего набора.

Правило оптимальных переходов.

Скороподъемность конца набора = положение кольца = скороподъемность начала следующего набора. Высота, до которой следует подняться в потоке, определяется этим правилом. Если оно не подходит, то положение кольца определяется только по одной из скороподъемностей окончания или начала набора. На рисунке изображена схема оптимального маршрутного полета.

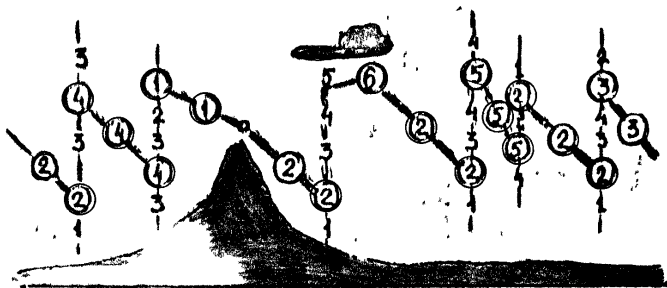


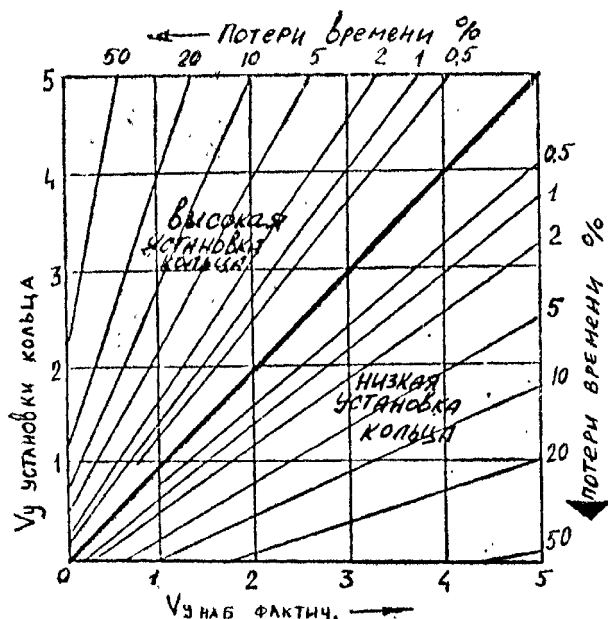
Схема показывает, как должен выглядеть точный полет. Вертикальными линиями изображены восходящие потоки. Отмечено начало и окончание наборов. Оптимальная траектория показана жирной чертой. Изменения величины скороподъемности в потоках здесь утрированы для наглядности. Возникает вопрос - как может быть достигнут такой оптимальный режим полета? Ответ прост: Правило оптимальных переходов невозможно применять точно. Уже по старой теории установка кольца на точную величину средней скороподъемности следующего потока, невозможна, а с новым правилом переходов это еще более усложняется. Расстояние до следующего восходящего потока, высоту входа в него, начальную скороподъемность невозможно определить точно. Поэтому мы должны пытаться, по крайней мере, достигать максимального выигрыша высоты в диапазонах сильных скороподъемностей, т.е. исходя из тенденции „Скороподъемность начала набора = скороподъемности конца подъема". В каждом очередном потоке мы должны интересоваться, сможем ли мы иметь лучшую скороподъемность в следующем потоке и, если можем, то при первой возможности переходить к нему. Этим повышается средняя скорость полета. Правило оптимальных переходов остается постоянной целью, которую, к сожалению, не каждый может достичь.

Отсюда вытекает вопрос - останавливаться в потоке для набора спиралью или нет? Разная скорость и направление ветра на различных высотах также имеют большое значение. Иногда бывает целесообразно лететь в небольшом диапазоне высот, где ветер попутного направления. Полет на высоте изменения скорости и направления ветра нежелателен, т.к. на этой высоте термик разрывается.

Т.к. точное выполнение правила оптимальных переходов невозможно, то мы должны знать - какие ошибки приводят к большой потере скорости, а какие нет. Первый пример с четырьмя пилотами достаточно точно показал, что увеличение скороподъемности очень сильно влияет на среднюю скорость.

ПОТЕРЯ СКОРОСТИ ПРИ НЕТОЧНОМ ПОЛОЖЕНИИ КОЛЬЦА.

Во второй части книги говорится, как происходит потеря скорости при неправильно выбранной траектории, полета. Н. Кауэр обосновал это математически, вычислив с помощью ЭВМ потери времени при неправильном положении кольца, для планеров "Циррус-стандарт" и "Нimbus". Для обоих планеров, отличающимися по своим летным характеристикам, получаются почти одинаковые картины. На рисунке показана диаграмма, изображающая, на сколько процентов увеличивается время полета при неправильно установленном кольце для планера "Циррус-стандарт". Красная линия на диаграмме соответствует правильной установке кольца (Установленная и действительная скороподъемности совпадают). Выше этой линии показано увеличение времени и процента для высоко установленного кольца, ниже - для низко установленного кольца.



Из диаграммы видно, что положение кольца, установленного неточно на $\pm 25\%$, даёт увеличение времени полёта на 1%. Следует обратить внимание на то, что нулевое положение кольца при возрастании фактической скороподъемности очень быстро приводит к потере скорости. При установке кольца от 2 до 4 м/с время полета увеличивается до 5% (Если фактическая скороподъемность соответственно от 4 до 2 м/с). Погрешности набора высоты $\pm 25\%$ увеличивают время полета на 1%. Если это действительно так, то мы можем не пользоваться электрическим вариометром с переключателем диапазонов при малых скороподъемностях, это может привести к неправильным скоростям переходов. Задающее устройство и кольцо Мак-Креди являются очень важными приборами для обеспечения оптимальных скоростей перехода, их установка может быть выбрана произвольно исходя из ситуации. Если мы установим кольцо на 1 м/с, идя к кучевому облаку, обеспечивающему скороподъемность 4 м/с, то мы потеряем около 14% времени. Но если мы под этим облаком не встретим потока, то оставшаяся высота достаточна для перехода к следующему восходящему потоку.

При 10-минутном планировании на переходе потеря времени составила бы 1,4 мин. при условии, что фактическая скороподъемность окажется 4 м/с. Из графика также видно, что нулевое положение кольца при больших фактических скороподъемностях приводит к значительному проигрышу времени. Выбор положения кольца является вопросом тактики и должен быть близок к фактической скороподъемности, а также обеспечивать некоторую экономию высоты. Соревнование никогда бы не было выиграно, если бы победитель устанавливал кольцо всегда математически точно.

Решающим является набор высоты. Наиболее быстрый пилот выигрывает время в основном за счет выбора более сильных потоков, быстрого их поиска и центрирования, лучшего режима спирали.

ПЕРЕХОДЫ СТИЛЕМ "ДЕЛЬФИН"

Во время переходов через восходящие и нисходящие потоки вариометр показывает различные скорости планирования (соответствующие кольцу Мак-Креди). Следовательно, мы должны постоянно изменять скорость полета, т.е. "подтягивать" или "отдавать" ручку управления. В воздухе это похоже на плавание дельфина. Если пилот правильно изменяет направление и профиль полета в зависимости от скорости восходящих и нисходящих потоков, их расположения, он может без спиралей пролетать большие расстояния и за счет этого сильно увеличивать среднюю скорость полета. В последние годы сложилось мнение о возможности выполнения бесспирального полета с экстремально высокой средней скоростью. Мировой рекорд скорости на 300-километровом треугольнике 153 км/час (Вальтер Роберт), на 100-километровом треугольнике была достигнута скорость 175 км/час (Клаус Годриан, Южная Африка), Ганс Вернер Гроссе пролетел расстояние 1460 км.

Гроссе так описывает начало своего полета по 827-километровому треугольнику, состоявшегося 12 мая 1973 года:

"Взлетел в 7,45. Отцепился на высоте 1000 метров над Грашбеком около Мельна. Кромка 480 метров, она быстро возрастает до 700 метров. Малая высота конвекции обеспечивает незначительную термическую устойчивость, за счёт чего мне удалось лететь почти без спиралей, изменяя только профиль полета. Несмотря на скороподъемности ниже 1 м/с, я добился средней скорости свыше 90 км/час. Итак, при незначительной скороподъемности Гроссе достиг скорости 90 км/час. И не только он, но и многие другие пилоты своими полетами доказали, что при относительно низких скороподъемностях можно добиваться очень высоких средних скоростей. Результаты соревнований показывают, что раньше они не могли быть достигнуты при таких же погодных условиях. Это, конечно, обусловлено улучшенными качествами планеров, на которых мы сегодня летаем, но и не только этим. Нельзя забывать о прогрессе в авиастроении, но еще большую роль сыграло дальнейшее развитие полетной тактики, и в частности, тактики полета стилем "дельфин". Пилоты вновь и вновь возвращаются к этому стилю полета. Следует уточнить, по каким правилам они летают, когда останавливаются в потоке, а когда нет. Однако правила, эти будут приблизительными.

Непросто разработать теорию полета стилем "дельфин" с такой точностью, с какой Карл Никель и Поль Мак-Креди разработали теорию классического полета по маршруту (со спиралью в восходящем потоке). В полете стилем "дельфин" решающую роль играет не только скорость ходящих и нисходящих потоков, но и их горизонтальное распределение. Обычно пользуются различными метеорологическими предположениями, для которых можно математически рассчитать траекторию полета. Во второй части книги представлены четыре математические модели, каждая из которых соответствует своему метеорологическому предположению. Интересной оказалась классическая теория, которая является частным случаем стиля "дельфин", если предполагать, что во время набора высоты не проходят никакого расстояния.

Полет стилем "дельфин" можно определить как полет по прямой, следовательно, любой классический переход является полетом стилем "дельфин". (Подробнее во II части книги).

В полете стилем "дельфин" большое значение имеет мастерство пилота, его умение так изменять направление полета, чтобы достигалось хорошее соотношение между встречающимися восходящими и нисходящими потоками. Вот почему Гроссе при незначительной скороподъемности 1 м/с смог

достичь скорости 90 км/час.

ПРАВИЛА ПОЛЕТА СТИЛЕМ "ДЕЛЬФИН"

1. Кольцо установлено на шкале вариометра на сильный восходящий поток.
2. Если благодаря оптимальной траектории полёта к предполагаемому восходящему потоку высота остается постоянной, то иногда можно выполнять спирали в хорошем восходящем потоке.
3. Если нам угрожает превышение высоты нижней границы облаков, то кольцо нужно устанавливать так, чтобы сохранить высоту постоянной
4. Если предполагается использовать при "дельфине" спиральный набор высоты, то выполнение пунктов 1-3 обязательно. Если мы предполагаем лететь без спиралей, то выполняются пункты 2-3.
5. Полет стилем "дельфин" должен получаться не за счет установки кольца, а только при наличии достаточно хороших метеоусловий. Особенно хорошо получается "дельфин" при "плотных" восходящих потоках с малой высотой конвекции. Наиболее "плотно" (часто расположенные) восходящие потоки благоприятствуют полёту стилем "дельфин".
- 6.Рекомендуется выполнять планирование стилем "дельфин" на планерах с высокой удельной нагрузкой на крыло.

РУЛЕВОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРИ ПОЛЕТЕ СТИЛЕМ "ДЕЛЬФИН".

В каждой части прямолинейного полета необходимо лететь с наиболее подходящим профилем полёта. Изменение вертикальных скоростей движения воздушной массы при прямолинейном полете приводит к уменьшению скорости планирования, это, в свою очередь, уменьшает среднюю путевую скорость, особенно при метеоусловиях с тесно связанными восходящими и нисходящими потоками. Факторы, являющиеся причиной этого уменьшения:

-Неточность и запаздывание показаний вариометра.

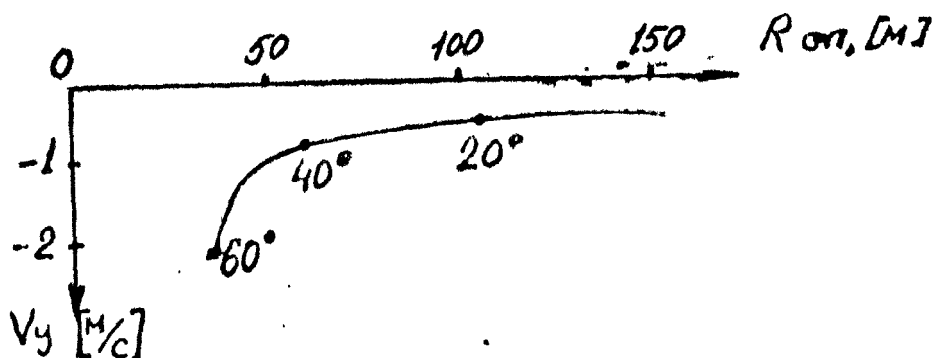
-Время реакции пилота.

-Замедление, обусловленное качеством планера. Запаздывание показаний вариометра зависит от конструкции прибора. Крылышковый чувствительный вариометр реагирует быстрее, чем грубый, анероидно-мембранный, однако еще более чувствителен электрический вариометр. Все-таки остается сомнение в том, стоит или нет затрачивать средства на быстрые вариометры, если трудно считывать быстро изменяемые показания, и тем более трудно менять так быстро скорость в соответствии с этими показаниями. Однако идеально быстрый вариометр может своевременно сообщить нам в полете об изменении вертикальной скорости воздуха и указать правильную траекторию планера. Вариометр траектории полета служит для контроля над величиной изменений полета. Быстрота реакции пилота, естественно, зависит, прежде всего, от этих способностей. Хорошо подготовленный, здоровый, уравновешенный пилот реагирует быстро. Удовлетворение от полета способствует повышению внимания и снижает время реакции. Мы должны развивать у себя быстроту реакции. Ухо, получающее постоянный звуковой сигнал от звукового вариометра или оптимизатора, обеспечивает возможность быстрой корректировки, которая гораздо хуже выполняется при взглядах на прибор. Потери скорости, обусловленные качеством планера при полете стилем дельфин, естественно, нельзя предотвратить, но их можно сократить при правильном рулевом управлении. Рулевое управление, однако, приносит аэродинамические потери. Эти потери обусловлены не только перегрузкой, но и изменением скорости планера. При высокой скорости можно брать ручку на себя с перегрузкой 2 - 2,5, т.к., в этом случае увеличение подъемной силы происходит при небольшом изменении угла атаки.

При небольшой скорости высокая перегрузка связана с большими потерями энергии при большом изменении угла атаки. Часто мы вынуждены в результате неблагоприятного потока давить ручку "от себя", так что на кабину пилота действуют отрицательные перегрузки. Такое движение крайне вредно и его, безусловно, следует избегать. Отдавать ручку от себя при необходимости следует настолько, чтобы мы не ощущали отрицательной перегрузки. Вывод: мы двигаем рулем высоты тем резче, чем быстрее изменяется скорость вертикального движения воздушной массы.

ВОДОБАЛЛАСТ.

Повышение удельной нагрузки на крыло ухудшает летно-тактические данные планера на спирали. Спирали характеризуются различными диаметрами. В принципе, спираль одинакового диаметра можно выполнить на малой скорости с незначительным креном и на высокой скорости с большим креном. При наборе высоты в восходящем потоке мы выдерживаем такой крен, чтобы планер при заданном диаметре спирали имел наименьшую скорость снижения. Иначе говоря, каждому радиусу спирали соответствует оптимальный крен и скорость полёта. Чтобы охарактеризовать полет по спирали, построим специальную поляру. График показывает, как изменяется скорость снижения и крен планера в зависимости от радиуса спирали.



Данная зависимость построена для планера АСВ-15 с удельной нагрузкой на крыло 28 кгс/м.кв. Если повысить удельную нагрузку на крыло до 36 кгс/м.кв., то скорость снижения планера при радиусе 150 метров увеличится на 10 см/сек, при радиусе 50 метров - на 50 см/сек. При повышении удельной нагрузки на крыло изменяется характер прямолинейного полета планера. В восходящем потоке мы должны спускаться весь водобалласт, для лучшего набора высоты, хотя затем на переходе можем проиграть в скорости. При плохом подъеме мы должны по возможности сливать водобалласт, т.к. улучшение скороподъемности является основной предпосылкой для увеличения средней скорости. При планировании стилем "дельфин" вопрос заключается в другом, т.к. скорость набора высоты в замедленном прямолинейном полете значительно ниже, чем в спиральном полете, то высокая удельная нагрузка на крыло играет большую роль для ускорения полета. Для того чтобы при полете стилем "дельфин" увеличить расстояние, рекомендуется лететь с высокой удельной нагрузкой.

При взлете с лебедки водобалласт приносит большую, пользу для ускорения полета (и имеет смысл), тяжелые планеры достигают большей высоты по сравнению с легкими. Когда восходящий поток не очень хороший, и мы не можем лететь дальше с высокой удельной нагрузкой, то можно слить воду по пути к следующему потоку. Пилоты довольно часто пользуются этим способом. Во время самого спирального набора, естественно, нельзя сливать воду, т.к. следует подождать, когда мы окажемся в начале слабого потока.

ПРАВИЛО ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДОБАЛЛАСТА.

Высокая удельная нагрузка на крыло приносит большую пользу для ускорения полета и имеет смысл при сильных восходящих потоках, благоприятствующих полету стилем "дельфин". При взлете на соревнованиях ценится водобалласт, т.к. на тяжелом планере можно взлететь на большей скорости на большую высоту.

ДОЛЕТ ПЛАНЕРА.

На небольших соревнованиях зрители всегда с интересом могут видеть, как "смелые" пилоты с большой высоты подходят к аэродрому на высокой скорости. Это производит яркое впечатление. Однако эта большая высота является лишней и требует потерь времени. Поэтому расчет долета является само собой разумеющимся и на него затрачивается обычно от 5 до 10 минут полетного времени. При долете кольцо устанавливается на скороподъемность окончания набора в последнем потоке. Весь процесс долета сводится к следующему:

Задолго до окончания полета мы задумываемся над длиной рубежа долета. Спустя некоторое время после достижения этой границы мы запрашиваем по радио данные о скорости ветра. Так как замера скорости ветра у земли недостаточно, стартовая команда определяет при помощи нефоскопа скорость ветра на высоте полета. При большой неопределенности команда - запрашивает метеостанцию, которая при изменении погоды представляет новые данные о скорости ветра. Когда мы при дальнейшем переходе достигаем хорошего восходящего потока и принимаем набор в нем за последний перед посадкой, то мы определяем, на какой высоте надо выйти из потока и какая высота затратится при полете на оптимальной скорости на преодоления расстояния до аэродрома без запаса высоты с учетом фактической скорости ветра.

По хорошей погоде, когда скороподъемность составляет более 3 м/с, мы планируем долет без запаса высоты, т.к. расчетная высота обеспечит безопасность при небольшом уменьшении скорости долета в случае необходимости. Это имеет значение особенно тогда, когда летят с большой удельной нагрузкой на крыло (с водобалластом). При скороподъемности 1,5 м/с в расчет вносится запас высоты 100 метров, что считается достаточным. При неустойчивой погоде, опасности дождя этот запас увеличивается для большей надежности полета. На такую откорректированную высоту мы должны подняться в последнем восходящем потоке. При усилении скороподъемности в процессе набора мы делаем новый расчет и поднимаемся выше. Если мы в выбранном потоке не можем достичь расчетной высоты, то летим дальше и планируем новую длину рубежа долета, для которой вновь вычисляем необходимую высоту.

Во время долета, после выхода из последнего потока, мы время от времени сопоставляем по удалению от аэродрома фактическую высоту с расчетной, и если фактическая высота больше расчетной, то устанавливаем кольцо выше, в противоположном случае кольцо устанавливается ниже. При этом в качестве резерва должна оставаться

высота 100 метров, позволяющая увеличить или уменьшить скорость полета. Этой высоты достаточно для захода на посадку в случае, когда место посадки находится недалеко от финишной линии. Но иногда на соревнованиях даже опытные пилоты допускают ошибки. Так, на соревнованиях в 1974 году каждый третий-четвертый пилот выполнял посадку "на живот". На полете за несколько километров до финишной линии мы должны взять себя в руки и заранее спланировать заход на посадку.

ФИЗИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПИЛОТА

Мы знаем, какую работу должен выполнять пилот, находясь по борту планера и управляя его движениями, функции человека, управляющего планером, складываются из управления и обслуживания ряда устройств планера, а также приспособлений к факторам, сопутствующим полету. К их числу относятся: высота и скорость полета планера, различные эмоции пилота. Для выполнения поставленной перед собой задачи пилоту необходимо выполнить определенную работу, которая задается объемом и характером задачи, а также свойствами планера. Общее состояние пилота определяет его работоспособность. Она зависит от общей подготовки летчика и общей физической натренированности. К работоспособности относится также и эмоциональная восприимчивость. Пилот должен непрерывно в течение всего полета осуществлять контроль над движением планера и воздействовать на это движение. Для этого у пилота должна быть:

- непосредственная зрительная связь с пространством вокруг планера (через стекло кабины),
- связь с пространством с помощью различных приборов: вариометра, указателя скорости, высотомера,
- радиосвязь (на слух.).

на современных планерах летчик имеет возможность воздействовать на движение планера только с помощью механических операций, заключающихся в перемещениях различных рычагов управления. Контроль движения летчик осуществляет следующим образом:

- визуально
- осязанием
- на слух.

На величину активной работы летчика оказывают влияние условия среды в кабине:

- удобство рабочей позы летчика и его летное обмундирование,
- температура воздуха в кабине и её вентиляция,
- освещенность приборной доски, видимость и удобство обзора приборов,
- шум в шлемофоне или динамике от плохой работы радиостанции.

Во время полета пилот должен непрерывно решать вопросы, связанные с управлением движением планера. Иногда пилот имеет ограниченное время для принятия и выполнения решения. Это требует тренировки планериста не только в области навыков планирования, но и в области мышления. При тренировке навыков пилотирования пилот вырабатывает автоматизм управления полетом. Следует, однако, учесть, что один автоматизм, в случае пренебрежения сознательным отношением к решению задач пилотирования, может привести к ошибкам. Поэтому стремиться достичь автоматизма в управлении планером необходимо, но вместе с тренировкой мышления. Большое значение имеют эмоциональные качества пилота. Он должен уметь управлять своими эмоциями, с помощью волевых усилий подавлять чрезмерное возбуждение, или, наоборот, вызывать подъем сил и энергии.

ТАКТИКА НА СОРЕВНОВАНИЯХ.

Несомненно, что на соревнованиях залогом успеха является правильная, глубоко обоснованная тактика, а не различные изощренные трюки. Представим себе хорошую тактику и посмотрим к чему она приведет.

КОМАНДА.

Хорошо и слаженно действующая, гармонически развитая команда является основным залогом победы. Обычно команда состоит из 2-3 человек, совместимых друг с другом физически и психологически. Идеальную команду можно представить следующим образом: Среди многих положительных качеств команды некоторые видны сразу. Прежде всего, это личная нетребовательность, отсутствие потребительского отношения к делу команды, каких-либо личных притязаний, осторожность и прилежность, доведение до конца больших и малых дел. Члены команды должны знать не только достоинства друг друга, но также и слабые стороны, на которых они, однако не заостряют своего внимания. Особенно важно для каждой команды полное доверие, отсутствие натянутых отношений между пилотами. Для того чтобы команда справилась с поставленной задачей, от нее требуется не только техническая подготовка планеров, оборудования, фотоаппарата, барографа и др., а также осведомленность во всех вопросах, причем большая осведомленность:

- Команда запрашивает метеослужбу о состоянии погоды, о температуре и влажности для того, чтобы откорректировать или подтвердить ранее полученные данные.
- Команда должна быть в курсе хода соревнований, записывать, кто на каком планере, чтобы коротко отвечать на

вопросы своих пилотов.

- В экстремально плохих погодных условиях, если один из пилотов отстал, команда летит на несколько километров впереди - него, помогая ему выбрать наиболее правильный путь.

- Команда с помощью нефоскопа определяет направление и силу ветра. Перед посадкой она регулярно сообщает эти изменения своему пилоту, чтобы тот мог оптимально рассчитать свой полёт.

- Команда наблюдает за посадкой других пилотов, определяет их высоту и скорость, метеорологические условия на последних километрах.

Выше перечислена лишь небольшая часть тактических задач, решаемых хорошо организованной командой. Тактические задачи, естественно, требуют особого отношения к информации. Каждый член команды имеет свое задание, за выполнение которого он отвечает.

Режим для команды должен быть четко спланирован и хорошо организован.

Чем согласованнее действия команды, тем выше результат.

ВОЙНА НЕРВОВ.

Так как рассудительность и принятие правильных решений в полёте зависит от морального равновесия, выдержки пилота, то некоторые участники соревнований прошлых лет применяли различные трюки, чтобы вывести соперников из равновесия. Обычно это сделать легко, так как планеристы обычно очень впечатлительные и чувствительные натуры и на соревнованиях могут находиться в стрессовом состоянии.

На соревнованиях в 1970 году пилот Штуфе из Бельгии стартовал на планере ZS1-1g, а американец Шмит, его непосредственный конкурент, летал на планере нового типа ZS1-1. Как и следовало ожидать, он споткнулся о якобы предвзятое мнение бельгийца о новом планере, был суетлив, запрашивал, по-видимому, мимоходом, других соперников, но не получал полезных, дельных ответов. На следующий - день он как бы случайно спросил самого бельгийца. Тот ответил в своеобразной манере: "Ты видишь планер - фюзеляж, хвостовое оперение, крыло, - и измененный профиль, - но это тебе вовсе не мешает!" Шмиту понадобилось некоторое время, чтобы понять, как ловко его одурачили. Такая "война нервов" не всегда эффективна и изобретательна, если один член команды побеждает всех в основном морально и получает от этого ожидаемый эффект. Иногда такая психологическая война, ложные сообщения по радио могут сбить с толку всю команду.

СТАРТ.

Информация, получаемая в результате прямого наблюдения за полётом намного важнее и объективнее сведений, получаемых от соперников. Уже во время тренировочных полётов мы составляем список лучших пилотов, летаем с неизвестными новичками, замечаем их повадки и отмечаем для себя интересующие имена. К началу соревнований большинство участников хорошо нам известны.

В суматохе перед стартом часто можно слышать, как ведущие спортсмены стартуют, когда до закрытия старта ещё много времени. Это могут быть как фальстарты для разведки ситуации по маршруту, так и попытки использовать удобный момент для ухода по маршруту.

Еще на земле мы вычисляем оптимальное время старта. Это время должно быть откорректировано в полёте по фактическим метеоусловиям и по возможности соблюдено.

Естественно, хорошо, когда на дистанции рядом или впереди находится другой планер, по которому можно судить об окружающей метеобстановке. Разумно, когда новички на крупных соревнованиях стартуют раньше, так как им потребуется больше времени на маршрут. Опытные пилоты всегда склоняются к тому, чтобы стартовать несколько позже. Такое планирование момента старта по отношению со стартом остальных планеристов очень важно, однако не следует забывать о погодных условиях и оптимальном для полета времени дня. При самом старте мы должны пересечь стартовую линию на высоте 1000 метров с большой скоростью и по возможности с водобалластом. При плохой погоде, когда водобалласт не выгоден, он сливается сразу же после старта и первый набор выполняется уже на облегченном планере.

Когда мы уверены, что выбрали наилучшее время для старта, лучше пересекать стартовую линию на несколько метров ниже 1000, чем рискуя превысить этот предел и потерять превосходство в очках (из-за возможного штрафа). Если при подходе к стартовой линии мы чувствуем, что можем пересечь её по высоте чуть большей 1000 метров, то иногда в этом случае полезно выпустить шасси. В экстремальных случаях следует развернуться и выпустить интерцепторы. Соблюдение стартовой дисциплины сокращает неприятности. Так как 1000 метров определяются геометрически, а высотомер является барометрическим прибором, он при экстремальных температурах допускает неточность и должен быть заменен другим. Не совсем оптимальный, но хороший старт при большой дистанции не слишком вреден, так как потерянное время незначительно повлияет на среднюю скорость полета. Но ещё встречаются пилоты, которые долго задерживаются, выбирая оптимальный момент старта. Безусловно, имеет преимущество выбор

момента старта по погоде. В крайнем случае, стартовать можно на высоте 800 - 600 метров.

ТАКТИКА ВО ВРЕМЯ ПОЛЕТА

Важно сосредоточиться на собственной правильной оценке метеоусловий, так как соперники всегда будут сбивать с толку. Мы летаем, прежде всего, сами для себя, а не для других! Лучше всего лететь с одной группой, которая встретится на маршруте и этим самым оторваться от других соперников. Небольшая группа разумно взаимодействующих пилотов обычно добивается большего успеха, чем одиночный пилот. Обычно сразу можно определить, хочет ли партнер лететь группой или нет. Когда при полете по прямой мы его не видим, а при вводе в спираль он появляется сзади, то он летит явно против нас. От таких людей по возможности избегаются; если есть две альтернативные возможности старта, то стартуют в тот момент, когда этот соперник не может нас видеть. Переключение мыслей с соперников на командный полёт происходит у многих пилотов с трудом, а это очень важно и помогает добиться успеха. На международных соревнованиях в Австралии небольшая группа пилотов при очень плохих погодных условиях добилась удивительной скорости, которой не смог бы достичь даже хорошо летающий одиночный спортсмен. Некоторые пилоты при выходе во фронт с предложением лететь парой на переходе сигнализируют руками и наблюдают отстаёт или нет от них напарник.

РАДИОСВЯЗЬ ВО ВРЕМЯ СОРЕВНОВАНИЙ

Удивительно, что на немецких соревнованиях радиосвязь используется мало, в то время как на других соревнованиях эфир перегружен. Хорошие, слетанные команды передают по радио минимальную информацию. И это потому, что она может быть услышана соперниками. Такие команды достаточно хорошо осведомлены об участниках соревнований и узнают пилотов даже по голосам. Для стандартной информации как местонахождение, высота, условия и т.п. они применяют сокращения, передача которых не требует много времени и для соперников малопонятна. Необходимо приучить себя предварительно обдумать, что хочешь сказать, подготовить по возможности кратчайшую передачу и только после этого нажать на кнопку микрофона. Кто широко использует радиосвязь, тот не только мешает другим, обнаруживает своё местоположение, а также сам не может сосредоточиться на полете. При командном полёте на соревнованиях при наличии радиосвязи "борт-борт" нельзя избежать большого количества информации, поэтому чаще используют радио, но радиосвязь должна быть спокойной и заранее обговорённой на земле.

РАДИОСВЯЗЬ В КОМАНДНОМ ПОЛЁТЕ.

Эффективное взаимодействие возможно и без радиосвязи "борт-борт". Такое взаимодействие бывает, когда партнеры видят друг друга, особенно ценно это при полёте спиралью в восходящем потоке для более быстрого совместного его центрирования, а также и на переходе. При полёте на переходах планера одного типа не могут сильно отстать друг от друга, даже когда имеется разность высот. Интервал при обгоне должен составлять около 100 метров, это позволяет маневрировать при переходе. При увеличении интервала команда легко распадается. Только при хороших облаках следует приближаться друг к другу почти на расстояние длины крыла, благодаря чему создается преимущество для летящего сзади члена команды. Если трудно сцентрировать лоток, то лучше каждому пилоту отдельно оценить потоки справа и слева. Часто возможно из кабины рукой объяснить своему партнеру, как планируешь лететь дальше. Пилоты с подобной тактикой могут с успехом лететь как самостоятельно, так и взаимодействуя с другими пилотами.

Если на международных соревнованиях разрешена радиосвязь "борт-борт", то она значительно всё облегчает и делает полет эффективнее. Польские планеристы являются мастерами техники полёта группой. Когда пилоты не видят друг друга, радиосвязь помогает им внести обоюдные коррективы. Пока расстояние по дистанции между планерами небольшое и поток, в котором находится впереди летящий партнёр, ещё может быть достигнут задним партнером, передний передаст по радио силу всех встречающихся потоков. Его указания должны быть сразу выполнены летящим сзади партнером. Благодаря им, он имеет возможность оставлять слабые потоки и лететь кратчайшим путем к сильным восходящим потокам, указанным партнёром. Очень важна погодная информация, передаваемая впереди летящим пилотом в случае, если она что-либо изменяет.

ВЛИЯНИЕ ФОРМУЛЫ ПОДСЧЕТА ОЧКОВ НА ТАКТИКУ ПОЛЕТА,

Перед началом соревнований надо ещё раз просмотреть все формулы подсчета очков, которые будут использоваться судьями. Появляется возможность видеть, как начисляются очки, и когда речь пойдёт о незначительных расхождениях в очках, в поведении планериста появляется особый риск. Шанс получить очень хорошую оценку за день в планерном спорте добывается большим трудом. В конце соревнований место планериста по сумме очков влияет на то, как в этом случае надо себя вести. Если разрыв с вышестоящим участником невелик, то пытаются не только остаться на том же уровне, но и пролететь как можно лучше конкурента, чтобы уменьшить этот разрыв. В этом случае информация о текущих обстоятельствах у конкурента очень важна, так как она определяет собственную тактику, хотя часто такие сообщения заставляют лишь нервничать и не дают никакой пользы. Сосредоточенность помогает пилоту настроиться на своего противника так, чтобы не уступать ему. Такая тактика, конечно, рискованна, отражается на нервах и может при определенных обстоятельствах привести к срыву. Однако в

первой половине соревнований место по очкам не отражается на тактике полёта.

ПОДГОТОВКА, ТРЕНИРОВКА,

Планеризм предъявляет большие требования к пилотам. Он больше, чем другие виды спорта, требует как физической, так и интеллектуальной подготовки. Каждый планерист обязан очень много заниматься и тренироваться самостоятельно. Ниже предлагаются способы тренировки.

ТРЕНИРОВКА НА ЗЕМЛЕ. ТЕОРИЯ ПОЛЕТОВ ПО МАРШРУТАМ

Теория полётов по маршрутам постоянно обогащается и играет большую роль для достижения успеха. Способности пилота не будут играть никакой роли, если он не подкрепит их знаниями. Мы должны учиться, и чем дальше, тем больше. Необходимо не просто читать книги, а прорабатывать их. Мы должны обдумывать различные ситуации в полёте и выбирать оптимальные решения, упражняться в работе с линейкой долёта и измерителем ветра (нефоскопом), читать полётную карту и мысленно представлять местность. Теоретическое коллективное обучение должно быть непрерывным, так как в каждом коллективе есть пилоты, которые могут поделиться опытом, своими наблюдениями с товарищами.

ВИДЫ ТРЕНИРОВОК.

Мы не ошибемся, если при продолжительном полёте будем выполнять минимум мускульной работы, желая тем самым продлить полёт. Ежедневно хорошо в течение 5-6 часов без перерыва продержаться почти, без движений. Создавая на тренировках условия полёта, мы избежим во время полёта усталости от статической нагрузки мышц. Планерист не нуждается в атлетически сложенной фигуре. Его мускульная сила в полёте почти не используется. Особую роль при этом играет его кровообращение. Большое значение для планериста имеет выносливость, и многие виды спорта помогают её развивать. Какому виду спорта мы отдадим предпочтение, зависит от нашего вкуса. Подходящими видами спорта являются: лыжи, плавание, велосипедный спорт, гребля и особенно бег на длинные дистанции. Занимаясь спортом, мы должны получить удовольствие, как от игры в футбол или от прогулки по лесу. Очень важна регулярность: минимальное количество тренировок - 1-2 раза в неделю.

ТРЕНИРОВКА ВО ВРЕМЯ ПОЛЁТА.

Нет смысла ехать, так сказать, на край света, чтобы тренироваться на дорогостоящих планерах в так называемом "рае" планеризма. Впрочем, иногда и там может идти дождь! Такие тренировки нужны лишь в экстремальных случаях. Разумно тренироваться можно и на своём "домашнем" планеродроме.

ТРЕНИРОВКА НА ЛЕТНОМ ПОЛЕ (В РАЙОНЕ АЭРОДРОМА)

1. Например, можно попытаться принципиально в каждом потоке достигать максимального выигрыша высоты. Такой тренировкой определяется среднестатистическая минимальная высота выпаривания.

2. Мы пытаемся за установленный промежуток времени (1-2 минуты) достичь по возможности наибольшую высоту. При этом мы видим, как изменяются воздушные потоки в раз личных местах.

3. Мы летим в двухместном планере вместе с таким же пилотом, смотрим, какие элементы полета он выполняет иначе, чем мы, вносим коррективы в свои действия и даём ему советы, обосновывая, почему мы летим туда или сюда и что нас ожидает.

4. Мы искусственно устанавливаем верхнюю границу высоты полёта, выше которой не набираем и упражняемся в поиске потоков в более низкой зоне высоты.

5. Каждую посадку выполняем преднамеренно как на ограниченную площадку.

Опытные пилоты специально выполняют высокий заход на посадку, чтобы подготовиться к различным ситуациям посадки вне аэродрома.

Такие и подобные тренировочные упражнения особенно важны для начинающих спортсменов.

Тренировочные двухместные планеры с плохим качеством дают возможность достижения успеха при полётах на планерах высокого класса.

Опытные пилоты подтверждают, что только хорошая теоретическая подготовка является предпосылкой успешных тренировок. Инструкторами могут быть и опытные спортсмены, налетавшие много часов, честолюбие должно быть в каждом здоровом коллективе, однако зависть разъедает коллектив.

Хороший инструктор должен гордиться тем, что его ученик, наконец, летает лучше, чем он сам - это наивысший успех деятельности инструктора, который обусловлен тем, что нынешняя подготовка планеристов намного лучше, чем в былые годы.

ТРЕНИРОВКА ПРИ НЕПОСРЕДСТВЕННОМ ПОЛЕТЕ ПО МАРШРУТУ.

Планеристы одной команды или одной группы, тренирующиеся на одном аэродроме, уславливаются и летят по одному и тому же маршруту.

При хорошей погоде летят на длинные маршруты, при плохой - на короткие. Полёт на дальность совершают при наличии хорошей погоды.

По маршруту можно полететь даже тогда, когда едва вообще возможно держаться в воздухе при очень слабых условиях. Такие тренировки очень полезны, так как подобные метеоусловия могут быть и во время соревнований. Следует помнить, что при такой погоде надо летать только с возвращением к месту старта и только на короткие маршруты, возможно с неоднократным облётом.

Примеры, как рационально проводить подобные тренировки, приведены ниже.

1. Коллективный полёт с равнением на более тихоходного пилота. Такой полёт требует относительно равного темпа и рационален при 4-5 пилотах, не более. Этот вид тренировки наиболее эффективен для начинающих планеристов, для опытных пилотов от него пользы нет.

2. Стартовое время ограничено, как на соревнованиях, до минимума.

3. Полет по короткому треугольному маршруту с многократным повторением вплоть до посадки на маршруте. Такая тренировка сходна с полетом на открытую дальность.

4. При слабых восходящих потоках и сильном ветре - тренировка с целью - кто дальше пролетит против ветра.

5. Полёт по маршруту с ограничением высоты. Искусственное ограничение минимальной высоты полёта способствует появлению уверенности у начинающих планеристов. Ограничение Максимальной высоты полезно для опытных спортсменов как тренировка быстрого поиска потоков. 6. Скоростные полеты со свободным выбором времени старта (стартовое время не ограничено). При этом каждый пилот выбирает момент старта с таким расчетом, чтобы, по его мнению, достичь максимальной средней скорости на маршруте.

7. Задание может быть подобно предыдущему, но пилоты летят по возможности парами.

Совсем не обязательно использовать для таких тренировок высококлассные планера с большим качеством, такие полёты можно проводить и на учебно-тренировочных планерах. Эффективность, получаемая тренировками на различных классах планеров, примерно одинаковая, хотя скорости и дальности различные.

Большую роль для тренировочных полётов на дальность играют мотопланеры, они дают возможность без особого риска преодолевать большие расстояния. Полёты на двухместных пластмассовых планерах могут дать результаты, как при полетах на планерах стандартного класса. Производство обеих типов планеров не требует дальнейшего увеличения материальных затрат.

Тренировочные полёты должны проводиться по возможности с фотоаппаратами, чтобы отрабатывать и технику фотоконтроля. Полеты по маршрутам с простыми поворотными пунктами можно проводить как тренировочные по замкнутому маршруту и тренировочные полёты в цель. Для этого на каждый поворотный пункт приходят как к финишу на высоте 500 метров. Если при подходе к ППМ высота слишком большая, то надо снизиться до высоты 500 метров, выпустив интерцепторы, а затем продолжать полёт до следующего ППМ.

Само собой разумеется, что во всех этих тренировочных полетах пилот остается наедине с собой в кабине планера. Контроля со стороны нет, поэтому точное соблюдение всех условий возлагается на совесть пилота.

ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛЁТОВ.

Совместные тренировочные полеты команды или группы только тогда будут полезны, если обсуждать их отдельные этапы вечером всем вместе. Тогда становится ясно, почему некоторые пилоты проходят маршруты быстрее своих товарищей. Контролировать и оценивать свой полёт самостоятельно пилот не всегда способен, да и соревнования зачастую не дают такой открытой информации.

СОРЕВНОВАНИЯ И ТРЕНИРОВКА.

Собственно говоря, в Европе ежегодно проходит так много соревнований, больших и маленьких, государственного и международного значения, что каждый планерист при наличии и времени и средств мог бы участвовать в них с мая по август. Такая длительная тренировка была бы, конечно, очень полезна, но как ее реализовать? Нам надо выбрать. Благоприятнее всего участвовать в таких соревнованиях, где участники имеют возможность сравнивать свои результаты, Это снижает нервное напряжение, но также может создать фальшивое впечатление о своих возможностях из-за явно ослабленной конкуренции.

Соревнования, особенно те, которые считаются тренировочными, должны доставлять радость. Такие соревнования служат, прежде всего, для определения квалификационных качеств спортсменов, это лишь тренировка и об этом не

надо забывать. Что касается оборудования, матчасти, то надо стремиться проводить соревнования на планерах равнозначного качества. Многие планерные клубы проводят такие сравнительные полеты, которые приводят к желаемым результатам. Кроме того, такие полеты при незначительных затратах идут на пользу большим соревнованиям.

ТРЕНИРОВКА РЕКОРДСМЕНОВ.

Участники соревнований получают наилучшую тренировку, если осознают, что надо отмечать все тактические ошибки, которые обычно вообще не констатируются. Кто бы мог предположить, что 500-километровый маршрут, пройденный со скоростью 100 км/час, можно было пролететь со скоростью 140 км/час? Рекордсменам было бы полезно принимать участие в сравнительных соревнованиях, после которых он может успешнее осуществить свои замыслы. Многие пилоты-рекордсмены давно это поняли и используют оба вида тренировок. Первый из них - Г.В.Гроссе. Для рекорда требуется вдобавок точная оценка своих возможностей. Большинство рекордов намного превышают теоретические возможности. Идеальным планером для исследования практических возможностей был бы мотопланер.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТРЕНИРОВОЧНЫЙ ЛАГЕРЬ.

Тренировки кандидатов и членов сборной команды страны производится в лагерях на тренировочных сборах, чтобы обеспечить условия на уровне с международными соревнованиями. Само собой разумеется, что в таких лагерях не только летают, но и обсуждают теорию и текущие вопросы. Пилоты, которые готовятся к мировому чемпионату, также тренируются коллективно. Программа их тренировок должна соответствовать регламенту чемпионата и сообщается команде заблаговременно.

ПЛАНЕРЫ И ИХ ОБОРУДОВАНИЕ

Для успеха в планерном спорте, важнейшими факторами являются умение и навыки пилота, а не планер. Знание и умение ценятся так же как дорогие и высокочастотные планеры. Удивляет, что многие частные лица и клубы покупают планеры с высокими летными характеристиками, и тем самым крайне подрывают свои финансовые возможности. Современные планеры стандартного класса, несомненно, являются высокоскоростными планерами. В таких планерах мы нуждаемся на соревнованиях, чтобы выигрывать у соперников минуты и секунды, для тренировочных же полетов эти планеры слишком дороги и в них нет необходимости. При помощи тренировочных планеров старой конструкции модно не только совершать обычные тренировочные полеты по маршрутам, но и упражняться в их выполнении с учетом всех правил соревнований. Это подтверждают клубные соревнования.

Приобретая планеры высшего класса, следует рассматривать их летные характеристики с некоторым недоверием, их измерения в нейтральной атмосфере дает другие значения, которые чаще всего хуже рекламных. Если мы имеем проверенную полярную скоростей планера, то следует учитывать, что максимальное аэродинамическое качество планера оценивается не как отдельная величина, а в совокупности со скоростью, на которой оно достигается. Относительная дальность планирования во многом зависит от скорости. Нас интересует изменение поляр в диапазоне высоких скоростей, т.к. мы почти не летаем на малых скоростях. Малейшее увеличение скорости снижения влияет на полет планера с использованием восходящих потоков. Планеры с умеренными летными характеристиками должны иметь возможность изменять вес водобалласта, чтобы по результатам сравниться со скоростными планерами на соревнованиях. Важны также такие характеристики, как рулевое управление, маневренность, хороший обзор из кабины, возможность обзора вперед и вниз, комфортабельное сиденье, хороший воздухообмен в кабине.

ПОДГОТОВКА ПЛАНЕРА К СОРЕВНОВАНИЯМ.

В старых деревянных конструкциях, прежде всего, следует заняться внешней поверхностью. На изношенную деревянную поверхность наносится тонкий слой стекловолоконного ламината, которые закрывает поры. На основе этого получают очень хорошую, стойкую, не зависящую от погоды поверхность с приростом веса от 1 до 2 кг на квадратный метр несущей поверхности. Особое внимание должно уделяться профилю носовой части крыла, т.к. пограничный слой здесь очень тонкий. Современные планеры, как правило, обладают хорошим качеством поверхности. За продолжительные часы шлифования сглаживается почти вся поверхность, пока последняя минимальная волнистость, видимая благодаря отражению поверхности, не исчезнет. Прочие работы, связанные с обработкой переходных участков, должны выполняться конструкторами, специалистами по аэродинамике. Слишком велика возможность улучшить лишь внешнюю поверхность, не захватив внутренней. Если бы специалисты, занимающиеся шлифовкой поверхности, уделяли внимание еще и теоретическим исследованиям, то выигрыш был бы полным.

Другое дело в эффективности приборов и оборудования, здесь можно вознаградить себя, если все приборы будут работать нормально.

ВЫБОР ПРИБОРОВ

До 60-х годов планеристы пользовались 3 - 4-мя вариометрами различного типа. Большие приборные доски были некомпактными и громоздкими и стоили в половину от стоимости планера. Специалисты стали разрабатывать новые

приборы. Большинство удачных приборов испытывались мастерами высшего класса и покупались за большие деньги. К удивлению многих, на чемпионате мира в Техасе в 1970 году были представлены два дешевых вариометра с автоматической акустической установкой "Z-Vario" (для ДМ-150), новый указатель скорости, высотомер и компас.

Как раньше, так и сейчас есть отличные новые идеи, которые нельзя пропускать. Хорошие приборы не должны быть обязательно дорогими. Они должны безупречно работать. Их работа менее всего зависит от затраченных денег, а больше от правильного понимания назначения их отдельных элементов. Какое оборудование и в каких планерах лучше всего устанавливать будет изложено ниже. Конечно, могут быть разные мнения в этом вопросе, но важно не допустить ошибки при оборудовании планера приборами.

ПРИБОРЫ ПЕРВОЙ НЕОБХОДИМОСТИ.

Здесь подразумеваются не только указатели скорости и высотомеры, но и те приборы, которые являются необходимыми со спортивной точки зрения. Их не много и они должны быть в любом даже простейшем учебной планере.

Это стандартные приборы:

1. Шерстяная нить на козырьке фонаря. Она показывает, летим ли мы без скольжения, и облегчает пилотирование. Шарик, выполняющий те же функции, слишком инертный и поэтому не подходит. Прежде всего, следует обратить внимание на приборную доску и хорошо ее закрепить, нить необходима даже в тренировочном полете, особенно без авиагоризонта, когда есть только указатель поворота. К сожалению, она имеет тот недостаток, что при высокой влажности и низкой температуре прилипает к фонарю. В этом случае поперек кабины летчика на приборной доске следует смонтировать стеклянную трубку с водой, исполняющую роль нити лучше, чем шарик, устанавливаемый обычно в указателе поворота.

2. Указатель скорости.

3. Высотомер.

4. Нормальный вариометр с пятиметровой или десятиметровой шкалой (рассчитанный по Брукнеру). Речь идет о вариометре, в которой статическое давление переходит на сопло, что и приводит к работе вариометра. В этом вариометре воздух под полным давлением проходит по капиллярам. Этот принцип открыл в 1973 году Брукнер. Такие вариометры доказали себя на деле. Они хорошо работают не только при прямолинейном равномерном полете, но и при наборе высоты в спирали. Хотя показания скороподъемности не соответствуют почти на 100%, тем не менее, ошибки в управлении маловероятны. Хорошо, когда можно управлять капиллярами вариометра (отключать их). Тогда можно во время полета переключаться с обычного вариометра на компенсационный. Хороший компенсированный вариометр позволяет очень точно определить скорость и не имеет вспомогательной приставки (компенсатора, баллонов).

5. Компас.

Если на приборной доске места недостаточно, то можно укрепить компас как в автомобиле.

Тренировочные полеты с таким оборудованием применимы и для начинающих планеристов. Если эти приборы установить в двухместном планере то при переходе на одноместный планер планерист не испытывает трудностей перестройки, одновременно осваивая правильный выбор режима полета и тактику. Монтирование этих приборов на большинстве планеров не требует больших материальных затрат. Однако эти затраты заслуживают большего внимания, чем все другие работы по улучшению планера.

ПРИБОРЫ ДЛЯ ТРЕНИРОВОЧНЫХ ПЛАНЕРОВ. Выше перечисленные приборы можно было бы заменить:

1. Акустическим общим энерговариометром, который следует выделить из всех приборов. Его большое преимущество - в скорости изменения звукового тона. Диапазон акустического сигнала обязательно должен перекрывать диапазон вариометра, (но ни в коем случае не область подъема, т.к. при подъеме и без того обращается внимание на вариометр). Однако при полете на дальность можно лететь долгое время без спуска на медленной скорости и не слышать мелодичного сигнала звукового вариометра. Такой автоматический полет очень эффективен, т.к. автоматическую команду быстрее или медленнее лететь, планерист получает, не глядя на приборы. Таким образом, прибор выполняет роль автовариометра. При буксировке можно применять обычный вариометр. Проблемой является переключение сигнала с автодатчика на вариометр и обратно, т.к. трудно услышать посторонние шумы по мере надобности. В целом акустический прибор для оптимального полета представляет собой усилитель.
2. В качестве высотомера может быть применен прибор с двумя системами индикации для точного определения высоты прихода в цель. Для этого на обычном высотомере устанавливается кольцо с нулевой отметкой и шкалой высоты подобно кольцу Мак-Креди на вариометре.

3. Как для перехода, так и для компенсации полной энергии при входе в поток требуется обычный визуальный прибор. Выбираются либо механические приборы с акустическим сигналом (как общий энерговариометр, о котором говорилось ранее), либо составное электронное устройство с визуальным прибором. Эти приборы можно применить с капиллярами полного давления как автовариометр, а второй механический прибор оставить в качестве запасного вариометра. В любом случае общий энерговариометр должен иметь кольцо Мак-Креди.

Таким образом, мы имеем две системы взаимоконтроля и безопасности на случай выхода из строя одного из приборов. Эти приборы имеют большое значение в соревнованиях:

НЕОБХОДИМЫЕ ПРИБОРЫ

1. Крылышковый вариометр полной энергии - хороший, быстрый, и дорогой прибор.
2. Е-вариометр с электрической компенсацией. Здесь достигается независимость прибора от вспомогательного устройства.
3. Компьютеры - дают необходимую информацию. Если эту информацию применять правильно, то избегаются большие тактические ошибки.
4. Компас. Магнит этого прибора ориентируется по направлению силовых линий. Направление определяется безошибочно только при горизонтальной установке компаса.

ПИЛОТАЖНЫЕ ПРИБОРЫ.

1. Указатель поворота и скольжения.
2. Уже упоминавшаяся водная трубка рекомендуется как пилотажный прибор.
3. Секундомер для точного определения выхода из спирали с учетом ошибок компаса.
4. Авиагоризонт. Он не обязателен, но облегчает пилотирование.
5. Компас Кука в сочетании с обычным компасом может облегчить задачу точного выхода из спирали на курс вне видимости земли. Секундомер тогда не нужен.

ПАМЯТКА ПО СНАРЯЖЕНИЮ И ПРИНАДЛЕЖНОСТЯМ, НЕОБХОДИМЫМ В ПОЛЕТЕ.

К оснащению, при подготовке к полету по маршруту, относится много мелочей, которые, к сожалению, часто воспринимаются как второстепенные и забываются дома или на аэродроме. Предлагаемая памятка, конечно, может быть изменена индивидуально для каждого планериста в зависимости от его наклонностей и пожеланий. Наличие такой памятки избавит вас от досады и разочарования и вы ничего не забудете при подготовке к полету»

а). Планер: боржурнал, формуляр планера, страховое свидетельство, талон предприятия, документ о радиосвязи, полетный лист, полетная карта, телефонный формуляр.

б). Пилот: проездной билет + вкладыш, удостоверение связиста, паспорт, деньги.

в). Наземная команда: удостоверение личности, телефонный бланк, пилотское свидетельство, водительские права, страховое свидетельство, барограф, лента для барографа, зажигалка (спички), бумага, чернила, щипцы для пломбировки, проволока, аккумуляторные батареи, погрузочные приспособления, инструменты, фотокронштейн, чехол для планера, водобалласт, рупор (мегафон), ножницы, смазку для болтов, нефоскоп, ведро для воды, средства для мытья, лак, абразивный материал, тряпки, кожа, вата;., наконечник для ПВД, солнцезащитный крем, солнечные очки, теплая одежда, крепежный материал, фонарик или сигнальное зеркало, перевязочный материал.

Еда: В полете - хлеб, орехи, изюм, сахар прессованный,

карамель, лимон, яблоки, детское питание + продовольствие после полета.

Питье: Термос с составным напитком, например: виноград + лимон + чай + сахар.

Запасные части, бензин, масло, ключ зажигания.

Для высотных полетов:

Кислород, кислородные маски, кепка с козырьком, перчатки, два шерстяных полувера, теплые брюки, комбинезон, длинное теплое белье, чулки, теплые солнцезащитные очки, крем от солнца, губная помада (гигиеническая), лейкопластырь.

Материал для подготовки к полету:

Карты полетные масштаба 1: 500 000 и 1: 250 000. Навигационный набор: миллиметровка, транспортёр, треугольник, масштабная линейка, логарифмическая линейка, линейка долета.

Письменные принадлежности:

Фломастер, ножницы, набор бумаги, карандаш, резинка, циркуль, бланки фотоконтроля, толстый фломастер, шариковые ручки.

Фотоаппарат + фото пленка в кассетах.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.

Маленькое примечание: в данной части книги при рассмотрении схем и графиков встречаются ссылки на цвета линий (которые, по-видимому, имели место в оригинале), но при издании перевода (черно-белого цвета) были утрачены, так что остаётся только надеяться, что ваши догадки будут правильными.

ЧАСТЬ II.

МЕТЕОРОЛОГИЯ.

ВЕРТИКАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ.

Вертикальное распределение температуры воздуха имеет решающее значение для образования восходящих потоков. Оно измеряется радиозондами, которые поднимаются тропосферу на воздушных шарах или самолетах. Одновременно измеряется распределение влажности воздуха по высоте.

АЭРОЛОГИЧЕСКАЯ ДИАГРАММА.

Метеоролог наносит измеренные параметры на диаграмму. Она содержит множество линий, которые возможно нас сначала запутают, однако впоследствии очень облегчат анализ метеообстановки. Существуют различные виды таких диаграмм. Немецкая служба погоды применяет в основном термодинамическую диаграмму, на которой линии давлений расположены горизонтально, а линии температур вертикально. На рисунке изображена часть этой диаграммы, где горизонтальные линии давлений соответствуют линиям высоты

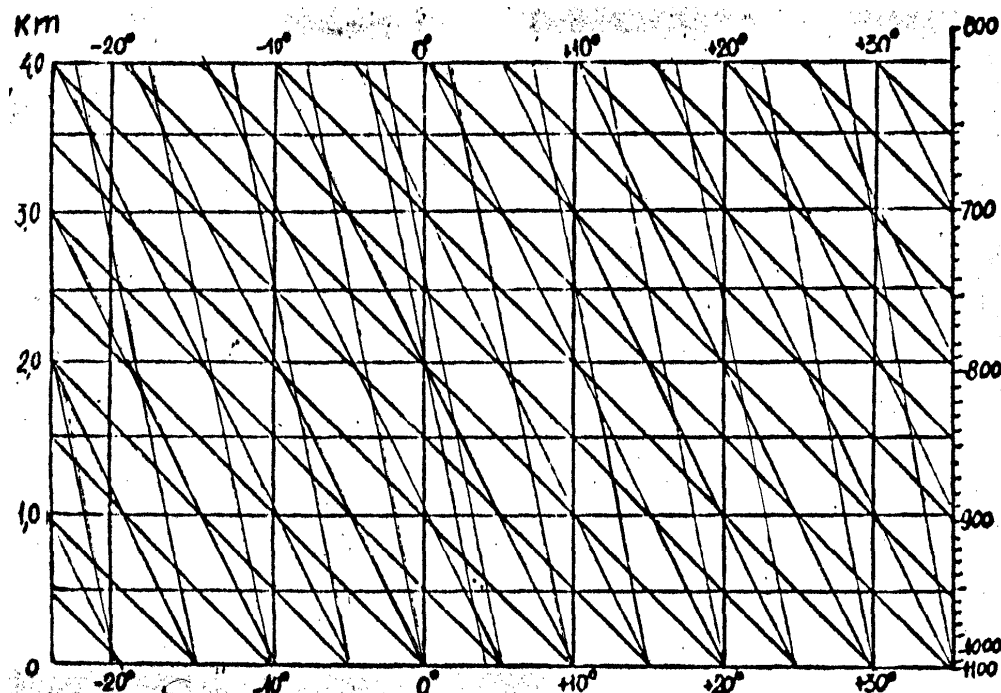


схема 1

Строго говоря, эта диаграмма является точной при условии, что воздушная масса соответствует параметрам стандартной атмосферы. Но т.к. наши высотометры регулируются для фактических параметров атмосферы, то мы можем применять эти диаграммы для наших целей. Кроме горизонтальных линий высоты и вертикальных линий температуры, диаграмма содержит еще три следующих вида линий.

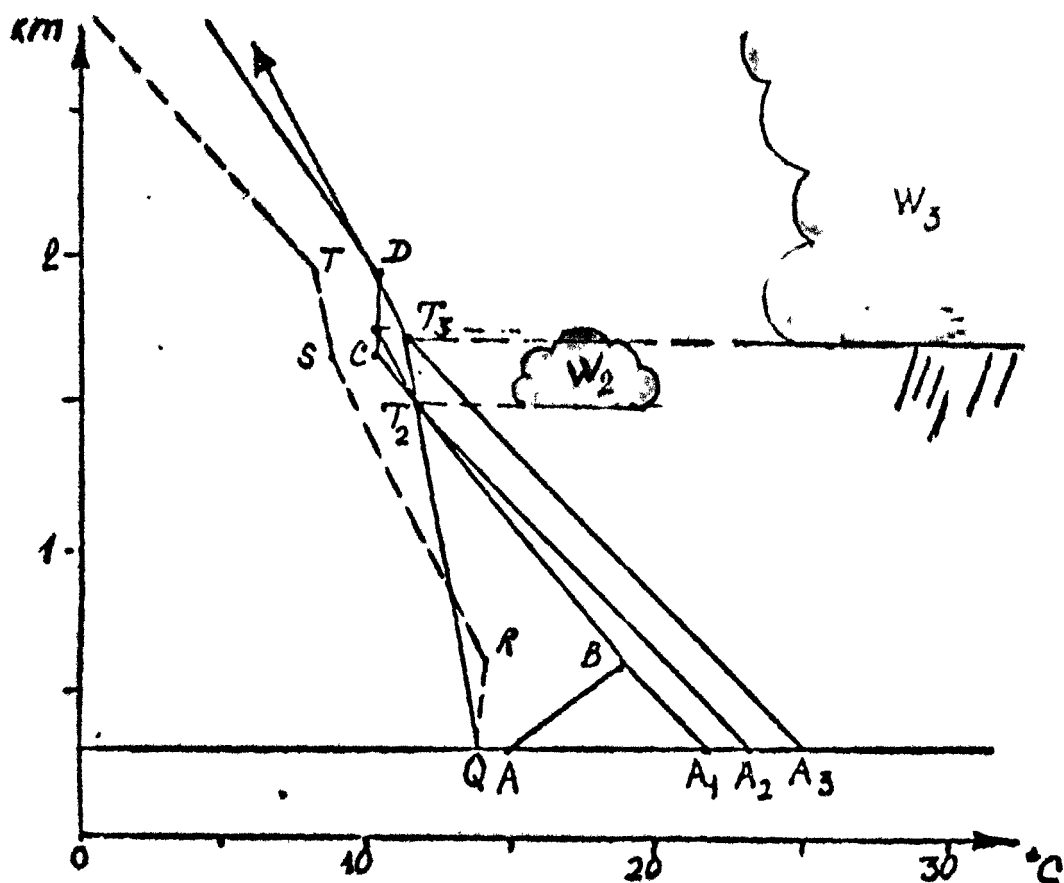


схема 2

Черные линии, идущие снизу вверх влево – это сухие адиабаты. Они показывают изменение температуры сухого ненасыщенного воздуха с высотой. (Адиабатический процесс – процесс, происходящий без теплообмена с окружающей средой.) Красные линии – влажные адиабаты. Они показывают изменение температуры влажного насыщенного воздуха с высотой. Голубые линии – изограммы, т.е. линии равной удельной влажности при состоянии насыщения. Они показывают при какой температуре и на какой высоте воздушная масса данной влажности достигнет состояния насыщения. Дальнейший подъем этого воздуха привел бы к конденсации и образованию облаков.

Предположим, что наш зонд находится на высоте 300м (см. схему). Подъем зонда в те воздушные массы, которые придут к нам днем, дал бы нам точки от А до D. На высоте 300 метров (точка А) температура была 15°C, а с подъемом до 600 метров (точка В), она достигла бы 19°C. Такое распределение температуры устанавливается ночью из-за охлаждения земли. От В до С температура изменяется несколько медленнее, чем по сухой адиабате. Воздух в этом диапазоне слабо устойчив. От С до D температура не изменяется, т.е. слой изотермичен. Выше точки D воздух неустойчив из-за достижения точки насыщения.

У земли температура точки росы на 1,2°C ниже, чем фактическая. Это значит, что если при постоянном давлении температуру воздуха понизить на 1,2°C, то из него начнет конденсироваться содержащаяся в нем влага. Числовое обозначение проходящей через точку Q влажной адиабаты (10) показывает нам, что воздух вблизи земли содержит 10 граммов воды на 1 кг сухого воздуха. Если до высоты 600 метров разница точек росы и фактических температур повышается, то содержание воды в нем также повышается (точка R). Хотя в точке S воздух содержит только 8,3 грамма воды на 1 кг сухого воздуха, незначительная разница точек росы (точки S и C различаются только на 1,5°C) показывает, что здесь высока удельная влажность воздуха. От точки S и выше Т разница между точками росы и фактическими температурами снова повышается, воздух наверху становится суше.

ИЗМЕНЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В ТЕЧЕНИЕ ДНЯ.

После подъема солнца земля согревается. Нижний слой воздуха снова нагревается от земли, расширяется, удельный вес его становится меньше, и если его подтолкнуть, может подниматься. Термический подъем происходит адиабатически и до тех пор, пока поднимающийся воздух теплее и поэтому легче, чем окружающий. Мы можем отметить этот подъем в диаграмме, проведя из точки определенной температуры у земли линию, параллельную сухой адиабате, до пересечения с линией распределения фактической температуры (точка В). До тех пор, пока температура воздуха у земли не достигнет 22°C (точка А), термическая турбулентность заканчивается до высоты 300 метров. При

дальнейшем прогревании термики достигают больших высот и становятся пригодными для парящих полетов. При температуре у земли 23°C , поднимающаяся сухая адиабата, пересекается в точке T_2 с «десятиграммовой» влажной адиабатой. Это значит, что поднимающийся воздух достигает состояния насыщения. Дальнейший его подъем приводит к конденсации воды и образованию облака. При этом воздух охлаждается совсем не так быстро. Он поднимается от точки T_2 при образовании кучевого облака W_2 по влажной адиабате до пересечения с изотермичной частью линии распределения фактических температур на высоте 1750 метров. Температура A_2 является критической для образования облаков, т.к. на этой высоте разница между фактической температурой и температурой конденсации составляет только $1,5^{\circ}\text{C}$. На этой высоте облако медленно распадается, это приводит к растеканию и образованию экрана.

Предположим, в каком-то районе, свободном от экрана, температура воздуха у земли поднимается до 25°C . Тогда термик достигнет уровня конденсации на высоте только 1700 метров (точка T_3). При дальнейшем подъеме температура его изменяется по влажной адиабате. Но т.к. при этом изотерма CD не пересекается с влажной адиабатой, то подъем не прекращается и образуется мощное облако W_3 , температура которого на большой высоте понижается немного ниже нуля. Это приводит к ливню, и если фактическая температура пересекается с влажной адиабатой на очень больших высотах, может образоваться гроза. На этом примере мы видим, как необходимо знать температуру тех воздушных масс, которые определяют для планеристов погоду в районе полетов. В качестве примера мы можем определить температуру, при которой термик достигает минимально достаточной высоты для продолжительного полета (около 800 метров). В нашем примере это температура $22,5^{\circ}\text{C}$. Температура распада облаков также легко определяется проведением от точки T_2 влажной адиабаты. Высота нижней кромки кучевых облаков и возможность экранирования определяются также из температуры. Вертикальное распределение температуры и влажности воздушных масс, изображенное в диаграмме, определяет многие погодные процессы решающим образом и поэтому является основным положением для предсказания погоды. Планерист должен разбираться в этих вопросах настолько, чтобы самостоятельно делать выводы из метеорологических сводок или из собственных измерений. Выбор следующих тем определялся именно с этой точки зрения.

МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПЛАНЕРИСТОВ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОМЕНТА МАКСИМАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ ТЕРМИКОВ ПО ВЕРТИКАЛЬНОМУ РАСПРЕДЕЛЕНИЮ ТЕМПЕРАТУРЫ С ПОМОЩЬЮ ЭНЕРГИТИЧЕСКОГО ПРИНЦИПА.

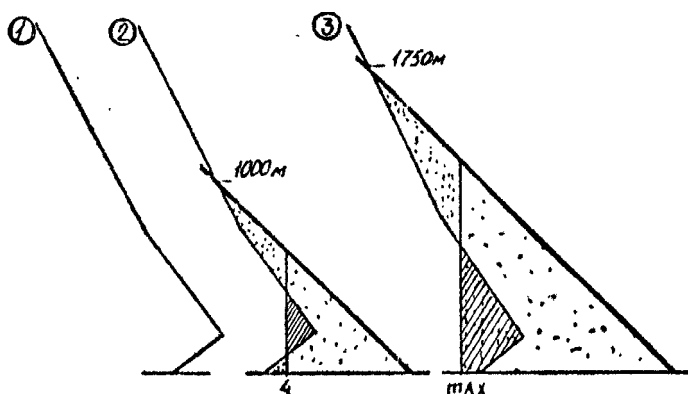


схема 3, схема 4

На рисунке в левой части показано вертикальное распределение температуры в 6 часов в течение утра. Воздушные массы у земли нагреваются солнечным излучением, их температура с высотой изменяется по сухой адиабате ①.

В связи с этим в нижнем слое атмосферы начинаются конвекционные движения воздуха. Величиной площади между новым и старым распределением температуры определяется количество энергии, полученной воздухом от солнца. Эта площадь называется площадью энергии. При каждом положении солнца на землю поступает определенное количество энергии. На изображении ② между «нулевым распределением температуры и жирной черной линией – адиабатой, располагается энергия, полученная приземным воздухом в безоблачный летний день в первые 4 часа после восхода солнца. Черный треугольник под сухой адиабатой равен этой площади, если заштрихованная площадь равна площади, обозначенной частыми точками. Изображение ③ показывает соответственные площади для полудня, т.е. для момента максимального прогрева. Т.к. величины излучаемой солнцем и поглощаемой воздухом энергии взаимосвязаны, то интенсивность развития термиков в каждый момент определяется с помощью диаграммы. Чтобы быстро получить ответ на такие вопросы, из имеющейся диаграммы при дневном излучении, можно начертить соответствующую диаграмму на прозрачном материале, как это делается в обсерватории летной погоды Гамбурга по предложению Н.Якиш (Возможность таких измерений была высказана еще в 1933 году Е.Гольдом). Такая диаграмма изображена на рисунке.

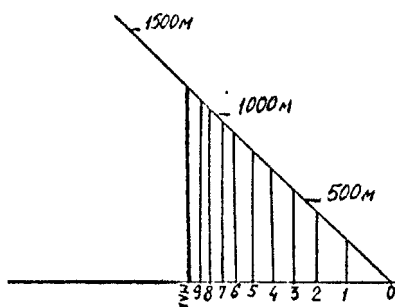


схема 5

Вертикально идущие линии – это изотермы. Площади энергии для каждого часа времени являются секторами площадей, идущими от линии земли до сухой адиабаты. В случае, когда время считают от восхода солнца, площади энергии являются треугольниками. Обычно так бывает не часто, т.к. по утрам имеются только средние ночные данные зондов. Высота развития термиков к определенному моменту после восхода солнца определяется следующим образом:

Мы наносим прозрачную пластинку с диаграммой на адиабатическую линию так, чтобы "линия земли" лежала на высоте полета. Затем боковым сдвигом выбираем такое положение прозрачной пластинки, чтобы примерно уравнились рассмотренные выше площади. Точка пересечения сухой адиабаты с линией распределения тактической температуры показывает высоту развития термиков к данному моменту времени. Это показано в изображениях ② и ③ на рисунке. Можно, конечно, выполнить и обратную задачу и определить, к какому времени высота развития термиков достигнет минимально пригодной для полета величины, (например, 800 метров). Удобство этого метода в том, что мы можем определить время заданной высоты развития термика без измерения температуры воздуха на высоте полета достаточно точно, если прогреву земли солнцем ничто не мешает. Этот способ применим как для определения момента первых термиков, так и для определения времени начала образования облаков. Для такого прогноза необходимо только запросить по телефону в обсерватории погоды распределение фактической температуры по высоте и величину площади энергии. В этом случае собственные исследования температур не являются необходимыми.

ТЕРМОГРАФ.

Термограф записывает ход температур в течение дня. Эта кривая особенно полезна в тех случаях, когда у планериста имеется «нулевое» (ночное) распределение температур на месте. По форме этого распределения можно определить, существует еще или нет ночная инверсия: пока из-за инверсии конвективный приземный слой еще невелик по толщине, температура воздуха у земли повышается очень быстро. Но как только инверсия преодолевается, конвективный слой сразу становится намного толще, тепловая энергия солнца распределяется на более толстые слои воздуха и поэтому после распада инверсии температура повышается очень медленно. На ленте термографа после резкого подъема начинается плавное изменение температур.

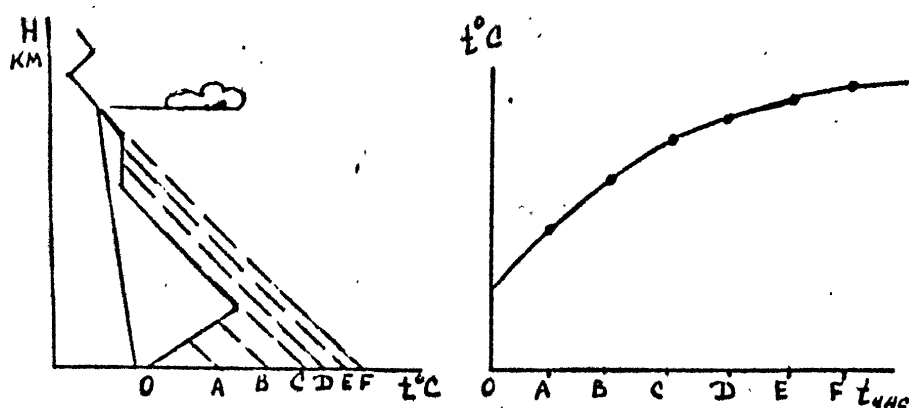


схема 6

С этого момента термики уже можно использовать для продолжительного парящего полета. Это может быть раньше, чем появятся кучевые облака - явные указатели потоков. К сожалению, термограф - еще не очень дешевый прибор, который к тому же должен устанавливаться в воздушных камерах, защищенных белым покрытием. Несмотря на это, владельцам планеродромов следует подумать - не оплатить ли все-таки эти издержки, чтобы лучше использовать состояние метеоусловий для полетов.

ПРАЩА-ТЕРМОМЕТР.

Если в наличии нет никакого прибора, записывающего температуру в течение дня, мы можем обойтись тем, что будем время от времени измерять температуру воздуха и наносить на график. Для этого применяется термометр, который несколько минут вращают за ручку, чтобы избежать неточности измеряемой температуры воздуха из-за нагревания солнцем корпуса прибора.

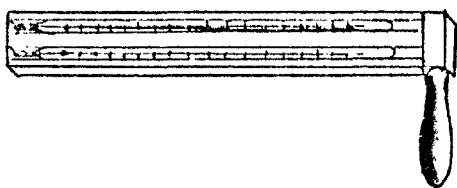


схема 7

Прибор, кроме этого, делает возможным определение влажности воздуха (праща-психометр). Он имеет кроме нормального сухого термометра еще один термометр, у которого камера с рабочей жидкостью обернута матерчатым чехлом. Перед измерением чехол смачивается дистиллированной водой. Прибор вращается за ручку 3-6 минут на открытом месте, по возможности в тени облака пока показания термометров не установятся постоянными. С влажного термометра при этом испаряется вода. В связи с этим он охлаждается и показывает температуру ниже, чем первый. Т.к. испарение в сухом воздухе больше, чем во влажном, можно по измеряемым температурам судить о влажности воздуха. Высоко поднявшийся термик «питается» преимущественно из нижних слоев воздуха, поэтому с помощью выводов о температуре у земли мы можем определить и уровень конденсации, т.е. высоту нижней кромки кучевых облаков. Н.Нэкиш изготовил график, с помощью которого эту высоту можно определить прямо из измерений температуры.

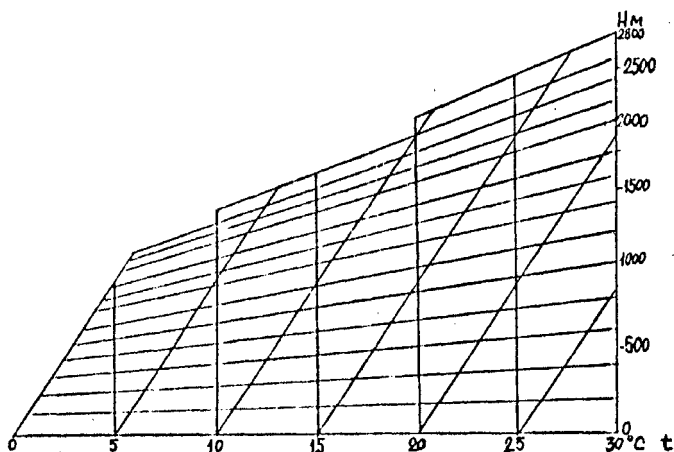


схема 8А

Полученная высота кромки облаков содержит информацию даже в том случае, когда облаков нет вообще. Это значит, что не дойдя до уровня конденсации, развитие термиков задерживается находящимися ниже слоями изотермии или инверсии.

ИЗМЕРИТЕЛЬ ПРИЗЕМНОГО ВЕТРА.

Имеются различные и довольно точные приборы для измерения скорости и направления ветра. Хотя приборы, работающие по принципу скоростного напора, имеют малые времена замедления (инерцию), но они могут служить только как датчики шквала. Чашечные анемометры реагируют на изменение скорости ветра более вяло и показывают средние её значения. Приборы должны устанавливаться в открытых местах, чтобы устранить влияние помех, на международно-согласованной высоте около 10 метров. Для наземных нужд применяется обычно дешёвый чашечный анемометр. Этот прибор величиной с карманный фонарь свободно умещается в руке. После небольшого навыка им можно очень хорошо определять и усиление ветра. Не говоря о его неоспоримой ценности для обеспечения безопасности полетов, измеренные им показания, являются только условно необходимыми для планеризма, так как на высотах свыше 500 метров скорость ветра увеличивается примерно в два раза, направление для взлета и посадки определяется им с точностью $\pm 10^\circ$. Однако и эта информация бывает полезна для навигационных расчетов. Конус, без которого не обходится ни один аэродром, даёт аналогичную информацию. Если установить несколько больших конусов в разных углах аэродрома, то планерист может определить наличие термики в районе аэродрома перед стартом, по различному положению конусов, т.к. на земле воздух стекается к месту освобождения термика.

НЕФОСКОП ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ СКОРОСТИ И НАПРАВЛЕНИЯ ВЕТРА НА ВЫСОТЕ ПОЛЕТА.

Скорость и направление ветра на высоте облаков измеряется с помощью зеркала, если известна высота облаков над уровнем аэродрома. Наземная служба, получив запрос от пилота о скорости и направлении ветра, проводит эти измерения. Особенно необходимы эти сведения для расчета долета, когда пилоту необходимо рассчитать значение необходимой исходной высоты и скорости на последнем участке полета.

Нефоскоп можно использовать только при наличии облаков, как говорит за себя это название. Т.е. при безоблачных термиках прибор не поможет. В этом случае единственным точным средством измерения будет запуск зонда.

Нефоскоп можно изготовить самому из круглого зеркала.

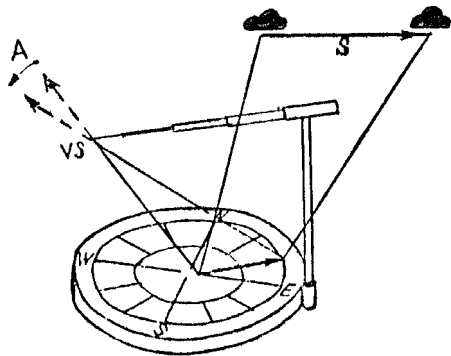


схема 8

Кроме розы ветров, на нем наносится маленький центральный круг с радиусом 1 см и два круга с радиусом 2 см и 4 см. Для прицельной штанги лучше всего употребить стальную проволоку, используемую при построении моделей. Из неё же изготавливается переносная антенна и измерительная трубка. Конец прицела, устанавливаемый точно на 21,6 см над поверхностью зеркала, должен быть подвижным и вращаться. Для очень сильных или очень слабых ветров рекомендуется соответственно расстояния 10,8 см и 43,2 см.

ПРИНЦИП ИЗМЕРЕНИЯ.

Если облако проходит расстояние S , то его отражение проходит на нефоскопе расстояние S' за время t секунд.

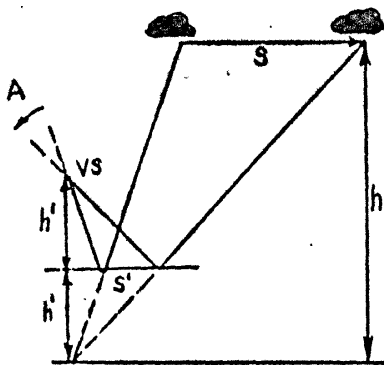


схема 9

Конец прицела находится на высоте h' над поверхностью зеркала, в то время как высота облака составляет h . Строго говоря, поверхность зеркала должна иметь высоту h' над уровнем аэродрома. Но т.к. h по сравнению с h' намного больше, то этой неточностью можно в практике пренебречь. Из схемы №9 видно, что $\frac{S}{S'} = \frac{h}{h'}$;

$$\text{Скорость движения облака } V = 3.6 \cdot \frac{S}{t}.$$

Если S взято в метрах, t – в секундах, то скорость V в км/час. $S = \frac{S' \cdot h}{h'}$; $\Rightarrow V = 3.6 \cdot \frac{S'}{h'} \cdot \frac{h}{t}$, где V – км/час, S' , h' , h – метры и t в секундах.

S' и h' выбраны такими, что первый множитель получается равный 1. Этим облегчаются расчёты по измерениям

$$S' = 6 \text{ см}, h' = 21.6 \text{ см} \quad 3.6 \cdot \frac{6}{21.6} = 1;$$

Тогда скорость облака вычисляется по формуле: $V = \frac{h}{t}$.

Если скорость облака измеряется на базе $\frac{1}{2}S'$, то она получается в два раза меньшей, так же как и при удвоении h' . Теперь становится ясным, что нефоскоп применим, когда направление ветра совпадает с плоскостью пеленгации облака, т.е. когда запеленгованное облако движется точно на нас или от нас. Окрашенные линии S и S' на схеме 8 можно интерпретировать и пространственно, например, так, будто облако проходит далеко за плоскостью

изображения. Тогда получается пропорция: $\frac{S}{S'} = \frac{h}{h'}$; как показано на схеме 10.

$$\frac{h}{h'} = \frac{a + a'}{a'} = \frac{S}{S'};$$

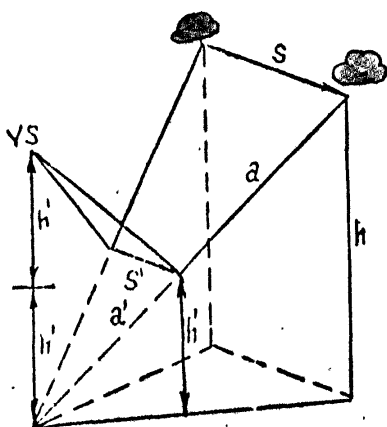


схема 10

Если плоскость зеркала расположена не горизонтально, то мы измеряем неполную длину отражения. Однако пропорция $\frac{S}{S'} = \frac{h}{h'}$ сохраняется, что и лежит в основе измерения нефоскопом.

ПОРЯДОК ИЗМЕРЕНИЯ.

(Высота конца прицела над плоскостью зеркала $h' = 21,6$ см)

1. Нефоскоп выравливается горизонтально и ориентируется с помощью компаса так, чтобы отметка «юг» показывала на север, т.к. ветер определяется по направлению на ту сторону, откуда он дует.
2. Край облака запеленговывается глазом так, чтобы оно появилось в центре зеркала.
3. Прицел устанавливается так, что он закрывает центр зеркала (а также и отражение в нем края облака).
4. Прицел и край облака движутся к краю зеркала. Секундомером измеряем время между оставлением центрального круга зеркала и пересечением с внешним кругом зеркала (6см).
5. Место, в котором облако пересекает внешний круг, дает направление ветра.

Скорость движения облака получается как частное:

$$V_{\text{облака}} = \frac{S_{\text{облака}}(\text{м})}{\text{измеренное время(сек)}}$$

для точности определения скорости ветра, измерения проводят дважды: один раз с подветренной стороны и один раз - с наветренной, чтобы исключить ошибку за счет роста облака. Полученная таким образом скорость умножается ещё на поправочный коэффициент (для «молодого» облака 1,3), чтобы учесть тот факт, что молодые развивающиеся облака имеют обычно меньшую скорость движения, чем ветер на их высоте.

МЕХАНИКА ТЕРМИЧЕСКОЙ КОНВЕКЦИИ.

Для планеризма, использующего термические потоки, очень важно знать картину не только того, где развивается

термик, но также и как поднимается этот воздух, какие потоки в нем образуются, где находится его центр и т.д.

К сожалению, эта область исследования встречает большие трудности из-за множества вариационных возможностей. Метеоролог Рихард Скорер проделал в этой области основополагающую экспериментальную работу.

На основе потоков жидкости различной плотности и окраски оказалось возможным найти закономерности, которые подтвердились измерениями и открытиями в области планеризма, по крайней мере, при определенных состояниях погоды.

ИЗОЛИРОВАННО ПОДНИМАЮЩИЙСЯ ТЕРМИЧЕСКИЙ ПУЗЫРЬ.

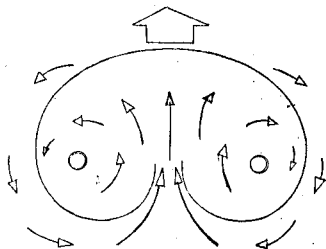


схема 11

Воздушный пузырь поднимается изолированно в воздушной массе, которая располагается слоями адиабатически и свободна от действий ветра. Этот самый простой случай термика даёт картину клубящегося кольца. Его возникновение подобно образованию колец дыма при курении или из трубы паровоза. При этом клубящееся кольцо движется вверх и одновременно вращается вокруг самого себя, вокруг оси круглой формы. Самая большая вертикальная скорость - в середине этого "бублика". Она тем больше, чем скорость подъёма самого "пузыря". Во время своего подъёма "пузырь" увеличивается, растёт, захватывая в свой центр окружающий воздух, продвигается вверх и в верхней части смешивается с окружающим воздухом с образованием более мелких завихрений. Лучший пример конвекционной механики - это клубящаяся шапка облачного гриба, который образуется при атомном взрыве в атмосфере (который, надеемся, больше никогда не произойдёт). Схема потока, которая лежит в основе этого рисунка, доказана экспериментально. Она очевидна и ясна, но обладает, однако, тем недостатком, что термик в действительности ведет себя гораздо сложнее. Большой частью, поднимающийся теплый пузырь ещё некоторое время питается согретым приземным воздухом и делает возможным набор высоты после явного окончания термика. Если бы все потоки были круглыми, тогда все кучевые облака имели бы поперечное сечение также круглой формы. Точно в центре находилась бы зона максимальной скороподъёмности. Этого, как мы знаем, обычно не бывает. Помехи, одностороннее влияние солнечного излучения и многое другое сильно искажает картину. Однако схема клубящегося гольца остаётся важной и объясняет многие феномены, если их рассматривать с точки зрения вышесказанного. Из схематического рисунка, например, ясно, что в нижней части пузыря из-за стремления воздуха к середине очень легко найти центр потока - планер буквально "засасывается" в поток.

При наборе спиралью это засасывание также сказывается выгодным образом, тогда как дальнейший набор к вершине затрудняется из-за турбулентности и растекания воздуха в стороны. Картина потока также объясняет то, что планеру, находящемуся в нижней части «пузыря», быстро удастся догнать планер, парящий в верхней его части, так что вскоре здесь собирается несколько планеров на одинаковой высоте.

ТЕРМИК С НЕПОДВИЖНЫМ ИСТОЧНИКОМ ПРИ ВЕТРЕ.

При подъёме теплого воздуха из промышленных труб (градирен, скрубберов, холодильников) при слабом ветре происходит закручивание в его струе. Её поперечное сечение становится похожим на сечение термического пузыря. Если термик имеет большой объем тёплого воздуха, то мы можем при слабом ветре набирать в нем высоту спиралью.

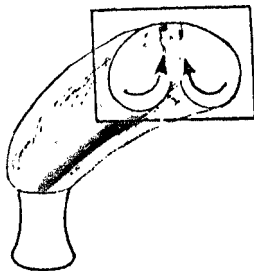


схема 12

Т.к. скорость подъёма воздуха внутри струи больше, чем скорость подъёма в ней планера, то для сохранения высокой скороподъёмности необходимо постоянно вытягивать спираль в подветренную сторону. При парении же свободном термике спираль рекомендуется вытягивать в наветренную сторону. В практике встречаются оба случая,

но чаще рекомендуется вытягивание спирали в наветренную сторону.

ИЗМЕРЕНИЯ В АТМОСФЕРЕ.

Ещё до второй мировой войны в Германии начали производить испытательные полеты для исследования конвективных потоков. Многочисленные исследования Ленинградской геофизической обсерватории в 1967 - 69 годах подтвердили полученные ранее результаты и уточнили их. Д.Коновалов опубликовал в 1970 году в ОСТИВ сообщение об этих исследованиях. Все исследованные термики делятся им на нормальные и узкие по отношению их диаметра к высоте, т.е. каждая группа определяется профилем термика. По диаметру термика и его скороподъемности статистически выясняется два основных типа термиков.

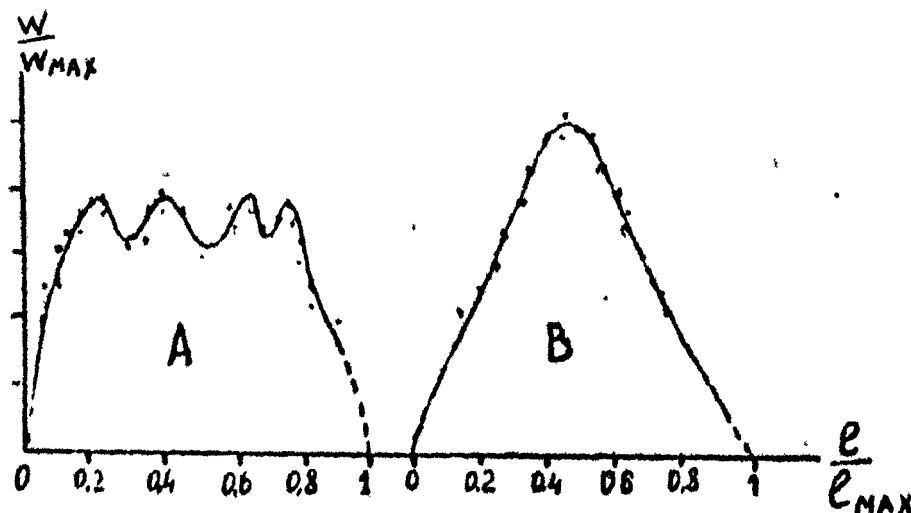


схема 13

«А» - тип.

Имеет наибольшую ширину у зоны максимальных скороподъемностей. Его диаметр больше, чем у «В» - типа, турбулентность на краях больше, чем в середине.

«В» - тип.

Схема которого была предложена, прежде всего, выводами экспериментов Скорера, воплощает слабый подъем (см. схему «термический пузырь»). Вероятность образования термиков такого типа уменьшается с ростом температурного градиента в слое до 300 метров. Термик типа «В» имеет меньший диаметр, и если он относительно силен, то в этом случае и очень узок. Обычно турбулентность в нём слабая, она несколько сильнее вблизи центра.

Термики типа «А» и «В» образуются одновременно. Чем лучше условия термика (больше градиент температуры у земли до высоты 300 метров), тем больше сдвигается статистика термика в направление типа «А». Опытные планеристы не слишком этому удивляются. Сильные потоки чаще всего относительно велики по площади и имеют широкие, однако чаще всего небольшие, диапазоны высоты хорошего подъема. Полностью охватить проблему профиля термика почти невозможно. Опыты Коновалова состоялись при почти полном штиле. При ветре, топографических влияниях и всех дополнительных условиях, влияющих на нормальную структуру термика, результаты таких опытов чрезвычайно усложняются. И всё же эти выводы наглядно показывают нам, что какие-либо равномерные профили термиков нереально принимать за типичные. Самые последние исследования тоже установили, что термики неравномерны по своей структуре. Зона подъёма в своём сечении может быть любой формы, и не обязательно круглой. К статистическим исследованиям нужно относиться осторожно, по крайней мере, сегодня. Грубое представление о действительной структуре термиков мы можем получить, прежде всего, наблюдением за образованием облаков и парением птиц. Хотя для конструкторов планеров это крайне неудовлетворительно, но не имеет смысла рассчитывать планеры по одним статистическим характеристикам одного типа термика, может быть соответствующим действительности, так как пилоты в первом же, отличающемся от среднего, термике, будут испытывать трудности. Отклоняющаяся от средней, картина термика является даже обычной.

ПОЛОЖЕНИЕ ПОГОДЫ ДЛЯ ПЛАНЕРИЗМА НА ТЕРРИТОРИИ ГЕРМАНИИ И ГРАНИЧАЩИХ С НЕЙ СТРАН.

В.Георгий исследовал и описал характерные положения погоды различных времён года на территории Германии по её использованию для планеризма. Вытекающие отсюда закономерности должны помочь нам, по крайней мере, узнать типичные положения погоды, подходящие для планеризма по телевизионной карте погоды, чтобы вовремя обратиться к обсерватории погоды, не пропустить хороших возможностей для планеризма. Разумеется, что из-за

сложности погодных процессов мы здесь даем только конкретный, ни в коем случае не обобщенный обзор. В других случаях погодные процессы могут происходить совсем по-другому. Тогда метеорологическая консультация остается на заднем плане.

Еще раз отметим, что данный раздел применим в полной мере только к территории Германии (может быть даже не ко всей), пытаться полностью перенести все описанное здесь на, к примеру, территорию Украины, европейской части России или тем более на Зауралье не следует.

ПОЛОЖЕНИЕ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ (ЦЕНТР АНТИЦИКЛОНА, БЛАГОПРИЯТНЫЙ ВЕСНОЙ).

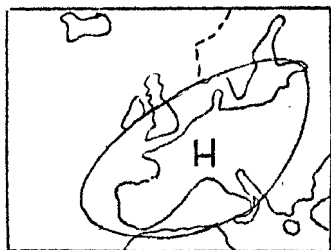


схема 14

Летом у нас редко бывает такое положение погоды, когда возникают термики средних скороподъёмностей без облаков или с очень малым их количеством со слабым ветром и умеренной видимостью. Приемлемые термики начинаются после прогрева мощного слоя приземной инверсии, в горной местности они начинаются раньше. Положение центра антициклона во время благоприятных для полёта весенних и летних месяцев, к сожалению, бывает не часто. Осенью, при таком положении, солнечного излучения бывает недостаточно, чтобы достаточно рано «пробить» её вообще.

Такое положение очень хорошо подходит для полётов в цель с возвращением и по треугольным маршрутам в направлении на центр антициклона. Наиболее благоприятны в этом случае горные области.

ОБРАТНЫЙ ХОД ПОГОДЫ (ЮГО-ЗАПАДНОЕ, СЕВЕРО-ЗАПАДНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ВЕТРА).

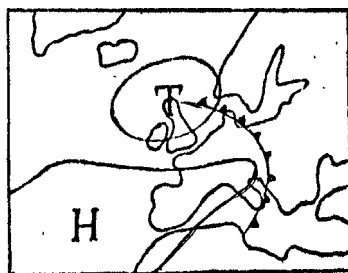


схема 15

Прохождение холодных фронтов и окклюзий относительно часто создаёт благоприятное положение погоды для полетов на планерах в течение всего летнего сезона. Это связано с прибытием холодного неустойчивого воздуха полярного происхождения и протекает следующим образом:

В первый день после прохождения фронта при повышающемся давлении и отличной видимости погода очень ветреная и неустойчивая. В горных областях в это время бывает пыльная облачность и ливни. Хотя термики очень мощные, однако, велика опасность из-за мощного развития облаков и сильной турбулентности. В дальнейшем погода выравнивается, ветер стихает, прекращается ливневая деятельность. Более быстрому прохождению фронта способствует равнинная плоская местность. Чем большее влияние на погоду оказывает зона высокого давления, тем слабее ветер и выгоднее полёты по треугольным маршрутам.

ПОЛОЖЕНИЕ ПОГОДЫ ПРИ СЕВЕРО-ВОСТОЧНЫХ И ВОСТОЧНЫХ ВЕТРАХ.

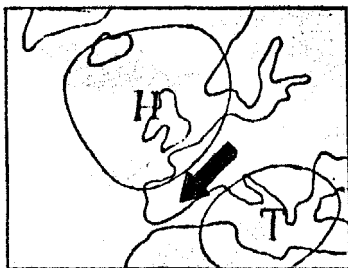


схема 16

Это благоприятные весенние положения для полётов на дальность по ветру. По статистике, такое распределение барических систем бывает чаще всего от середины до середины июня, и даёт нам возможность для полётов на запад и юго-запад. В этих случаях приходит богатый сильными ветрами воздух из северо-восточной Европы с относительно хорошей видимостью, с благоприятным профилем ветра, способствующим образованию облачных гряд с большими скороподъёмностями. В то время как в Южной Германии склонность к образованию термиков затруднена, начинающиеся термики благоприятствуют длительным полетам над равнинной местностью Северной Германии. Ветер усиливается реактивным эффектом параллельно расположенных гор. Лучше всего проводить такие полеты на дальность от северогерманского пространства в направлении Бордо или из южно-немецкой территории через Ронеталь в направлении Марселя. При подобном расположении барических систем выполнялись все среднеевропейские полеты на дальность по прямой свыше 1000 км (Г.В.Гроссе – 25 апреля 1972 года – 1460 км полёта на открытую дальность и 16 апреля 1974 года – 1230 км полёта в цель).

ПОЛОЖЕНИЕ ПОГОДЫ ПРИ ЗАПАДНОМ НАПРАВЛЕНИИ ВЕТРА (БЫВАЕТ БЛАГОПРИЯТНЫМ ТОЛЬКО ПРИ АНТИЦИКЛОНЕ).

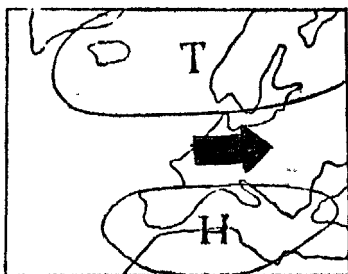


схема 17

Такое положение барических систем даёт нам летом долгие дождливые периоды. В зоне между растягивающейся системой низкого давления Северного моря и широкой Средиземноморской зоны антициклона вдоль почти прямых изобар движется морской воздух. Если влияние южного антициклона все-таки большое, то есть надежда на погоду для планеризма. Приходящий при этом тропический тёплый воздух термически неустойчив и способствует образованию восходящих потоков. Однако возможности полётов ограничены склонностью к чрезвычайному развитию облаков, ливням и грозе. Такое антициклональное положение подходит по совокупности силы ветра и потоков как для замкнутых полётов с возвращением к месту старта, так и для полётов на дальность. Зимой при этом возможны полёты в волновых потоках на средних горах, ось которых протянулась в направлении севера при влиянии зоны тёплого сектора северного циклона.

ПОЛОЖЕНИЕ ПОГОДЫ ПРИ ЮГО-ЗАПАДНОМ НАПРАВЛЕНИИ ВЕТРА.

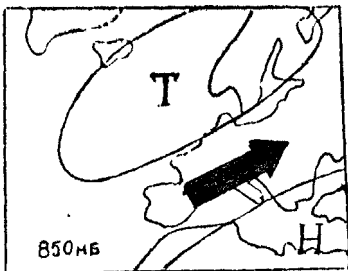


схема 18

Юго-западный ветер обуславливает летом хорошие возможности для полетов. Такое расположение барических систем должно наблюдаться на высотной карте 850 мб., хотя летом такое бывает редко. На Земле существуют

незначительные нетипичные связи давления. Они проявляются на высотах 850-500 миллибар. При этом ветер с высотой усиливается и часто образуются не только термики, но и термические волны. Субтропический тёплый воздух с юго-запада склонен летом к образованию ливней и гроз. Во время зимы такое положение бывает чаще и способствует образованию подветренных волн в средних горах и Альпах.

ПОЛОЖЕНИЕ ПОГОДЫ ПРИ ЮЖНОМ НАПРАВЛЕНИИ ВЕТРА.

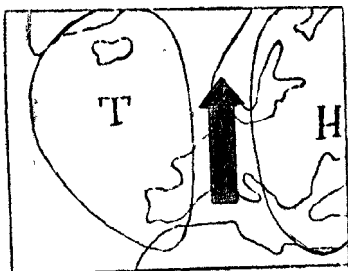


схема 19

Такое расположение барических систем приносит сухой южный воздух через Альпы. При достаточной скорости ветра возникают подветренные волны. Статистически благоприятное время для полетов с использованием фёна на северной стороне Альп бывает от 9 до 13 ноября, а также от 27 до 29 декабря.

КОНСУЛЬТАЦИИ СЛУЖБЫ ПОГОДЫ ДЛЯ ПРЕДПОЛОЖИТЕЛЬНЫХ ПОЛЕТОВ.

Сотрудничество планеристов с местными отделениями службы погоды часто бывает недостаточно тесным. При посещении метеорологи радуются нашему интересу к их работе и охотно готовы координировать свои прогнозы с нашими требованиями. Современные задачи метеорологов, для решения которых они и получают образование, не имеют с нашими проблемами почти ничего общего. Поэтому полётные прогнозы для планеристов связаны для метеорологов с большими трудностями. Мы должны это признать и выразить нашу благодарность. Одно из важнейших положений сотрудничества – это обратная информация. Если метеоролог регулярно узнаёт, соответствуют ли его предсказания действительности или насколько погода развивается по иному, то он может контролировать свои прогнозы и со временем сделает их точнее. Эта обратная информация с нашей стороны должна приноситься в человечески правильном тоне, если учесть, что эта дополнительная и, как правило, трудная работа нужна не только для нас, но и для будущих поколений планеристов.

ФОРМУЛЯР ПРОГНОЗА.

Из таких соображений в сотрудничестве обсерваторий лётной погоды разработан формуляр прогноза, бланки которого изготавливаются как на метеостанциях, так и на местах полётов. Метеостанции заранее предупреждены о сроках, они обрабатывают материалы измерений и к 8.30 готовы передать значения заполненного формуляра по телефону. Это происходит очень быстро, стоит недорого и информативно точно.

Конечно, было бы благоприятнее сделать такую передачу ещё раньше, однако это невозможно, т.к. не хватит времени для утренних измерений в данном районе. Может быть, было бы удобнее дополнить формуляр ещё одним столбцом, в котором при возможности вносить значения вертикального распределения температуры по высоте. После полётов ежедневный формуляр исправляется или подтверждается наиболее опытными планеристами и по возможности доставляется на метеостанции для контроля прогноза. Конечно, можно и это выполнить опять, по телефону. С тех пор, как мы начали пользоваться формуляром, планеристы перестали ставить перед метеослужбой неквалифицированные вопросы, и это делает всё сотрудничество заметно интенсивнее и плодотворнее.

ОБРАЗЕЦ БЛАНКА ФОРМУЛЯРА.

Прогноз погоды для парящих полетов.

Метеостанция (название города) по погоде в радиусе 100км. Телефон..... дата..... Время.....

Метеоролог (подпись).....

- 1.Общее состояние...
- 2.Отдельные предсказания, их время и проявление...
- 3.Направление и скорость ветра у земли и по высотам...
- 4.Высота инверсии...
- 5.Облачность. Вид, высота, количество...
- 6.Видимость.
- 7.Время начала образования кучевых облаков, их верхний и нижний край...
- 8.Характеристики потоков...
- 9.Особенности...

10. Перспективы на завтра.

Формуляр заполняется метеостанцией лишь по тем данным, которые могут быть проверенными, т.е. достоверным. В общем, состоянии и нескольких словах делается набросок общего состояния погоды (положение барических систем, фронтов и их влияние). Наблюдения и результаты измерений всегда приближённые. Уточнение прогноза всегда составляет различную трудность в зависимости от общего положения. При антициклональной погоде прогноз бывает проще и точнее, но при прохождении фронтов прогноз затрудняется и становится неточным. Приземный слой инверсии разрушается в разное время в зависимости от условий местности и интенсивности солнечного излучения. Температура разрушения получается из кривой температуры. Тот момент, когда её величина станет достаточной для разрушения, зависит от помех солнечному излучению, поэтому время разрушения инверсии даётся также приближённо. Момент образования облаков также зависит от излучения. Верхняя граница конвекции прогнозируется по ходу кривой стратификации (распределения фактических температур) и интенсивности излучения более или менее точно. По приведенным здесь положениям и ожидаемому ветру мы судим о характере термиков.

В особенностях указывается возможная грозовая неустойчивость, прохождение фронта, а также достоверность вышеизложенных показаний, склонность к образованию гряд или безоблачных термиков.

Перспективы на следующий летный день возможны только в форме общей тенденции.

ОПТИМАЛЬНАЯ ТРАЕКТОРИЯ ПОЛЕТА.

Оптимальная траектория достигается выдерживанием оптимальной скорости ни планировании. Скорость определяется графически или аналитически. С правильной расчетной траекторией можно лететь на любом режиме полёта: при имеющейся высоте планировать как можно дальше или между имеющимися восходящими потоками лететь так, чтобы средняя воздушная скорость была максимальна.

Расчёты и графики здесь выполнены для планеров стандартного класса, в основном для "АСВ-15". Наибольшая часть результатов подходит и для планеров другого типа.

СОКРАЩЕНИЯ:

Геометрические величины:

e - общее расстояние

a, b- длины отрезков пути

h- высота

-h- потери высоты

h₂₅- расчетная высота, необходимая для долёта 25 км

E- котангенс угла глиссады (относительная дальность)

A- изображение поляры для измененной нагрузки на крыло

SP- траектория подъёма

α - угол траектории подъёма

Время:

t- продолжительность полёта

t₁, t₂- время полета по отрезкам

Горизонтальная скорость:

V- скорость по траектории = горизонтальная скорость.

V_s- скорость относительно земли (путевая скорость).

V₁, V₂- скорость на отрезках пути a, в

V_R- средняя путевая скорость

V_{RM}- средняя скорость при полёте по классическому способу.

V_{RD}- средняя скорости при полёте стилем «дельфин».

V_{RO} - максимально возможная оптимальная средняя скорость.

V_{RZ} - увеличение средней скорости

W_K - скорость ветра

Вертикальная скорость:

W_m- метеорологическое вертикальное движение воздушной массы

W_{ma}, W_{mb}, W_1, W_2 - вертикальная скорость движения воздушной массы на отрезках пути

W_S - скорость собственного вертикального движения планера (всегда отрицательна).

S_t - скороподъемность планера / $W_S + W_m > 0$ /.

S_i - скорость снижения планера / $W_S + W_m < 0$ /.

ST - хорошая скороподъемность.

st - плохая скороподъемность.

W_{IF} - скороподъемность при скорости восходящего потока.

ПОЛЯРА СКОРОСТЕЙ ПЛАНЕРА.

Исходным пунктом для определения оптимальной скорости полета является поляр скорости планера. Поляра скорости планера соответственно своему названию строится в полярных координатах. Одной из координат в этом случае является величина вектора скорости движения планера по траектории, а другой - скорость собственного

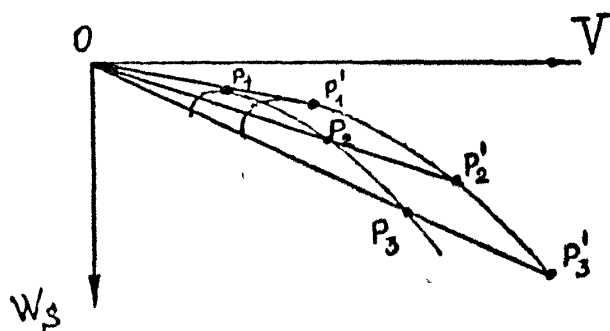
снижения планера W_S . Она определяется для одного полетного веса и указанной в диаграмме нагрузки на крыло $\frac{G}{F}$.

Удельная нагрузка на крыло определяется как общий полетный вес (планер + пилот + водобалласт), деленный на площадь несущей поверхности. Удельная нагрузка на крыло дана в кгс / м.кв. Летая на планерах с водобалластом, следует учитывать, что поляр скорости планера находится в прямой зависимости от удельной нагрузки на крыло.

РАСЧЕТ ПОЛЯРЫ ПЛАНЕРА ПРИ ИЗМЕНЕНИИ УДЕЛЬНОЙ НАГРУЗКИ НА КРЫЛО.

График будет точным, если каждая точка поляры будет отложена в одном и том же масштабе относительно начала координат. Изменение скорости определяется соотношением $\frac{\sqrt{\text{новой удельной нагрузки на крыло}}}{\sqrt{\text{старой удельной нагрузки на крыло}}}$.

На изменение числа Рейнольдса при этом не обращают внимания.



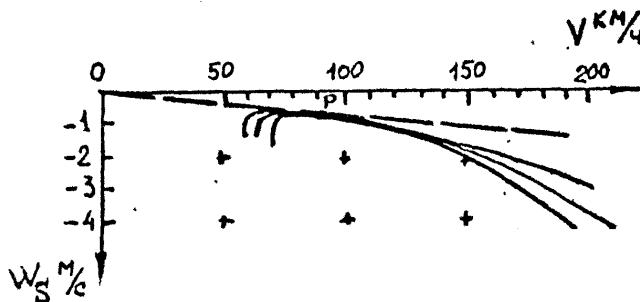
На рисунке дан график изменения поляры при изменении удельной нагрузки на крыло в масштабе 3:2.

$$\left(\frac{\overline{OP_1}}{\overline{OP_1}} = \frac{\overline{OP_2}}{\overline{OP_2}} = \frac{\overline{OP_3}}{\overline{OP_3}} = \sqrt{\frac{G}{F}} : \sqrt{\frac{G}{F}} \right).$$

ПЛАНИРОВАНИЕ ПО ПРЯМОЙ

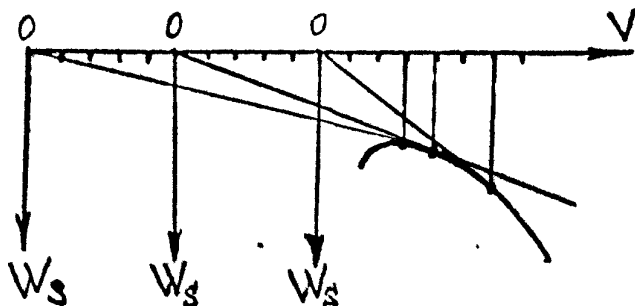
а. ОПТИМАЛЬНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ В СПОКОЙНОМ ВОЗДУХЕ.

Очевидно, что наибольшая средняя путевая скорость при переходе достигается в том случае, когда оптимально соотношение горизонтальной и вертикальной скорости планера. Графически это определяется точкой касания поляры прямой, проведенной из нуля.



На рисунке даны три различные поляры для разных удельных нагрузок на крыло. Касательная для всех трёх поляр одна и та же, но точка касания Р отмечена только для поляры с нагрузкой 28 кгс/ м кв. Уклон касательной определяет наилучшую -степень планирования планера "АСВ-15" с качеством 38. С высоты 1000 метров можно пролететь расстояние 36 км. Эта степень планирования не зависит от удельной нагрузки на крыло. Лёгкий планер может лететь медленнее, со средней скоростью 90 км/час, тяжёлый - немного быстрее, чтобы достичь эту оптимальную степень планирования и пролететь как можно большее расстояние.

б. ПЛАНИРОВАНИЕ ПРИ ВЕТРЕ БЕЗ ВОСХОДЯЩИХ И НИСХОДЯЩИХ ПОТОКОВ.

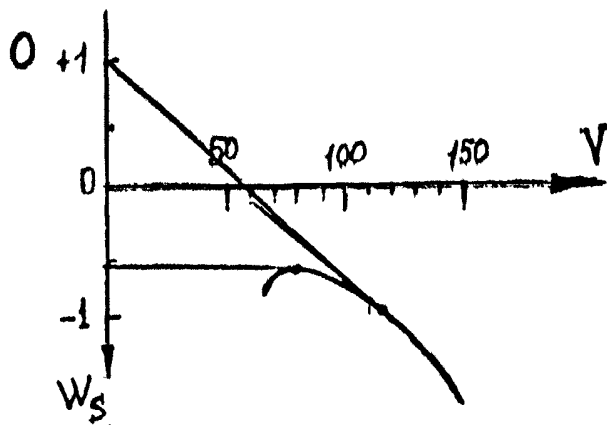


На рисунке изображены системы координат и касательные для попутного, встречного ветра и для безветрия. Движение воздуха позволяет планеру при встречном ветре медленнее и при попутном ветре быстрее двигаться относительно земли. При этом для получения оптимальной скорости. При встречном ветре поляра сдвигается назад на величину скорости ветра и при попутной - вперёд. На рисунке показаны результаты для планера "АСВ - 15" с удельной нагрузкой 28 кгс / м кв. Котангенс оптимального угла планирования при попутном ветре 50 км/час равен 60. При этом планер летит медленнее, чем при безветрии, со скоростью 60 км/час. При встречном ветре 50 км/час нужно лететь со скоростью 110 км/час, при этом котангенс угла планирования равен 18.

Отсюда следует, что при сильном попутном ветре нужно планировать немного медленнее, а при встречном ветре быстрее, чем при безветрии.

с. ПЛАНИРОВАНИЕ ПРИ БЕЗВЕТРИИ С ВОСХОДЯЩИМИ И НИСХОДЯЩИМИ ПОТОКАМИ.

Если воздушная масса, в которой мы летим, опускается, то величины снижения планера по поляре и снижения воздушной массы складываются. Поляра планера должна быть опущена на величину снижения воздушной массы.



На рисунке показан способ определения оптимальной скорости планирования при опускании воздушной массы для планера "АСВ - 15". Скорость равна 120 км/час, воздушная масса опускается со скоростью 1 м/сек, котангенс угла планирования меньше 16, вариометр показывает сумму снижения планера и воздушной массы, равную 2,05 м/сек.

Горизонтальная касательная на этом графике иллюстрирует случаи, когда воздушная масса поднимается со скоростью 0,58 м/сек. Если мы планируем со скоростью 73 км/ч, то горизонтальная касательная показывает, что собственное снижение планера как раз компенсируется подъёмом воздушной массы и мы планируем, не теряя высоты (котангенс угла планирования равен бесконечности). Вариометр стоит на нуле, и если воздушная масса поднимается ещё быстрее, то мы можем лететь со скоростью, меньшей, чем 73 км/час, чтобы при дальнейшем планировании подняться по возможности круче. Из этого примера мы видим, что каждому вертикальному движению воздуха соответствует определенная траектория планирования.

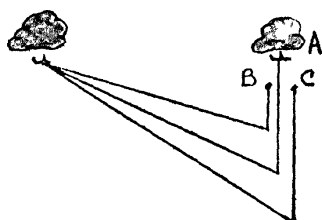
ПЕРЕХОД – СРЕДНЯЯ ВОЗДУШНАЯ СКОРОСТЬ

В настоящей главе будут рассмотрены те условия, при которых в результате взаимодействия планера с

окружающей средой возникают силы (подъемная и тянущая), обеспечивающие ему заданное движение.

ПЛАНИРОВАНИЕ ОТ ОДНОГО ВОСХОДЯЩЕГО ПОТОКА К ДРУГОМУ В СПОКОЙНОМ ВОЗДУХЕ.

Скороподъемность в восходящем потоке принимается одинаковой на всех высотах. Речь идёт о скорости, на которой мы летим к восходящему потоку определенной силы, чтобы достичь наибольшей средней воздушной скорости, (в случае, когда воздушная масса, между восходящими потоками находится в покое). Хотя при переходе теряется высота, но в сильном восходящем потоке она быстро восстанавливается. Когда мы летим быстрее оптимальной скорости, то потеря высоты настолько велика, что выигрыша времени за счёт скорости больше недостаточно, чтобы восстановить увеличенную потерю высоты. Для каждого восходящего воздушного потока определенной силы имеется оптимальная траектория полёта, на которой достигается наивысшая средняя воздушная скорость.



На рисунке отчетливо видно, что пилот "А" летит успешно, в то время как пилот "В" теряет много времени. Пилот "С" достигает потока раньше пилота "А", но летит ниже и не может восстановить потерянную высоту. Это можно объяснить общей формулой для средней скорости:

$$\frac{V_{REISE}}{V} = \frac{S_t}{S_t - S_i};$$

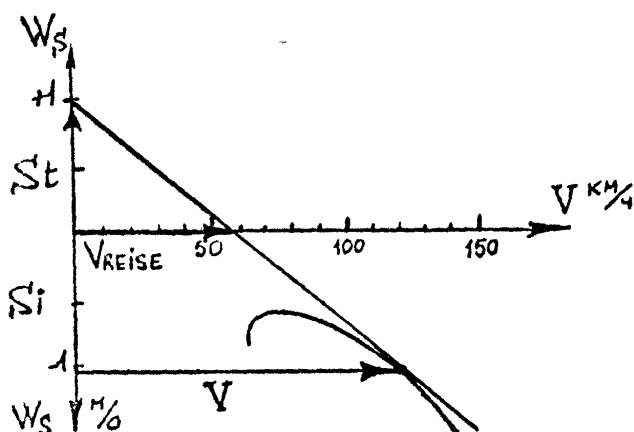
где

V – скорость перехода

S_t – подъём во время набора

$S_i = W_s$ – собственное снижение планера при переходе между потоками

W_s – всегда отрицательная величина.



Из рисунка видно, что максимальная средняя скорость достигается на скорости перехода, определяемой касательной к поляре, проведенной из точки подъёма и ровной отрезку, отсекаемому этой касательной на оси скоростей. Точка касания даёт также величину скорости снижения планера на этой скорости перехода.

В нашем примере скороподъемность составляет 1 м/сек для скорости перехода 120 км/час. Вариометр при этом показывает -1,05 м/сек. Средняя скорость составляет примерно 58 км/час. Этот график также подходит для отображения полета в нисходящем потоке. Оказывается, что планирование можно продолжать как со скоростью 120 км/час в спокойной воздухе при подъёме 1 м/сек, так и при снижении воздуха 1 м/сек. Для получения оптимальной скорости перехода кольцо Мак-Креди следует передвигать. При установке начальной метки кольца на значение ожидаемой скороподъемности стрелка вариометра укажет на оптимальную скорость.

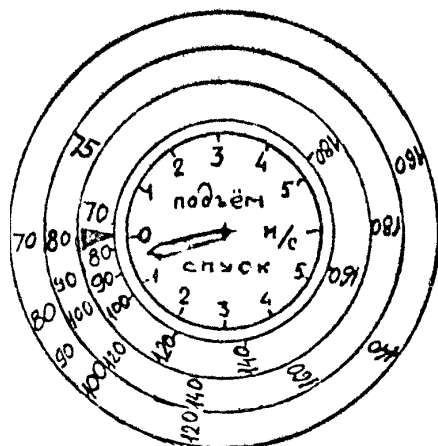
ПРЕХОДЫ ОТ ОДНОГО ПОТОКА К ДРУГОМУ В ТУРБУЛЕНТНОМ ВОЗДУХЕ.

Подъём в ожидаемом восходящем потоке известен и не зависит от высоты. Когда воздушная масса во время перехода движется вниз, необходимо по поляре рассчитать эффективную скорость планера. На нашем графике поляра

Страница 75

получается при подъеме воздушной массы со скоростью $W_m = 1$ м/сек., планер при этом поднимается со скоростью $S_t = 0,4$ м/сек. Изменение удельной нагрузки на крыло влияет не только на поляры скорости, но и на положение кольца.

V км/ч	$S_t = W_s + W_m$
180	-7,25
160	-5,3
140	-3,3
120	-2
100	-1,1
90	-0,65
80	-0,2
70	+0,25
км/час	м/сек

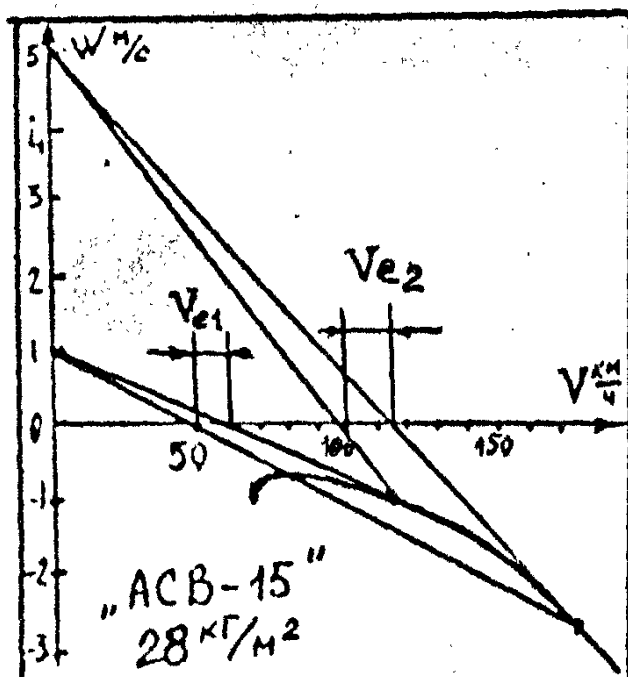


На рисунке красным цветом обозначен вариометр Чёрный треугольник - контрольная отметка калькулятора. Кольцо, установлено для удельной нагрузки на крыло, обозначенное

чёрным цветом - 28 кгс/м.кв.
голубым цветом - 26 кгс/м.кв.
красным цветом - 24 кгс/м.кв.

ПОТЕРИ В СРЕДНЕЙ СКОРОСТИ ПРИ НЕПРАВИЛЬНОМ ВЫБОРЕ СКОРОСТИ ПЕРЕХОДА

По общей формуле для средней скорости можно графически определить проигрыш при неоптимальном выборе скорости перехода.



На рисунке показаны два примера, изображающие экстремально неверную установку кольца. В первом случае при ожидаемой скороподъемности 1м/с можно было бы лететь со скоростью 120 км/час. Недооценив положение, наш пилот летит со скоростью 174 км/час, что соответствует установке кольца на 5 м/с. Поэтому его потеря в средней скорости V_{e1} составляет около 10 км/час. Во втором случае при кольце, установленном на 5м/с., скорость 174 км/час выбрана правильно, но пилот летит со скоростью 120км/ч., установив кольцо на 1м/с., и теряет при этом в средней скорости $V_{e2} = 15$ км/час. Если бы он установил кольцо на 0, то потерял бы около 37 км/час.

Рассмотрев эти случаи, мы видим, что неправильно установленное кольцо является причиной значительных потерь средней скорости.

ТЕОРИЯ «КЛАССИЧЕСКОГО» ПОЛЕТА.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ.

V – горизонтальная скорость перехода,

S_i – скорость снижения (отрицательная величина),

S_t – скорость подъёма.

СРЕДНЯЯ СКОРОСТЬ ПОЛЕТА

$$1). V_{RAISE} = \frac{e}{t}; \quad (1)$$

$$2). \text{Общее время полёта: } t = t_1 + t_2 \quad (2)$$

t_1 – время перехода,

t_2 – время набора.

3). Потеря высоты:

$$-h = t_1 \cdot S_i \quad (S_i \text{ – скорость снижения}) \quad (3)$$

4). Набор высоты:

$$h = t_2 \cdot S_t \quad (4)$$

$$\textcircled{3} : \textcircled{4} \rightarrow t_2 = t_1 \div \frac{-S_i}{S_t} \quad (5)$$

5). Время перехода

$$t_1 = \frac{e}{V} \quad (6)$$

В уравнение (5) входит:

$$t_2 = \frac{e}{V} \cdot \frac{-S_i}{S_t} \quad (7)$$

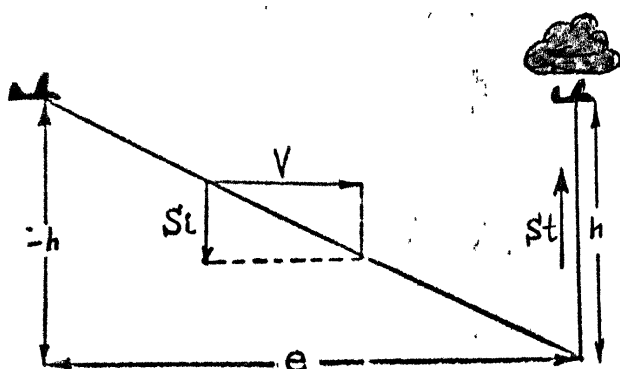
Время в уравнении (2) определяется:

$$t = \frac{e}{V} \left(1 + \frac{-S_i}{S_t} \right) \quad (8)$$

В уравнении (1) определяется:

$$V_{REISE} = \frac{V \cdot S_t}{S_t - S_i} \quad (9)$$

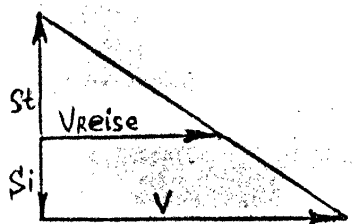
Это уравнение подходит для любой скорости и снижения.



Это уравнение можно также записать как пропорцию:

$$\frac{V_{REISE}}{V} = \frac{S_t}{S_t - S_i} \quad (10)$$

и графически изобразить в виде двух прямых V и V_{REISE} :



МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ.

Мы исходим из уравнения полёта по заданному маршруту как при определении средней путевой скорости. Общее время полета для отрезка пути:

$$t = t_1 + t_2 \quad (1)$$

t_1 – время перехода,

t_2 – время набора,

$$\text{или } t = \frac{e}{V} + \frac{h}{S_t} \quad (2)$$

e - общее расстояние, длина пути

V - скорость по траектории = горизонтальная скорость, скорость перехода

h - высота

S_t - скороподъемность планера.

Потеря высоты определяется:

$$-h = \frac{W_s + W_m}{V} \cdot e \quad (3)$$

W_s – собственное снижение планера,

W_m - метеорологическое движение воздуха.

Следует учесть, что W_s всегда меньше нуля и W_m поэтому может быть больше или меньше нуля.

$$W_s + W_m = \text{скорость снижения } S_i \quad (4)$$

Подставив уравнение (3) в уравнение (2) получаем

$$t = e \left(\frac{-(W_s + W_m)}{V \cdot S_t} + \frac{1}{V} \right) \quad (5)$$

Это общее время должно быть минимальным. Для этого уравнение дифференцируем по скорости и приравняем к нулю:

$$\frac{dt}{dV} = e \left(\frac{-\frac{dW_s}{dV} \cdot V \cdot S_t + (W_s + W_m) \cdot S_t}{(V \cdot S_t)^2} - \frac{1}{V^2} \right) = 0 \quad (6)$$

(Причем $e > 0$).

$$\frac{-dW_s}{dV} \cdot V \cdot S_t + (W_s + W_m) \cdot S_t = S_t^2 \quad (7)$$

$$\frac{dW_s}{dV} \cdot V = (W_s + W_m) - S_t \quad (8) \text{ Уравнение II}$$

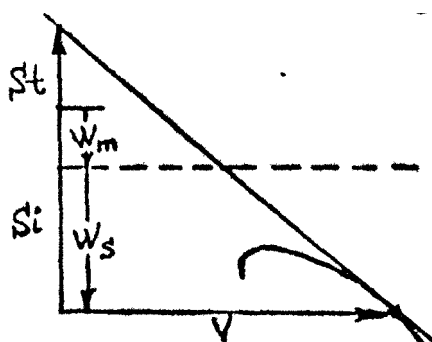
Правая часть уравнения означает: $(W_s + W_m) - S_t$ = общее снижение планера при планировании (чаще всего меньше 0), минус ожидаемый подъём.

В целом выражение отрицательно.

Левая часть уравнения обозначает: $\frac{dW_s}{dV} \cdot V$ – общая скорость при плохом подъёме поляры в точке скорости V .

Так как подъём поляры всегда отрицательная величина, выражение в целом так же отрицательно.

Графически это соотношение можно изобразить касательной к поляре, как показано на рисунке.



УРАВНЕНИЕ ДЛЯ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ ПОЛЯРЫ СКОРОСТЕЙ.

Поляру скоростей можно выразить уравнением:

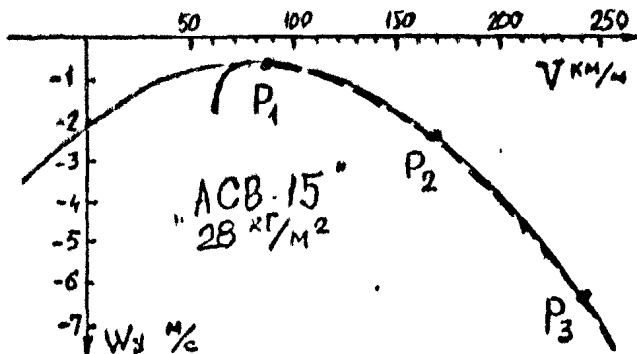
$$W_s = aV^2 + bV + c \quad (\text{Уравнение III})$$

Это уравнение решается с помощью системы трех уравнений (три точки поляры):

$$\begin{cases} W_1 = aV_1^2 + bV_1 + c \\ W_2 = aV_2^2 + bV_2 + c \\ W_3 = aV_3^2 + bV_3 + c \end{cases}$$

Для более точного соответствия уравнения поляры самой поляре, Кауэр рекомендует выбирать эти точки в пределах допустимой скорости планера ($P_1(W_1/V_1), P_2(W_2/V_2), P_3(W_3/V_3)$).

P_1 – около минимальной скорости планера, P_3 – около максимальной и P_2 – промежуточная.



ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРАВНЕНИЯ ПОЛЯРЫ ДЛЯ ИЗМЕНЁННОЙ УДЕЛЬНОЙ НАГРУЗКИ НА КРЫЛО.

Поляра скорости относительно точно выражается квадратным уравнением:

$$W_s = aV^2 + bV + c \quad (1), \text{ где}$$

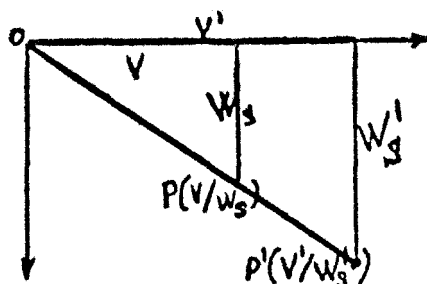
$$a = \frac{(V_2 - V_3)(W_1 - W_3) + (V_3 - V_2)(W_2 - W_3)}{V_1^2(V_2 - V_3) + V_2^2(V_3 - V_2) + V_3^2(V_1 - V_2)} \quad (2);$$

$$b = \frac{W_2 - W_3 - a(V_2^2 - V_3^2)}{V_2 - V_3} \quad (3);$$

$$c = W_3 - aV_3^2 - bV_3 \quad (4).$$

Поляра скоростей, вычисленная по этому уравнению, показывает хорошее сходство с параболой. Так как на планере стандартного класса редко летаю на скоростях более 180 км/час, было бы лучше использовать эту величину скорости в качестве точки P_3 . В этом диапазоне скорости допустимо приближенное значение. При изменении удельной нагрузки на крыло положение каждой точки P по отношению к началу координат (точке O) определяется

соотношением: $\frac{\sqrt{\text{новая удельная нагрузка на крыло}}}{\sqrt{\text{старая удельная нагрузка на крыло}}}$.



На рисунке показано изменение положения точки Р полярны при изменении удельной нагрузки на крыло.

$\frac{G}{F}$ - первоначальная удельная нагрузка на крыло,

$\frac{G'}{F}$ - новая удельная нагрузка на крыло.

$$\sqrt{\frac{G'}{F}} : \sqrt{\frac{G}{F}} = \sqrt{\frac{G'}{G}} = A \text{ (коэффициент соотношения скоростей).}$$

Из рисунка видно, что

$$\frac{\overline{OP'}}{\overline{OP}} = A = \frac{V'}{V}; \quad \Rightarrow V = \frac{V'}{A};$$

$$\frac{W'_s}{W_s} = \frac{\overline{OP'}}{\overline{OP}} = A; \quad \Rightarrow W_s = \frac{W'_s}{A};$$

Эти данные подставляются в уравнение (III).

$$\frac{W'_s}{A} = a \cdot \left(\frac{V'}{A} \right)^2 + b \left(\frac{V'}{A} \right) + c; \quad \Rightarrow W'_s = \frac{a}{A} \cdot V'^2 + bV' + Ac;$$

где можно обозначить

$$a' = \frac{a}{A}; \quad b' = b; \quad c' = Ac.$$

РАСЧЕТ КРУГОВОГО КАЛЬКУЛЯТОРА МАК-КРЕДИ МАТЕМАТИЧЕСКИМ СПОСОБОМ.

Кауэр показывает, как можно рассчитать круговой калькулятор Мак-Креди по уравнению полярны

$W_s = aV^2 + bV + c$. Подставив в уравнение (II) производную:

$$\frac{dW_s}{dV} = 2aV + b, \quad \text{получим: } (2aV + b) \cdot V = (W_s + W_m) - S_t.$$

Выражение в правой части уравнения является сектором на вариометре для обозначения скорости. В случае, когда ожидается «нулевой» подъём (калькулятор установлен на ноль), обозначение скорости перехода определяется формулой:

$$\text{величина отклонения стрелки вариометра} = 2aV^2 + bV \text{ (Уравнение IV).}$$

Расчет оптимальной скорости перехода производится на основе уравнения полярны, ожидаемого подъёма S_t и метеорологического вертикального движения воздуха W_m во время перехода.

W_s определяется из уравнения полярны (III) с использованием уравнения (II).

$$V_{soll} = \sqrt{\frac{c + W_m - S_t}{a}} \quad (\text{Уравнение V}).$$

Так как S_t всегда положительная величина, а c и a – величины отрицательные, то снижение дополнительно увеличивается при отрицательной W_m . При положительной W_m сокращается время переходов, при

$W_m = S_t \cdot V_{soll} = \sqrt{\frac{c}{a}}$, что соответствует скорости перехода равной средней путевой, когда $W_m = S_t - W_{s_{\min}}$ (причем W_s – отрицательная величина).

$$V_{soll} = -\frac{b}{2a}, \text{ то есть переход при минимальном снижении}$$

ОПТИМАЛЬНАЯ СРЕДНЯЯ СКОРОСТЬ ПЕРЕХОДА.

При переходе в спокойном воздухе согласно уравнению (V):

$$V = \sqrt{\frac{c - S_t}{a}};$$

Подставим это выражение в уравнение поляры (III), получим:

$$W_s = 2c - S_t + b\sqrt{\frac{c - S_t}{a}};$$

Отсюда можно рассчитать оптимальную среднюю скорость перехода по уравнению (I):

$$V_{ROPT.} = \frac{S_t - \sqrt{\frac{c - S_t}{a}}}{2S_t - 2cb\sqrt{\frac{c - S_t}{a}}} \quad (\text{Уравнение VI}).$$

ПОЛЁТ СТИЛЕМ «ДЕЛЬФИН»

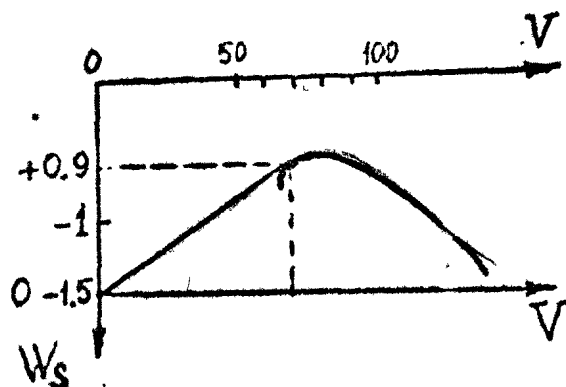
ПОЛЁТ «ДЕЛЬФИНОМ» – это прямолинейный участок маршрута, когда полет совершается по волнообразной траектории в соответствии с приведенной теорией

ПОЛЁТ «ДЕЛЬФИНОМ» ПРИ МИНИМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ.

(НЕОПТИМАЛЬНЫЙ, ВЫНУЖДЕННЫЙ ПОЛЁТ «ДЕЛЬФИНОМ»).

Если метеоусловия достаточны лишь для того, чтобы совершать прямолинейный полет без потери высоты, то полёт «дельфином» при таких условиях не дает выигрыша в средней скорости по сравнению с классическим стилем. Рассмотрим, однако, теоретические возможности такого полета, так как это облегчает ознакомление с теорией полета "дельфином". Минимальный расход высоты в парящем полете обеспечивается установкой кольца калькулятора на ноль, что, соответствует максимальной относительной дальности в безветренную погоду, т.е. минимальному углу наклона траектории.

Максимальный набор высоты во время прямолинейного полета обеспечивается при полете по возможно более крутой траектории, которая может быть получена из поляры. Для этого поляру сдвигаем вверх на величину подъема воздушной массы (в нашем примере скороподъемность потока 1,5 м/сек), или, что то же самое, сдвинуть ось вниз на такую же величину. Наиболее крутой подъем обеспечивает траектория, у которой угол наклона максимальный, т.е. касательная к поляре проведена из точки, соответствующей $W_{y_{\text{пот}}}$. Скорость, обеспечивающая полет по данной траектории, меньше экономической скорости, соответствует минимальному снижению.



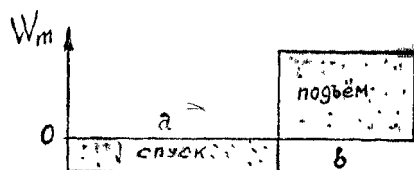
На рисунке приведена поляра планера "АСВ-15". Подъем по наиболее крутой траектории возможен при скорости 67 км/час, (меньшей по сравнению с $V_{эк}=73$ км/час и $V_{нв}=90$ км/час). Подъем планера при этом 0,9 м/сек. Для полёта «дельфином» кольцо Мак-Креди должно быть расширено, чтобы выше отметки ноль следовали бы величины оптимальной скорости планера в наборе высоты до минимальной скорости полета для данного планера. На практике пилотирование планера на скорости, менее экономической затруднено, так как мал запас по скорости сваливания и мала эффективность управления по крену, поэтому для приведенной поляры планера «АСВ-15» нельзя рекомендовать скорости полета менее 70 км/час.

МОДЕЛИ ПОЛЁТА «ДЕЛЬФИНОМ».

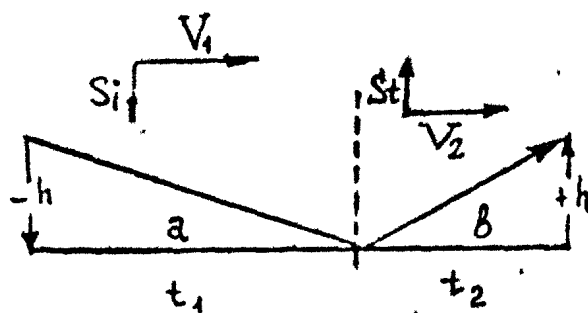
Моделирование полёта «дельфином» представляет большие трудности вследствие различных режимов полёта в восходящей и нисходящей зоне и неопределенности в расположении этих зон. Поэтому можно исходить из упрощенных типичных метеорологических моделей распределения восходящих потоков, а выводы, сделанные из этих предложений, следует проверить на общую применимость, т.к. они, строго говоря, доказаны только для каждой конкретной модели.

ПЕРВАЯ МОДЕЛЬ (АНТВАЙЛЕР, ИОНАС).

Наиболее простой моделью является прямоугольное распределение вертикальной скорости потока.



Если в воздушной массе с таким распределением вертикальных скоростей потока при полёте без спирали, выполняется условие, что в конце набора высота равняется исходной, то получим следующую траекторию.



П.Антвайлер, исходя из прямоугольного распределения скорости восходящего потока, рассчитал среднюю путевую скорость полёта «дельфином» и дал её графическое определение по радиальной диаграмме. К.Ионас для этой же модели дал сравнение средней скорости полёта классическим стилем (набор-переход) и полёта дельфином для различных скоростей набора, распределения восходящих и нисходящих зон и характеристик планера.

Среднюю скорость полёта «дельфином» можно определить исходя из протяжённости зон подъёма и спуска, и времени полёта в каждой зоне.

$$t = t_1 + t_2 = \frac{-h}{S_i} + \frac{h}{S_t}; \quad V_{RD} = \frac{a+b}{t} = \frac{a+b}{h} \cdot \frac{-S_i + S_t}{S_t - S_i};$$

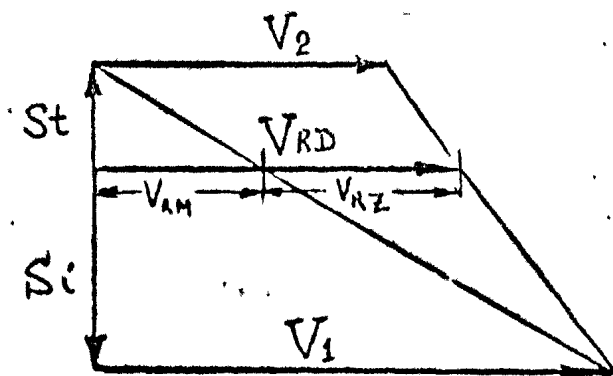
при $\frac{a}{-h} = \frac{V_1}{S_i}$ и $\frac{b}{h} = \frac{V_2}{S_t}$ получим: $V_{RD} = \frac{S_t}{S_t - S_i} \cdot V_1 + \frac{-S_i}{S_t - S_i} \cdot V_2$;

Отметим, что

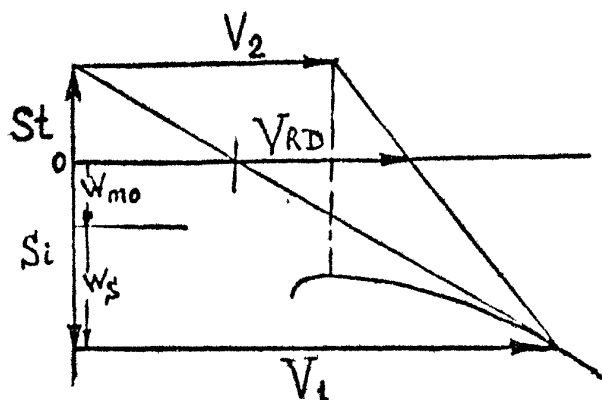
$$V_{RM} = \frac{S_t}{S_t - S_i} \cdot V_1 \text{ (средняя скорость при классическом полёте в соответствии с "Г"),}$$

$$V_{RZ} = \frac{-S_i}{S_t - S_i} \cdot V_2 \text{ (приращение средней путевой скорости при полёте «дельфином»)}.$$

Исходя из этого, среднюю скорость при полёте дельфином можно представить как сумму V_{RM} и V_{RZ} на радиальной диаграмме.



Если выполняется условие, что высота в конце набора равна исходной, т.е. высота потерянная в зоне спуска, восстанавливается в зоне подъема, то графическое изображение скоростей при полёте «дельфином» можно получить с помощью поляры.



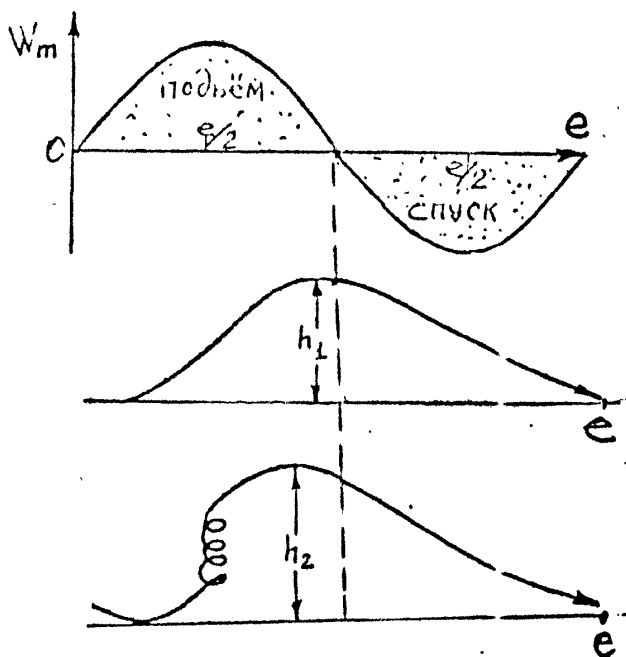
В сравнении с предыдущим графиком становится очевидно, что средняя путевая скорость при полёте «дельфином» (V_{RD}) будет больше, чем классическая средняя путевая скорость (V_{RM} – по Мак-Креди) на величину V_{RZ} . Приращение средней путевой скорости при полёте «дельфином» проявляется лишь тогда, когда при установке кружка на величину $V_{y \text{ наб}}$, зона подъёма имеет такую протяжённость, что позволяет восстановить высоту, потерянную в зоне спуска. Это построение для средней путевой скорости при полёте «дельфином» показывает, что средняя путевая скорость при классической теории является частным случаем более обширной теории оптимально заданной траектории, когда приращение скорости V_{RZ} равно 0 (спирали в восходящем потоке).

Если зона подъёма мала по отношению к общей длине пути для полёта «дельфином» без потери высоты при установке кольца на $V_{y \text{ наб}}$, то имеется возможность продолжать полёт «дельфином» при установке кольца на меньшую величину подъёма. Однако Ионас доказал математически, что максимальная средняя путевая скорость достигается при установке кольца на величину $V_{y \text{ наб}}$, т.е. по оптимальной траектории. Если кольцо установлено на $V_{y \text{ наб}}$, то получаем полет "дельфином" с дефицитом высоты. Недостающую высоту набирают каждый раз спиралью. Разница между $V_{y \text{ наб}}$ при полёте по прямой и $V_{y \text{ наб}}$ при полете спиралью при одинаковой скорости подъема воздушной массы не учитывается, также как и время центрирования, и другие трудноучитываемые величины.

ВТОРАЯ МОДЕЛЬ (КАУЭР, ЮНГИНГЕР).

СИНУСОИДАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ПОТОКА В ВОСХАДЯЩЕЙ И НИСХОДЯЩЕЙ ЗОНЕ.

Е.Кауэр и К.Юнгингер путем обширного расчета на ЭВМ исследовали, какой стиль полета при данных метеоусловиях позволяет достичь наибольшей величины средней путевой скорости. Было показано, что кольцо Мак-Креди. сохраняет свое значение для оптимизации траектории. При синусоидальном распределении вертикальной скорости восходящего потока, если скороподъемность планера позволяет выполнять полет "дельфином" без потери высоты (неоптимальный "дельфин" вследствие низкой установки кольца), несомненное преимущество имеет классический метод полета. При установке кольца на величину максимального набора возникает дефицит высоты, который устраняется набором высоты спиралью в зоне максимального подъема.



Например, при максимальной скороподъемности потока 4 м/сек и синусоидальном распределении, на планере "Циррус-стандарт" можно достичь средней путевой скорости 110км/час, если кольцо установить на максимальную скороподъемность планера 3,4 м/сек. При этом расход высоты несколько больше, чем набор при прохождении восходящей зоны, и высота восстанавливается каждый раз спиралью в зоне максимального набора. При этих же погодных условиях полет "дельфином" на постоянной высоте без спиралей возможен, если кольцо установлено на скороподъемность 0,5 м/сек. Средняя путевая скорость при этом составляет только лишь 100 км/час. Это преимущество классического полета уменьшается с увеличением скороподъемности потоков и при скороподъемности потоков 6 м/сек составляет 1%.

Таким образом, можно считать доказанным превосходство «классического» стиля полёта при синусоидальном распределении скороподъемности потоков, что подтверждается и на следующих моделях. Граница, где при классической установке кольца изменение скорости позволяет выполнять полёт «дельфином» почти без потери высоты, лежит очень высоко только при синусоидальном распределении скороподъемности. Значения их, вычисленные Кауэром для планера «Циррус-стандарт», приведены в таблице.

«Дельфин» в "sin"-потоках				Классический полёт в "sin"-потоках			
W_m max, м/с	$V_{ср.}$ км/ч	Установк а кольца м/с	Время переходов , %	$V_{ср.}$ км/ч	Установк а кольца м/с	Время переходов, %	Время набора, %
1	«Дельфин» не возможен			37	0,4	40	60
2				74	1,4	68	32
3				95	2,4	78	22
4	100	0,5	100	110	3,4	83	17
5	119	2,5	100	122	4,4	87	13

6	130	4,1	100	131	5,4	91	9
7	138	5,5	100	139	6,4	93	7
8	145	6,8	100	145	7,4	96	4
9	151	7,9	100	151	3,4	97	3
10	156	9	100	156	9,4	99	1
11	160	10,1	100	160	10,4	100	~0

При максимальной скороподъемности потока 6 м/сек примерно 91% времени составляет полет по прямой и 9% - спирали в зоне максимального подъема.

Синусоидальное распределение восходящего и нисходящего потоков удовлетворяет условию неразрывности, т.е. масса поднимающегося воздуха равна массе опускающегося. Другими словами, пилоту в данном случае не удастся выбором курса добиться более благоприятного баланса восходящего потока.

Достижение Гансом Вернером Гроссе на "АСВ-17" средней путевой скорости 90 км/час при скороподъемности 1 м/сек противоречит результатам расчетов Кауэра, даже если учесть лучшие летные характеристики планера. По-видимому, в летной практике - особенно при метеоусловиях с видимыми потоками (развитие облаков) - целевые отклонения от курса позволяют иметь лучший баланс восходящих потоков, чем следовало бы из условия неразрывности. Поэтому уже при значительно меньшей скороподъемности можно летать "дельфином" без потери высоты. Условие модели, что зона восходящего потока равна зоне нисходящего потока, соблюдается именно вследствие неразрывности. Потери скороподъемности на центрирование и увеличение спуска за счет крена спирали, которые не учтены в расчетах, на практике, по мнению самого Кауэра, расширяют возможности полета "дельфином". Хотя "классический" полет при синусоидальном распределении потоков имеет преимущество, но т.к. практически можно иметь в полете лучший баланс восходящих потоков, чем следует из условия неразрывности, - размытая граница между классическим стилем и дельфином расширяется, и из "классического" полета все более и более получается "дельфин". Переход к полету чисто дельфином (без спиралей) объясняется тем, что преимущество "классического" изменения скорости при благоприятном распределении восходящего потока не дают дефицита высоты на переходах.

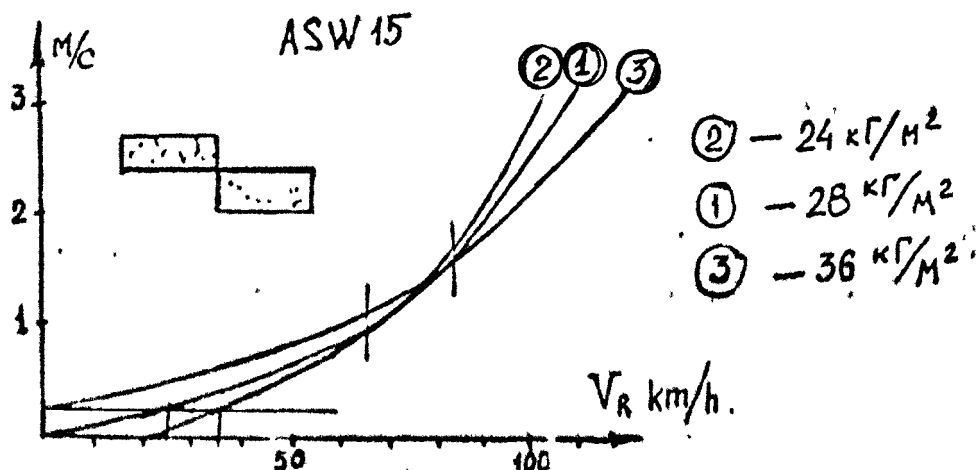
Так как скороподъемности спирали при "классическом" полете, которая согласно результата Кауэра устанавливается на кольце, всегда меньше скороподъемности планера, летящего по прямой в зоне подъема, то получаются частные траектории полета "дельфином" на скорости меньше, чем экономическая для данного типа планера, и кольцо для задания этих траекторий должно быть расширено выше нулевой линии.

ТРЕТЬЯ МОДЕЛЬ (ВАЙБЕЛЬ).

Модель Г. Вайбеля подобна модели Антвайлера (прямоугольное распределение восходящих и нисходящих потоков), но при этом ставится дополнительное условие неразрывности, т.е. масса поднимающегося воздуха равна массе опускающегося. В своих расчетах он исходит из трех значений соотношений-зон восходящих и нисходящих потоков: $a:b$

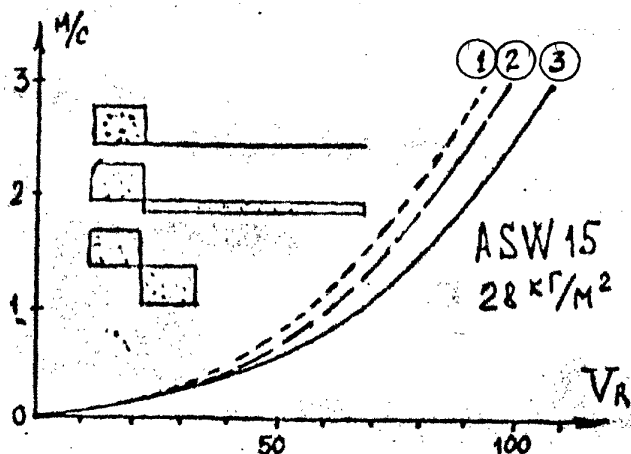
случай 1 1:∞
случай 2 1:3
случай 3 1:1

Исходя из условия неразрывности, имеем в первом случае нисходящий поток, равный нулю, во втором случае - 1/3 от восходящего, и в третьем случае - равный восходящему. Вайбель определяет оптимальные средние путевые скорости для различных восходящих потоков и связанных с ними нисходящих потоков. Модель включает в себя "классический" полет (спирали с креном 40 градусов) и полет чисто "дельфином".



На графике представлены результаты расчета оптимальных средних скоростей для случая 3 (зона восходящих потоков равна зоне нисходящих потоков). Рассмотрим сначала кривую 1 для удельной нагрузки 28 кгс/м кв. Как только планер имеет подъем, можно выполнять переходы. Поэтому кривая проходит через начало координат. Более лёгкий планер 2 для этой скороподъемности потока имеет уже среднюю скорость 20 км/час, в то время как планер 1 еще только сохраняет свою высоту. Более тяжелый планер 3 может только начать выполнять переходы, когда планер 1 уже имеет среднюю скорость 27 км/час, а планер 2 - 37 км/час, и, если условия набора будут ухудшаться, то он будет непрерывно отставать. Это показывает преимущество планеров с малыми нагрузками на крыло в слабых термиках. В районе скоростей 67-84 км/час кривые пересекаются, и самый тяжелый планер теперь имеет большую путевую скорость. При скороподъемности более 2 м/сек, преимущество тяжелого планера еще более возрастает. Чем больше средняя путевая скорость, т.е. чем больше скороподъемность и спуск, тем большее расстояние можно проходить "дельфином", когда спирали (согласно предположению - с креном 40°) составляют всё меньшую часть полёта.

Соответствующие графики для случаев 1 и 2 здесь показаны, но они подобны приведенному для случая 3, хотя в случае 1 спирали составляют большую часть полета, а в случае 2 их составляющая часть во времени еще более возрастает. Кривые пересекаются во всех случаях между скороподъемностью 1,5 и 2 м/сек.



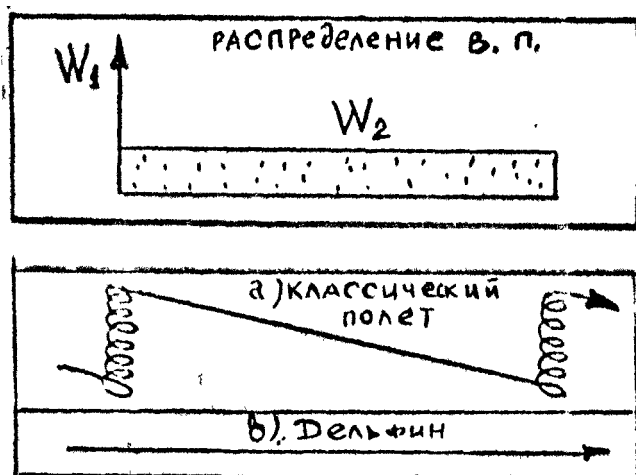
Этот график показывает зависимость оптимальных средних скоростей от скороподъемности для нагрузки на крыло 28 кгс/м.кв. Трём различным распределениям скоростей восходящих и нисходящих потоков для случаев 1,2,3 соответствуют кривые 1,2,3. Таким образом, кривая 3 соответствует кривой 1 на предыдущем графике. Очевидно, что соотношение зон восходящих и нисходящих потоков для случая 3 обеспечивает максимальные средние скорости. Частое чередование восходящих и нисходящих потоков (зона спуска не более зоны подъема) дает возможность эффективного полета "дельфином" с большой амплитудой изменения скорости полёта, поэтому меньше времени тратится на подъем спиралью, чем в случае 2 и тем более в случае 1. Вайбель показал, что эта тенденция сохраняется и для других величин нагрузки на крыло.

Из результатов расчетов Вайбеля по его модельным гипотезам следует, что при скороподъемности более 2 м/сек, планер должен иметь, возможно, большую нагрузку на крыло, а при скороподъемности менее 1,5 м/сек - возможно, меньшую. Однако это предположение следует рассматривать в однозначной связи с моделью термиков Вайбеля (условием неразрывности).

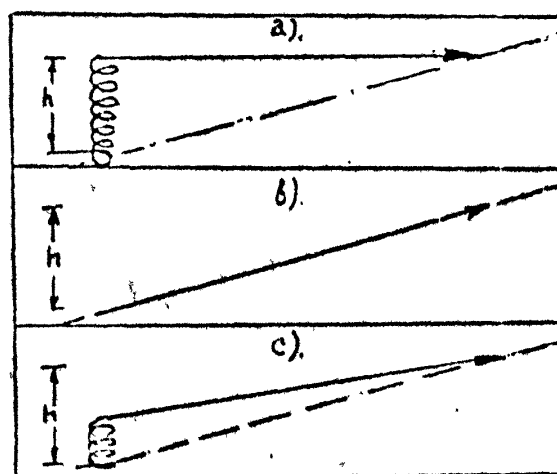
ЧЕТВЕРТАЯ МОДЕЛЬ (РАЙХМАНН).

В этой модели не соблюдается условие неразрывности. Исходя из ситуации, типичной для полета в зонах восходящих потоков, предполагаем, что по всей траектории имеется подъем, но величина его изменяется. В модели небольшие зоны сильных потоков, в которых возможен хороший набор спиралью, чередуются с широкими зонами слабого подъема. Для упрощения оптимизации траектории полета предположим, что зона сильного потока, по сравнению с более слабым настолько узко ограничена, что можно пренебречь его влиянием при полете чисто "дельфином". Основное условие представленных ранее моделей, заключается в том, что на каждом отрезке полета, при прохождении восходящей и нисходящей зон, высота равняется исходной (траектория без изменения высоты полета). Далее рассуждения будут распространены на поднимающиеся и спускающиеся траектории.

4-я модель:



Случай 1



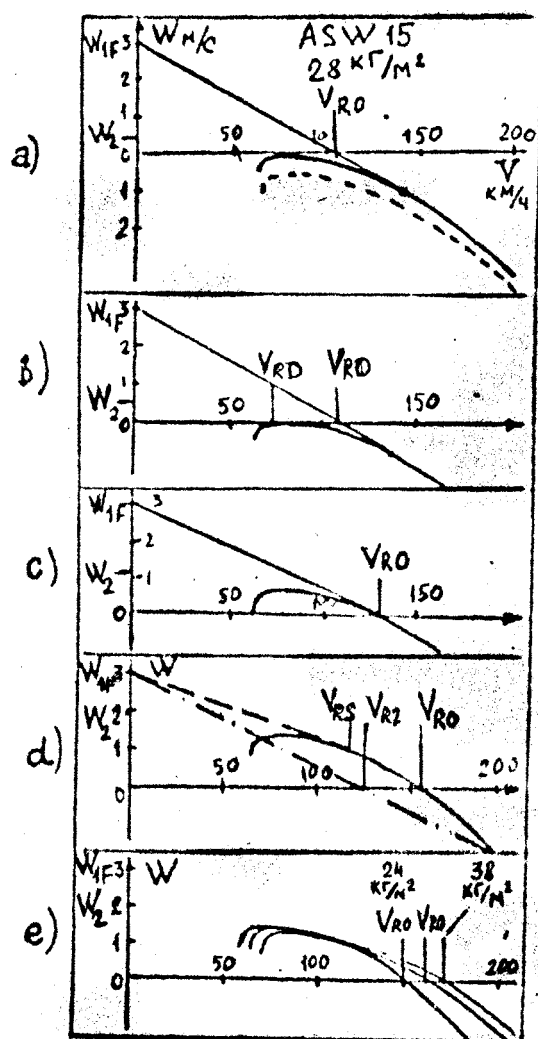
Случай 2

Выводы без затруднений можно перенести и на модельные гипотезы, в которых между зонами подъёмов встречаются нисходящие потоки или атмосфера неподвижна.

СЛУЧАЙ 1. ВЫСОТА В ЦЕЛОМ ПОСТОЯННА (СООТВЕТСТВУЕТ СЛУЧАЮ НА СТР19).

Докажем, что и в этой модельной гипотезе полёт по кольцу, установленному на максимальный набор в спирали, даёт максимальную среднюю скорость.

Возможность полёта чисто «дельфином», оптимальным «дельфином», а также возможность более высокой установки кольца зависит от исходных величин скороподъёмностей W_1 и W_2 . Изобразим графически достигаемые каждый раз средние путевые скорости. Для примера примем скороподъёмность потока в зоне набора $W_1 = 3,6$ м/сек., что позволяет на планере «АСВ-15» иметь в спирали набор 3 м/сек. Величина скороподъёмности в зоне слабого потока W_2 возрастает от α до α .



Эти четыре случая охватывают все типичные варианты.

а. Скороподъемность в зоне слабого потока меньше, чем минимальный спуск по поляре.

Пришлем вертикальную скорость потока 0,4 м/сек. Исходная поляра (в неподвижном воздухе) изображена черной прерывистой линией. Она в данном случае может быть приподнята вверх на 0,4 м/сек и показана красной полярой (с учетом W_2). Оптимальная средняя скорость по "Мак-Креди" получается как осевой отрезок, отсекаемый по оси скоростей касательной из точки, соответствующей W_{IF} к новой поляре (с учетом W_2). Полет чисто "дельфином" невозможен.

в. W_2 такой величины, как и минимальное снижение по поляре (0,58 м/сек). Оптимальная траектория по "Мак-Креди" получается так же, как и в случае «а». Чистый полет по прямой без потери высоты "дельфином" возможен на скорости V_{RD} , которая для "АСВ-15" равна 73 км/час. Средняя скорость по "Мак-Креди" V_{RO} значительно больше и составляет 108 км/час.

с. W_2 такой величины, что допускает полет без снижения на V_{RO} при установке кольца на W_{IF} . При скороподъемности потока равной 1,2 м/сек (W_2) компенсируется собственное снижение планера при установке кольца на $W_{IF} = 3$ м/сек. Несмотря на высокую установку кольца, в слабом потоке не возникает больше потери высоты нет необходимости набирать высоту в спирали. В данном случае полет "дельфином" получается автоматически как частный случай "классического" полета.

д. Скороподъемность воздушной массы W_2 больше, чем собственное снижение планера при установке кольца на W_2 . Если в этом случае лететь по кольцу или по оптимизатору траектории, то будем иметь траекторию с набором на скорости V_{RS} (V_{RS} - путевая скорость по заданной траектории определяется как касательная к поляре с учетом подъема). Если лететь на очень большой скорости, как показано в примере 200 км/час, то будем иметь среднюю скорость V_{R2} , т.к. потерянная высота может быть восстановлена спиралью со скороподъемностью планера 3 м/сек. Т.к. поляра планера обычно изогнута положительно, оптимальная путевая скорость V_{RO} определяется точкой пересечения поляры с осью скоростей, т.е. скорость должна быть увеличена на столько, чтобы вариометр оставался на нуле, при этом указатель кольца перемещаются из положения 3 м/сек значительно выше (в данном случае 5 м/сек).

е. Влияние нагрузки на крыло при полете "дельфином".

Чем больше нагрузка на крыло, тем выше и крейсерская скорость

полета "дельфином". Только в крайнем граничном случае, когда W_2 компенсирует минимальное снижение легкого планера (как в пункте "в"), и, одновременно W_1 настолько слаб, что планер с повышенной нагрузкой на крыло имеет набор несколько см/сек, вынужденно летящий "классическим" стилем более тяжелый планер будет иметь значительно меньшую путевую скорость. Таким образом, большой вес в зонах восходящих потоков, с учетом принятых предположений, в основном благоприятен для увеличения средней скорости.

СЛУЧАЙ 2. ПОЛЁТ С НАБОРОМ ВЫСОТЫ (СООТВЕТСТВУЕТ СЛУЧАЮ 2 НА СТР.19)

Предположим, что мы имеем хорошего вида облачную грядку, находясь на несколько сот метров ниже кромки и хотим оставить грядку на максимальной высоте.

Вопрос состоит в том, стоит ли набирать высоту спиралью в зоне максимального подъема и на каком режиме лететь по прямой, чтобы достичь цели за минимальное время. Считаем заданный путь, необходимую высоту набора и метеосостояние. Путь и набор определяются траекторией подъема. Подъем по ' этой траектории — отношение набора высоты к длине пути, или средней интегральной скороподъемности к средней скорости - определяет тангенс угла траектории набора α . Необходимо найти оптимальный режим полета по траектории подъема и как его достигнуть.

ОБЩИЙ РАСЧЁТ СКОРОСТИ ПО ТРАЕКТОРИИ ПОДЪЁМА.

Под скоростью по траектории подъёма подразумевается средняя путевая скорость, направленная под углом набора, при этом исходим из набора спиралью в зоне сильного потока и последующего медленного набора в прямолинейном полёте.

ST - скороподъемность при наборе в спирали.

h_1 - высота, набираемая в спирали.

t_1 - время набора спиралью.

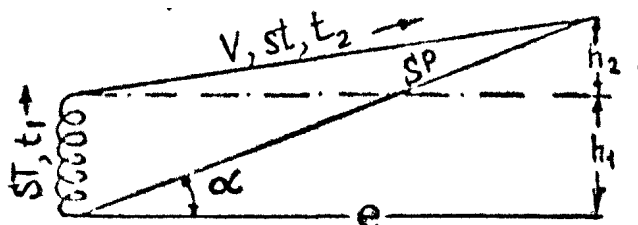
S_t - скороподъемность при полёте по прямой.

h_2 - высота, набираемая при полёте по прямой.

t_2 - время полёта по прямой.

e - расстояние, проходимое планером по прямой.

α - угол наклона траектории.



Время набора высоты в спирали:

$$1. t_1 = \frac{h_1}{ST}.$$

Время прямолинейного полёта:

$$2. t_2 = \frac{e}{V} \text{ или } 3. t_2 = \frac{h_2}{S_t}.$$

Угол наклона результирующей траектории:

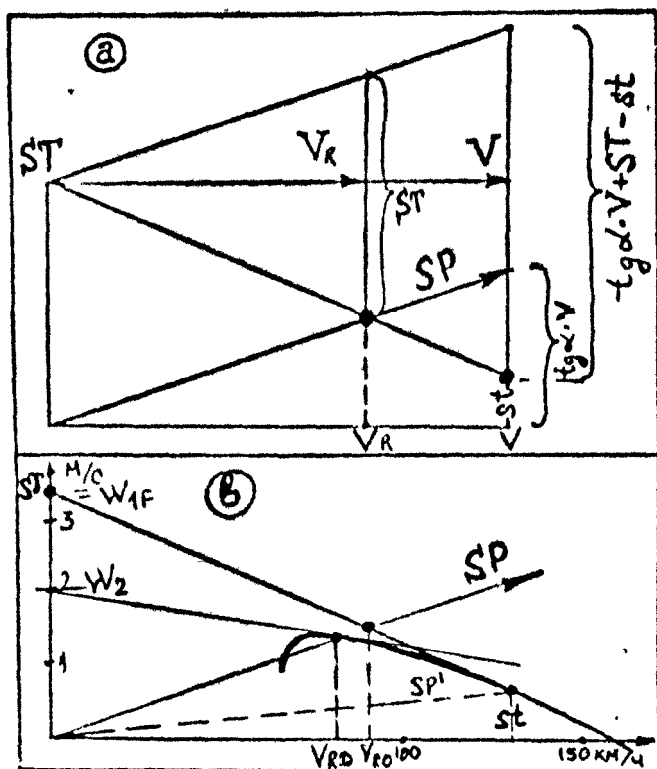
$$4. \frac{h_1 + h_2}{e} = \operatorname{tg} \alpha.$$

Средняя скорость:

$$5. V_R = \frac{e}{t_1 + t_2}.$$

Скорость по траектории можно определить из условия: $\frac{e}{V} = \frac{h_2}{S_t}.$

На рисунке изображена полярная диаграмма полёта с набором высоты.



$$h_2 = \frac{e \cdot S_t}{V}; \quad h_1 = \operatorname{tg} \alpha \cdot e - h_2; \Rightarrow$$

$$h_1 = \operatorname{tg} \alpha \cdot e - \frac{e \cdot S_t}{V} = e \left(\operatorname{tg} \alpha - \frac{S_t}{V} \right);$$

$$\text{Время набора: } t_1 = e \cdot \frac{\operatorname{tg} \alpha - \frac{S_t}{V}}{ST} = e \cdot \frac{\operatorname{tg} \alpha \cdot V - S_t}{V \cdot ST};$$

Из этого уравнения и уравнения II (стр. 78) получаем среднюю скорость на траектории набора:

$$V_R = \frac{e}{e \left(\frac{1}{V} + \frac{\operatorname{tg} \alpha \cdot V - S_t}{V \cdot ST} \right)} = \frac{V \cdot ST}{ST - S_t + \operatorname{tg} \alpha \cdot V} \quad (\text{Уравнение VII}).$$

$$\text{Это уравнение можно преобразовать в соотношение: } \frac{V_R}{V} = \frac{ST}{ST - S_t + \operatorname{tg} \alpha \cdot V};$$

В случае $W_2 = 0$, S_t становится отрицательной, равной снижению планера. Если принять так же $\alpha = 0$, то из уравнения VII, получим уравнение I (стр. 78), как частный случай. Уравнение VII можно представить в виде полярной диаграммы, которая изображена на красном графике «а». Все преобразования показывают связь этой полярной диаграммы с полярной скоростью планера. Синяя линия **SP** показывает траекторию подъема. На рисунке «б» показан пример, как получить графически из полярной оптимальную скорость, которая определяется точкой касания прямой, проведенной из W_{1F} к полярной с учетом W_2 . Точка пересечения этого луча с траекторией подъема показывает оптимальную скорость по траектории подъема (V_{RO}). Если V_{RO} и V совпадают, например, при меньшем угле наклона траектории, или меньшем подъеме, то полет с $V = V_{RO}$ происходит по траектории подъема и нет необходимости в наборе высоты спиралью. В представленном оптимальном случае набор происходит по траектории на большей скорости. Но с меньшим углом набора, а недостающая высота набирается спиралью в зоне максимального подъема. Если при полете по прямой со скоростью V точка полярной лежит выше оси нулевого подъема, то полет выполняется с потерей высоты. В нашем примере возможен и полет по прямой с набором вдоль траектории **SP**₁, если лететь со скоростью полета "дельфином" V_{RD} , однако "классический" полет с установкой

кольца на $W_{1F} = ST$ даёт значительно более высокий результат (V_{RO}).

СЛУЧАЙ 3. ПОЛЁТ С ПОТЕРЕЙ ВЫСОТЫ (СООТВЕТСТВУЕТ СЛУЧАЮ 3 НА СТР. НА СТР.19).

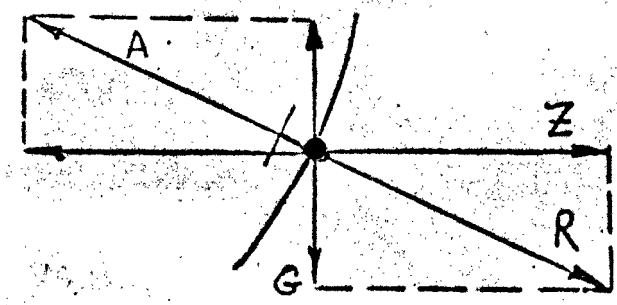
Если на "траектории подъема" имеем отрицательный подъем, то траектория снижения пересекает поляр (за исключением граничного случая полена по очень пологой траектории в слабом потоке). Вектор скорости заданной траектории полета "дельфином" соответствует скорости, определяемой этой точкой пересечения. Этот случай характерен для долёта под грядой восходящих потоков. Расчеты и графическое определение действительны, если $W_2 = 0$ или отрицательный. Эти результаты применимы и для других случаев. При этом теория "Мак-Креди" и теория полета "дельфином" (4 модель, случай I) являются частным случаем расширенной теории, если полагать подъем, равным нулю. Представленная оптимизация может быть доказана также и аналитически.

РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА МОДЕЛЕЙ ПОЛЁТА «ДЕЛЬФИНОМ»

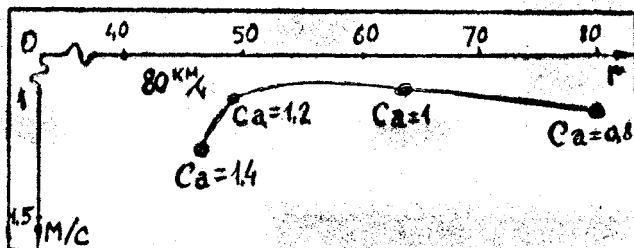
Для полета «дельфином» дана расширенная теория заданной скорости по траектории, в которую "классическая" теория входит как частный случай. Применение кольца Мак-Креди распространяется и на полет "дельфином". Кольцо должно быть установлено в основном на скороподъемность в спирали, в зонах максимального подъема. Если полет с заданной скорости связан с потерей высоты, то она восстанавливается подъёмом спиралью в этих зонах. Полет чисто "дельфином" возможен лишь в том случае, когда при установке кольца на максимальный подъем на заданной скорости (в зависимости от величины вертикальной скорости траектория может быть горизонтальная или снижающаяся) нет потери высоты. Если полет на заданной траектории ведёт к избытку высоты, то установка кольца повышается на столько, чтобы достичь максимальной средней скорости. Поэтому неправильно будет устанавливать кольцо на скороподъемность меньше максимальной. В этом отношении совпадают результаты всех моделей.

СПИРАЛИ И ПЕРЕХОДЫ С ВОДОБАЛЛАСТОМ. СИЛЫ В ПОЛЁТЕ ПО СПИРАЛИ.

При полете по спирали, вследствие создания центробежной силы, возникают более высокие нагрузки на крыло, (перегрузки на спирали), чем в прямолинейном полете. Центробежная сила зависит от радиуса спирали и скорости полета. Чем меньше радиус и выше скорость, тем большей величины центробежная сила. Для уравнивания прикладываются инерционная, центробежная сила, которая действует горизонтально в направлении, противоположном центробежной. Сила веса действует вертикально. Складывая эти силы, получим результирующую R .



Полная аэродинамическая сила A на установившейся спирали должна быть противоположно направлена и равна по величине результирующей R . Для этого необходим угол крена такой, чтобы эти силы находились в одной плоскости. Угол крена косвенно связан с величиной центробежной силы и перегрузки, которую должен выдерживать планер (В примере $A/G = 2,3$). Увеличение подъемной силы приводит к возрастанию сопротивления, что вызывает увеличение спуска на спирали. Скорости, характерные для прямолинейного полёта, на спирали уже не имеют того значения, поэтому необходимо сделать пересчет поляр в специальные спиральные поляры.



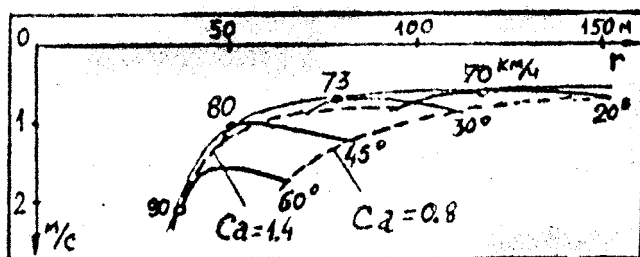
При уменьшении радиуса спирали возрастает коэффициент подъемной силы, и при радиусе 47 метров достигает максимального значения. Вместе с тем вертикальная скорость выше, чем соответствующая той же скорости прямолинейного планирования.

ПОЛЯРА С ПОСТОЯННЫМ УГЛОМ КРЕНА.

При определённом угле крена, например, 45 градусов, с перегрузкой при этом 1,4 при правильной, спирали соответствующая перегрузка может быть получена при полете с меньшей скоростью по меньшему радиусу спирали или по увеличенному радиусу с большей скоростью полета. Зависимость вертикальной скорости от радиуса при заданном крене показана на рисунке выше.

СПИРАЛЬНАЯ ПОЛЯРА.

Семейство поляр с различными величинами угла крена, выполненных на одной диаграмме, даст огибающую кривую – спиральную поляр, для которой характерно наиболее благоприятное для данного радиуса сочетание скорости полета, крена и вертикальной скорости.



Спиральная поляр представляет собой оптимальную кривую, для которой характеристики спирали наилучшие. Из приведенного примера ясно, что крутые спирали требуют более высокой скорости полета и вместе с тем повышенных значений коэффициентов подъемной силы (или углов атаки).

ВЛИЯНИЕ ВОДОБАЛЛАСТА.

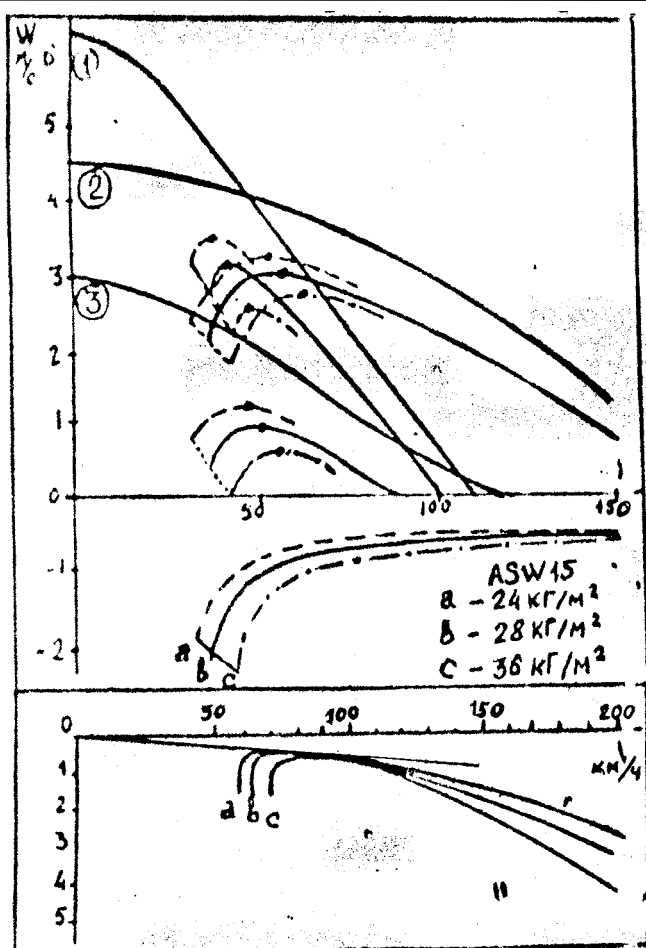
В то время как повышенный вес при прямолинейном полете вызывает потери только в области малых скоростей полета (до максимального качества), а при высоких скоростях даёт преимущество, - увеличение веса значительно ухудшает характеристики спирали. При большом радиусе спирали потери ещё довольно небольшие, но при уменьшении радиуса резко возрастают. Чем тяжелее планер, тем раньше достигается максимальное значение коэффициента подъемной силы при уменьшении радиуса спирали, и дальнейшее уменьшение радиуса становится просто невозможным. На следующем графике ниже оси r приведены спиральные поляры «АСВ-15» для нагрузки на крыло 24, 28, и 36 кгс/м.кв., которые ясно показывают эту тенденцию.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ВОСХОДЯЩЕГО ПОТОКА. «НАБОР-ПЕРЕХОД».

Если в каждом случае известно распределение скорости подъема воздушной массы, то, вычитая из скороподъемности потока скорость снижения планера по спиральной поляре (сложение ординатных величин), можно получить оптимальную скороподъемность и связанные с этим режимом спирали крен и скорость на данном радиусе. К сожалению, найти восходящий поток не так просто, к тому же они не имеют форму окружности, и скороподъемность в них распределена неравномерно. Всё же при определении лётных характеристик планера часто исходят из стандартного распределения скороподъемности в потоке, для которой рассчитывается средняя путевая скорость в различных метеоусловиях. Это, безусловно, значительное упрощение природных закономерностей, но аргументируется тем, что надо из чего-то исходить.

В зависимости от того, насколько типичны и реальны полагаемые гипотезы, появляются действительные планера, которые имеют хорошие летные характеристики в слабых метеоусловиях при несколько худших скоростных характеристиках или наоборот. Наиболее трудная задача конструктора - найти среднюю величину. При конструировании планера "Д-36" - был найден другой подход к этой дилемме. Организованный опрос пилотов экстракласса дал ответ на вопрос как они - быстрее всего набирают высоту в спирали. Результат был вполне однозначен - крен 40 градусов. Следовательно, конструкторам стало ясно, что средние восходящие потоки, имеют градиент 0,015 м/сек на каждый метр по радиусу, если только предположить, что наши дорогие пилоты высшего класса летают всегда оптимально.

И действительно, большая часть планеров нового поколения из пластмасс были спроектированы по этим новым принципам. Хотя практическое применение кривых скороподъемности планера в потоке сомнительно, график, приведенный ниже, поясняет принцип определения характеристик скороподъемности.



Примем три профиля термика:

1. «Сильный термик».
2. «Широкий термик».
3. «Слабый термик».

Это распределение, разработанное Кармайклом, использовалось различными группами конструкторов при проектировании планеров.

Предполагаем, что в этих потоках выполняют спирали три планера «АСВ-15» стандартного класса с различной нагрузкой на крыло: «а» = 24 кгс/м.кв., «б» = 28 кгс/м.кв., «с» = 36 кгс/м.кв. и определяем оптимальные режимы набора и средние путевые скорости «классического» полёта. Отмеченные точки на кривых скороподъёмности и спиральных полях показывают режимы максимальной скороподъёмности. Исходя из этих величин скороподъёмности, проводим касательную к поляре прямолинейного планирования для каждого значения нагрузки на крыло и получаем среднюю путевую скорость общеизвестным способом, как отрезок до пересечения касательной с осью скоростей.

Для данного случая получим:

G/S, кгс/м.кв.	24	28	36
«Сильный поток», км/час	95	98	95
«Широкий поток», км/час	93	94	100
«Слабый поток», км/час	65	58	50

Сравнивая результаты, видим, что «широкий поток» характеризуется не только протяжённостью, но и как сильный, так как даёт такие же скороподъёмности планера, как «сильный поток» - около 3 м/сек. Сильный поток, если он узкий, не даёт возможности более тяжёлому планеру «с» иметь большую путевую скорость. Он имеет такие потери скороподъёмности, что не может иметь путевую скорость больше, чем планер с наименьшей нагрузкой на крыло. Планер со средней нагрузкой на крыло в этом случае – наилучший компромисс. «Широкий термик», если он достаточно сильный, даёт большие преимущества планеру с максимальной нагрузкой на крыло. Слабый поток обычно

и очень узкий, поэтому ведёт к заметным различиям в скороподъёмности.

Тяжелый планер «с» имеет скороподъёмность 0,6 м/сек, т.е. половину той, которую имеет самый легкий планер «а», что приводит к большой разнице в средний путевой скорости.

Даже если эти примеры не совсем типичны, то все равно они ясно показывают, что для выбора оптимальной нагрузки на крыло (водобалласта) недостаточно исходить только из достигнутой скороподъёмности - ширина потоков играет решающую роль.

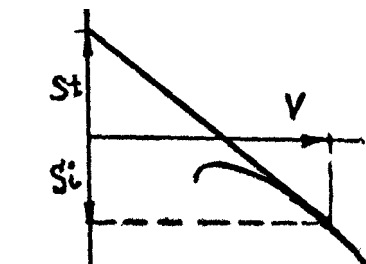
При крутых спиралях, водобалласт в большей мере сказывается на скороподъёмности, чем при более пологих. При решении вопроса лететь с водобалластом или без него, следует исходить из силы, ширины и распределения восходящих потоков.

ДОЛЁТ.

РАСЧЁТ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ.

Для изготовления логарифмической линейки долёта любой конструкции нам нужны глиссиды планирования нашего планера по отношению к земле при различных установках кольца и продольных составляющих скорости ветра. Мы предполагаем, что движение воздуха вверх и вниз во время долёта компенсируются в их действии и скорости снижения по данной траектории вычисляются из поляры для неподвижного воздуха. Поляра, используемая для этой цели, должна быть рассчитана по возможности реально и для той нагрузки на крыло, с которой мы обычно летаем. Требуемые исходные величины получаем с помощью тангенциального построения.

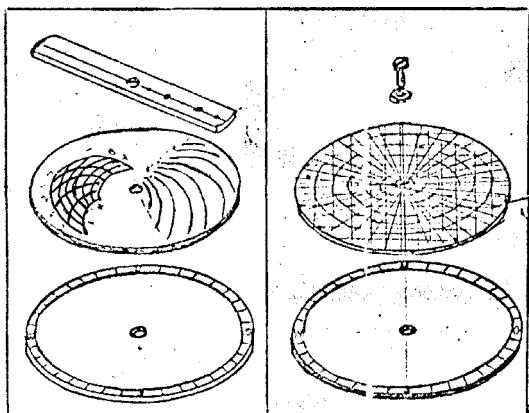
Для изготовления линейки долёта лучше всего сначала изготовить таблицу величин относительной дальности. Для многих расчетных устройств (Прибор Штоккера) – выгодно сразу вычислить заданную высоту для определённого расстояния (здесь 25 км). Копируем таблицу и сначала заполняем её левый столбец данными, снятыми с поляры. Исходя из этих данных, заполняется вся таблица. При расчёте рекомендую использовать электронный микрокалькулятор (напоминаем, что книга 1982г).

	$E_g = \frac{V + W_k}{S_i \cdot 3.6}$	$h_{25} = \frac{25000}{E_g} = \frac{90000 S_i}{V + W_k}$

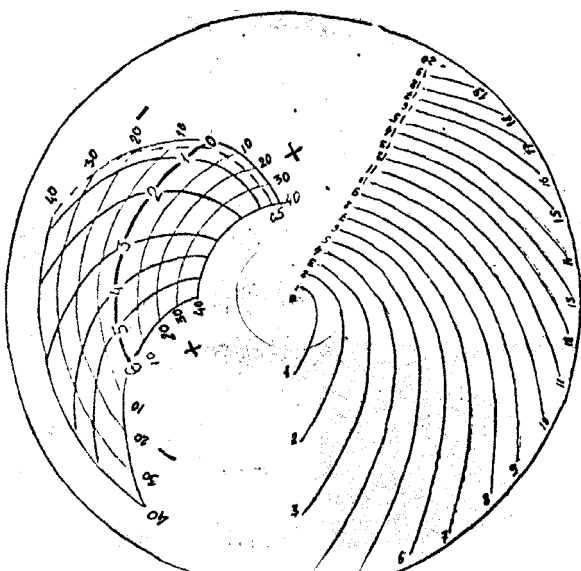
S _i	V	S _g	90000	S _i	путевая составляющая ветра км/час									
						40 -	30 -	20 -	10 -	0	10 +	20 +	30 +	40 +
0					V _g									
					E _g									
					h ₂₅									
0.5					V _g									
					E _g									
					h ₂₅									
1					V _g									
					E _g									
					h ₂₅									
2					V _g									
					E _g									
					h ₂₅									
3					V _g									
					E _g									
					h ₂₅									
4					V _g									
					E _g									
					h ₂₅									
5					V _g									
					E _g									
					h ₂₅									
6					V _g									
					E _g									
					h ₂₅									

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЛИНЕЙКИ ШТОККЕРА.

Для изготовления линейки долёта нам требуется диск из любого материала (непрозрачного) диаметром 22 см. На его внешнем обводе с обеих сторон наклеивается кольцо сторон света с градуировкой через 10° . Затем из оргстекла изготавливается диск диаметром 21 см, на котором соответственно чертёжу рисуем спирали (это не арифметические спирали, как первоначально предполагал Штоккер).



Спирали расположены таким образом, чтобы они пересекали любой радиус на одинаковые отрезки. Числа – это высота, умноженная на 100 метров. Цифра 12, таким образом, означает высоту 1200 метров.



Дополнительно изготавливаем поворотную линейку, на одной стороне которой через каждые 2 см нанесены точечные отметки. Каждое расстояние между этими точками соответствует 5 км. Самая крайняя точка соответствует, таким образом, расстояний 25 км до цели. Решетчатая сетка, лежащая напротив спиралей, различна для разных планеров. Поэтому она вычерчивается не на диск, а на прозрачную бумагу, которая затем наклеивается под диск. Тем самым мы оставляем себе возможность переделать в случае надобности эту линейку на другой тип планера. Продольные составляющие ветра изображены на линейке концентрическими окружностями, причем попутный ветер откладывается к центру, а встречные - к периферии. Величины установок кольца при различных ветрах, соответствующей различным высотам, берутся из таблицы. На основной диск наклеивается карта в масштабе 1:250000, чтобы посадочная площадка - цель лежала в центре, а стороны света соответствовали их обозначениям на внешнем кольце диска. Измеритель углов сноса и составляющих ветра, назначение которого описано в первой части книги, практически образует обратную сторону линейки Штоккера.

ИНСТРУКЦИЯ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ЛИНЕЙКИ ШТОККЕРА.

1. Известны: место, скороподъемность, путевая составляющая ветра.

Найти:

- Расстояние до цели.
- Курс к цели.
- Потребную высоту для долёта.
- Глиссаду планирования над землёй (относительную дальность).

- Поворачиваем линейку так, чтобы черточка лежала над той точкой решетчатой сетки, которая характеризует составляющую ветра и скороподъемность.

- Теперь поворачиваем прозрачный диск с линейкой относительно основного диска так, чтобы черточка линейки (против решетчатой сетки) проходила над нашим местоположением по карте.

- a. Расстояние до цели смотрим по отметкам на линейке.
- b. Направление курса, на цель считывается по наружному кольцу стран света.
- c. Потребная для полёта высота задана спиралью, проходящей над нашим местоположением.
- d. Относительную дальность получаем, как отметку расстояния на линейке в том месте, где спираль 1000метров (10) пересекает черту на линейке.

2. Известны: местоположение, высота, продольная составляющая ветра.

Найти: установку кольца

- Диск поворачиваем так, что спираль, характеризующая нашу высоту, проходит над нашим местоположением по карте.

- Линейку на диске также устанавливаем на местоположение.

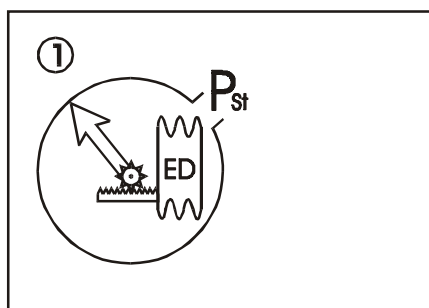
- Искомая установка кольца считывается там, где черта на линейке пересекает круг продольной составляющей фактической ветра на решетчатой сетке.

3. Места начала полёта, находящиеся дальше, чем за 25 км от цели, требуют либо карты масштаба 1:500 000 (указанную спиралью высоту полёта каждый раз удваивать), либо измерения расстояний по обычной карте. Благодаря отметкам расстояний по линейке, этот прибор и в данном случае служит для определения требуемых величин. Он имеет также то преимущество, что на удалении до 25 км от цели мы можем отложить в сторону полётную карту и пользоваться только измерителем Штоккера. Это экономит внимание, необходимое для других вещей. Один раз правильно установленная высота при полёте постоянно может быть проконтролирована, для чего нет необходимости изменять установку линейки.

ОБОРУДОВАНИЕ ПЛАНЕРОВ ПРИБОРЫ.

Схематическое описание приборов даёт общее представление об их устройстве и применении. Вопросы, связанные с вариометром, будут рассмотрены подробно, по составным элементам этого прибора, применяемым в комплексе с другими приборами. Описание других приборов ограничивается лишь самыми необходимыми сведениями.

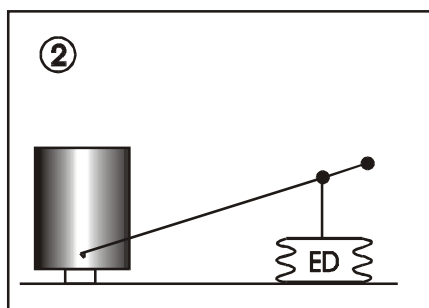
Высотомер



P_{st} – статическое давление

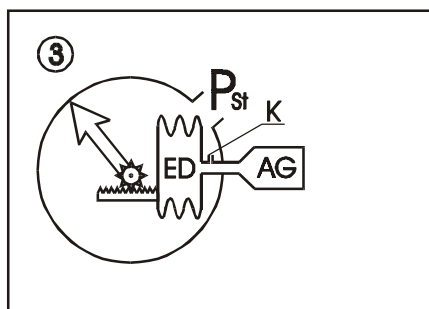
ED – упругая коробка (анероид)

Барограф

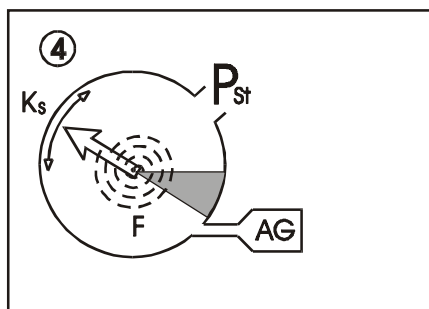


ED – анероид

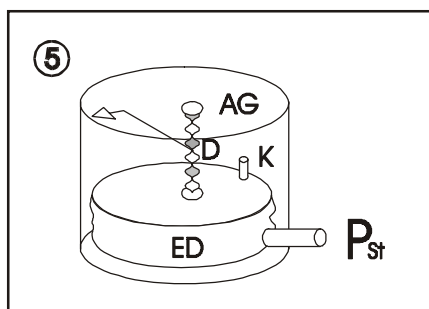
Грубый вариометр (анероидный)



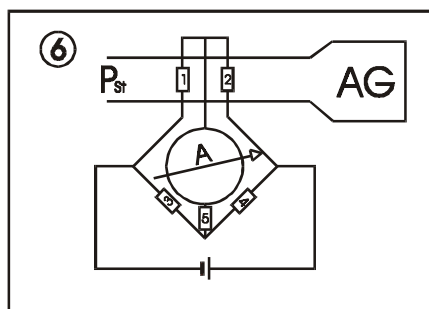
Крылышковый вариометр



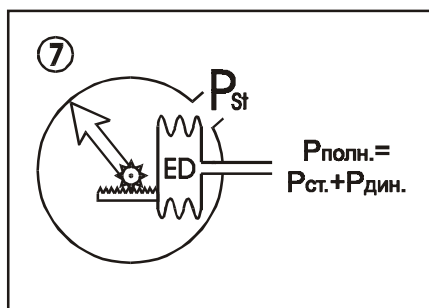
Вариометр на витой ленте



Электронный вариометр



Указатель воздушной скорости



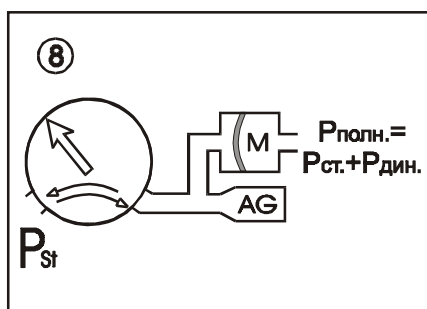
ED – анероид, соединённый с атмосферой
AG – компенсирующая ёмкость
K – капилляр

F – спиральная пружина
Ks – капиллярная щель

K – капилляр
D – витая лента

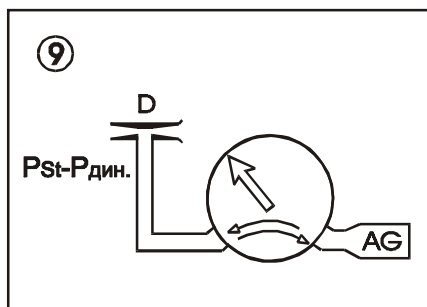
1,2 – температурно зависимые, одинаково точные сопротивления
3 - постоянное сопротивление
4 – регулируемое сопротивление для установки нуля
5 – сопротивление для действующего диапазона измерений
A – прибор измеритель

Мембранно-компенсированный вариометр полной энергии



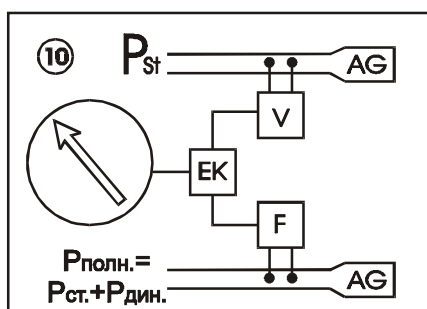
М – эластичная мембрана

Сопло-компенсированный вариометр полной энергии



D – трубка Вентури (сопло)

Электронный компенсированный вариометр полной энергии



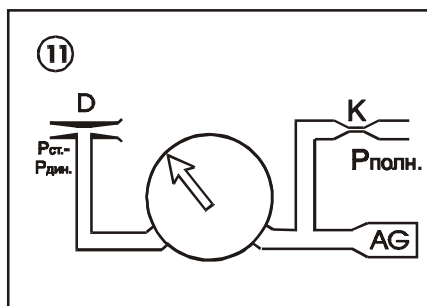
V – электронный блок измерения изменения высоты

F – электронный блок измерения скорости

ЕК – электронный компенсатор

A – указатель (указателем может быть также ЭВМ, если ЕК – электровычислитель).

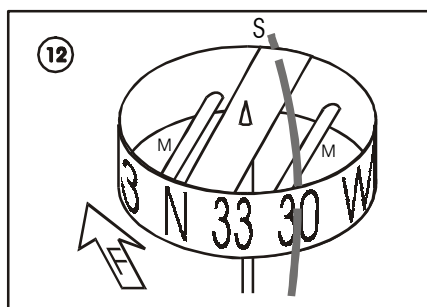
Полноэнергетический указатель скорости (оптимизатор)



D – сопло

K – капилляр (при другой калибровке капилляра может служить как полноэнергетический эталонный вариометр).

Обычный авиационный компас

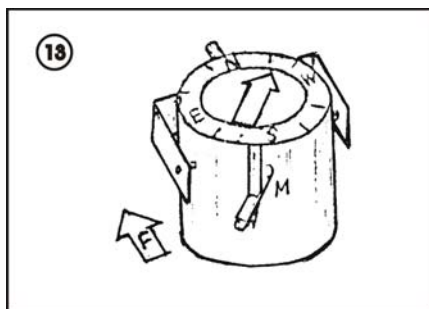


М – магниты

F – направление полёта

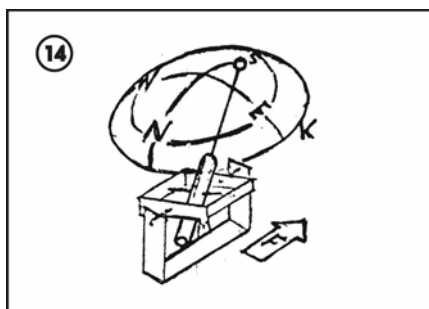
S – курсовая черта

Компас Кука



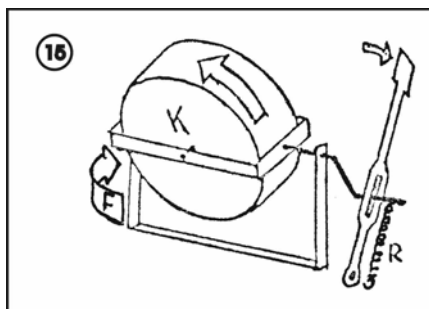
(Компасы 12 и 13 изображены в одинаковом положении относительно звёзд и для одного направления полёта).

Сбалансированный компас в трёхступенной карданной подвеске.



К – прозрачный колпак

Указатель поворота

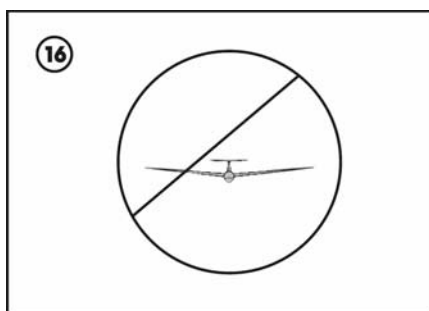


К – гироскоп

Р – возвратная пружина

Ф – направление разворота

Искусственный горизонт (Авиагоризонт)



Использует трехстепенной
карданнобалансированный гироскоп (крен вправо).

ОПИСАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ В ОТДЕЛЬНОСТИ.

(Цифра в скобках после некоторых названий соответствует номеру схематического изображения).

НИТКА.

Нитка, закреплённая на относительно плоском участке фонаря в поле зрения пилота (нейтральное положение маркируется маленькими наклеенными уголками или водостойкой краской), почти безошибочно указывает, со скольжением или без скольжения летит планер. Угол отклонения нити в сторону при скольжении обычно больше фактического угла скольжения.

Корректировка полёта при отклонённой нити:

Руль направления отклоняется против отклонения нити.

Элероны отклоняются в направлении отклонения нити.

Во время спирали нить направлена в сторону вращения.

Каждый планер, предназначенный для полётов по маршруту, желательно оборудовать нитью.

ШАРИК.

Он указывает направление суммарного вектора сил (вес + центробежная сила) относительно планера. Во время спирали он отходит в большинстве случаев (но не всегда) наружу, реагирует вяло и для полётов по маршруту не подходит.

ЖИДКОСНЫЙ ПОПЕРЕЧНЫЙ УРОВЕНЬ.

Указывает направление, перпендикулярное к направлению совместного действия сил, в противоположность шарик у реагирует значительно быстрее и является хорошим прибором для слепого полёта, если он заполнен незамерзающей жидкостью.

Корректировка полёта при скольжении:

Руль направления отклонять против отклонения воздушного пузыря, элероны – в направлении отклонения пузыря, или совместная корректировка, т.е. точно так же, как и для нити.

ВЫСОТОМЕР.

Это прибор измерения воздушного давления, который работает при помощи упругой мембранной коробки (анероида). Его шкала размечена для стандартной метеорологической атмосферы. С помощью установочного винта шкала может быть сдвинута относительно измерителя.

УСТАНОВОЧНОЕ КОЛЬЦО ВЫСОТОМЕРА СО ШКАЛОЙ ВЫСОТ.

Как и кольцо Мак-Креди, оно может быть установлено на любое значение и при полёте по маршруту облегчает отсчёт высоты над поворотными пунктами и над целью.

БАРОГРАФ (2).

Записывает кривую изменения воздушного давления по времени. Коптильный барограф пишет на чернённой алюминиевой фольге и является менее восприимчивым, чем чернильный барограф. Штриховой барограф наносит через каждые 6 секунд метку на специальную бесконечную ленту и даёт, благодаря этому, очень точно отображающую полёт барограмму. Прибор, однако, очень дорогой и чувствительный в обращении.

ИЗМЕРИТЕЛЬ ДАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНОГО ПОТОКА (7).

Измеряет разницу между статическим и полным давлениями из приёмника воздушного давления (ПВД)

$N \rightarrow O \rightarrow S$
быстро пробегает

Вся шкала размечена в КМ/ЧАС (или узлах) для определённых метеорологических условий.

СИСТЕМЫ ВАРИОМЕТРОВ.

Слово «вариометр» означает «измеритель изменения» и в этом значении мы и должны его понимать. Однако без более подробного объяснения непонятно – какие изменения измеряются? Необходимо совершенно ясно и однозначно отличать:

- а). Высотный вариометр (3,4,5,6 – некомпенсированный вариометр) измеряет изменение высоты планера по времени.
- б). Полноэнергетический вариометр (8,9,10 – ПЭ – компенсированный вариометр) измеряет изменение полной энергии планера по времени.
- с). Нетто-вариометр (11 – ТЕР – компенсированный вариометр) измеряет подъём и опускание воздушной массы.
- д). Вариометр оптимальной траектории, оптимизатор (датчик оптимальной скорости по Брюккеру). Удерживая его показания на ожидаемой скороподъёмности, получаем оптимальную скорость переходов.

Эти четыре прибора показывают, таким образом, совершенно различные величины, однако их главная составная часть, сам измеритель у всех одинаковый.

В зависимости от того, как он подключён и какие использует дополнительные элементы, различают, что измеряется.

Вариометры работают по следующему принципу:

Определённые воздушные ёмкости (выравнивающие ёмкости) используются для измерения изменения давления. Для этого выравнивающая ёмкость имеет отверстие (капилляр). Само измерение происходит не только посредством разницы давлений между выравнивающей ёмкостью и внешним давлением (анероидный, крылышковый и крутильно-пружинный вариометр), но и посредством самой выравнивающей струи (охлаждающей нагревающееся электрическое сопротивление (E-Vario – электронный вариометр)).

а). ВЫСОТНЫЙ ВАРИОМЕТР.

Ранее широко распространённый простой вариометр, построенный на выравнивающей ёмкости и статическом давлении – это высотный вариометр. Он указывает подъём или снижение планера в метрах в секунду. Этот вариометр, обозначаемый как брутто-вариометр, может указывать собственные вертикальные перемещения планера и метеорологические движения воздушных масс.

Так как фактические подъёмы и спуски планера, указываемые этим прибором, зависят не только от движения воздушных масс и качества планера, но и в решающей мере от положения руля высоты, то в современном планере с его частыми изменениями скорости и при центрировании спирали в термике этот вариометр совершает удивительные скачки. Это делает невозможным точно определить место наиболее сильного подъёма. Высотный вариометр окончательно ушел в прошлое планеризма. Если в книге ещё рассматривается высотный вариометр, то по двум причинам: во-первых, им, к сожалению, оборудованы ещё добрых 80% наших учебно-тренировочных планеров, и во-вторых, он позволяет более наглядно объяснить принцип работы собственно измерителя, который может быть сконструирован по разному.

-Анероидный вариометр(3) – работает с упругой анероидной коробкой, реагирует очень медленно. Так как он работает замедленно, что также усугубляется сопротивлением потоку в проводке, он подходит лишь для того, чтобы определять среднюю скороподъёмность в различных высотных слоях, используемую интеграторами и компьютерами. На сегодняшний день он потерял своё значение для планеризма.

-Пружинно крутильный вариометр(5) – он основан на принципе анероидного вариометра, у которого передача усилия, однако, сконструирована иначе. Через витую ленту усилие передаётся прямо на очень лёгкую стрелку. Благодаря этому получается весьма быстрый и точный указатель.

-Крылышковый вариометр (флажковый)(4) – поворотный металлический флажок с тонкой спиральной возвратной пружиной отклоняется выравнивающим воздушным потоком. Такие вариометры сегодня наиболее распространены.

-Электронный вариометр(6) – здесь используется совершенно другой принцип. Чаще всего такой вариометр конструктивно состоит из двух электрических сопротивлений, зависящих от температуры (термосопротивления, NTC – сопротивления), которые расположены в выравнивающем потоке друг за другом. Таким образом они охлаждаются с разной интенсивностью, т.к. в каждом случае одно из них находится в аэродинамической тени охлаждающего воздуха. Вызванная этим разница в сопротивлении подаётся через измерительный мост на указатель. Преимуществами этого способа являются очень высокое быстродействие и возможность пропустить измерительный

ток через звуковой генератор (акустический указатель). Такой вариометр известен под названиями:

- теплопроводный вариометр,
- металлозондовый вариометр,
- NTC – вариометр,
- термистор-вариометр.

Другие электронные вариометры работают по принципу анероидных вариометров, причём упругие деформации измеряются электрически.

В противоположность этому другие вариометры работают с электронным высотомером, таким образом, подъём или снижение «вычисляются» прибором электрическим дифференцированием по времени. Так как у всех этих приборов измеряемая величина получается электрически, они годятся в качестве измерительных датчиков для бортовой ЭВМ (в комплексе с электронным указателем скорости).

б). ПОЛНОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ВАРИОМЕТР (ТЕ – КОМПЕНСИРОВАННЫЙ ВАРИОМЕТР).

В то время, как высотный вариометр показывает изменение высоты полёта, а в месте с этим изменение потенциальной энергии, полноэнергетический вариометр указывает изменение суммарной энергии планера, в которую входит, кроме потенциальной энергии (энергии высоты), ещё и кинетическая энергия (энергия скорости).

$$E_{полн.} = E_{пот.} + E_{кин.}$$

Большое преимущество полноэнергетического вариометра в том, что набор высоты с потерей скорости не указывается на шкале как процесс без изменения полной энергии. Таким образом, мы можем независимо от каких-либо изменений скорости из-за подъёма или снижения увидеть в каком-либо восходящем потоке увеличиваем мы энергию или нет. Одновременно весьма упрощается определение области восходящего потока как области увеличения энергии. Из-за нечувствительности к изменению скорости полноэнергетический вариометр пригоден для установки на нём кольца Мак-Креди. Имеются различного рода ТЕ-компенсаторы, которые превращают вариометр в полноэнергетический.

1). Мембранно-компенсированный полноэнергетический вариометр(8).

Влияние скорости на прибор вызывается полным давлением на гибкую мембрану. От трубки Пито (ПВД) перед указателем скорости отводится проводка, напор в которой более или менее сильно прогибает гибкую мембрану. В этом случае при повышении скорости воздух от задней стенки мембраны подводится в систему вариометра, и, соответственно, при понижении скорости возвращается обратно. Так как эта проводка соединена с вариометром, добавка в скорости воздействует на него как увеличение подъёма, а уменьшение скорости ведёт к эффекту «снижения». Если мембрана точно отрегулирована под прибор, этот эффект достигает такой величины, что он компенсирует увеличение снижения за счёт набора скорости (соответственно действие подъёма из-за уменьшения скорости). Вариометр указывает только изменение полной энергии. При этом, очевидно, что такая система будет функционировать, если для мембраны точно выполнены условия упругости и размеров, она к тому же должна быть настроена на выравнивающий объём. Большинство компенсаторов не выполняют эти условия и со временем заменяются. Все мембранные компенсаторы работают правильно только на одной точно выбранной высоте полёта, для которой они рассчитываются и соответственно изготавливаются. Эти трудности возникают так же оттого, что при таком принципе изменение скорости отбрасывается в другом месте (полное давление – компенсатор – ёмкость – прибор), чем изменение высоты (статическое давление – измерительный прибор). Так как одно влияние воздействует на указатель быстрее, чем другое, то это ведёт к сильным забросам указателя, что, с другой стороны, требует выравнивания путём сопротивления потоку (см. ниже). Мембранным компенсатором компенсируются только вариометры, использующие выравнивающий поток, и только по мере надобности.

2). Полноэнергетический вариометр, компенсированный соплом (9).

Вместо статического давления к измерительному прибору подключается сопло (жиклёр), продуваемое скоростным воздушным напором и дающее давление $P_{стат.} - P_{дин.}$ (т.е. «поддув»): сопло имеет, поэтому коэффициент 1. Оно действует уменьшением давления в сравнении со статическим давлением на такую же величину, на которую трубка ПВД измерителя скорости воздействует повышением давления.

Принцип действия:

В горизонтальном полёте при постоянной скорости (для планеров возможно только в восходящем потоке) во всей системе вариометра устанавливается давление $P_{стат.} - P_{дин.}$ которое отбрасывается от сопла («поддув»). Вариометр показывает «0», т.к. в обеих системах вариометра находится одинаковое поддавливание.

Потеря высоты при постоянной скорости превышает $P_{стат.}$ Т.к. при этом повышается измеряемое давление $P_{стат.} - P_{дин.}$, вариометр показывает снижение.

Увеличение скорости при постоянной высоте (для планеров возможно только в восходящем потоке) повышает $P_{дин}$. Вследствие этого уменьшается измеряемое давление $P_{стат.} - P_{дин}$. Воздух через вариометр течёт в направлении из выравнивающей ёмкости. Указатель идёт на «подъём». Если этот эффект указателя в направлении подъёма как раз такой величины, что он компенсирует повышенный спуск, возникающий при увеличении скорости, то мы снова имеем полноэнергетический вариометр. Он показывает нам только изменение полной энергии независимо от изменения скорости. Это бывает лишь в том случае, когда коэффициент сопла равен точно «1» и сопло закреплено в таком месте, где воздух набегает точно с воздушной скоростью планера. Т.к. при этом способе компенсации скоростной и высотный эффект воспринимаются в одном месте (в сопле) то отпадает проблема синхронизации по времени. Размер выравнивающей ёмкости произволен в широких пределах, сопло работает безошибочно на всех рабочих высотах. Эта система имеет дополнительно то преимущество, что можно с одним и тем же соплом компенсировать большинство типов вариометров. Если конструкция предполагает также компенсировать «нормальный» вариометр посредством такого сопла. Эти положительные качества рассмотренного компенсатора привели к тому, что сегодня почти все планера соревновательных классов оборудованы такими соплами, хотя они увеличивают лобовое сопротивление и не украшают его элегантный вид. «Сопловая» компенсация надёжна, работает безотказно и неограниченно долго, недорого стоит и легко устанавливается, если на планере один раз найдено правильное место.

Виды конструкций сопла:

Сопло Косима (= сопло Ирвинга) с оконечной шайбой кажется прямо-таки массивным и даёт наверняка большее лобовое сопротивление, чем современные сопла, однако имеет преимущество – оно довольно не чувствительно к скольжению (до 20°). Стародавняя трубка Вентури значительно более элегантна, но, к сожалению, не так нечувствительна к скольжению ($\approx$ до 10°), так что она, особенно если установлена на фюзеляже, при центрировании спирали приводит к значительным перебоям в показаниях вариометра.

Лётная группа в Брауншвейге экспериментально разработала устойчивое к скольжению (до 40°) и очень маленькое сопло по принципу сопла Косима.

Герхард Вайбель использует простейшую вертикальную трубку с двумя боковыми отверстиями, из Ганновера сообщили о нечто подобном с прорезями (разработка Х.Бардовика). В принципе, безразлично, какое именно приспособление используется для получения измерительного давления $P_{стат.} - P_{дин.}$, лишь бы оно было настроено на коэффициент «1» (как это получить наиболее просто, будет рассмотрено ниже). Отбор измеряемого давления должен быть в широком диапазоне нечувствителен к скольжению.

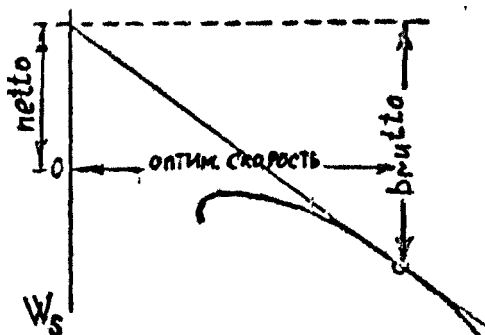
3). Электронный компенсированный вариометр полной энергии (10).

Два электронных вариометра (схема №6) соединяются по разному: вариометр 1 включается на статическое давление ($P_{ст.}$), поэтому является высотным вариометром. Он имеет двойную калибровку, т.е. измеряет временное изменение от $2P_{ст.}$. Вариометр 2 включается на суммарное давление $P_{стат.} + P_{дин.}$ и поэтому является высотно-скоростным вариометром. У него отрицательная калибровка, т.е. он измеряет временное изменение от $P_{стат.} - P_{дин.}$ (т.к. $2P_{стат.} - P_{стат.} - P_{дин.} = P_{стат.} - P_{дин.}$), также как и вариометры, компенсированные соплом.

с). НЕТТОВАРИОМЕТРЫ.

1) Нетто-вариометр без полноэнергетической компенсации.

Они указывают подъём и опускание воздуха (не планера) при постоянной скорости (установившееся движение).



Для того, чтобы получить такое «нетто-измерение», нужно постоянно вычитать из показаний вариометра собственное снижение планера W_s . При этом используется тот факт, что спуск по поляре скоростей растёт приблизительно по квадрату скорости. Так как динамическое давление возрастает соответственно квадрату скорости, можно по динамическому давлению достаточно точно откомпенсировать влияние собственного снижения по поляре почти во всем диапазоне скоростей планера.

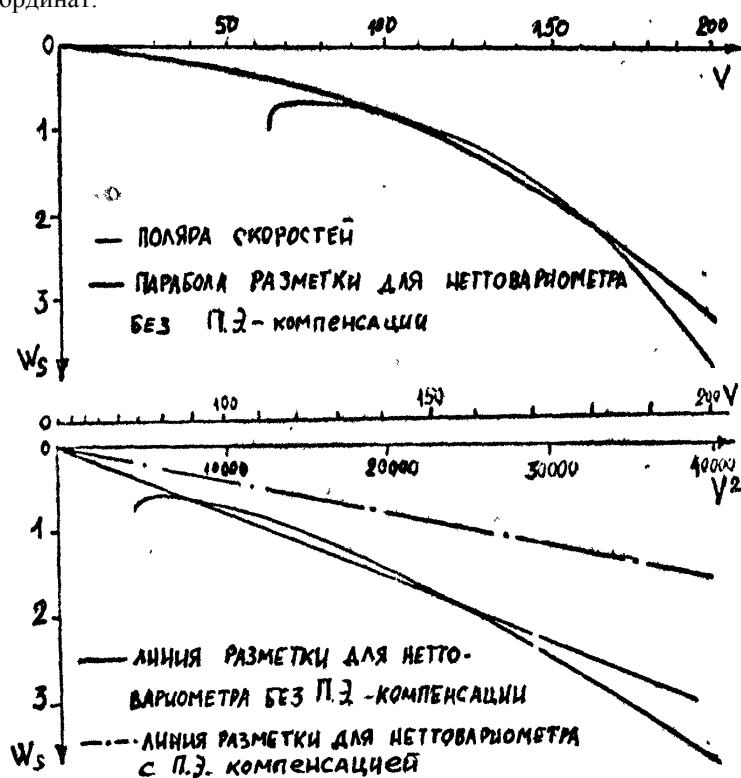
Для того, чтобы лучше разобраться в принципе работы нетто-вариометра, представим себе, что планер летит в спокойном воздухе. Благодаря собственному снижению W_s внешнее статическое давление постоянно растёт. В «нормальном» вариометре поэтому из-за статического давления в воздухе постоянно течёт через измерительный прибор в выравнивающую ёмкость. На шкале соответственно этому будет видно снижение. Если мы в это время от общего давления $P_{стат.} + P_{дин.}$ по тонкому капилляру направим в выравнивающую ёмкость такое количество воздуха, которое «нормально» протекает через вариометр от статического давления, то давление в выравнивающей ёмкости повысится в равной мере со статическим давлением и показание будет поэтому равно «0», что соответствует как раз покоящемуся воздуху. Из «брутто-вариометра» получился «нетто-вариометр». В этом случае когда воздух движется вертикально, нетто-показания отличаются от брутто-показаний всегда на величину собственного снижения, т.е. прибор действует так, как и хотелось нам: он показывает вертикальные движения воздушной массы.

Значение калибровки капилляра.

Вполне понятно, что та воздушная масса, которая течёт через капилляр от полного давления в выравнивающую ёмкость, должна очень точно дозироваться. Слишком тонкий и длинный капилляр оказывает недостаточное компенсирующее действие. Таким образом, капилляр должен быть точно откалиброван. Он выполняется по-разному для различных поляр и, кроме того, зависит от величины выравнивающей ёмкости.

Так как динамическое давление возрастает пропорционально квадрату скорости, изменение показаний прибора, возникающее благодаря капилляру, берут также квадратичным, в форме параболы. Такая парабола, лучше всего соответствующая скоростной поляр, является основой для калибровки капилляра. Для того, чтобы быстро и точно построить параболу по поляр скорости, применяется следующий приём:

Если на оси V вместо путевой скорости нанести её квадрат (V^2), из скоростной поляр получится почти прямая линия, а каждая мысленная разметочная поляр будет представлять собой прямую, проходящую через начало координат.



Второй график проведен для оси V^2 , поэтому здесь квадратичная разметка значений V .

2). Нетто-вариометр с полноэнергетической компенсацией (11).

Полноэнергетически компенсированный нетто-вариометр указывает подъём и опускание воздушных масс также и во время изменения движения планера. Конечно, нетто-вариометр действительно необходим в первую очередь, так как он надёжно указывает подъём и опускание воздушных масс. Это достигается простым способом, если к нетто-вариометру вместо статического давления подключить компенсационное сопло. Однако, т.к. сопло даёт давление ($P_{стат.} - P_{дин.}$), а перед капилляром приложено полное давление ($P_{стат.} + P_{дин.}$), разница в давлении на капилляре удвоилась. В этом случае капилляр тарируется соответственно иначе: если тарировочная конструкция не изменяется, линия тарировки на графике обозначена штрих пунктирной прямой. Она проводится просто делением пополам

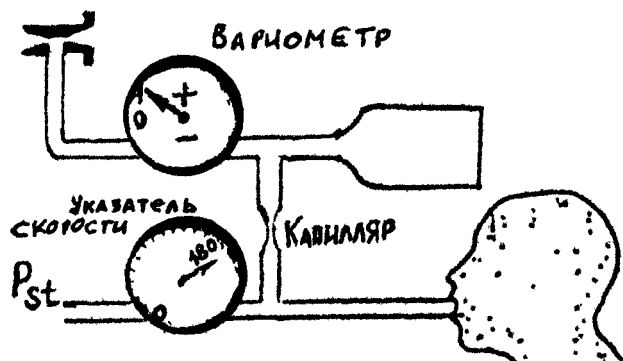
значений W_s при тех же величинах V^2 .

Ошибки показаний нетто-вариометра, обусловленные тарировочной кривой.

Разница между полярной скорости и линией тарировки даёт ошибку указателя, которая является принципиальной ошибкой нетто-вариометра. Для планера «АСВ-15» в диапазоне скоростей полета до 88 км/час к заниженным показаниям вариометра по сравнению с соответствующим фактическим вертикальным движением воздушных масс, т.к. поляра не очень ровная. От 90 до 160 км/час нетто-вариометр укажет значения смещённые в сторону подъёма. Выше 160 км/час он снова показывает слишком мало. Эти ошибки оцениваются в поляре скоростей планирования «АСВ-15» в диапазоне от 80 до 170 км/час до ± 15 см/сек. Они достаточно малы, поэтому ими можно пренебречь в работе с нетто-вариометром.

Проведение тарировки капилляра.

Полёт имитируется без больших потерь, т.к. планер при тарировке стоит на земле.



На рисунке схематически показана тарировка нетто-вариометра с полноэнергетической компенсацией. Такой полёт в действительности возможен лишь в том случае, если воздушная масса поднимается со скоростью, соответствующей спуску по поляре, т.е. нетто-вариометр при этом будет показывать эту величину подъёма воздушной массы. Мы должны таким образом дуть в измерительный шланг общего давления, чтобы вызывать определённые показания на указателе скоростного напора. Если стрелка вариометра успокоилась и «надутое» значение скорости аккуратно стоит на желаемой величине, правильно оттарированный нетто-вариометр должен указать значение подъёма, соответствующее тарировочной линии в точке имитируемой скорости. Для вариометра без полноэнергетической компенсации (планер «АСВ-15» при скорости 160 км/час будет иметь подъём до +2 м/сек.

Если вариометр с полноэнергетической компенсацией, то подъём будет соответственно в половину меньше (1м/сек), т.к. подавливание в сопле имитировалось в данном опыте. В качестве капилляра целесообразно использовать медицинские трубчатые капилляры от термометра из стекла с внутренним диаметром 0,3 мм. Если указываемое значение подъёма слишком мало, нужно так укоротить капилляр, чтобы значение подъёма точно согласовывалось с тарировочным графиком. Длина капилляра для вариометров с выравнивающей емкостью около 0,45 литра для компенсированного нетто-вариометра составляет от 8 до 15 см. При больших объёмах выравнивающей ёмкости капилляр будет короче. Если мы оттарировали капилляр по одной такой паре значений «скорости-подъёма», то он автоматически годиться для всех других пар значений. Сам процесс тарировки таким образом довольно прост.

Калькулятор Мак-Креди для нетто-вариометра.

Пара значений нетто-спуска и соответствующей ему скорости берется из поляры скоростей так же, как и для обычного вариометра. Значения нетто-спуска (или нетто-подъёма) соответствуют при этом W_m , т.е. это нулевая точка, отмеренная от скоростной оси координат (а не от поляры). Значение для нетто-спуска, равное «0» (соответствующее экономической скорости планирования), это установочное деление калькулятора, которое в зависимости от обстоятельств устанавливается на значение ожидаемой величины скороподъёмности (брутто-подъёма).

Преимущества и недостатки нетто-вариометра.

Так как тарировка нетто-вариометра проводится по выпрямленной поляре, то в случаях, когда планер летит не по поляре, его показания не соответствуют вертикальным движениям воздушных масс. Это бывает при не координированных движениях рулями, при изменении нагрузки на крыло, а также при полёте по спирали. Если увеличенное значение собственного снижения планера даже незначительно не компенсируется капилляром, то нетто-вариометр показывает значение, более или менее отодвинутое в сторону спуска. Таким образом, применимость нетто-вариометра остаётся ограниченной прямолинейным полётом без скольжения. Это без сомнения большой недостаток.

К преимуществам можно отнести то, что с помощью нетто-вариометра можно легко представить процессы погоды. Другое преимущество состоит в том, что при входе в область снижения скорость, указываемая калькулятором Мак-Креди, не завышается, в то время как при наборе скорости стрелка полноэнергетического брутто-вариометра опускается ниже соответственно поляре и вместе с этим повышается показываемая оптимальная скорость. Соответствующее явление имеет место также и для полёта в области подъёма.

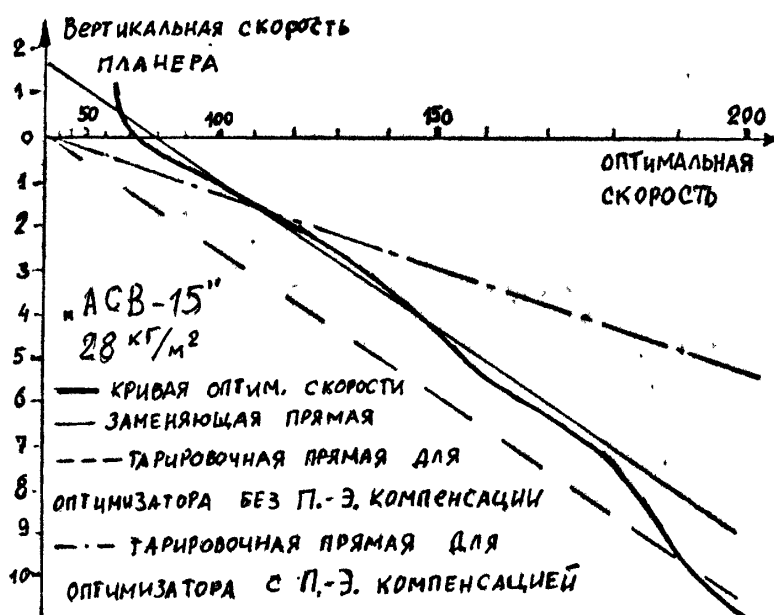
д). ВАРИОМЕТР ОПТИМАЛЬНОЙ ТРАЕКТОРИИ (11), (ДАТЧИК ОПТИМАЛЬНОЙ СКОРОСТИ ПО БРЮКНЕРУ).

Полноэнергетический компенсированный вариометр оптимальной траектории показывает такое значение подъёма, которому соответствует имеющаяся скорость в качестве оптимальной. Точнее говоря, мы могли бы назвать такой прибор «полноэнергетически компенсированным вариометром необходимой скороподъёмности». Для того, чтобы легче представить принцип работы вариометра оптимальной траектории, рекомендуется хорошо проработать изложенное ниже описание нетто-вариометра,

Показания нетто-вариометров обычно являются совершенно иными, чем показания вариометров оптимальной траектории в том же случае, хотя техническое устройство приборов одинаковое с точностью до капилляров, тарированных по различным принципам.

Принцип действия, тарировка.

При полёте по оптимальной траектории для каждой величины снижения планера существует определённая оптимальная скорость.



Голубая кривая оптимальной скорости на графике (с квадратичной разметкой оси скоростей!) показывает значения оптимальных скоростей перехода для ожидаемого подъёма 0 м/сек (эти значения соответствуют значениям Мак-Креди для обычного варианта).

По изложенному выше определению вариометра оптимальной скорости, он в этом случае неизменно должен показывать «0», независимо от того, в какой точке кривой оптимальной скорости мы летим. Для этого в вариометре оптимальной скорости голубая кривая должна проходить через «0». Эта кривая оптимальной скорости прежде всего должна быть «заменена» на близкую ей прямую, которая, однако, часто не проходит через нулевую точку. Как она приводится к нулю?

Это приведение к нулю проводится в два этапа:

1). Мы переставляем нулевое положение стрелки вариометра в направлении спуска на величину, на которой заменяющая прямая пересекает ось вертикальных скоростей – в данном случае на 1,6 м/сек (см. рисунок выше).

Для распространенных в Германии флажковых вариометров эта перестановка возможна простым способом на центральном диске после снятия лицевого стекла, однако ради безопасности это может сделать лучше завод изготовитель. Если же конструкция применяемых вариометров не позволяет такой перестановки, то значения скороподъёмности могут быть изменены на шкале. Благодаря перестановке стрелки или шкалы, мы достигаем того, что заменяющая прямая сдвигается так, что проходит через нулевую точку (красная штриховая линия).

2). Эта красная штриховая линия благодаря точно тарированному капилляру подобно тому, как это сделано в

нетто-вариометре, приводится к нулю. Если, однако, при изменениях режима полёта наш вариометр даёт забросы в показаниях, мы подключаем его к компенсационному соплу полной энергии (как в случае компенсированного вариометра полной энергии) и тарируем капилляр на половинные значения соответственно штрих-пунктирной линии (в нашем случае, например, скорости 167 км/час и отклонению стрелки вариометра 3,6 м/сек, соответствует по установке стрелки $3,6 - 1,6 = 2$ м/сек ожидаемой скороподъёмности).

Способ тарировки капилляра здесь такой же, как и в случае нетто-вариометра. Для тех, кому этот способ тарировки кажется, недостаточно логично объяснённым, можно предложить следующее более точное описание: при тарировке мы имитируем полёт без изменения высоты и надуваем определённое значение скорости, которая в действительном полёте получится только при подъёме, соответствующем ожидаемому. Для планера «АСВ-15» в полёте без изменения высоты скорость 167 км/час получается при ожидаемом подъёме 5,6 м/сек (заменяющая прямая, отмечена красными штрихами).

Благодаря перестановке нулевого положения вариометра, он теперь всегда будет показывать – 1,6 м/сек. Таким образом, капилляр должен воздействовать к перемещению стрелки в направлении подъёма в сумме на $5,6 + 1,6 = 7,2$ м/сек. Это требует тарировки на половину суммарного перемещения стрелки, так как поддавливание сопла не приплюсовывается. В качестве вариометра оптимальной скорости лучше использовать прибор с пределами 8-10 м/час или 5 м/сек. В случае чувствительного вариометра с большой выравнивающей ёмкостью можно для этой цели подключить четверть соответствующей ёмкости и сделать, например, из крылышкового вариометра до 2 м/сек вариометр до 8 м/сек, который лучше подходит для применения в качестве вариометра оптимальной скорости.

Погрешности показаний вариометра оптимальной скорости, обусловленные тарировкой.

Так как заменяющая прямая не точно согласуется с кривой оптимальной скорости, возникают ошибки в показаниях прибора. Для планера "АСВ - 15" в диапазоне оптимальных скоростей от 68 до 180 км/час это приводит к отклонениям в скорости не более 4 км/час. Это настолько мало, что из-за этого не возникает заметной ошибки в определении скорости перехода. Однако отклонения около 15 км/час в области 200 км/час являются уже околокритическими.

ВАРИОМЕТР ОПТИМАЛЬНЫХ СКОРОСТЕЙ В ПОЛЁТЕ.

1). Прямолинейный полёт.

Если лететь с оптимальной скоростью, то стрелка постоянно показывает величину ожидаемого подъёма, независимо от изменений скорости полёта. Если стрелка опускается ниже этого значения, значит, мы лети слишком медленно, если же поднимается выше – значит мы летим слишком быстро. Если показания вариометра вопреки восстанавливающему движению ручки на уменьшение скорости остаются выше значения ожидаемого подъёма, то имеет смысл встать в спираль. Если наш вариометр электронный, то подключив наушники, мы достигаем правильных значений скорости посредством удержания постоянной высоты звукового тона. Если высота звукового тона падает – увеличиваем скорость, если растёт уменьшаем. Если тон вопреки движению рулей остается слишком высоким, то становимся в спираль. Двухтоновые наушники с постоянным и прерывистым тоном рекомендуется настроить так, чтобы предел прохождения прерывистого тона достигался точно на ожидаемой скороподъёмности.

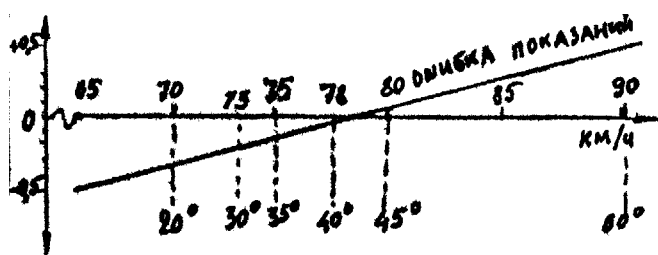
2). Полёт по спирали.

При наборе высоты в спирали вариометр оптимальной скорости теряет своё первоначальное значение. Теперь нам нужен вариометр подъёма-спуска с полноэнергетической компенсацией, как например, полноэнергетический брутто-вариометр, чтобы центрироваться в восходящем потоке и иметь возможность оценить скороподъёмность планера.

Чем, однако, отличаются показания вариометра оптимальной скорости от соответствующих им показаний компенсированного брутто-вариометра?

Отличия имеются, с одной стороны - в установке нуля, и, с другой стороны - в отклонении стрелки благодаря воздуху, протекающему через капилляр. Оба этих отличия дают ошибочные показания, получаемые от изготовления вариометра по заменяющей прямой, проходящей по графику тарировки вариометра. Для ясности можно было выделить здесь диапазон скоростей полёта в восходящем потоке. Мы видим, что на скорости 78 км/час соответственно тарированный вариометр оптимальной скорости показывает те же значения, что и полноэнергетический брутто-вариометр. От 78 до 90 км/час вариометр оптимальной скорости (оптимизатор) показывает дополнительный излишний подъём (до 0,5 м/сек). От 78 км/час до минимальной скорости стрелка стоит слишком низко (до 0,5 м/сек). Все оптимальные режимы спиралей с креном до 60 градусов входят в диапазон скоростей до 90 км/час (для планера "АСВ-15" с нагрузкой на крыло 28 кг/м.кв.). Если мы хотим использовать вариометр оптимальной скорости для полёта в спирали, рекомендуется заменяющую прямую тарировки при замене расположить таким образом, чтобы она пересекала ось скоростей в той области скоростей, на которых чаще всего выполняются спирали.

Мы видим, что хотя в случае необходимости наш вариометр оптимальной скорости может быть настроен на полёт в спирали, он даёт точные показания только на скорости, соответствующей собственному снижению планера, установленному тарировкой. Более точное решение можно получить, встроив в систему вариометра переключатель, изменяющий производительность капилляра. Тогда из вариометра оптимальной скорости получится полноэнергетический брутто-вариометр, для чего соответственно необходимо переместить и шкалу (вследствие чего произойдёт перестановка нуля).



На рисунке изображён график ошибок показаний для случая использования вариометра оптимальной скорости на спирали.

Преимущества и недостатки вариометра оптимальной скорости.

Кроме несколько затруднённой применимости вариометра оптимальной скорости на спирали, требующей переключателя капилляра, основные его недостатки те же, которые возникают в аналогичных системах: полноэнергетическом брутто-вариометре, калькуляторе Мак-Креди, указатели скорости. Пожалуй, особенно большими его ошибками являются ошибки на высоте, ошибки забросов показаний, а также ошибочные показания при изменении нагрузки на крыло. Вариометр оптимальной скорости может быть установлен на планер и с переменной нагрузкой на крыло при возможности его переключения на капилляры различной тарировки (если отказаться от равномерного изменения установки нуля). Большое преимущество оптимизатора состоит в том, что этот прибор при полёте на оптимальных скоростях выполняет функции двух приборов, используемых прежде для оптимизации траектории (скорости) – полноэнергетического брутто-вариометра с кольцом Мак-Креди и указателя скорости. Т.е. теперь достаточно одного взгляда на оптимизатор, чтобы определить - оптимальна ли скорость, а при использовании звукового вариометра на эти приборы можно не смотреть вообще! Указатель скорости может выпадать из поля зрения пилота и использоваться только во время старта, приземления и в других особых ситуациях. За выдающуюся идею вариометра оптимальной скорости планеризм благодарен физику Эгону Брюкнеру. Он разработал также нетто-вариометр, правда, не зная, что задолго до него этот принцип предложил Пауль Мак-Креди. Вариометр оптимальной скорости принёс такие далеко идущие преимущества, что он, подобно тому, как в своё время кольцо Мак-Креди, совершенно революционизировал приборное оснащение нашего планера. Прежде всего следует только понять принцип действия оптимизатора, изготовление же его очень просто.

Включение капилляра на статическое давление вместо динамического.

Также, как и полноэнергетический компенсированный нетто-вариометр, так и вариометр оптимальной скорости может быть подключён иначе. Если вместо полного давления $P_{полн.}$ подключить к капилляру $P_{ст.}$ (см. схему №11), то в полёте по обеим сторонам капилляра имеется разница давлений $1 \times P_{дин.}$. Включенный таким образом вариометр, затем тарируется таким же образом, как описано выше (с тем отличием, что капилляр включается на полное, а не на половинное значение проходящей через ноль заменяющей прямой). Изготовленный таким образом вариометр имеет более короткий капилляр, что влияет на точность компенсационного сопла, однако вдвое чувствительнее.

КОМПАС - (12,13,14).

Ошибки показаний компаса.

Магнитные силовые линии земли далеко не везде совпадают с географическим направлением север-юг. Магнитное склонение (горизонтальное отклонение компаса от географического меридиана) от места к месту различное. Оно наносится на навигационные карты, мы можем учесть его при расчёте курсов. Существует также магнитное наклонение - отклонение магнитных силовых линий вниз (в Германии около 68°). В зависимости от положения компаса и конструкции компаса оно может приводить к отклонениям показаний компаса ("ошибкам поворота").

Девияция - это отклонение стрелки, вызванное конструкцией компаса, или вблизи металлических частей. Оно может быть скомпенсировано путём выбора места установки компаса, или подвески к компасу компенсаторов. Если полная компенсация невозможна, то на корпус компаса наносится график поправок (график остаточной девииции).

Ошибки поворота компаса (обусловленные магнитным наклонением).

В последующем магнитное склонение и девиация компаса не рассматриваются, т.е. принимаются равными нулю. Для того, чтобы избежать "ошибок поворота", были сконструированы –«компас Кука» и полнокарданный компас, сбалансированные по массам.

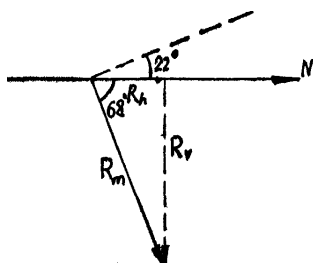
КОМПАС КУКА (13).

Этот компас закреплён на оси, вращающейся вдоль поперечной оси планера и может свободно колебаться вокруг поперечной оси. Сам магнит жестко закреплён на вертикальной оси, взятой в неподвижные подшипники. Если в полёте что-то произойдёт, компас всегда сбалансируется по горизонту (в слепом полёте - по искусственному горизонту) и магнитная стрелка будет вращаться только в горизонтальной плоскости.

ПОЛНОКАРДАННЫЙ МАССОУРАВНОВЕШЕННЫЙ КОМПАС (14).

Этот компас имеет то преимущество, что его магнит имеет возможность всегда устанавливаться вдоль магнитной силовой линии. Чтобы правильно снимать визуальные показания, всё-таки необходимо корпус компаса, а вместе с ним и шкалу устанавливать в равновесное положение. Таким образом, этот компас всё равно вращается вокруг продольной оси планера и при соответствующих условиях не имеет ошибок вращения. Свободно подвешенный магнит имеет преимущества для определения положения в слепом полёте, а также в случаях, когда он установлен не горизонтально.

Все другие магнитные компасы (12), в которых магниты могут быть уравновешены только в установившемся прямолинейном полёте (благодаря тому, что центр тяжести вращающейся массы находится ниже точки подвески), допускают "ошибки вращения" в зависимости от положения планера:



На рисунке показана магнитная направляющая сила в средней Европе, где

N – географическое направление на север,

R_m – направляющая сила земного магнетизма,

R_h – горизонтальная составляющая этой силы,

R_v – вертикальная компонента.

1). Прямолинейный полет.

Предположим, что мы летим на север.

- Установившийся полёт.

Горизонтально стоящая стрелка компаса направляется благодаря компоненте направляющей силы **R_h**, которая намного меньше, чем суммарная сила **R_m**.

- Во время снижения (при отрицательных углах тангажа планера), прежде всего, наклоняется картушка компаса, благодаря чему увеличивается компонента направляющей силы, отклоняющей стрелку.

- Во время набора (при положительных углах тангажа) картушка отклоняется в противоположном направлении, компонента направляющей силы уменьшается до тех пор, пока не станет равна нулю на предельном угле картушки (в нашем случае 22°). При дальнейшем увеличении угла наклона картушки, она перебросится на юг.

- Вращательное движение вокруг продольной оси планера влево (левый крен):

До того, как картушка компаса начнёт вращаться, вертикальная компонента магнитной направляющей силы **R_v** имеет преимущество, магнит указывает влево вниз. Связанная с ним шкала компаса (картушка) движется, таким образом, вправо и указывает слишком большой курс (например, 30°).

- Вращательное движение вправо ведёт к отклонениям показаний в направлении на запад. Полёт в направлении S, W, O (юг, запад, восток) при снижении, наборе и вращении ведёт также к отклонениям, исходя из аналогичных принципов. Для того, чтобы не потерять ориентировку из-за различных отклонений, рекомендуется ясно представлять, что направляющая магнитная сила в наших широтах постоянно направлена на север-вниз.

Для большей ясности приведена следующая таблица:

ПОКАЗАНИЯ КОМПАСА В ПРЯМОЛИНЕЙНОМ ПОЛЁТЕ.

Вид полёта	N	S	O	W
Снижение	R	(R)	роза через лево →N	роза через право →N
Набор	(R)	R	роза через право →S	роза через лево →S
Вращение влево	роза через право →O	роза через лево →O	(R)	R
Вращение вправо	роза через лево →W	роза через право →W	R	(R)

Направляющая сила: **(R)** = неустойчивая (слабая);
R = стабильная (сильная).

Для промежуточных курсов действуют отклонения основных курсов совместно в сторону ухудшения. Для того, чтобы избежать ошибок в прямолинейном полёте, нужно после вращения вокруг продольной и поперечной осей выждать, по крайней мере, секунд 5, пока картушка компаса не установится в горизонтальном положении. Затем следует определить компасный курс без ошибок вращения.

2). Спираль.

В установившейся спирали картушка компаса становится перпендикулярно к результирующей веса и центробежной силы. Величина направляющей силы, действующей на нашу стрелку (магнит), зависит от величины угла между направляющей силой земного магнетизма и плоскостью картушки компаса. При крене 22° поэтому в левой спирали показание на «восток» стабильно и удерживается долго, «север» показывается поздно, показание «запад» неустойчиво, «юг» показывается слишком рано. Если мы хотим в течение всей спирали получать правильные равноценные показания, то мы должны выполнять спираль с очень малым креном. На скорости 80 км/час с креном 13° (докритический крен) картушка передвигается на 6° в секунду.

Показания компаса на спирали

Левая спираль, направление будет указываться на:	ВОСТОК, стабильно	СЕВЕР, 30° позднее	ЗАПАД, неустойчиво	ЮГ, 30° раньше
Правая спираль, направление будет указываться на:	ЗАПАД, стабильно	СЕВЕР, 30° позднее	ВОСТОК, неустойчиво	ЮГ, 30° раньше

Отсюда следует запомнить несколько правил использования компаса в нормальном визуальном полёте:

- 1). Север всегда указывается слишком поздно, а юг – слишком рано.
- 2). В левой спирали будут стабильными показания «на восток», а в правой «на запад».
- 3). Выход на курс:

На северные направления выходить раньше, на южные направления выходить позже (N и S направления – на 30°, промежуточные – соответственно меньше).

ПОЛЁТ В ОБЛАКАХ (в Германии только по разрешению BFS):

Для корректировки в «слепом полёте» в соответствии с желаемым курсом (изменением курса) следует знать:

1 сек отклонения ручки вбок, даёт примерно 10° изменения курса. 5 секунд - 30°. Спираль с удвоенным креном (2 деления на авиагоризонте). 26° градусов крена (околокритический крен) на скорости 80 км/час дают поворот компаса 12°/сек.

Левая спираль:	O	N	W	S
Направление указателя	Стабильно O → $\underbrace{N \rightarrow O \rightarrow S}_{\text{быстро пробегает}} \rightarrow O$			

Правая спираль:	O	N	W	S
--------------------	---	---	---	---

Направление указателя	Стабильно W → $\underbrace{N \rightarrow W \rightarrow S}_{\text{быстро пробегает}} \rightarrow W$
-----------------------	--

Левая спираль: восток, проходя через юг – правильно.

Правая спираль: запад, проходя через юг – правильно.

Картушка компаса в левой спирали должна вращаться влево, в правой – вправо.

Выход на курс:

Или: от точного показания (О или W) выйти на курс.

1 сек = 12° (крен = 2 деления ≈ 26°)

	начало	+ 7,5 сек	15 сек	22,5 сек
Левая спираль	О	N	W	S
Правая спираль	W	N	O	S

Затем уменьшить крен на одно деление и выйти на уточнённый курс. 1 сек = 6°.

УКАЗАТЕЛЬ ПОВОРОТА (15).

Сила прецессии вращающегося гироскопа воздействует на отклоняющийся маятник до тех пор, пока планер вращается вокруг вертикальной оси. Если планер медленно вращается всё круче, то последствия воспринимает, прежде всего, указатель поворота, чтобы выдать определённый угол крена.

В экстремальном случае на спирали с креном 90° отклонение указателя поворота снова было бы равно 0°, т.к. вращение вокруг вертикальной оси больше не воспринимается. Этот факт может привести к ошибке неопытного пилота, который, выполняя спираль в облаках, может допустить перегрузку, опасную для конструкции планера.

ОШИБКИ АНЕРОИДНО-МЕМБРАННЫХ (ПНЕВМАТИЧЕСКИХ) ПРИБОРОВ.

1). Высотомер и барограф.

Так как это приборы, измеряющие давление воздуха, то их показания зависят от атмосферных условий. Если, к примеру, давление воздуха уменьшается благодаря приближению циклона или из-за полёта в направлении области низкого давления, то при одинаковой высоте измеряется уменьшающееся давление. Высотомер показывает слишком много, на самом деле мы ближе к земле, чем показывает высотомер (действуем «идя от высоты к глубине»).

Тёплый воздух имеет больший объём, чем холодный. При одинаковом давлении воздуха у земли тёплая атмосфера горячего летнего дня, поэтому реже, чем зимой. Её воздушное давление с высотой уменьшается также медленнее. Мы летим в жаркий день выше, чем показывает наш высотомер, т.к. он тарирован на стандартную атмосферу (15°С на уровне моря).

Температурную погрешность показаний высотомера можно рассчитать по приближённой формуле:

$$h = h_A + \frac{h_A}{100} \cdot 0,4(t - t_s)$$

Где **h** – фактическая высота,

h_A - показания высотомера,

t - средняя температура в слое «земля-высота полёта в стандартной атмосфере (°С)».

На один градус отклонения средней температуры воздушного слоя «земля-высота полёта» приходится отклонение показаний высотомера на 4%.

При температуре 35°С и градиенте её во время полёта примерно 1°/100 метров (уменьшение температуры на единицу увеличения высоты). 1000 метров фактической высоты (высота старта на соревнованиях!) на высотомере кажется как 920 метров. Это необходимо учитывать не только при старте, но и при финише.

2) Указатель скорости.

Измеритель скоростного напора измеряет на равных скоростях полёта при малой плотности воздуха большей высоты меньшее фактическое давление и показывает, таким образом, меньшую скорость. Фактическая скорость выше, чем приборная. Так как при равной высоте тёплый воздух имеет меньшую плотность, чем холодный, то и для

указателя скорости температура играет определенную роль. Истинная скорость определяется из приборной по

$$\text{формуле: } V = V_A \cdot \sqrt{\frac{\rho_0}{\rho}};$$

где V – фактическая скорость;

V_A – приборная скорость,

ρ_0 – плотность воздуха на которую тарируется прибор (нормальная стандартная атмосфера на высоте NN, т.е. 1013 мб, 15°C),

ρ – фактическая плотность воздуха.

Диаграмма для определения истинной воздушной скорости по показаниям прибора, приведенная в конце книги, даёт величину погрешности показаний.

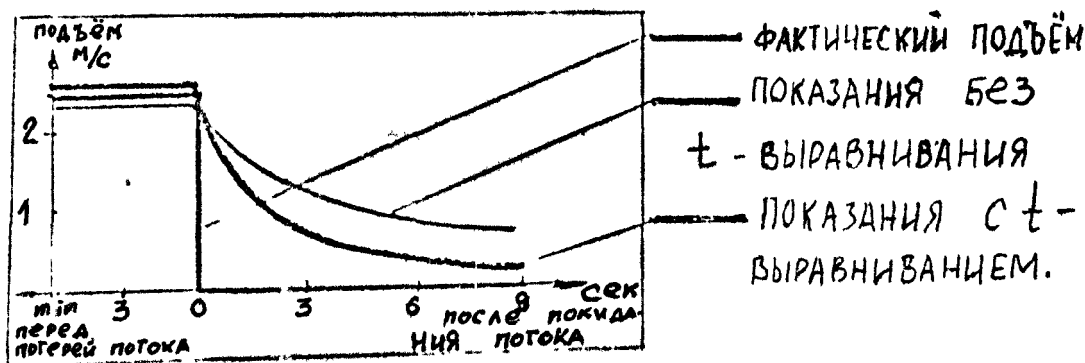
Для точности здесь надо напомнить, что аэродинамика нашего планера определяется скоростью, которую показывает указатель скорости. Поэтому мы летим правильно, если на большой высоте придерживаемся соответствующих показаний указателя скорости, истинная же скорость остаётся теоретическим значением. То и другое относится как к минимальным, так и к максимальным скоростям.

3) Вариометр.

Изменение показаний из-за отклонений температуры выравнивающего воздуха.

Показания «подъёма» на вариометре вызываются в принципе тем, что воздух из выравнивающей ёмкости выходит в сторону уменьшающегося внешнего давления. При этом он адиабатически охлаждается. Это снова ведёт к тому, что выравнивающий воздух выходит слишком медленно (так как холоднее), поэтому вариометр даёт уменьшенное значение подъёма. Когда фактический подъём прекращается, то стрелка вариометра сначала движется вниз, к нулю. Однако стенка выравнивающей ёмкости, остающаяся почти такой же тёплой, снова медленно нагревает выравнивающий воздух. Из-за этого выравнивающий воздух расширяется, течёт через вариометр и вызывает показания подъёма. Этот процесс длится около 20 секунд и существенно затягивает показания вариометра. Устранить это запаздывание можно простым и элегантным способом. Для каждой выравнивающей ёмкости берут 3-5 медных ребер и выставляют их наружу – готово!

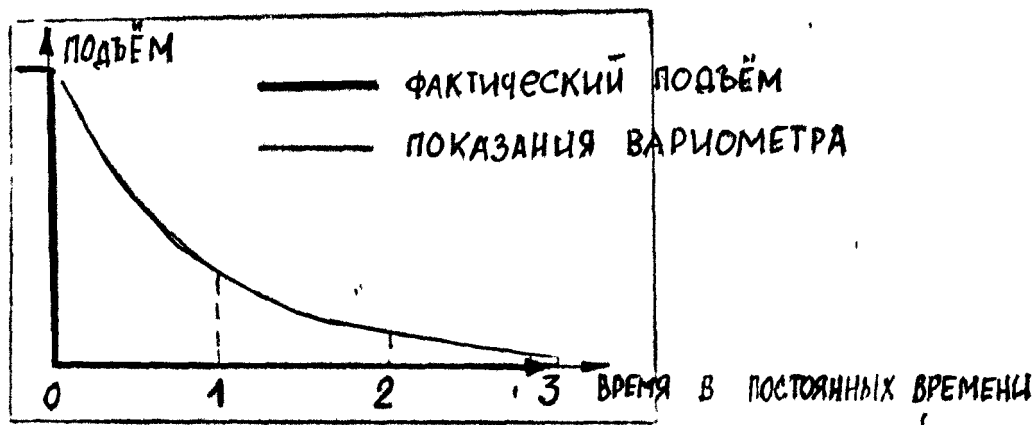
Благодаря этому температура выравнивающего воздуха в дальнейшем поддерживается такой, что подавляет все запаздывания. В результате быстрота изменения показаний увеличивается и показания становятся точнее.



На рисунке изображён график изменения показаний вариометра без температурного выравнивания и с ним (измерения Вольфа Эльбера). Вариометр без рёбер показывает через 9 секунд после выхода из потока такое же значение, как «температурно-выровненный» вариометр через 3 секунды, т.е. первый втрое «медлительнее».

Постоянная времени.

Даже когда в вариометре имеется температурное выравнивание, он реагирует с запаздыванием на изменение подъёма. Поэтому в измерительной технике говорят о постоянной времени. Постоянная времени – это время, необходимое прибору после резкого изменения, чтобы он начал показывать значение в $1/e = 0.368$, от общего изменения. Точнее говоря, прибор никогда не показывает полного значения, так как ему снова и снова нужно время для того, чтобы от остающейся 37%-й ошибки через ещё одну постоянную времени указать 63% и т.д. Это типичный для вариометра процесс измерения показан на следующем графике:



Чем быстрее показывает вариометр, тем короче его постоянная времени. Постоянная времени анероидного вариометра лежит в целом значительно выше соответствующей постоянной крылышкового вариометра. Приборы одинаковой конструкции, различающиеся только различными шкалами и различными выравнивающими ёмкостями, имеют приблизительно одинаковые постоянные времени. Возвращающая сила стрелки крылышкового вариометра имеет особенное значение для скорости изменения показаний.

ВЫСОТНЫЕ ОШИБКИ ВАРИОМЕТРОВ.

В зависимости от того, измеряет вариометр, можно различать вариометры, измеряющие объём и измеряющие массу. Объёмизмеряющие вариометры, такие, как анероидный вариометр, крылышковый вариометр, крутильно-ленточный вариометр и электронные вариометры на базе анероида не имеют высокой погрешности, так как на каждой высоте при одинаковом подъёме через капилляр протекает одинаковый объём воздуха. Таким образом, этим показывается геометрически измеряемый объём. Однако для выбора оптимальной скорости эти показания не подходят, т.к. такой прибор, как мы увидим позднее, всё равно приводит к ошибкам в оптимальной скорости на больших высотах.

Массоизмеряющие вариометры измеряют вытекающую массу воздуха (обычно путём охлаждающего действия выравнивающего воздушного потока). Масса, однако, может быть меньше при одинаковом объёме прошедшего воздуха и меньшем давлении. Эти вариометры (чаще всего электронные вариометры, основанные на этом принципе) с ростом высоты показывают меньшие значения подъёма и спуска. Это бывает также при высокой температуре воздуха которая приводит к уменьшению его плотности.

Истинную вертикальную скорость можно получить из показаний вариометра по формуле: $W = W_A \cdot \frac{\rho_0}{\rho}$;

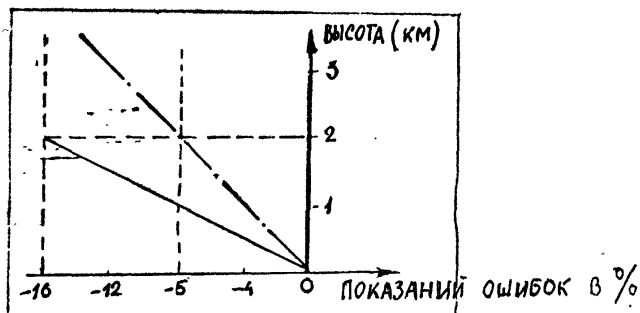
где W — фактическая вертикальная скорость;

W_A — показания вариометра,

ρ_0 — плотность воздуха на которую тарирован,

ρ — фактическая плотность воздуха.

Отсюда напрашивается сравнение с ошибками показаний указателя скорости. К сожалению, величины ошибок отличаются из-за квадратного корня. Это ведёт к тому, что эти вариометры ведут к ошибкам в определении оптимальной скорости. Если иногда можно пренебречь влиянием температуры, то для вариометра и указателя скорости получаются величины ошибок, изображенные ниже на графике:



где — — — — — ошибки измерения скорости,

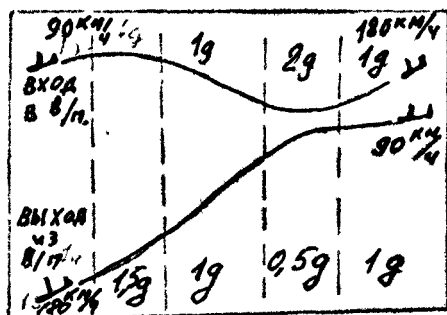
————— объёмноизмеряющие вариометры (без ошибок)

————— массоизмеряющие вариометры.

ЗАВИСИМОСТЬ ПОКАЗАНИЙ ВАРИОМЕТРОВ ПОЛНОЙ ЭНЕРГИИ ОТ ПЕРЕГРУЗКИ.

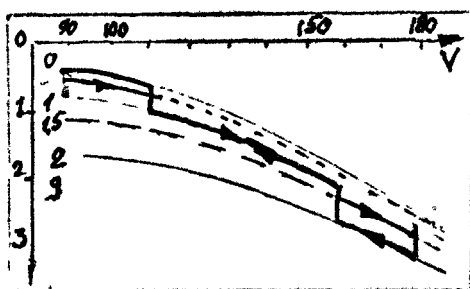
Если в полёте сильнее потянуть за ручку, то повысится нагрузка на крыло нашего планера.. Если он перенесёт полученную воздушную нагрузку, то повысится подъёмная сила и в равной мере перегрузка. Это, конечно, не проходит без потерь, т.к. мы с дачей ручки «на подъём» повышаем не только подъёмную силу, но и лобовое сопротивление. При каждой скорости в установившемся планирующем полёте планер обладает определённой потерей энергии в единицу времени. Эта потеря определяется как $(\text{полётный вес}) \times (\text{скорость спуска})$. Если принять полётный вес за 1(единицу), то можно изобразить поляру скорости как полноэнергетическую поляру. Для повышенной потери энергии при некоторой повышенной перегрузке полноэнергетическая поляра будет другой.

Таким образом, показания полноэнергетического вариометра, который, кстати, измеряет изменение суммарной энергии, зависят от перегрузки планера. Приведём здесь два примера, как всё происходит в оптимальном полёте при входе в восходящий поток и выходе из него.



Перегрузки
в оптимальном
полёте

На рисунке изображена перегрузка планера на различных участках траектории. Мы видим, что при входе в восходящий поток изменение перегрузки, конечно, значительно, чем при выходе из него. На следующем графике показано, что будет показывать в этих случаях безукоризненно функционирующий полноэнергетический вариометр.

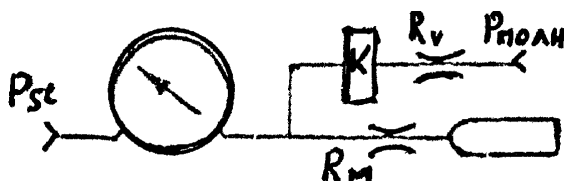


→ ПОКАЗАНИЯ ВАРИОМЕТРА
ПРИ ВЫХОДЕ ИЗ В/П.
← ПОКАЗАНИЯ ВАРИОМЕТРА
ПРИ ВХОДЕ В В/П.

Когда тянут ручку на себя (2g), показания падают, в наборе с перегрузкой 1g, стрелка снова подпрыгивает на значение первоначальной поляры и уменьшается в соответствии с постоянным уменьшением скорости. Невесомость (0g) заставляет стрелку снова подняться, пока при перегрузке 1g показания не перейдут к первоначальной поляре. Эти скачки стрелки вариометра, являющиеся, правда, ошибками вариометра, всё-таки мешают в оптимальном полёте. Например, во время входа в восходящий поток с помощью полноэнергетического вариометра можно только тогда оптимально изменять скорость, когда отклонения от нормальной перегрузки в 1g будут "отработаны" ручкой (усугублены). Если угол подъёма или спуска долго остаётся одинаковым, (а также если изменяется скорость), скачков показаний не возникает, т.к. перегрузка остаётся равной 1g.

ВРЕМЕННОЕ УРАВНИВАНИЕ ПОЛНОЭНЕРГИТИЧЕСКИХ ВАРИОМЕТРОВ, КОМПЕНСИРОВАННЫХ ИНАЧЕ, ЧЕМ СОПЛОМ.

Все приспособления для компенсации, воспринимающие изменения высоты и скорости не в одном месте, как сопло, должны быть выровнены с тем, чтобы добавка скорости воздействовала не позднее и не раньше, чем подъем, что достигается путем увеличения сопротивления потоку в соответствующей проводке (уменьшением сечения проводки в форме 1-мм-вой трубочки переменной длины).

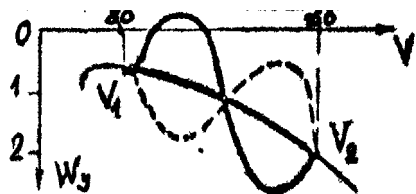


K – компенсатор;

R_V – проточное сопротивление для компенсации (влияние скорости);

R_M – проточное сопротивление для выравнивающей ёмкости.

К сожалению, уравнивание (синхронизацию) можно испытать только в полете: мы набираем скорость в спокойном устойчивом воздухе, (по возможности избегая движений ручкой). Во время увеличения скорости стрелка идеального вариометра отслеживает значение спуска, соответствующее поларе скоростей. Вариометр планера «АСВ-15» должен, таким образом, при увеличении скорости от $V_1=80$ км/час до $V_2=160$ км/час, показывать продолжительно увеличивающийся спуск от 0,6 до 3,4 м/сек. Если влияние скорости действует слишком рано, то стрелка вариометра идёт сначала на «подъём», а сразу после этого показывает слишком большой спуск.



На рисунке изображён график поведения стрелки при нарушенном временном выравнивании, где:

- ————— показания идеального вариометра при увеличении и уменьшении скорости;
- влияние скорости (компенсации) действует слишком рано → сопротивление потоку **R_V** усилить;
- - - - - изменение высоты (статическое давление) воздействует слишком рано → усилить сопротивление **R_M**.

При уменьшении скорости возникают одинаковые ошибки, но в другую сторону (красная кривая на графике, [относительно цвета см. замечания в начале второй части](#)). Добиваются благодаря сопротивлению потоку **R_V**. Если же, наоборот, воздействует слишком быстрое влияние высоты (голубая пунктирная линия), то выравнивание осуществляется благодарястройке сопротивления потоку **R_M**. Сможет ли встроенное сопротивление дать правильные показания вариометра, снова показывает опыт в спокойном воздухе.

НАСТРОЙКА РЕГУЛИРУЕМОГО КОМПЕНСАТОРА ПОЛНОЙ ЭНЕРГИИ.

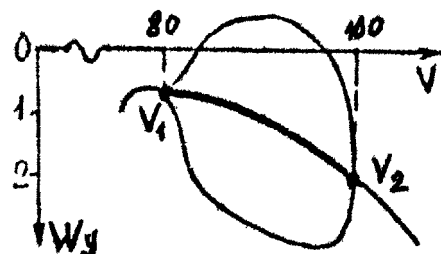
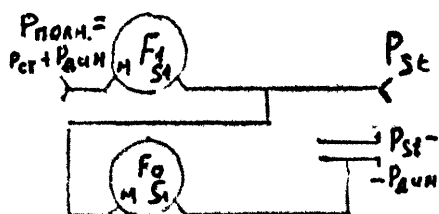


График показывает ход показаний вариометра при пере- и недокомпенсации. Недокомпенсированный вариометр со слишком слабой компенсацией даёт показания, характерные для некомпенсированных высотных вариометров. В течение времени прироста скорости $V_1 \rightarrow V_2$ он показывает слишком сильный спуск (голубая линия), при уменьшении скорости $V_1 \leftarrow V_2$ стрелка.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ПРОВЕРКА СОПЛОВОГО КОМПЕНСАТОРА.



F₁, F₂ – указатели скорости.

M – подключение измеряемого давления.

S_t – подключение статического давления.

Сопловые компенсаторы могут быть проверены просто, надёжно и при любой погоде. Контрольный указатель скорости (**F₂**), включают между статическим давлением и соплом так, чтобы вход полного давления указателя

скорости был связан со статическим давлением, этот указатель скорости в полёте должен показывать те же значения скорости, что и нормально включённый указатель скорости F_1 . Этот тест может быть проведён кроме полёта также в воздушном потоке на автомобиле и т.п., лишь бы можно было воспринимать статическое давление без ошибок. Если контрольный указатель скорости показывает слишком мало, то недостаточно поддавливание от сопла (недокомпенсация). Если же он показывает слишком много, то сопло приводит к перекомпенсации.

Показания контрольного указателя скорости должны быть заблаговременно выровнены с соответствующими показаниями указателя скорости F_1 (например, путем вдувания). К тому же подключение полного давления приборов F_1 и F_2 должно быть связано при этом выравнивании.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПРИБОРОВ

При изготовлении приборов можно сделать меньше или заблаговременно устранить источники ошибок, которые потом повлияют на показания.

Ниже даны некоторые рекомендации для этого:

- ни в коем случае нельзя забыть рёбра охлаждения для температурного выравнивания выравнивающей ёмкости вариометра.
- Все проводки изготавливать по возможности короче - это ведёт к более быстрым показаниям.
- Имеют смысл цветные шланги приборов, делающие различимым и понятным "шланговый салат" за приборной доской.
- Если включается много приборов на одинаковое статическое давление, то рекомендуется встройка разделительной камеры (маленькая камера с впаянными трубочками) для того, чтобы исключить посторонние влияния, как это было бы при Т-образных разветвлениях.
- Чувствительный электронный вариометр часто нуждается в собственном, независимом от других вариометров подводе статического давления.
- Если проводка полного давления не прокладывается с самого начала вверх, вследствие чего возможно попадание дождевой воды, то необходим влагоотделитель (ёмкость в самом низком месте проводки). Это необходимо и для всех других проводок.
- Для влажной погоды необходимо предусмотреть перед выравнивающей ёмкостью воздухоосушитель для того, чтобы предотвратить в выравнивающей ёмкости процессы конденсации и парообразования. Выравнивающая ёмкость в связи с этим может быть немного увеличена.
- Сопло должно быть смонтировано (если возможно) перед килем ≈ 60 см впереди передней кромки или перед стабилизатором $\approx$ в 40 см от передней кромки. Если затем сопло повернуть так, чтобы оно висело на 2 - 3 см ниже своей проводки, то возможность заливки во время дождя в дальнейшем не угрожает. Все другие места установки сопла на фюзеляже между крылом и кабиной не защищены от случайных толчков и должны сначала испытываться в полёте, т.к. эти места очень сильно зависят от типа конструкции. Поскольку места установки сопла на однотипных планерах одинаковые, нам лучше осведомиться у изготовителя.
- В проводке полного давления к капилляру вариометра скорости следует устанавливать пылевой фильтр, чтобы капилляр не забился. Здесь годится, например, бензиновый фильтр.
- Трубочка увеличенного сопротивления потоку, которая служит для выравнивания по времени, при тех же обстоятельствах также должна предусматривать пылевой фильтр.
- Фильтр должен быть установлен до тарировки капилляра или трубочки увеличенного сопротивления потоку, т.к. он также увеличивает сопротивление потоку.
- Пишущие приборы должны устанавливаться так, чтобы при нормальном движении они были полностью уравновешены и расположены по направлению полёта так, чтобы в криволинейном полёте не возникало мешающих отклонений стрелки из-за перегрузки.

ИСПЫТАНИЯ ПРИБОРОВ НА ГЕРМЕТИЧНОСТЬ.

Проверка приборов на герметичность проводится при подготовке к сезону во время зимних работ, после каждой установки или снятия приборов, а также перед соревнованиями и т.п. Лучше всего подходит для этого аквариумный воздушный насос, который для этой цели Оборудуется питающими воздушными шлангами, капилляром и точным вентилем дозировки (из торговых наборов моделистов - дроссельная игла от компрессионного двигателя). Питающие воздушные шланги также изготавливаются с изменяемым поперечным сечением, которые мы предварительно продуваем или прокачиваем.

Проверка проводится в соответствии с целью в три этапа:

- статическое давление (P_{st} -проводка) со всеми зависимыми проводками и приборами, такими, как высотомеры, указатели скорости, мембранные компенсаторы, некомпенсированные вариометры с выравнивающей ёмкостью:

- 1). Перекрыть отверстия статического давления.

- 2). В проводку статического давления подключить испытательный штуцер.
- 3). Медленно выкачивать воздух, наблюдая за вариометрами и указателями скорости. Вариометры, особенно специальные крылышковые и пружинно-крутильные, весьма чувствительны к неожиданным изменениям давления!
- 4). Когда указатель скорости покажет 150 км/час, проводка отключается и 2 - 5 минут ждут останутся ли показания постоянными.
- 5). Медленно спускают воздух наблюдая за бросками вариометра.
- 6). Перекрытые отверстия открывают, испытательный штуцер снимают.

Если стрелка указателя скорости при перекрытой проводке возвращается назад проводят новые испытания, ограничивая ошибку до обнаружения неплотности.

Источники погрешности: входы шлангов, уплотнения стёкол приборов, мембранные компенсаторы, выравнивающие ёмкости.

Более редко: разветвления, соединения штуцеров с корпусами.

- компенсационное сопло ($P_{st} - P_{дин}$ - проводка) со всеми проводками и полноэнергетическим вариометром с выравнивающей емкостью и капилляром оптимальной скорости:

- 1). Сопло само по себе не герметичное, поэтому капилляр оптимальной скорости отсоединяется от общего давления и перекрывается.
- 2). В проводку сопла включается крестовина: один вход для закачивания, другой - для давления, измеряемого указателем скорости.
- 3). Создаётся давление, как описано выше (в пунктах 3 – 6) амплитуда полноэнергетических различных вариометров при закачивании и выкачивании может быть одинаковой.

- Проводка полного давления ($P_{полн}$ - проводка) с указателями скорости, капиллярами оптимальной скорости и вариометрами оптимальной скорости:

- 1). Проводка капилляра вариометра оптимальной скорости снимается с вариометра и перекрывается.
- 2). Подключают испытательный штуцер в проводку полного давления
- 3). Накачивают давление, как описано выше (п.п. 3 - 6).

Особенно чувствительны к неплотностям сопло-компенсированные вариометры, т.к. в полете вся система работает от поддавливания сопла. Малейшие неплотности со стороны ёмкостей тотчас воздействуют катастрофически.

Многие электронные компенсаторы и все мембранные компенсаторы требуют абсолютной плотности.

Проводка динамического давления к указателям скорости менее чувствительна. Высотомер полностью нечувствителен, он будет достаточно точно работать и от давления в кабине.

ВЛИЯНИЕ ОШИБОК ВЫСОТЫ НА ОПТИМИЗАЦИЮ СКОРОСТИ.

Высотные ошибки были бы малозначимы для полёта по маршруту, т.к. они не прямо воздействуют на оптимальный полёт.

Для того чтобы при пониженной плотности воздуха можно было лететь с оптимальной скоростью, необходимо рассмотреть проблему в целом. С высотой изменяются не только показания указателей скорости и вариометров, но также и аэродинамика планера.

а. ИЗМЕНЕНИЕ КАЧЕСТВА ПЛАНЕРА.

Если пренебречь небольшими неточностями, связанными с изменением числа Рейнольдса, то скорость прямолинейного полёта, а также скорость снижения зависят от одного фактора - $\sqrt{\frac{1}{\rho}}$ (ρ – плотность воздуха), т.е. чем меньше плотность, тем быстрее летит и снижается планер, Угол планирования, однако, остаётся при этом одинаковым.

Если первоначальная поляра была рассчитана на NN , то новые значения поляры для уменьшенной плотности воздуха получают как результат: $V = V_0 \cdot \sqrt{\frac{\rho_0}{\rho}}$; $W_s = W_{s0} \cdot \sqrt{\frac{\rho_0}{\rho}}$;

где: V_0 – горизонтальная скорость в NN

ρ_0 – плотность воздуха в NN

W_{s0} – скорость снижения в NN

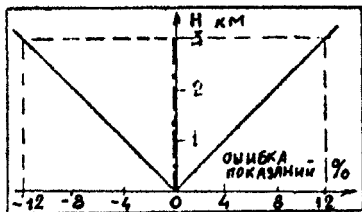
б. ИЗМЕНЕНИЕ СКОРОСТИ.

Так как эти изменения поляры точно соответствуют ошибкам показаний указателя скорости, рассмотренным выше, полёт по указателю скорости (что, например, касается повышения и понижения скорости) ведёт к аэродинамически правильному поведению на больших высотах, а также в тех случаях, когда фактические геометрические величины скорости выше показываемых прибором.

с. ИЗМЕНЕНИЕ ПОКАЗАНИЙ ВАРИОМЕТРА.

Было бы хорошо, если бы вариометр давал такие же погрешности показаний, как и указатель скорости, тогда всё было бы значительно определённое. Правда, значения показаний получились бы геометрически неверными, однако полёт оставался бы оптимальным.

К сожалению, это не так.



- — — — — показания указателя скорости.
- показания объемноизмеряющего вариометра.
- показания массоизмеряющего вариометра.

На графике показаны зависимости отклонения показаний вариометров различного типа от геометрически правильных показаний указателя скорости.

Таким образом, геометрически правильно показывающий объемно-измеряющий вариометр, как и массоизмеряющий, ведёт к неоптимальной скорости.

НЕ ЛЕТИМ ЛИ МЫ НА БОЛЬШОЙ ВЫСОТЕ СЛИШКОМ БЫСТРО ИЛИ СЛИШКОМ МЕДЛЕННО?

Ответ на этот вопрос не зависит от приборов.

Для того, чтобы получить конкретный случай, рассмотрим следующий пример:

Планер «АСВ-15» с удельной нагрузкой на крыло 28 кг/м.кв. летит на высоте 2500 метров. При этом поляра скорости изменяется по тому же закону, что и на уровне моря при повышении нагрузки на крыло с 28 до 35 кг/м.кв.

Предположим, наш пилот на высоте 2500 метров встречает потоки со скороподъёмностью 3 м/сек. Что будут показывать приборы?

а). КРЫЛЫШКОВЫЙ ВАРИОМЕТР, КОЛЬЦО МАК-КРЕДИ, УКАЗАТЕЛЬ СКОРОСТИ (ИЗМЕРИТЕЛЬ СКОРОСТНОГО НАПОРА).

Скороподъёмность 3 м/сек будет показываться точно, однако указатель скорости покажет меньше, чем фактическая скорость (геометрическая), из-за чего пилот летит слишком быстро: в спокойном воздухе между потоками с показаниями указателя скорости 162 км/час. Его фактическая скорость при этом составляет 185 км/час, что по изменённой поляре соответствует снижению в 2,4 м/сек, дающему на кольце 162 км/час. Пилот летел бы оптимально с фактической скоростью 173 км/час, что соответствует показаниям указателя скорости 150 км/час. Объёмноизмеряющий вариометр на большой высоте приводит к завышенной скорости планирования.

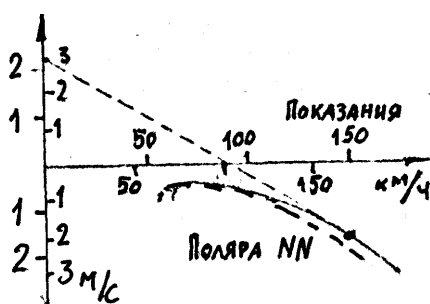
б). ТЕМПЕРАТУРНЫЙ ВАРИОМЕТР, КОЛЬЦО МАК-КРЕДИ, УКАЗАТЕЛЬ СКОРОСТИ (ИЗМЕРИТЕЛЬ СКОРОСТНОГО НАПОРА).

Скороподъёмность в 3 м/сек по причине ошибок показаний вариометра выглядит как 2,35 м/сек, и кольцо устанавливается на это значение. Полёт, кажущийся оптимальным, в спокойном воздухе получается при показаниях скорости 144 км/час, которые будут соответствовать фактической скорости в 163 км/час. При этой скорости спуск получается 1,75 м/сек, показания вариометра составят, однако, только 1,4 м/сек. Так как кольцо было установлено на ошибочное значение подъёма 2,35 м/сек, показание оптимальной скорости получается равным 144 км/час. Оптимально мы бы летели при показаниях указателя скорости 150 км/час.

С использованием массоизмеряющего (температурного) вариометра, мы летим на заниженной скорости.

В лётной практике есть довольно известная тенденция, когда с кольцом Мак-Креди летят в зависимости от приборов несколько быстрее или медленнее, чем это соответствует показаниям оптимальной скорости. Любители

точности могут изготовить различные кольца для каждой высоты полёта. При этом необходимо использовать полярную соответствующей высоты полёта и оси скоростей V и W , разметать с учётом ошибок показаний прибора.



На рисунке показана полярная скорости планера «АСВ-15» с нагрузкой на крыло 28 кг/м.кв. для высоты полёта 2500 метров с поправкой скоростей на ошибки указателя скорости.

с). ВАРИОМЕТР ОПТИМАЛЬНОЙ СКОРОСТИ (ОПТИМИЗАТОР).

Наряду с изменением полярной, а вместе с ней и кривой оптимальных скоростей (калькуляторной кривой) ошибки показаний вариометра оптимальных скоростей на больших высотах обусловлены и другими факторами.

-Течение воздуха через капилляр оптимизатора прямо зависит от показаний указателя скорости. Во время планирования оно изменяется благодаря движущемуся воздуху даже тогда, когда показания оптимизатора постоянны.

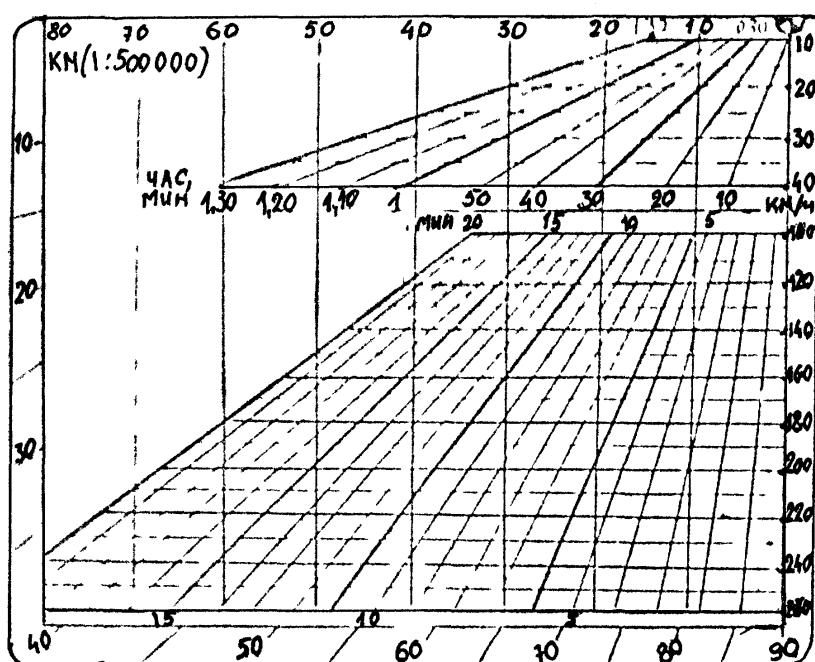
-Течение воздуха через вариометр зависит от установки нуля и от выбранного значения показаний оптимизатора. Во время планирования это течение из-за движущегося воздуха не изменяется.

Оба течения с высотой изменяются, поэтому ошибки оптимизатора соединяются очень комплексно, тем более, что присоединяются изменения от полярной и калькуляторной кривой.

На основе некоторых практических примеров, которые также просчитывались теоретически, можно дать следующие рекомендации для полёта с оптимизатором на больших высотах:

1. Скороподъёмность в восходящем потоке следует определять с помощью вариометра такого же типа, как и вариометр, на основе которого сделан оптимизатор, т.е. использовать или два объёмно-измеряющих или два массоизмеряющих прибора.
2. Чем быстрее спускается планер в прямолинейном полёте, тем большие ошибки показаний в сторону слишком большой скорости.
3. Ошибки массоизмеряющих приборов могут оказаться выше.

ЛИНЕЙКА СЧИСЛЕНИЯ ПУТИ (ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ПРИ ПОЛЁТЕ ВНЕ ВИДИМОСТИ ЗЕМЛИ).

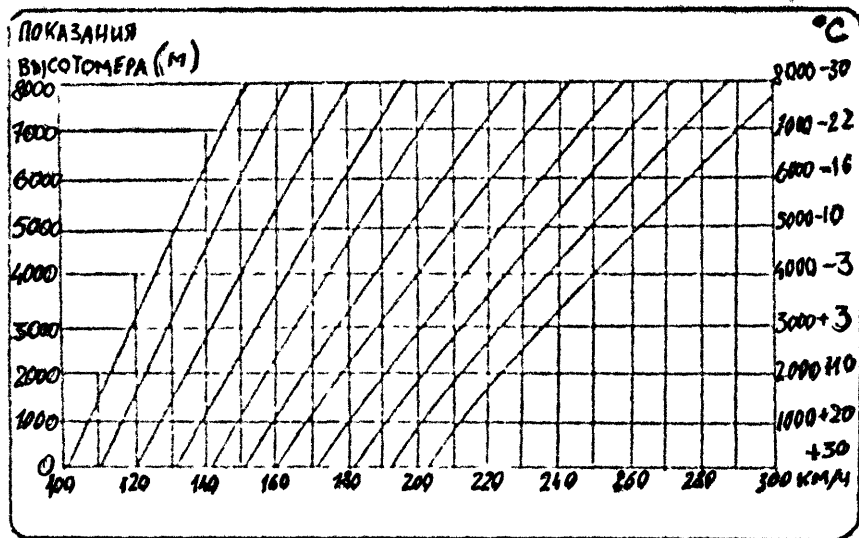


Нижее поясняется устройство линейки, изображенной на рисунке. В верхней части линейки имеется километровая разметка для карт масштаба 1:500000 (при масштабе 1:250000 измеренные результаты делить пополам). На правой стороне линейки расположены скорости ветра от 10 до 40 км/час и собственные скорости планера от 100 до 260 км/час. Красные линии, проходящие наискось слева снизу – направо вверх означают время полёта, в течение которого происходит полёт в определённом направлении.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ В ДАННЫЙ МОМЕНТ.

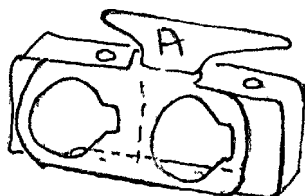
Линейка накладывается на карту так, чтобы точка отсчёта лежала в последней известной точке местоположения. Сначала определяется точка отбоя ветром, для чего линейка устанавливается в соответствующем направлении ветра, и по скорости ветра и времени полёта находим снос. Затем из новой точки прокладывается вторая линия в направлении магнитного курса и по воздушной скорости и времени полёта находится удаление, т.е. искомое местоположение в данный момент.

Необходимую истинную воздушную скорость получаем по графику на обратной стороне линейки.



Он представляет собой зависимость истинной воздушной скорости от приборной для различных высот полёта.

ФОТОДЕРЖАТЕЛЬ.

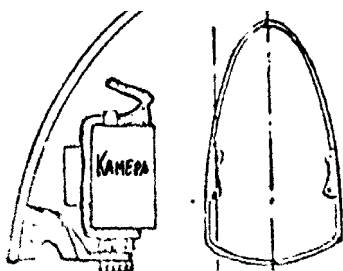


А – спусковая планка.

На рисунке изображён фотодержатель для двух камер типа «Инстматик». Он изготавливается из листового алюминия толщиной 2мм.

Если фотодержатель расположен так, что ось объектива камеры расположена под углом 90° к оси планера, то затем в полёте мы получим желаемые снимки, на которых в заднем верхнем углу виден конец крыла. При съёмке прицеливаются крылом планера и нажимают спусковую планку в тот момент, когда объект съёмки появляется непосредственно перед законцовкой крыла. При желании можно изогнуть спусковую планку несколько асимметрично, так, чтобы при нажатии один фотоаппарат срабатывал несколько раньше другого.

Камера на фотодержателе укрепляется с помощью штативного винта, а он, в свою очередь, с помощью штативного винта на накладке.



Если на фотодержатель установить также дистанционный спуск, то это даёт дополнительное преимущество и упрощает съёмку.

ДОПОЛНЕНИЯ.

ДОПОЛНЕНИЕ 1: ОСНОВЫ ТЕОРИИ ПОЛЁТА СПОСОБОМ «ДЕЛЬФИН»

Данная часть, скорее всего не входила в оригинальное издание книги и была добавлена редакцией при издании перевода.

В наши дни достижения планеристов в большей мере основывается на положениях и выводах теории оптимизации парящего маршрутного полёта. Поэтому с одной стороны, весьма актуальна задача совершенствования этой теории в комплексе с вопросами улучшения аэродинамики планеров, их приборного оборудования и развитием планерной метеорологии.

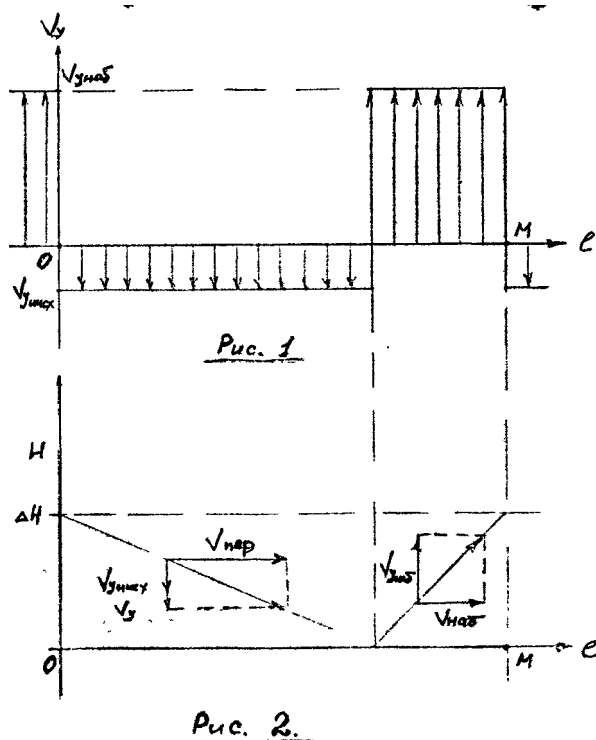
С другой стороны, столь же актуальным является требование, чтобы каждый знал и умел применять в полёте теорию оптимизации, без чего невозможен устойчивый спортивный рост и высокие результаты.

Эта статья предназначена прежде всего для молодых спортсменов и ставит целью показать взаимосвязь теории «классического полёта» (с набором высоты спиралью) и способа «Дельфин», а также раскрыть физический смысл величин, входящих в основное уравнение теории.

Способ полёта «Дельфин» освоен сравнительно недавно и обязан своим рождением росту лётных данных планеров. Современные ламинарные профили в сочетании с большими удлинениями крыла, высокой удельной нагрузкой и другими факторами обеспечивают малое собственное снижение планера на больших скоростях. Если оказывается, что восходящие потоки широкие и расположены достаточно часто вдоль линии пути, то после перехода от одного потока к другому потеря высоты мала и нет необходимости становиться в спираль. Высота восстанавливается путём пролёта зоны восходящего потока на некоторой небольшой скорости – например, на экономической.

Динамичный полёт планера с частым чередованием восходящих и нисходящих участков напоминает движение дельфина в воде, откуда и название способа. Наиболее подходящие условия для полёта «Дельфином» существуют под облачными грядками.

Приняв модель распределения вертикальных потоков вдоль линии пути планера, изображённую на рис.1, рассчитаем среднюю скорость на отрезке ОМ при условии, что высота теряемая при полёте через нисходящий поток, равна высоте, набираемой планером при прямолинейном полёте через восходящий поток на скорости $V_{наб}$. Траектория полёта при этом показана на рис.2.



Основные обозначения:

L - протяженность нисходящего потока (длина перехода между восходящими потоками);

D - протяженность восходящего потока;

V_{Yнисх} - вертикальная скорость нисходящего потока;

V_{Yвосх} - вертикальная скорость восходящего потока;

V_Y – вертикальная скорость собственного снижения планера;

V_{Yнаб}=V_{Yвосх}-V_Y - скороподъемность планера в восходящем потоке;

V_{пер} - скорость полёта в области нисходящего потока (скорость перехода);

V_{наб} - скорость полёта в восходящем потоке;

ΔH - потеря высоты в нисходящем потоке, равная набору в восходящем;

T_{пер} - время перехода (полёта через нисходящий поток);

T_{наб} - время полёта через восходящий поток (набора высоты);

V_{ср} - средняя скорость полёта.

Средняя скорость на отрезке определяется формулой: $V_{ср} = \frac{L + D}{T_{пер} + T_{наб}}$ (1);

поскольку: $L = V_{пер} \cdot T_{пер}$ (2); $D = V_{наб} \cdot T_{наб}$ (3);

то получается $V_{ср} = V_{пер} \frac{T_{пер}}{T_{пер} + T_{наб}} + V_{наб} \frac{T_{наб}}{T_{пер} + T_{наб}}$ (4);

введем обозначение: $\bar{T}_{наб} = \frac{T_{наб}}{T_{пер} + T_{наб}}$ (5), где $\bar{T}_{наб}$ - относительное время затраченное на набор высоты;

$\bar{T}_{пер} = \frac{T_{пер}}{T_{пер} + T_{наб}}$ (6), где $\bar{T}_{пер}$ - относительное время, затраченное на переход

между восходящими потоками.

Тогда уравнение (4) принимает вид: $V_{ср} = V_{пер} \cdot \bar{T}_{пер} + V_{наб} \cdot \bar{T}_{наб}$ (7).

Преобразуем формулы (5) и (6), используя следующие зависимости:

$T_{пер} = \frac{\Delta H}{V_{Yнисх} + V_Y}$ (8); $T_{наб} = \frac{\Delta H}{V_{Yнаб}}$ (9);

получаем:

$\bar{T}_{наб} = \frac{\frac{\Delta H}{V_{Yнаб}}}{\frac{\Delta H}{V_{Yнисх} + V_Y} + \frac{\Delta H}{V_{Yнаб}}} = \frac{V_{Yнисх} + V_Y}{V_{Yнаб} + V_{Yнисх} + V_Y}$ (10);

$\bar{T}_{пер} = \frac{\frac{\Delta H}{V_{Yнисх} + V_Y}}{\frac{\Delta H}{V_{Yнисх} + V_Y} + \frac{\Delta H}{V_{Yнаб}}} = \frac{V_{Yнаб}}{V_{Yнаб} + V_{Yнисх} + V_Y}$ (11);

Окончательно, подставим формулы (10) и (11) в уравнение (7), получаем общее уравнение для определения средней скорости полёта планера:

$V_{ср} = V_{пер} \cdot \frac{V_{Yнаб}}{V_{Yнаб} + V_{Yнисх} + V_Y} + V_{наб} \cdot \frac{V_{Yнисх} + V_Y}{V_{Yнаб} + V_{Yнисх} + V_Y}$ (12);

Первое слагаемое правой части – суть отражение теории Мак-Креди, дающее среднюю скорость при «классическом» полёте со спиральными наборами. Второе же слагаемое определяет приращение средней скорости за счет того, что при наборе планер не кружится на месте, а летит по прямой (по маршруту) с поступательной скоростью **V_{наб}**.

Таким образом, формула средней скорости «классического» полёта получается из уравнения (12) как частный случай при **V_{наб}=0** (набор в спирали).

Представим уравнение (12) в следующем виде: $V_{ср} = V'_{ср} + \Delta V_{ср}$ (13),

где **V'_{ср}** – средняя скорость полёта со спиральными наборами в заданных метеоусловиях,

ΔV_{ср} – приращение средней скорости при полёте способом «Дельфин» в тех же условиях.

Тогда можно написать:
$$V'_{cp} = V_{пер} \cdot \frac{V_{ynaб}}{V_{ynaб} + V_{ynисx} + V_Y} \quad (14);$$

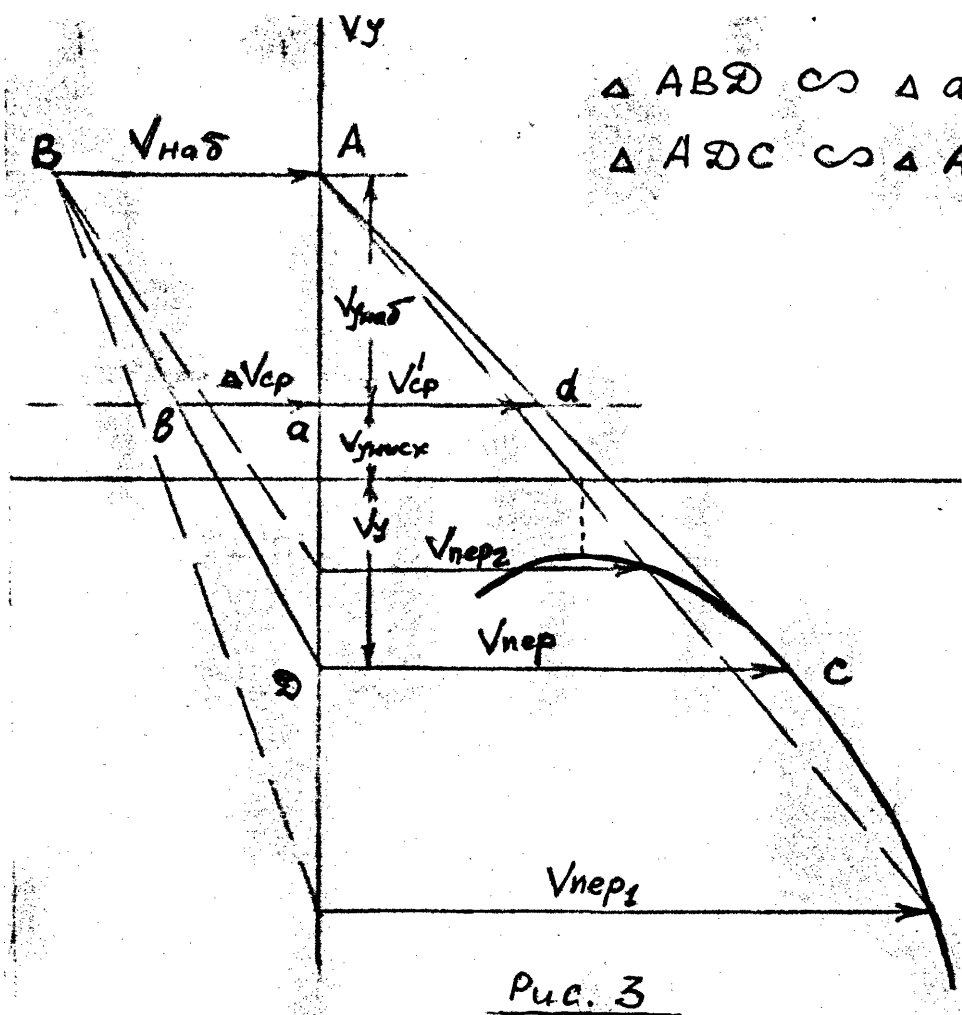
$$\Delta V_{cp} = V_{наб} \cdot \frac{V_{ynисx} + V_Y}{V_{ynaб} + V_{ynисx} + V_Y} \quad (15).$$

Каждое из уравнений (14) и (15) позволяет дать весьма наглядную интерпретацию в виде геометрического построения. Для этого перепишем (14) и (15) в виде пропорции:

$$\frac{V'_{cp}}{V_{ynaб}} = \frac{V_{пер}}{V_{ynaб} + V_{ynисx} + V_Y} \quad (16);$$

$$\frac{\Delta V_{cp}}{V_{ynисx} + V_Y} = \frac{V_{наб}}{V_{ynaб} + V_{ynисx} + V_Y} \quad (17).$$

Построения в системе координат скоростной поляры с использованием подобия векторных треугольников показаны на рис.3.



Сумма отрезков **ba** и **ad** даёт величину средней скорости при полёте способом «Дельфин».

Оптимальная скорость перехода определяется также, как и в классической теории – путём проведения касательной к поляре из точки с ординатой, равной сумме $V_{ynaб} + V_{ynисx}$.

Другими словами, кольцевой калькулятор на вариометре сохраняет свое значение и при полёте «Дельфином», при этом он устанавливается на полное значение скороподъёмности в восходящих потоках. Если такая установка ведёт к избытку высоты (полёт под очень мощной грядой), то выгодно повышать установку калькулятора (и соответственно – скорость) настолько, чтобы траектория стала в среднем горизонтальной. При этом оказывается, что уменьшение V'_{cp} за счёт неоптимальной скорости компенсируется увеличением ΔV_{cp} (построение для $V_{пер1}$ на рис.3).

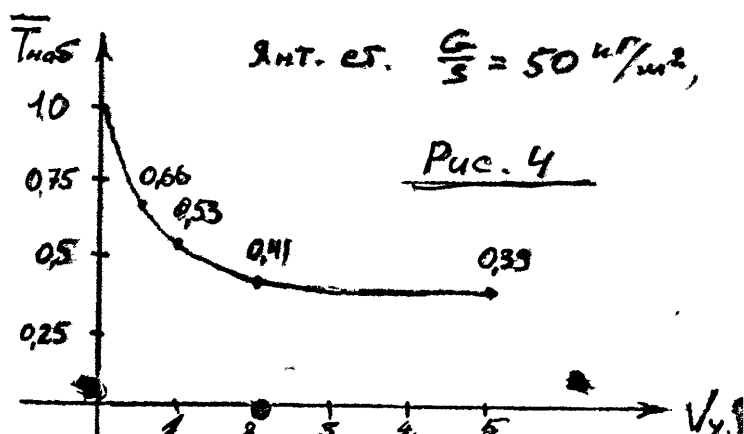
Однако если полёт с правильной установкой калькулятора ведёт к дефициту высоты (потери за переход больше, чем набор в восходящем потоке), то снижать установку калькулятора нельзя, так как уменьшение скорости ниже оптимальной снижает как V'_{cp} так и ΔV_{cp} (построение для $V_{пер2}$ на рис.3).

В этом случае оптимальным будет полёт «дельфином» с правильной установкой калькулятора, а накапливающийся дефицит высоты следует восполнять в наиболее сильных потоках спиралями.

Сравнивая формулы (13) и (7) можем написать:

$$\Delta V_{cp} = V_{наб} \cdot \bar{T}_{наб} \quad (18);$$

То есть, при чистом «Дельфине» приращение средней скорости пропорционально относительному времени набора, определяемому по формулам (5) или (11). Следует отметить, что выводы, сделанные нами из рассмотрения отдельного отрезка маршрута, можно распространить на весь полёт, если оперировать средними по маршруту значениями $V_{Yнаб}$ и $V_{Yнисх}$.



На рис.4 приведена зависимость относительного времени набора при полёте планера Янтарь-Стандарт в потоках различной скороподъёмности. Величина скорости в восходящем потоке $V_{наб}$ лежит обычно между экономической и минимальной. Принимая для Янтарь-Стандарт $V_{наб}=V_{эк}=97$ км/час и используя график рис.4, по формуле (18) для $V_{Yнаб}=2$ м/сек получаем:

$$\Delta V_{cp} = 97 \cdot 0,41 = 40 \text{ км/час}.$$

Если приходится сочетать полёт «Дельфином» и классический, то в формулу (18) вместо $\bar{T}_{наб}$ надо подставить ту его часть, что затрачена на набор в прямолинейном полёте. Если в приведенном примере половина всей высоты набрана спиралями (считаем скороподъёмность везде постоянной), в расчёте берём половину $\bar{T}_{наб}$, найденному по графику, и $\Delta V_{cp}=20$ км/час.

Из того же графика видно, что полёт «Дельфин» особенно полезен при слабых потоках (менее 1,5 м/сек), так как при этом растёт относительное время наборов. В частности, при $V_{Yнаб}=0$ $\bar{T}_{наб} = 1$, это значит что полёт без потери высоты возможен в восходящем потоке, компенсирующем минимально возможное снижение планера, т.е. на экономической скорости.

В этом случае выражение (16) теряет смысл, так как оно содержит в знаменателе величину $V_{Yнаб}$, равную нулю. Следовательно, теряет смысл и его графическая интерпретация (справа от вертикальной оси на рис.3). Физически это значит, что полёт на любой другой скорости, кроме экономической, связан с потерей высоты, восстановить которую невозможно.

А формула (17) и её графическая интерпретация (слева от вертикальной оси на рис.3). даёт при $V_{Yнаб}=0$ значение

$$\Delta V_{cp} = V_{эк},$$

подтверждая тот факт, что полёт по маршруту возможен только на $V_{эк}$ способом «Дельфин», если на планер воздействует восходящий поток равный его минимальному снижению.

ДОПОЛНЕНИЕ 2: ПЛАНЕР ASW-15.

На протяжении книги автор часто ссылается на планер ASB-15 (ASW-15), для получения более полной картины

мы решили включить небольшое описание этого планера в качестве дополнения.

Спортивный планер Стандартного Класа

Schleicher ASW-15



Характеристики

- Размах крыльев 15.0 м.
- Длина планера 6,48 м.
- Высота планера 1,45 м
- Площадь 10,68 кв.м.
- Удлинение 20,45
- Профиль крыла FX61-163 / FX60-126
- Вес пустого 205 кг
- Полезная нагрузка 113 кг.
- Водобалласт отсутствовал на момент начала выпуска.
- Общий вес 318 кг.
- Структура: фибергласс и бальса слоями.

Летные качества

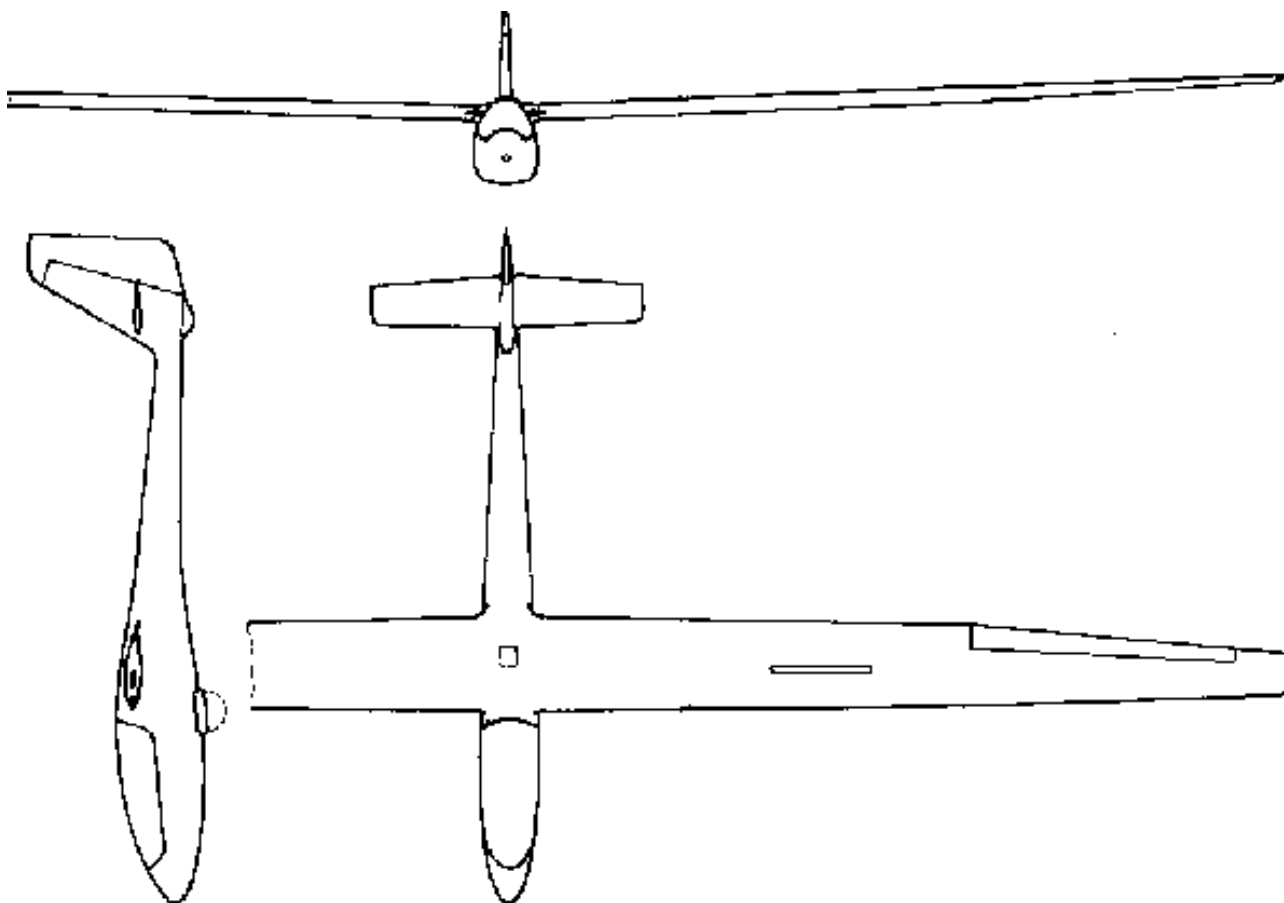
- Максимальное аэродинамическое качество 38
- Скорость МАК 89км/ч
- Минимальное снижение 0,58 м/с
- Минимальная скорость полета (эволютивная) 63 км/час
- Максимальная скорость 220 км/час.

Разное

- Страна производитель Германия
- Конструктор Gerhard Waibel
- Количество мест 1

ASW-15, который впервые взлетел в 1968 году, был первым планером Шляйхера (Schleicher) из композитов в стандартном классе. Без водобалласта, согласно правилам того времени для Стандартного Класса. Имел цельно поворотный горизонтальный хвост и металлические аэродинамические тормоза. После изменения правил Стандартного Класса, и разрешения водобалласта, были установлены водобалластные баки по 38 кг в каждое крыло, укреплен киль, удлинена кабина, увеличены рули и увеличена масса.

Три вида планера:



ЛИТЕРАТУРА.

Список литературы не восстанавливался, в виду бесполезности траты времени (причины: годы издания, скорее всего ни одно из приведенных изданий или статей не переводилось на русский язык), поэтому приводится так как он есть:

Л И Т Е Р А Т У Р А.

КНИГИ.

1. С.Е. Веллингтон: Метеорология для планериста. Франкфурт/М, 1967
2. В. Георгии: Лётная метеорология. Франкфурт/М, 1956
3. В. Георгии: Метеорологическая навигация для планеризма. Брауншвейг, 1969
4. Р. Скорер: Облака мира, Невтон Аббот, 1972
5. Х. Фортас: Метеорология, Берлин и Дамштадт, 1971
6. Ф. Вейнхольц: Основы теории современного полёта по маршруту на планере. Вохум, 1967
7. Ч. В. Калкреуч: Парение над Альпами, Штутгарт, 1972
8. В. Кассера: Полёт без мотора. Штутгарт, 1972
9. Публикации OSTIV (Organisation Scientifique et Technique du Vol à Voile, Aviodone, Schiphol Centrum, Amsterdam)
9. М. Хаубенхордер: Механика полёта по спирали.
10. С.Е. Веллингтон: Прогнозирование для планеризма.

Публикация № 7

- | | |
|---|----|
| 11. Н.Н. Кветтнер: Облачные гряды | 9 |
| 12. Р. Скорер: Анабатические ветры | 9 |
| 13. Х. Макш: Волновые течения над конвективными грядами | 10 |
| 14. С.Е. Веллингтон: Расчёты подветренных волновых течений, содержащих роторы | 10 |
| 15. Д. Коновалов: О строении термиков | 11 |
| 16. Н.Н. Кветтнер: Парение в термических волнах | 11 |
| 17. В. Тетенхорд и В.К. Болл: Современные системы вариометров | 12 |
| 18. И. Бестербсер: Достижения электроники - для планерного спорта | 13 |

ПУБЛИКАЦИИ В СПЕЦИАЛЬНЫХ ЖУРНАЛАХ ПО ПЛАНЕРИЗМУ.

Немецкий аэроклуб,
Аэроклубер, изд. Нефанг, Гельзенкирхен
Авиаспорт, изд. для авиаспорсменов и воздушных пассажиров,
Вохум.

- Аэрореву , национальная газета, Газель.
- Планеризм, Британская ассоциация планеризма , Лондон
Tailot & Francis, Basingstoke, Hants
- 19.Г. Хут: Проблемы эффективности полёта на планере. Немецкий аэроклуб 3/63
- 20.Э.Томас: Влияние расчётного аэродинамического качества на эффективность полёта на планере. Аэрокурьер 12/1971
- 21.Х. Маурзон, Х. Зашер: Полётные измерения на 25 планерах. (немецкое исследовательское учреждение по воздушному и космическому движению). Аэрореву 10,11,12/1973
- 22.А. Бохли: Один новый компас для полётной навигации. Аэро-реву 4/1973
- 23.Р. Комте: Параметры планирующих полётов. Аэрореву 11/1971
- 24.Брюккнер: Упрощённый полёт по маршруту с неттовариометром и оптимизатором. Авиаспорт 3/1973
- 25.Р. Комте: К теории оптимизации прыжков. Аэрореву 1/1972
- 26.Р. Комте: "Каждый себе банкомёт" Затяжной прыжок в практике. Аэрореву 2/1972
- 27.П. Антвайлер: К теории стиля "дельфин". Авиаспорт.6/1972
- 28.Т. Бредбури: Погода на высоте 40 000 футов. Планеризм, 8,9/1972
- 29.Г. Вайбель: Размышления о смысле и возможностях годеаного балласта в планерах стандартного класса. Аэрокурьер,6/1973
- 30.Х. Бурцауэр: Ошибки показаний компасов. Аэрокурьер,3/1973
- 31.К. Нонас: Возможности эффективности и их пределы для планеров различных классов. Аэрокурьер, 8/1974
- 32.Х. Райхманн: Ошибки показаний в системе " кольцо Мак-Кре-ди - вариометр". Авиаспорт, 4/1973
- 33.А. Райхманн: Вынужденные посадки. Авиаспорт, 7/1973
- МЕТОДИЧЕСКИЕ СООБРАЖЕНИЯ О СОРЕВНОВАНИЯХ ПО ПАРЯЩЕМУ ПОЛЁТУ
- 34.Г. Фредер: Правила соревнований по парящему полёту.
- 35.Г. Мюрат: Полёт на малых высотах. 1969

- 36.А.Г. Мор: Системы электронных вариометров. 1969
- 37.Смит и Шредер: Факторы, влияющие на критические решения, 1969
- 38.Смит: Философия победы. 1969
- 39.А.Г. Мор: Системы вариометров. Часть 2, 1970
- 40.Смит: Философия победы. Часть 2, 1970
- 41.Коллектив авторов: Гудхарт, Мофат, Шредер, Смит: Как практически улучшить проведение соревнований. 1970
- 42.Г. Мофат: Задача стратегии, 1971
- 43.А.Н. СМИТ: Решения о взлёте и посадке. 1971
- 44.Н. Байт: Подготовка планера к соревнованиям. 1971
- OTHER REFERENCES.
- 45.Сборные работы немецких исследовательских учреждений по планеризму. Рон-Розиттенское общество.
- 46.К. Финдлеманн: Ветровые волны в лётной метеорологии. Метеорологические статьи. F. U. Герлин 89/4, Герлин 1971
- 47.Л. Грене, Е. Кауэр: Некоторые критические наблюдения к теории Мак-Креди. Сообщение 8 Филиппа Фтюга. Ахен, 1973
- 48.Е.Кауэр: Теория полёта Мак-Креди. Сообщение 9 Филиппа Фтюга. Ахен, 1973
- 49.Е. Кауэр, Х.И. Кунгингер: Планеризм в стиле "дельфин". Сообщение 10 Филиппа Фтюга. Ахен, 1973.
- 50.Н. Гербер: Ecoulement de l'air au voisinage immédiat du relief. Intern. Wiss. Kongress über Jet-stream und Wellenströmung. Politecnice di Torino, 1959