РУКОВОДСТВО
ПИЛОТАМ

СЛА



РУКОВОДСТВО ПИЛОТАМ СЛА

Учебник для пилотов мотодельтапланов и микросамолетов

Перевод с французского

Том 1

Во время командировки группы украинских спортсменов во Францию, связанной с подготовкой международного авиаралли на СЛА Киев — Одесса, французские коллеги любезно подарили новый и лучший в Европе учебник для пилотов СЛА.

Из-за отсутствия учебной и методической литературы по моторным СЛА в нашей стране, эта книга приобретает особую ценность и несомненно принесет большую пользу для пилотов СЛА в СНГ.

Так как объем книги большой, она разделена на два тома. Надеемся, что, изучив их, Вы быстрее станете настоящим "ассом".

Печатается по изданию
Direction Generale de L'Aviation Civile.
Service de Formation Aeronautique et du Controle Technique.
"Manuel du pilote ULM"
CEPADUES-EDITIONS
1990 г.

Перевод с французского

Художественное оформление
Н.Н. Бабенко

Редактор
А.Н. Збродов

Издательство "Полиграфкнига"
по заказу Малого коммерческо-производственного
предприятия

ISBN 5-7707-0870-0

© МКПП,1993

ПРЕДИСЛОВИЕ

Теперь часто говорят о "феномене СЛА". И к этому, кстати, есть все основания — такой феномен действительно имеется. Он возник из сочетания образа жизни, связанного с цивилизацией развлечений и свободы, с административными усилиями по "дерегламентации". Это последнее обстоятельство имеет важное значение, которое следует четко себе представлять.

Кодекс гражданской авиации называет летательным аппаратом все, что может подниматься или двигаться в воздушном пространстве, и накладывает на все летательные аппараты жесткую систему правил и разрешений. Хотя здравый смысл и позволил избежать применения требований кодекса гражданской авиации к телеуправляемым моделям или, еще хуже, к детским воздушным шарикам, сверхлегкие планеры и моторизованные сверхлегкие планеры являются первыми летательными аппаратами, которым официально предоставлен очень либеральный статус.

Однако эта дерегламентация не уничтожила опасностей, связанных с воздушными полетами — даже напротив! — и те, кто пользуется ее плодами, сталкиваются на персональном уровне с проблемами, которые раньше за них решала система правил.

В этом случае уже не требуется ни сертификата о годности летательного аппарата к полету, ни соблюдения регламента технического обслуживания, ни официального подтверждения способностей пилотировать, но означает ли это, что пользователи могут больше не интересоваться этими проблмами? Конечно, нет, так как у них есть постоянные (и какие !) судьи — Гравитация, Динамика, Метеорология, Сопротивление материалов и их собственная Физиология — вердикты которых обжалованию не подлежат. Поэтому книга, которую Вы держите в руках, имеет целью научить Вас бороться с этими трудностями с тем, чтобы Вы могли безопасно заниматься этим видом деятельности, столь обогащающим духовно, расширяющим видение мира и тем самым позволяющим ощутить достоинства свободы.

Таким образом, СЛА обладает способностью летать без большого расхода энергии, не причиняя серьезных неудобств третьим лицам, находящимся на земле, и поэтому может быть выведен из сферы действия сложной системы правил, разработанных для более крупных самолетов.

Чтобы очертить эту зону большего либерализма, администрация установила верхние уровни в определении сверхлегкого летательного аппарата (СЛА) :

1) число лиц на борту — не более двух ;
2) масса без пилота — 150 кг для одноместного и 175 кг для двухместного СЛА;
3) несущая поверхность крыла в м ^{2} должна быть больше отношения

$$\frac{\text{масса без пилота}}{10}$$

и больше 10 м^2.

В то же время СЛА и его пилот не могут быть абсолютно свободными. Как и для всякого другого транспортного средства, закон требует, чтобы его владелец мог быть быстро идентифицирован — то есть нужен бортовой номер. Поскольку его пилот не один в воздушном пространстве, он должен знать соответствующие правила движения ("воздушные правила") и, следовательно, должен доказать, что он их знает. Наконец, использование аэродромов и даже " СЛА-поверхностей " (простите за этот неологизм) также связано с некоторыми ограничениями, особенно если вы хотите, чтобы большие надежды, порожденные этой либерализацией, не исчезли из-за слишком большого числа аварий и из-за протестов жителей, слишком подверженных вашим децибелам... Все эти вопросы будут рассмотрены в данной книге что должно помочь вам избежать всякого рода трудностей .

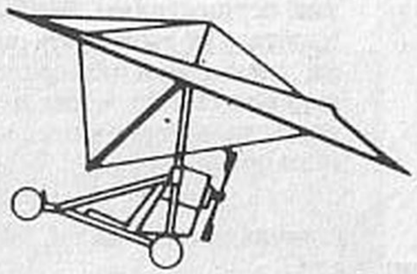
Вы можете купить СЛА — новый или подержанный — готовый к полету. Однако вы можете также приобрести его компоненты и собрать его сами. Более того, вы можете полностью построить свой СЛА самостоятельно по разработанным и должным образом приобретенным планам . Или — почему бы и нет? — можно разработать и сделать свой собственный аппарат. Чем больше трудностей, тем больше открывается возможностей, однако, что бы вы не решили, основные возможности для всех случаев будут здесь представлены.

Чтобы использовать свой СЛА правильно и безопасно, вы должны будете соблюдать целый ряд правил, часть из которых продиктована просто здравым смыслом, часть — опытом тех, кто летает или летал со времен Отто Лилиенталя. Здесь вашему вниманию предлагается результат отбора тех сведений, которые необходимо знать обязательно , которые мы отделили от тех, что можно было бы добавить, но вы могли бы в них утонуть. Имейте в виду — мы не говорим здесь

ничего лишнего. Использование и обслуживание вашего летательного аппарата, которые в большой авиации регулируются очень сложной и продуманной системой правил, здесь полностью ложатся на вас, и единственным контролером является ваше собственное суждение.

И, наконец, Вам придется пилотировать ваш СЛА. Для этого мы собрали здесь необходимые технические сведения, однако на практике мы не можем заменить вам обучения под руководством инструктора, достойного так называться. Но даже когда эта фаза будет успешно пройдена, вы окажетесь один на один с машиной, и бывают примеры, когда машина не реагирует на своего пилота, хотя априори ожидается обратное. Эта задача о взаимодействии пилота и машины с учетом окружения — временного, пространственного, физиологического — имеет достаточно неизвестных, чтобы их комбинация могла давать порой непредвиденные результаты. Только сознание, вооруженное необходимыми защитными механизмами, способно преодолеть всевозможные побуждения, которые исподволь действуют на ваше подсознание. Будущее покажет, в какой мере наши попытки обратить ваше внимание на существование пределов человеческих (и лично ваших) возможностей будут оправданы вашими успехами.

Мы очень старались сделать эту книгу как можно лучше, и мы надеемся, что вы оцените наш труд.





ЧАСТЬ 1

Эта часть носит характер первого знакомства. В ней последовательно описывается пилот — его физиология, его оснащение — машина, а также та среда, в которую вписывается деятельность СЛА .

Здесь вы найдете:

основные элементы СЛА и обычные вспомогательные принадлежности;

используемые технологии и материалы ;

инструменты (анемометр, альтиметр, вариометр, компас) и их назначение;

основные элементы винтомоторной группы;

определение и значение основных геометрических характеристик аппарата;

определение пространственного положения: углы тангажа, крена и курс;

приведение СЛА в движение (оси и органы правленя) ;

использование парашюта (выбор, размещение, приведене в действие обслуживание);

оснащение пилота и пассажира в зимости от предполагаемого полета ;

законодательство , относящееся к пилоту и машине (административные правила и гражданская ответственность);

другие вопросы , охватываемые регламентацией, относящейся к использованию СЛА ;

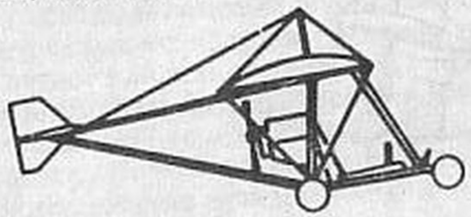
как осуществлять безопасную транспортировку аппарата; как выполнять операции, относящиеся к сборке, проверке и разборке аппарата;

гигиенические меры предосторожности и физиологические ограничения в зависимости от предполагаемого полета.

ОПИСАНИЕ СЛА

Различают три типа СЛА в зависимости от способа пилотажа:

аппараты, пилотируемые с помощью аэродинамических рулей, называемые многоосевыми;



аппараты, пилотируемые путем перемещения центра тяжести, называемые маятниковыми ;



аппараты, пилотируемые с помощью подвесок парашюта, называемые моторизованными парашютами.

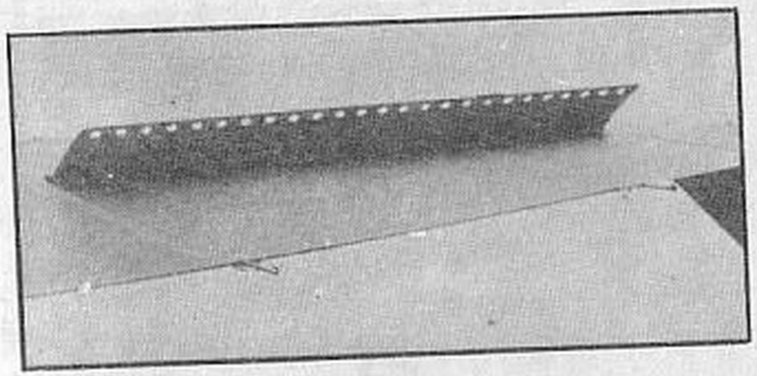
Основные элементы 3-осного СЛА

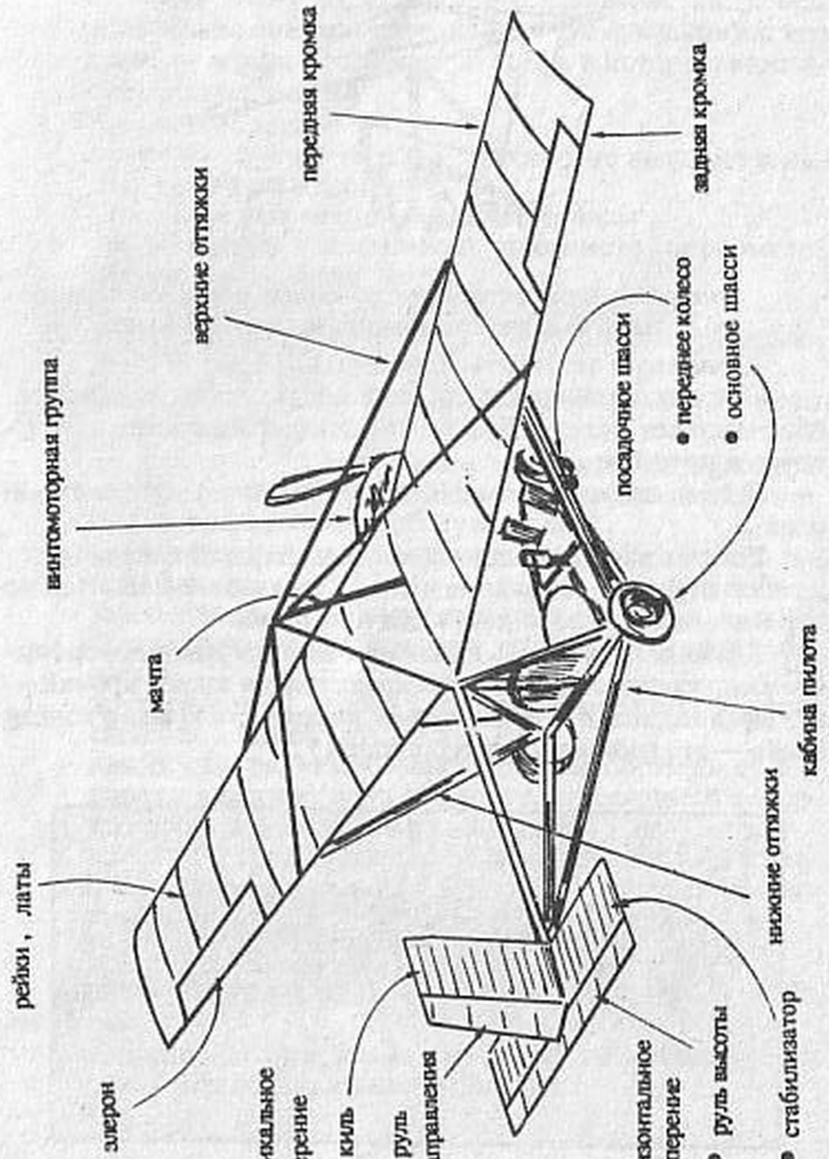
Несущая поверхность, состоящая из двух крыльев, обеспечивает полет СЛА. Крылья поддерживаются оттяжками и мачтами .

Форма несущей поверхности удерживается с помощью реек .

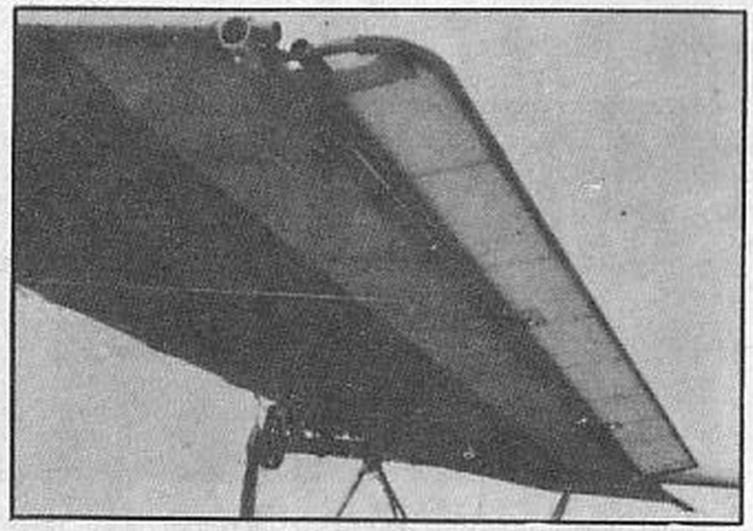
Ребро атаки есть передняя часть несущей поверхности, а ребро отрыва — ее задняя часть. У крыльев имеется также верхняя поверхность и нижняя поверхность .

Крылья могут быть снабжены подвижными поверхностями, расположенными на их краях вблизи задней кромки — это элероны, или в центре верхней поверхности крыла и вблизи краев — это спойлеры (интерцепторы) .





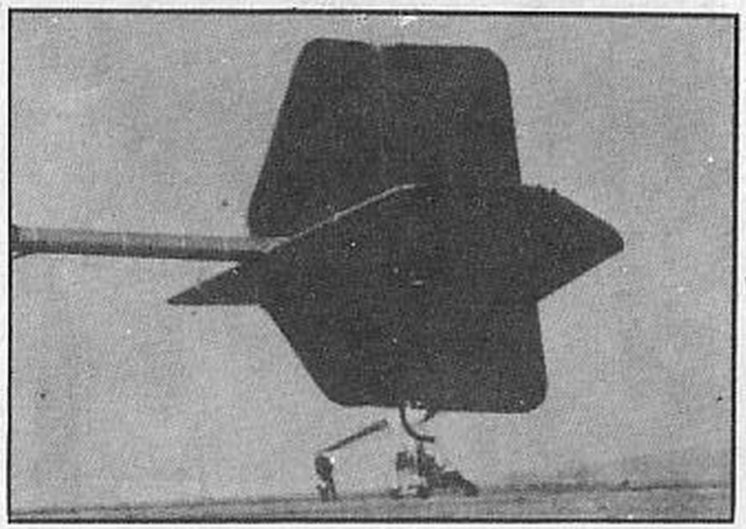
Некоторые СЛА снабжены также подвижными поверхностями между элеронами на задней кромке крыльев — это закрылки .



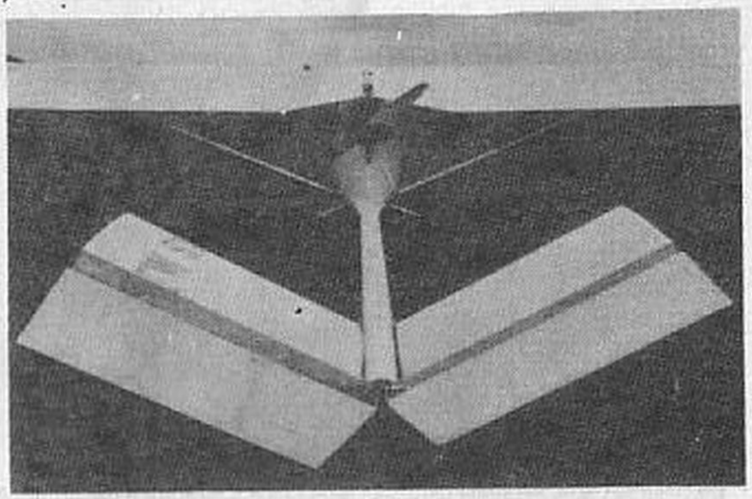
Оперение, расположенное в задней части аппарата, состоит из:

вертикального оперения , называемого также килем, который имеет неподвижиую часть, на которой крепится подвижная часть: руль направления;

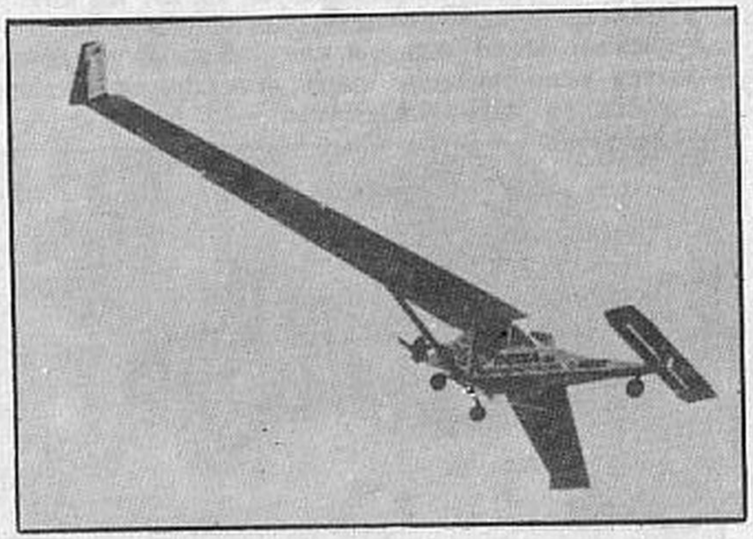
горизонтального оперения, или стабилизатора, который имеет неподвижную часть, н а которой крепится подвижная часть: руль высоты.



Существует особое расположение — V-образное оперение, или "бабочка" — в котором два руля обеспечивают те же функции, что и выше.



Некоторые аппараты не имеют оперения сзади, но обладают приспособлением, подобным горизонтальному оперению, которое располагается перед несущей поверхностью. Такое расположение обычно называется схема "утка".



Кабина пилота, расположенная под стыком двух крыльев, играет роль связующего звена, объединяющего несущую поверхность, оперение, посадочное шасси и винтомоторную группу. В ней находится сидение (или сидения) с ремнями безопасности, инструменты и органы управления. Расположение органов управления может меняться в зависимости от аппарата.

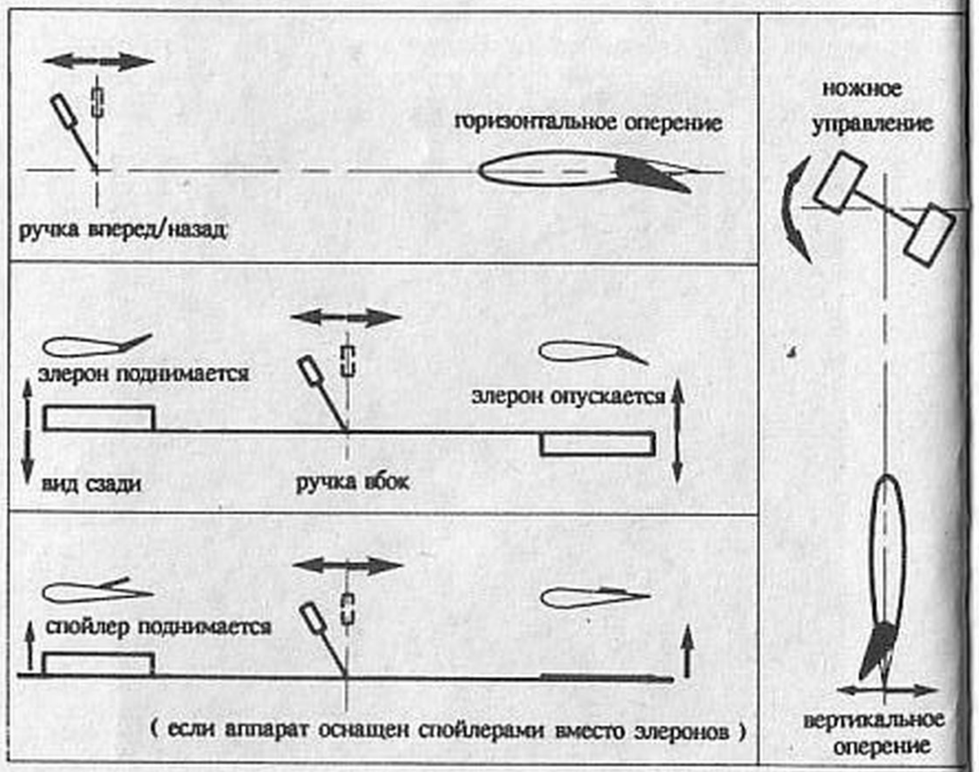
Посадочное шасси состоит из трех колес, из которых обычно переднее направляющее колесо соединяется с кабиной пилота подвесными элементами. Тормозом может быть оснащено переднее колесо, но также и основное шасси.



Ручка управления позволяет управлять рулем высоты и элеронами посредством механизма управления, который представляет собой систему рычагов и тяг, которые могут быть гибкими (тросы) или жесткими (тяги). Если Вы перемещаете ручку вперед (от себя), руль высоты поворачивается вниз, а если вы тянете ее назад (на себя), руль высоты поворачивается вверх. Если вы двигаете ручку в боковом направлении — вправо или влево — при этом элероны одновременно поворачиваются один вверх, а другой вниз. Элерон поднимается с той стороны, куда наклонена ручка.

Если аппарат оснащен не элеронами, а спойлерами, то когда вы двигаете ручку вправо, правый спойлер поднимается, а левый остается на месте, и наоборот.

Ножное управление состоит из двух педалей, поворачивающихся вокруг оси. Их совместное действие позволяет управлять рулем направления. Этот последний поворачивается в ту сторону, с которой вы нажимаете педаль.



Переднее направляющее колесо также может поворачиваться с помощью этих педалей в соответствующем направлении.

Среди аппаратов, пилотируемых с помощью аэродинамических рулей, некоторые , называемые обычно 2-осевыми, не оснащены элеронами, и перемещение ручки в боковом направлении управляет рулем направления. Он поворачивается в ту сторону, куда перемещается ручка. Если такой аппарат оснащен спойлерами, то они приводятся в действие ножным управлением.

Ручка может быть заменена штурвалом. В этом случае поворот штурвала оказывает то же действие на рули, что и боковое перемещение ручки, а перемещение штурвала вперед/назад эквивалентно соответствующим перемещениям ручки.



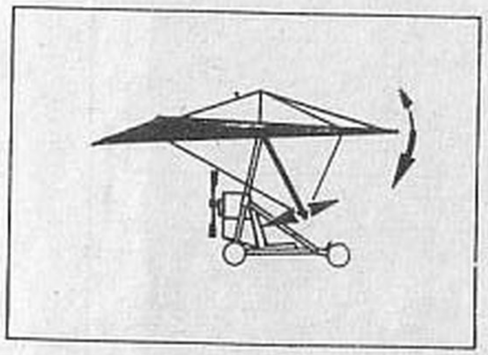
Основные элементы СЛА маятникового типа

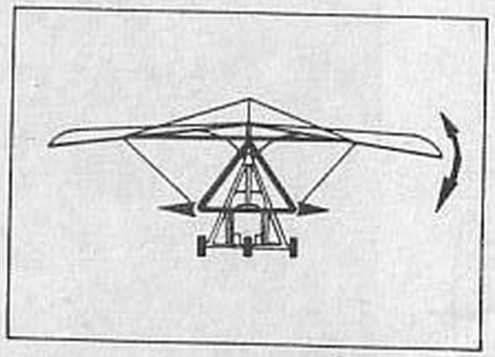
Несущая поверхность представляет из себя "крыло" свободного полета или очень близкого типа. Два полукрыла имеют спереди крыло атаки, а сзади — ребро срыва; форма крыльев поддерживается с помощью реек. Два полукрыла объединены центральной трубкой — килем. Разнос ребер атаки поддерживается двумя трубками, связанными с килем — это поперечины.

Планка управления связана с килем посредством двух держателей. Вместе эти три трубки образуют трапецию. Планка управления, поперечные соединения ребер атаки, концы киля и вершина верхней трубки — мачты — соединены тросами-оттяжками. Система поддерживающих тросов связывает вершину мачты с центральной частью задней кромки крыла. Два ограничителя кручения ограничивают угол поворота крыла на концах ребер атаки.

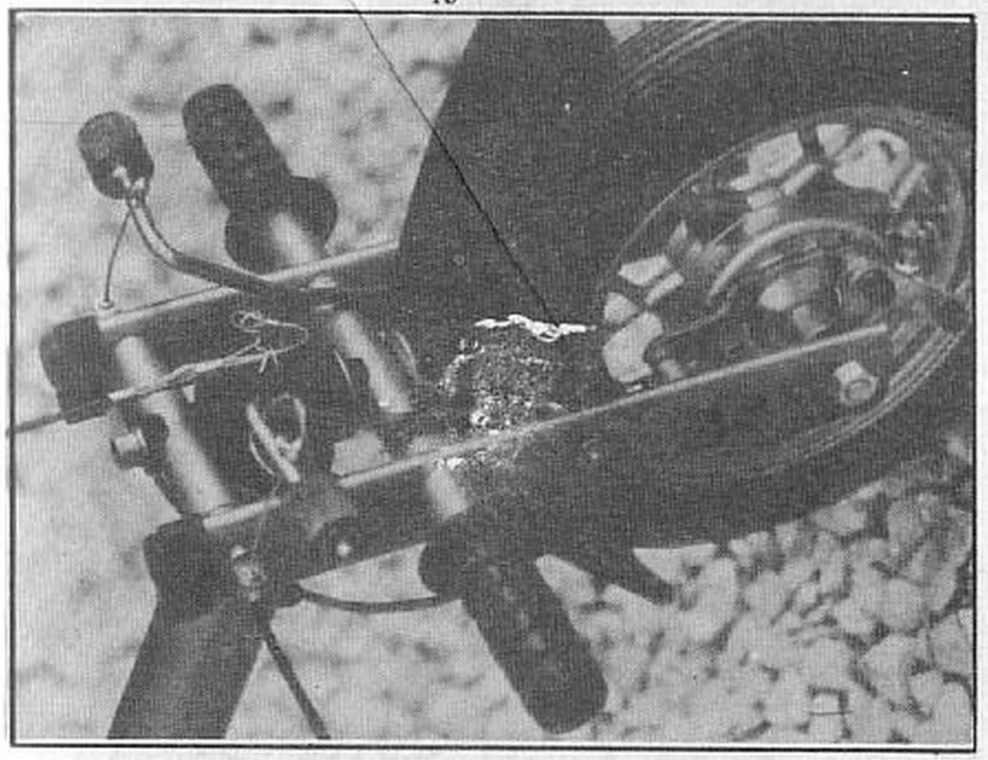
Тележка, в которой расположена кабина пилота, связана с несущей поверхностью с помощью узла подвески, закрепленного на киле. В ней находится одно или два сидения с ремнями безопасности, посадочное шасси и винтомоторная группа. Посадочное шасси состоит из трех колес, переднее направляющее колесо может быть оснащено тормозом и управляется ногами пилота.

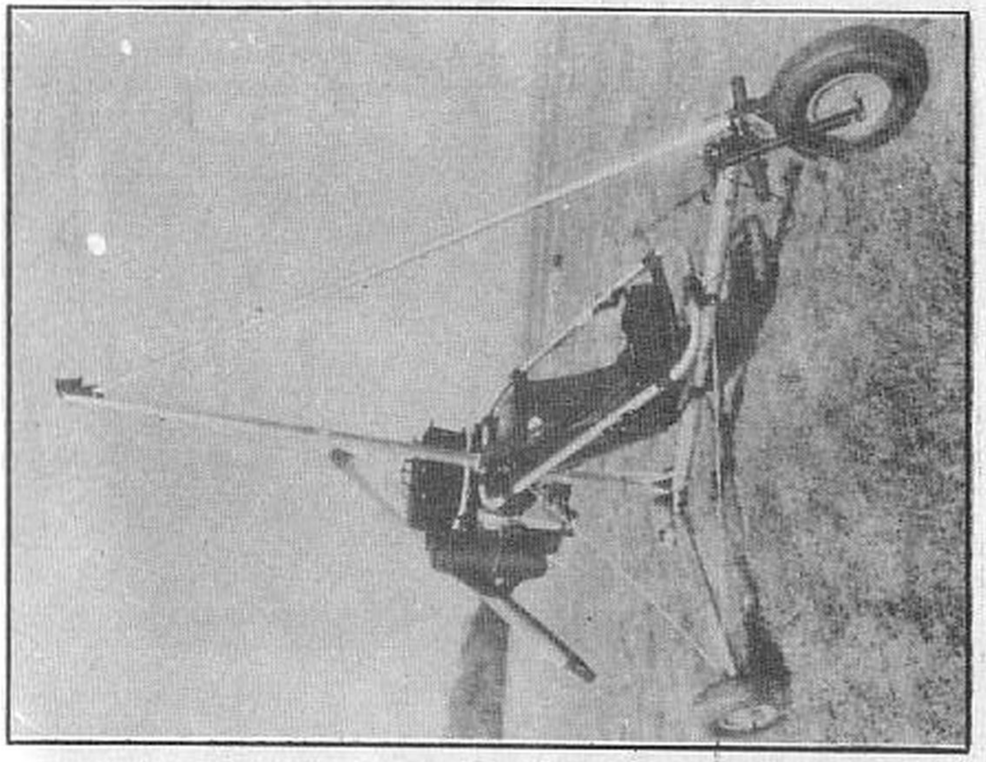
Пилотаж осуществляется путем соответствующего воздействия на планку управления крыла.

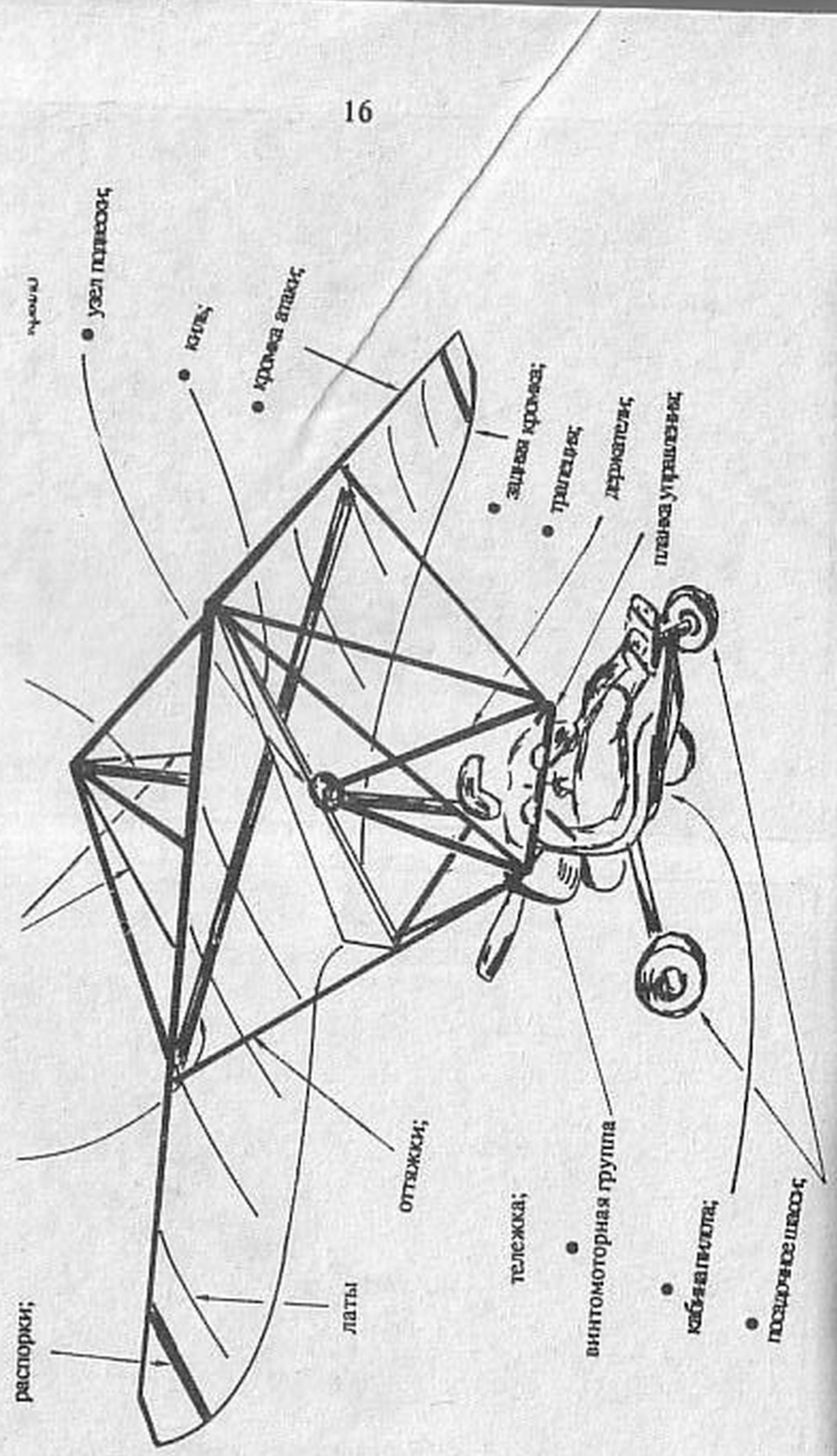




Существуют также гибридные аппараты, использующие смешанный пилотаж путем перемещения центра тяжести и путем воздействия на аэродинамические рули.



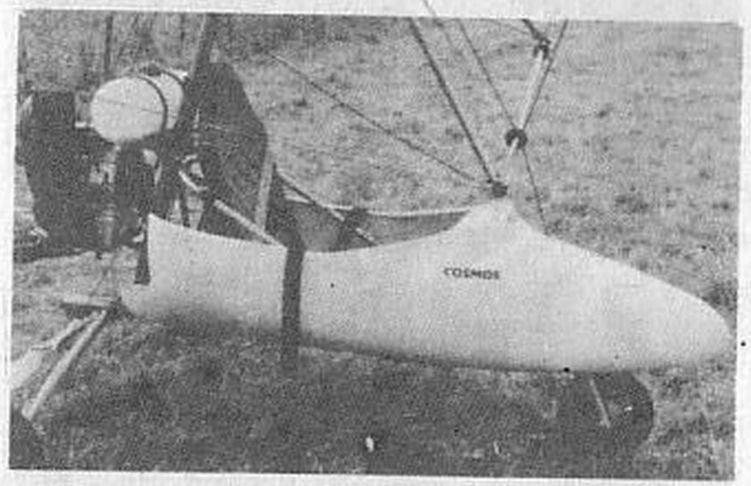




Общее описание обычных вспомогательных приспособлений

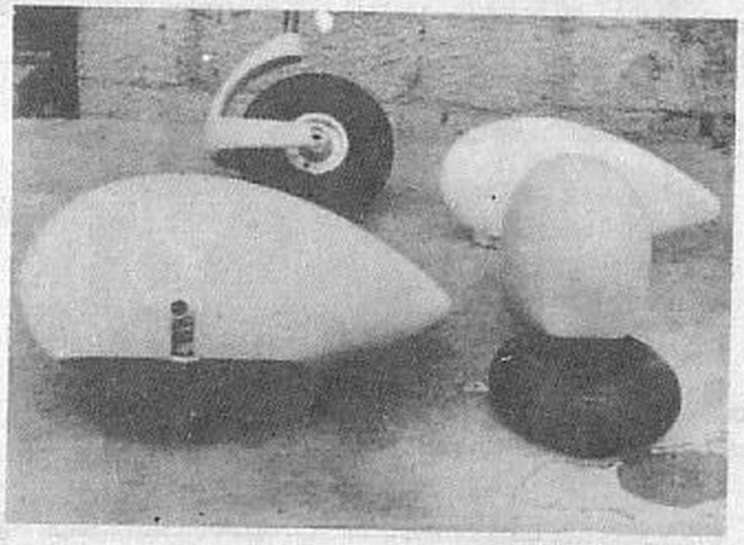
Обтекатели для кабины пилота и ветровое стекло.

Кроме эстетических целей, они предназначены для улучшения рабочих характеристик и повышения комфорта.



Обтекатели для колес

Они также позволяют избежать выброса камешков и т.п. из-под колес при качении.



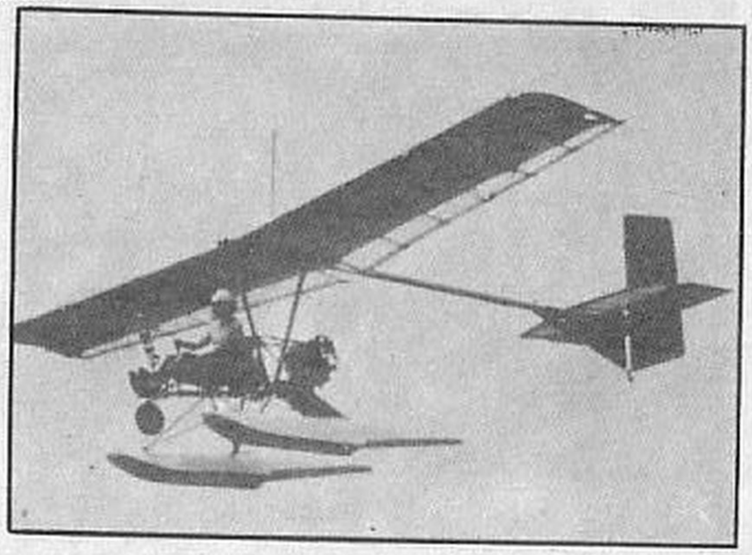
Дополнительный бак

Это приспособление может оказаться необходимым при продленном использовании СЛА. Об особенностях его использования будет рассказано при описании системы питания.



Поплавки

Для использования на водной поверхности посадочное шасси СЛА может быть заменено специальными поплавками .



Лыжи

Закрепленные на колесах или вместо них, они позволяют взлетать и садиться на поверхности, покрытые снегом.



Размер и местоположение некоторых из этих приспособлений могут влиять на летные качества вашей машины. Этот вопрос будет подробно рассмотрен в Части 9.

Используемые материалы и технология

Конструкция СЛА в значительной степени основана на

использовании трубок из алюминиевых сплавов, которые соединяются между собой с помощью резьбовых деталей.

Придание структуре жесткости осуществляется с помощью системы оттяжек. Несущая поверхность, собранная с помощью швов, соединяется с конструкцией и укрепляется посредством реек из алюминиевого сплава.

В конструкции кабины пилота, тележки или других элементов СЛА могут использоваться синтетические волокна и смолы.

Иногда используются также и другие материалы, например стальные трубки, алюминиевые профили, дерево или некоторые синтетические материалы.

Как вы увидите в дальнейшем, использование этих материалов требует опреленного технического обслуживания, которое будет подробно обсуждаться в Части 9.

Инструменты

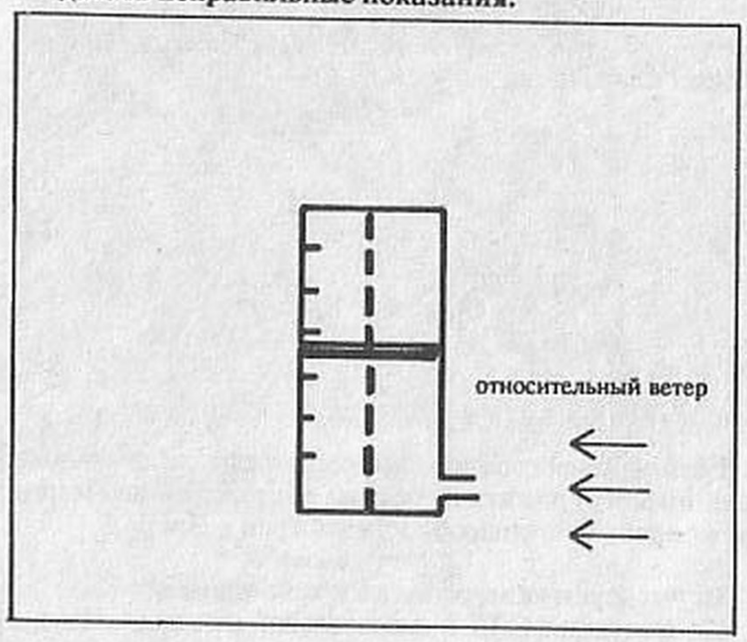
Анемометр

Он основывает свои показания на давлении воздуха и измеряет скорость СЛА по отношению к воздуху.

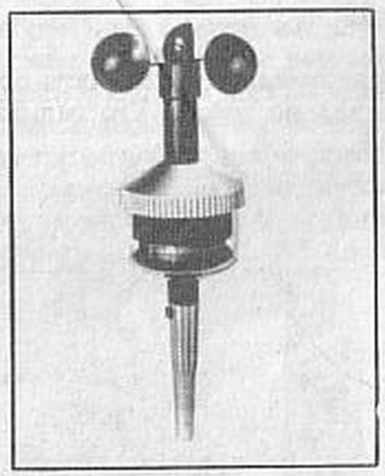
Используются различные типы анемометров:

пластинчатый анемометр: его показания даются пластинкой, перемещающейся вдоль шкалы.

При наличии вибраций определенного типа он может давать неправильные показания.

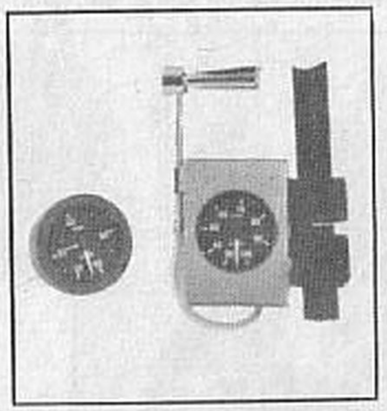


чашечный анемометр: мельница с лопастями вызывает перемещение стрелки на циферблате;



бадэн (по имени изобретателя).Его показания основаны на давлении воздуха, измеряемом специальным датчиком, а индикация осуществляется с помощью циферблата.

Использование анемометра будет описано в Части 2.



Альтиметр

Его показания основаны на давлении окружающего воздуха, он измеряет высоту. Его использование будет описано в Части 3.

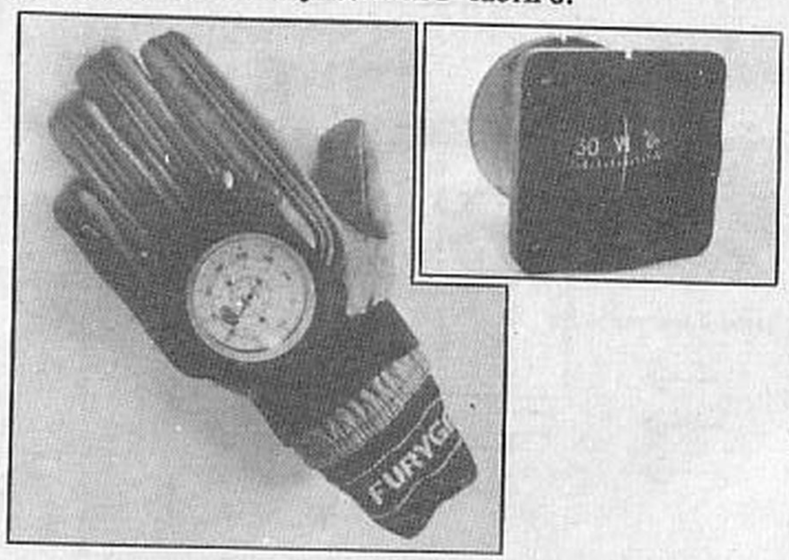
Вариометр

Он измеряет вертикальную скорость подъема или спуска СЛА относительно земли. Его использование будет описано в Части 4.



Компас

Он указывает направление движения СЛА, используя в качестве опорного направление магнитного поля Земли. Его использование обсуждается в Части 8.



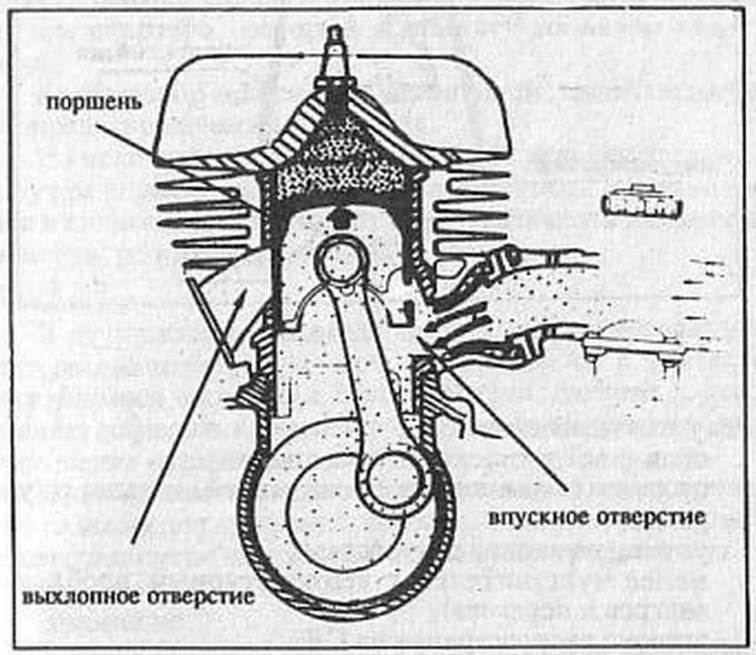
Описание винтомоторной группы

Двигатель

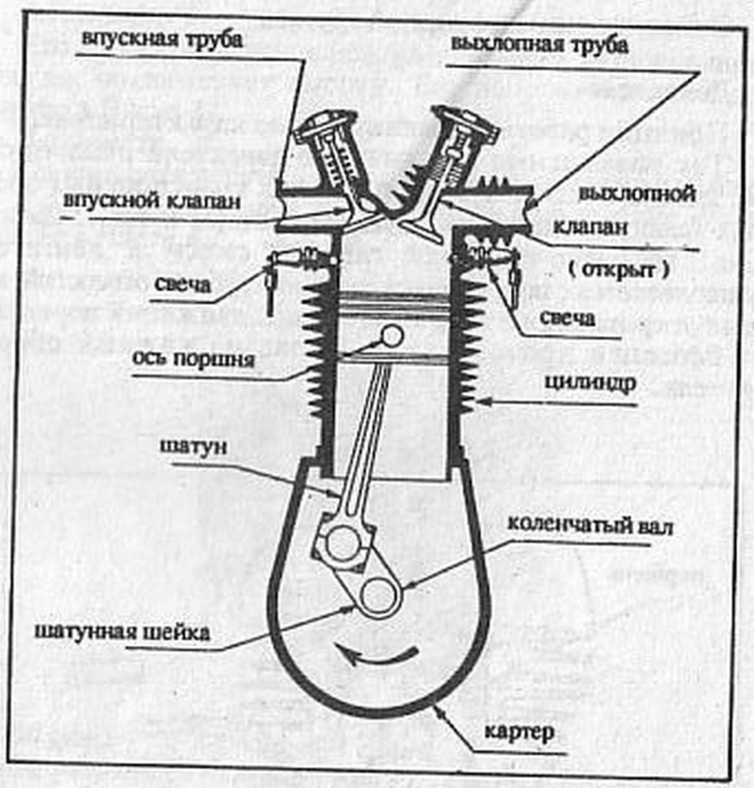
Принцип работы и сравнительные характеристики.

Так называемые двухтактные двигатели аналогичны тем, которые используются на легких транспортных средствах (мопеды, снегоходы, лодочные моторы и т.д.). Циркуляция воздушно-топливной газовой смеси в двигателе осуществляется с помощью подводящих трубок и отверстий, которые открываются и закрываются при движении поршня.

Вспышка происходит один раз на каждый оборот двигтеля.



Так называемые четырехтактные двигатели аналогичны тем, которые используются в большинстве автомобилей. Циркуляция газовой смеси управляется с помощью клапанов. Вспышка происходит один раз на каждые два оборота мотора.



двухтактный двигатель:
- отличное отношение вес/мощность;
- простота (меньше движущихся частей, меньше регулировок);
- упрощена смазка двигателя;
- менее чувствителен к температурным проблемам (нагрев и перегрев);
- широко распространен на СЛА.

четырехтактный двигатель:
- несколько меньшая скорость вращения
- большие мощности и момент на малых оборотах
- меньшее потребление топлива
- не использует смесь масло/топливо
- меньше уровень шума
- менее чувствителен к регулировкам
- более высокий срок службы.

Карбюрация

Система карбюрации с помощью своих регулировок определяет оптимальное соотношение воздушно-топливной газовой смеси, а также посредством акселератора — ее количество, подаваемое в двигатель, и тем самым — соответствующий режим двигателя и развиваемую мощность.

Газовая смесь образуется при всасывании топлива в ходе прохождения воздуха через корпус корбюратора.

Воздушный фильтр увеличивает срок службы двигателя, задерживая пыль. Его состояние может влиять на регулировки карбюратора и, следовательно, на характеристики двигателя. Он также уменьшает шум , связанный с впуском воздуха. Запуск холодного двигателя облегчается использованием стартера, который обогащает топливом газовую смесь.

Карбюратор может быть оснащен системой подогрева для предотвращения замерзания.

На некоторых двигателях газовая смесь осуществляется путем впрыскивания топлива в двигатель. Режим двигателя и его мощность в этом случае определяются положением элемента, регулирующего подачу воздуха.

Смазка

В двухтактном двигателе газовая смесь циркулирует в картере двигателя. При этом она находится в контакте с движущимися частями (коленвал, шатун, поршень), что заставляет добавлять в топливо небольшие количества масла для обеспечения смазки.

В четырехтактном двигателе газовая смесь не соприкасается со всеми движущимися частями. Смазка осуществляется независимо путем присутствия масла в картере двигателя.

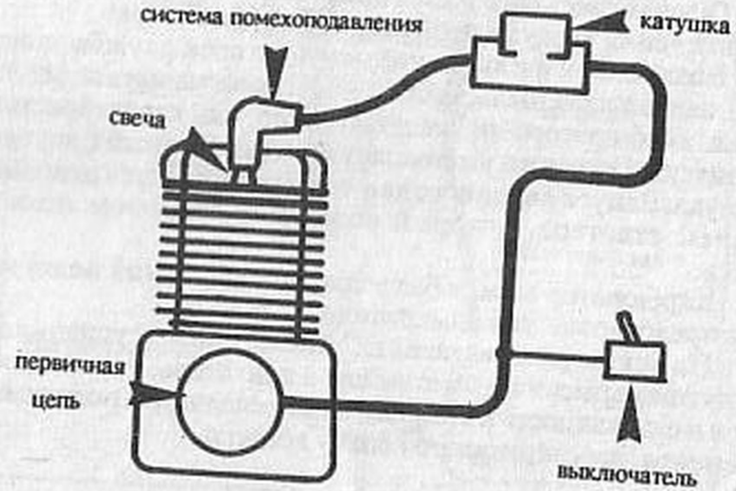
Зажигание

Вспышка газовой смеси, сжатой поршнем, возбуждается искрой, которая создается между электродами свечи зажигания. Момент для создания искры определяется с помощью регулировки зажигания (начало раскрытия "платинированных винтов" или положение электронного датчика).

Катушка зажигания преобразует ток низкого напряжения первичной цепи в ток высокого напряжения, необходимый для создания искры в свече. Колпачок свечи должен быть оснащен системой помехоподавления для уменьшения помех для на-

земных установок и предотвращения плохой работы радиооборудования самого СЛА.

Выключатель, расположенный в доступном для пилота месте, позволяет выключать работу двигателя.



Двигатели СЛА могут быть оснащены различными системами зажигания (маховичные магнето, электронное зажигание, система батарея/катушка и т. д.).

В состав винтомоторной группы (ВМГ) часто входит также электрический пускатель. Он должен питаться от батареи. Последняя иногда подзаряжается в ходе работы двигателя от электрической цепи двигателя. Выключатель пускателя в виде ключа предотвращает несанкционированное использование пускателя.

Выхлопная система

Она не толко уменьшает шум и, следовательно, вредное воздействие на окружающую среду, но и обеспечивает хорошую работу двигателя. Даже частичное ее повреждение создает серьезный риск для двигателя. Конструкция и характеристики выхлопной системы должны тщательно определяться, особенно для двухтактных двигателей, с целью полученя максимальной мощности и приемлемых уровней шума.



Система охлаждения

Для предотвращения чрезмерного нагрева двигатель необходимо охлаждать.

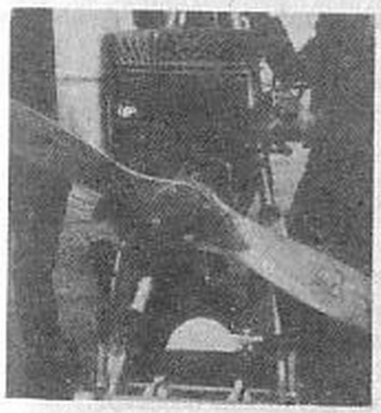
Существуют три типа охлаждения:

Свободное воздушное

Цилиндр с корпусом имеют большое число охлаждающих лопаток и охлаждаются окружающим воздухом, а также в некоторых случаях — потоками воздуха, создаваемыми вращением винта

Принудительное воздушное

Встроенная в двигатель турбина прокачивает окружающий воздух через соответствующий обтекатель двигателя на охлаждаемые элементы



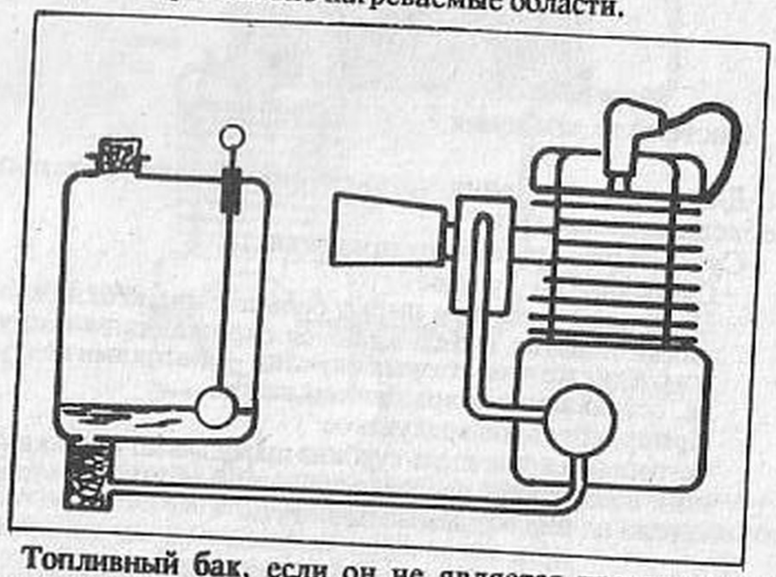


Циркуляция охлаждающей жидкости

Жидкость, нагреваемая при контакте с двигателем, охлаждается при ее прохождении через радиатор. Циркуляция между этими элементами осуществляется через сеть канавок; иногда для этого используется циркуляционный насос, приводимый в действие двигателем.

Система подачи топлива

Гибкий трубопровод связывает бак, фильтр, один или несколько вентилей, насос и карбюратор. Он не должен проходить через сильно нагреваемые области.



Топливный бак, если он не является прозрачным и проградуированным, или если он плохо виден из кабины пилота, может быть оснащен датчиком уровня. Если он может сниматься для заправки, он должен быть снабжен ручкой и элементом, позволяющим быстро подсоединить его к трубопроводу. Часто необходимо соблюдать правильное положение бака при установке, чтобы топливо могло полностью выйти через выходное отверстие.

Если СЛА оборудован двумя баками или дополнительным баком, нужно не забывать подключить второй бак еще до того, как первый полностью опорожнится, чтобы избежать глушения двигателя, а также закрыть вентиль первого бака во избежание циркуляции топлива между двумя баками.

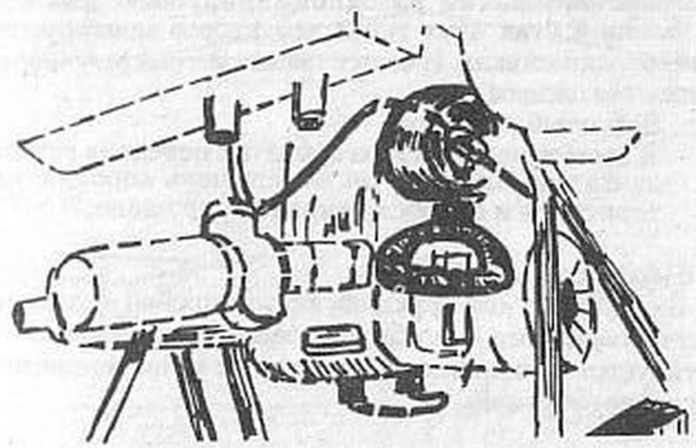
Топливный фильтр служит для задержания примесей перед попаданием топлива в насос и карбюратор. Часто у него есть опреленное направление монтажа.

За исключением некоторых случаев, когда корбюратор питается по сути за счет силы тяжести (если бак расположен над двигателем), использование электрического или механического насоса является обязательным.

Дополнительный ручной насос может использоваться для создания давления в системе подачи.

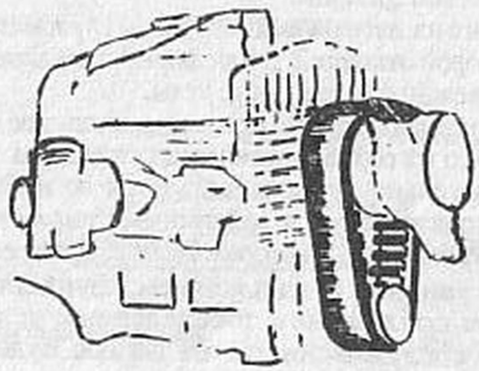
Ручной пускатель

Большинство двигателей на современных СЛА оснащены пускателем. Между двигателем и ручкой, доступной из кабины пилота, проходит шнур, направляемый системой блоков.



Редуктор

Как вы увидите в Части 2, для большинства СЛА необходимо, чтобы скорость вращения винта была меньше, чем скорость мотора. Для этого используется понижающий редуктор.



Существуют различные типы редукторов:

С блоками и клиновидными ремнями

В зависимости от мощности двигателя, характеристик винта и размера шкива он может содержать два, три и даже четыре шкива.

Поскольку привод алюминиевых блоков осуществляется путем прижима, этот тип редуктора чувствителен к натяжению шкивов

С блоками и зубчатыми ремнями

Зубчатый шкив, передающий мощность двигателя с помощью своих зазубрин, чувствителен к регулярности вращения двигателя и поэтому непригоден для использования на одноцилиндровых двигателях

Блоки в этих двух типах редукторов монтируются на шарикоподшипниках. Имеется также система регулирования натяжения шкивов.

Зубчатый редуктор

В этом типе редуктора зубчатая передача встроена в двигатель, поэтому он имеет очень хорошие характеристики и его обслуживание упрощено.

Передаточный вал

В некоторых конструкциях винтомоторной группы между редуктором и винтом необходим передаточный вал. Этот вал монтируется на шарикоподшипниках и уравновешивается во избежание вибраций.

Винт

В процессе своего вращения он преобразует развиваемую двигателем мощность в силу тяги, обеспечивающую движение СЛА. Обычно он изготавливается из дерева (цельный или клееный), но может быть также из алюминия, синтетических волокон или других материалов.

Он состоит из центральной втулки, служащей для крепления, от которой отходят 2, 3 или даже 4 одинаковые лопасти, образующие между собою равные углы.

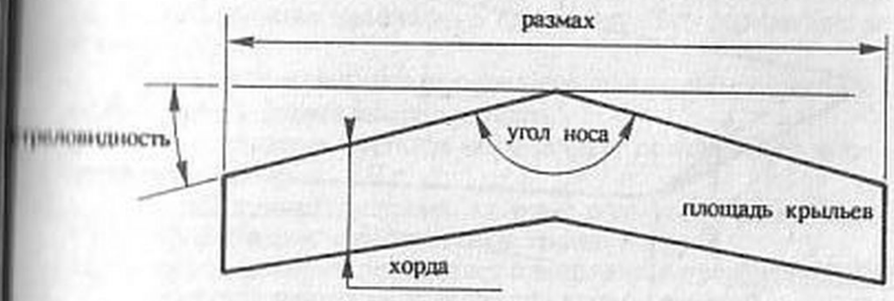
Ребро атаки лопастей может иметь защитное покрытие из синтетического материала или металлическую окантовку.

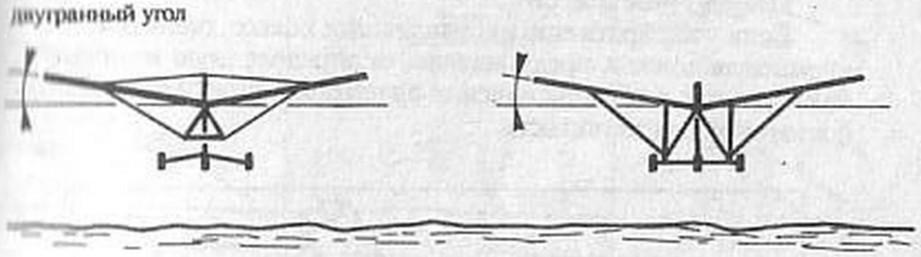
Винт тщательно уравновешивается во избежание вибраций. Он характеризуется различными параметрами (диаметр, шаг, профиль и т. д.), которые будут рассмотрены в Части 2.

Как вы увидите в дальнейшем, функционирование ВМГ требует соблюдения определенных условий использования и обслуживания. Этот вопрос будет подробно рассмотрен в Частях 3 и 9.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АППАРАТА

Несущая поверхность





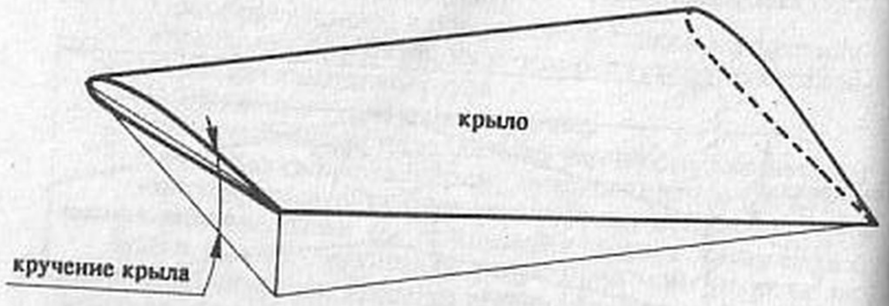
Нагрузка на крыло: отношение полного веса (аппарат + пилот + пассажир) к площади крыла.

Удлиненность: отношение квадрата размаха к площади или площади к средней хорде.

Профиль — это разрез крыла:

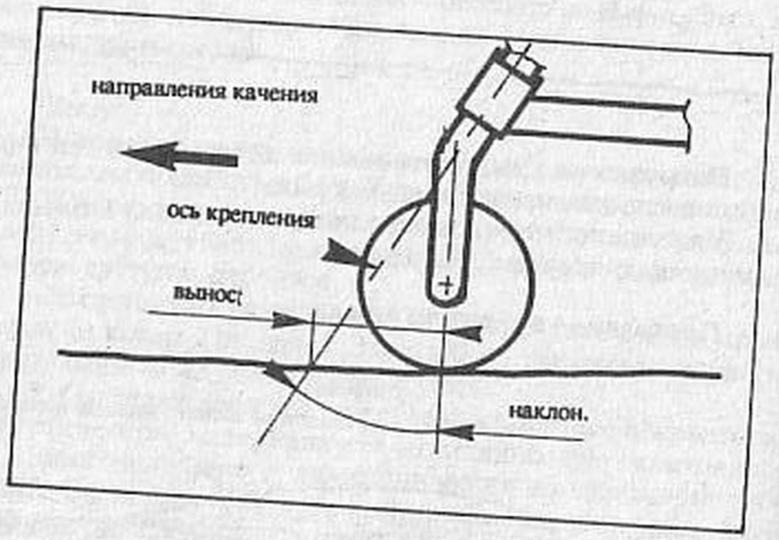


Кручение:



Посадочное шасси

Если у аппарата есть направляющее колесо, геометрия его крепления должна предусматривать определенную величину наклона, так чтобы при качении ориентация колеса сохраняла достаточную устойчивость.



Все эти геометрические характеристики определенным образом влияют на летные качества аппарата.

ОРИЕНТАЦИЯ СЛА

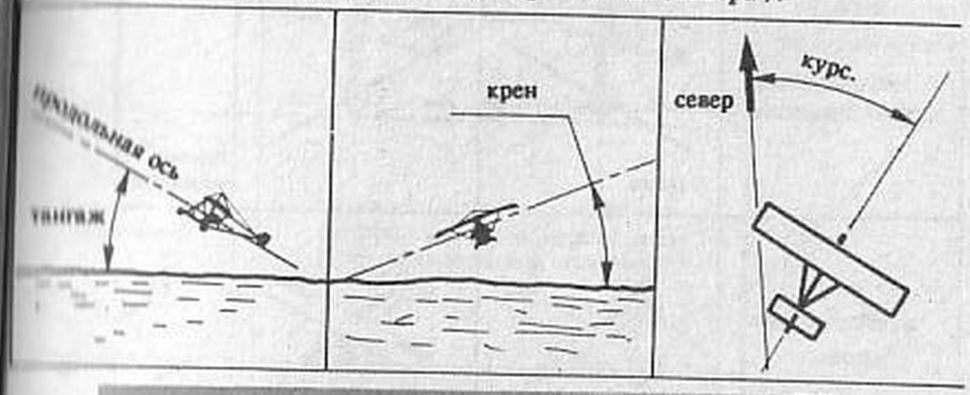
Ни одно транспортное средство не обладает такой свободой движения, как летательный аппарат в полете. Говорят, что он имеет шесть степеней свободы, то есть для описания его в пространстве необходимо определить его положение и ориентацию.

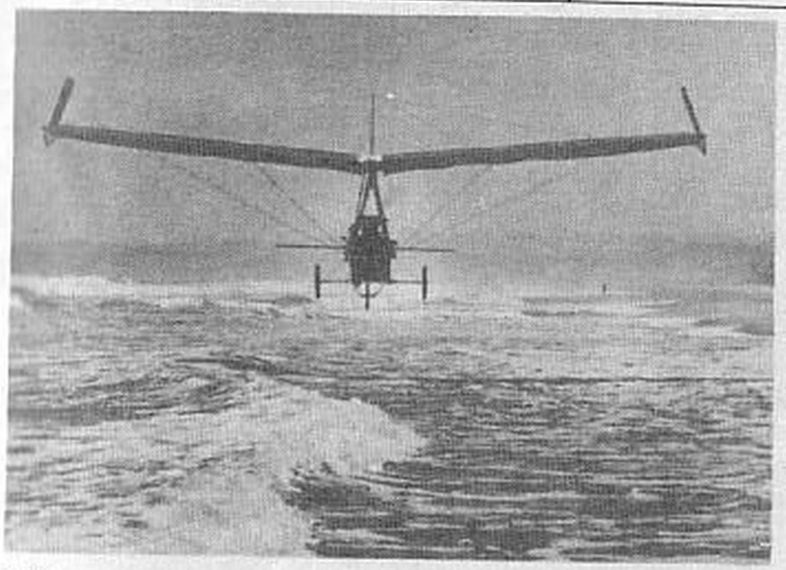
Три степени свободы определяют положение и задаются географическими координатами.

Три остальные степени определяют ориентацию и задаются с помощью

углов тангажа и крена, которые позволяют определить ориентацию относительно горизонта;

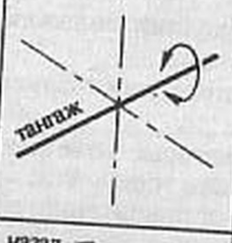
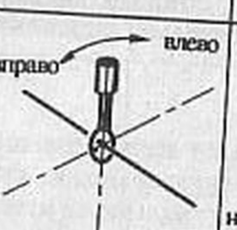
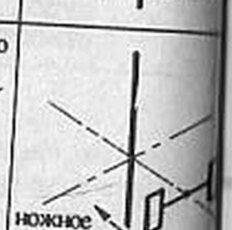
курса, который определяет ориентацию продольной оси относительно заданного направления (севера).





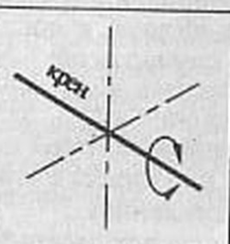
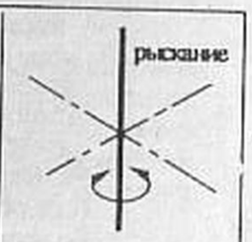
ПРИВЕДЕНИЕ СЛА В ДВИЖЕНИЕ

Аппарат, пилотируемый с помощью аэродинамических рулей (3-осный)

ось			
используемый орган управления			
задействованные рули			
движение СЛА			

Случай аппаратов, пилотируемых с помощью аэродинамических рулей и называемых двухосными, будет рассмотрен в Части 2.

Аппарат, пилотируемый перемещением центра тяжести (маятниковый)

ось			
задействованный орган управления			нет специального органа этот вопрос будет рассмотрен в Части 2
результат	обусловлен исходным смещением центра тяжести и переходным аэродинамическим откликом		
движение СЛА			

ПАРАШЮТ

Является обязательным на планере и практически единодушно используется пилотами свободного полета. Рекомендуем оснастить им и ваш СЛА.

Ваш выбор должен руководствоваться основными характеристиками парашюта и его пригодностью для вашего аппарата.

Способ приведения в действие

Различают два типа:

обычные аппараты, аналогичные используемым для свободного полета. Они крепятся к ремням безопасности пилота, и последний приводит его в действие сам в случае необходимости;

парашюты с экстрактором. Сам парашют такой же, но приведение его в действие осуществляется дополнительной системой раскрытия.

Размер парашюта (поверхность, форма и (сопротивление)

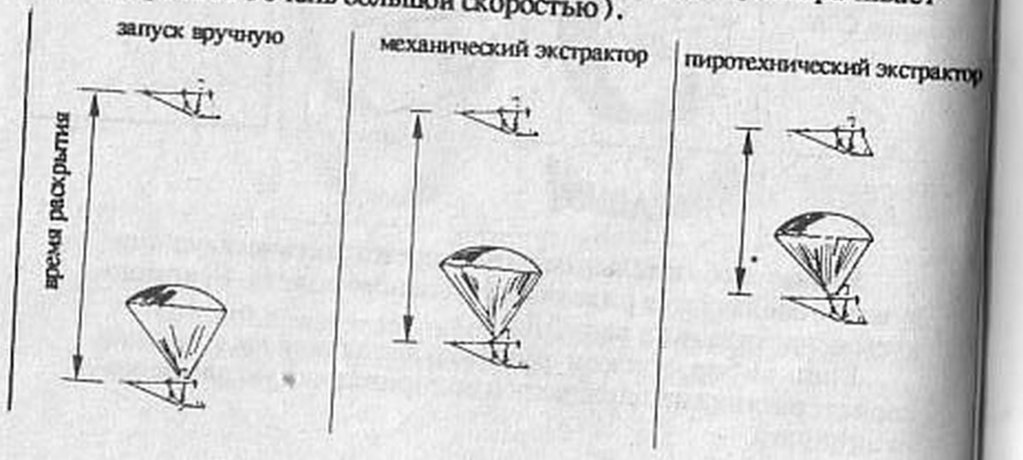
Во всех случаях раскрытый парашют должен поддерживать вес пилота, возможного пассажира, а также машины. Поэтому характеристики парашюта должны выбираться в зависимости от полного допустимого веса, установленного конструктором (сопротивление парашюта и скорость спуска всей системы).

Сравнение различных типов парашюта

Обычный парашют, помимо опасности зацепиться за какое-нибудь препятствие при запуске его пилотом, требует, особенно если его поверхность велика, довольно длинного времени раскрытия. Потеря высоты за это время часто превосходит сотню метров.

Парашют с механическим экстрактором работает быстрее и менее подвержен случайностям (механическая система с пружиной, включаемая пилотом, выбрасывает систему раскрытия).

Парашют с пиротехническим экстрактором работает еще быстрее (запускаемая по команде ракета разворачивает парашют с очень большой скоростью).



Монтаж на аппарате

Обычный парашют находится в чехле, пришитом к ремням безопасности пилота. Ремень или трос, связывающий его с аппаратом (посредством карабина), должен закрепляться клейкой лентой, чтобы он не открепился на ветру.

Парашют с экстрактором обычно закрепляется над несущей поверхностью. Монтаж должен осуществляться в соответствии с инструкцией изготовителя с соблюдением всех необходимых мер предосторожности (крепление и пропускание ремней и элементов управления, размещение и крепление парашюта и экстрактора).

Приведение в действие

Если необходимо раскрыть парашют, пилот должен соблюдать несколько важных правил для успешного проведения спасательной операции:

при раскрытии

В случае обычного парашюта пилот, не теряя присутствия духа, должен отделить сумку с парашютом от чехла, пришитого к ремням, потянув за предназначенную для этого ручку. Затем следует бросить эту сумку как можно дальше, стараясь незацепить ее за трос или оттяжку (особенно осторожным нужно быть вблизи двигателя или винта, если они еще работают).

В случае парашюта с экстрактором достаточно соблюдать указания производителя (потянуть или нажать на ручку);

при спуске

Выключить контакт и подачу топлива.

Попытаться улучшить свое расположение, если конфигурация апарата необычна или неудобна для спуска.

Стабилизировать аппарат, если возможно.

Проверить, крепко ли держится сидение, и застежку каски. Посмотреть на место падения и, если имеется возможность повлиять на траекторию спуска, попытаться выбрать зону леса, кустарника и т. п., способную смягчить удар;

при приземлении

В случае падения на водную поверхность подготовить систему отстегивания ремней безопасности, чтобы не потерять слишком много времени в случае погружения.

Обслуживание и меры предосторожности при использовании

Монтаж и демонтаж производятся при каждом вылете СЛА.

Транспортировка и хранение должны производиться в подходящем, проветриваемом месте. Парашют боится солнца и влаги.

Обслуживание должно проводиться тщательно в соответствии с инструкцией для обеспечения максимальной эффективности парашюта (периодичность замены элементов и просушки и складывания).

Для парашютов с экстрактором имеется опасность случайного запуска. Принимайте все меры предосторожности, чтобы избежать случайного включения пускателя в полете или на земле — это может оказаться опасным (особенно ракетный экстрактор на земле).

ОСНАЩЕНИЕ ПИЛОТА И ПАССАЖИРА

Требования к одежде

Одна из особенностей пилотирования СЛА в том, что пилот обычно находится на открытом ветру. Следовательно, одежда должна соответсвовать предполагаемому полету. Очень часто необходима теплая одежда, так как колебания температуры, связанные с ветром и высотой, весьма значительны. Очень эффективна ветровка.

Слишком свободная одежда не рекомендуется, так как ее хлопанье на ветру очень неприятно и может сковывать движения. Совершенно необходима теплая обувь, хорошо сидящая на ноге.

Перчатки защищают от холода и не должны мешать пользоваться органами управления.

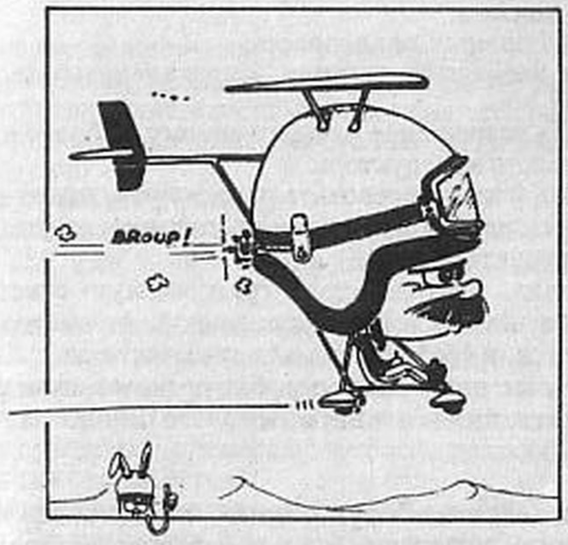
Шлем и очки

Настоятельно рекомендуем одевать шлем. Он должен обеспечивать достаточную защиту в случае удара и быть достаточно удобным. В зависимости от типа шлема (легкий, сплошной и т. д.) степень защиты, вес, вентиляция, шум могут сильно различаться.

Не следует слишком ограничивать восприятие физиологических ощущений (сплошной " герметичный " шлем).

Защитные очки совершенно необходимы, если шлем не защищает глаз. Также и солнечные очки могут оказаться полезными в полете. Предпочтительно использовать очки с органическими стеклами. Если вы носите корректирующие очки, следует подумать о том, чтобы взять запасную пару.

Оснащение для некоторых специальных видов полетов будет описано в Части 8.



НИКОГДА НЕ ЛЕТАЙТЕ С НЕПОКРЫТОЙ ГОЛОВОЙ! ДАЖЕ ПЫШНЫЕ ВОЛОСЫ НЕ ЗАМЕНЯТ ШЛЕМА

РЕГЛАМЕНТАЦИЯ

Относящаяся к пилоту (постановление от 12 января 1984 года). Чтобы пилотировать СЛА, необходимо иметь лицензию пилота СЛА. Для получения прав и лицензии СЛА пилот должен:

иметь 15 полных лет возраста;

пройти наземный экзамен, определенный постановлением;

получить разрешение на полет одному на борту от уполномоченного инструктора.

Для того, чтобы перевозить пассажиров, пилот должен иметь разрешение на перевозку пассажиров от уполномоченного инструктора.

Страховка, покрывающая гражданскую ответственность пилота, не является обязательной, но настоятельно рекомендуется, в особенности для двухместных СЛА, поскольку в случае нанесения ущерба третьим лицам суд может признать пилота виновным, что влечет тяжелые последствия.

Относящаяся к оборудованию (постановление от 17 июня 1986 года, относящееся к разрешению полета СЛА)

Сверхлегким летательным аппаратом считается: всякий летательный аппарат, приводимый в движение мотором (одно- или двухместный), удовлетворяющий следующим условиям:

СЛА категории I

одноместный летательный аппарат, масса без пилота которого меньше либо равна 150 кг, площадь несущей поверхности более 10 м^2, и отношение массы без пилота к площади несущей поверхности меньше 10 кг/м^2.

СЛА категории II

двухместный летательный аппарат, масса без пилота которого меньше либо равна 175 кг, либо одноместный аппарат, масса которого без пилота больше 150 кг и меньше либо равна 175 кг. В обоих случаях площадь несущей поверхности больше 10 м^2, а отношение массы без пилота к площади несущей поверхности меньше 10 кг/м^2.

Относящаяся к использованию (постановление от 17 июня 1986 года, относящееся к использованию СЛА)

Пилот СЛА должен быть хорошо знаком с летательным аппаратом и уметь его использовать.

Капитан СЛА, используемого для особых видов деятельности, должен по требованию компетентных властей предъявлять декларацию об уровне компетентности, выданную органом, ответственным за проведение этого вида деятельности.

Особыми видами деятельности считаются:

а) операции, проводимые с нарушением правил воздушного движения, в частности, операции по обработке полей;

б) использование парашютов, буксировка планеров и переноска грузов.

Бортовые документы:

Перечисленные ниже документы дожны находиться на борту СЛА или у пилота при любой посадке вне пункта взлета:

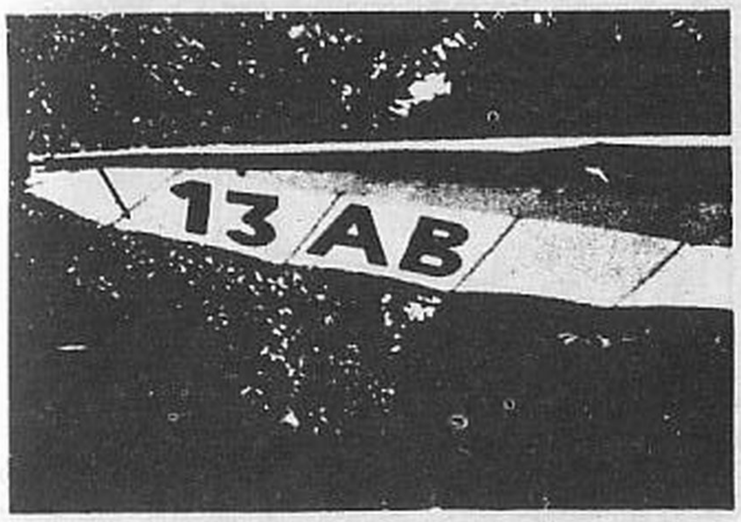
удостоверение личности;

лицензия пилота и, если необходимо, декларация уровня компетентности;

руководство по эксплуатации, если оно существует;

документы о проверке бортового радиооборудования (если оно имеется).

Разрешение на полеты: выдается Службой Летной Подготовки и Технического Контроля по предъявлению досье и действительно один год. К нему прилагаются бортовые номера, которые должны присутствовать на аппарате. их расположение и размеры также оговорены в этом документе.

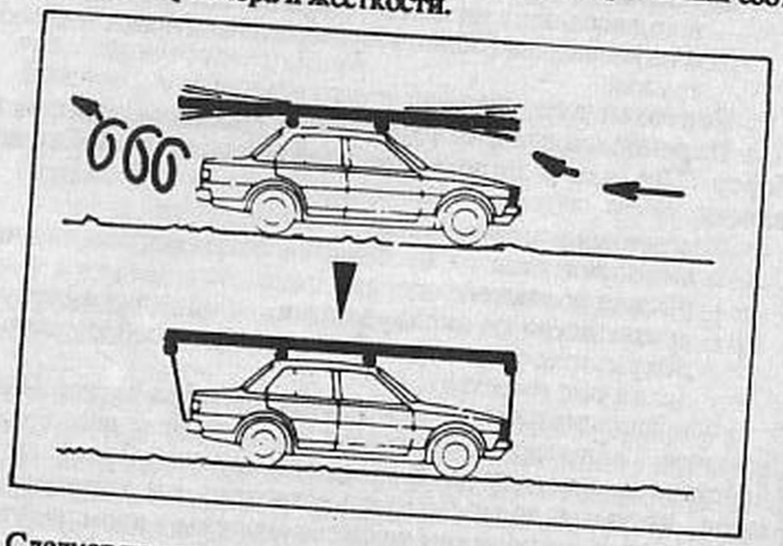


Регламентация, касающаяся СЛА, охватывает и другие вопросы (правила воздушного движения, использование аэродромов и т. д.), которые будут рассмотрены в Частях 3 и 8.

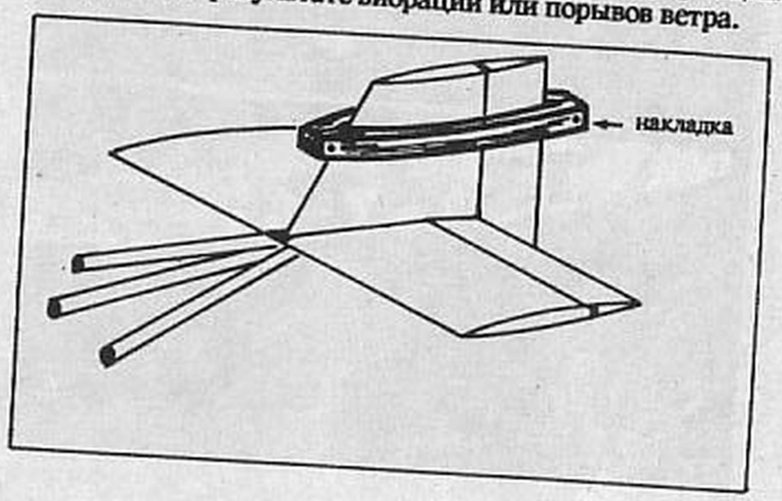
ТРАНСПОРТИРОВКА АППАРАТА

Осуществляется на крыше или прицепе автомобиля, который должен соответствовать размерам и весу аппарата.

В обоих случаях должны использоваться крепления соответствующего размера и жесткости.



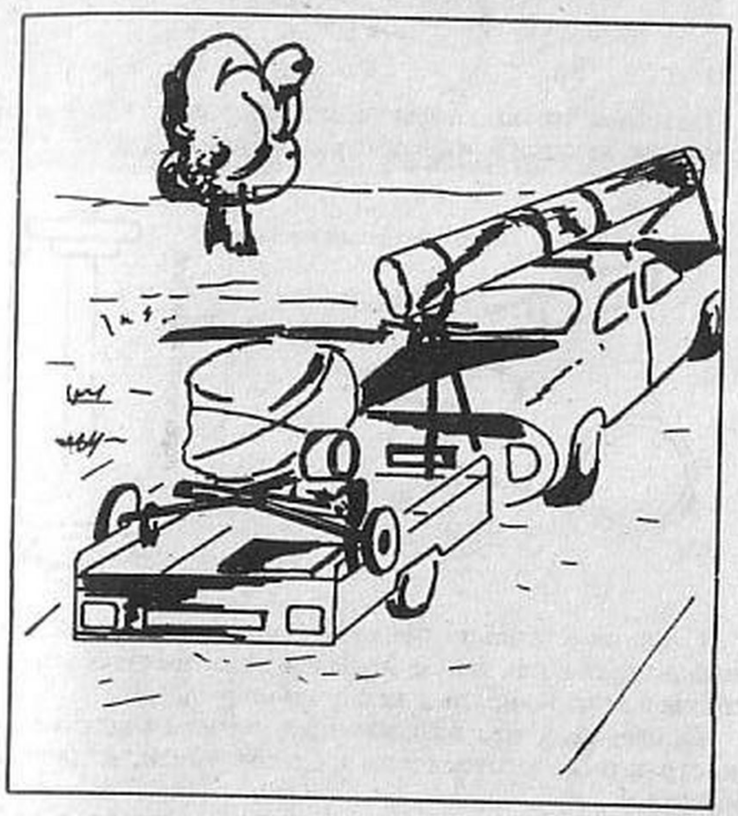
Следует по возможности избегать свисания значительных частей аппарата, которые могут приводить к деформации и повреждениям в результате вибраций или порывов ветра.



При креплении груза с помощью ремней или натяжных тросов необходимо подкладывать под них мягкую защитную прокладку для равномерного распределения усилий во избежание деформаций и износа из-за трения.

Кроме того, необходимо должным образом закрепить рули, которые могут "болтаться на ветру" при движении машины и повредить их крепления или тяги управления.

Позаботьтесь о защите с помощью подходящих чехлов винта и двигателя (впуск воздуха, карбюратор, выхлопная система).



Особое внимание следует обратить на транспортировку бака, топлива и масла.

Система сигнальных огней при транспортировке должна соответствовать требованиям правил дорожного движения.

СБОРКА И РАЗБОРКА АППАРАТА

Необходимо тщательно следовать инструкции изготовителя. В особенности необходимо соблюдать последовательность операций сборки и предельные усилия при соединении элементов. Всякая деформированная деталь должна быть заменена. При монтаже крыла и кабины пилота обязательно нужно проверять правильность положения петель-наконечников на концах тросов перед натяжением оттяжек.



Не забывайте использовать защитные элементы — шайбы перемычек, шпонки и защитные кольца для гаек.



Стопорные кольца предпочтительны по сравнению со шпонками, так как они с меньшей вероятностью могут зацепиться за что-нибудь или случайно вылететь.

Проверка монтажа должна производиться в соответствии с инструкцией изготовителя (список точек, подлежащих проверке).

Разборка также должна производиться в строго определенном порядке; различные элементы должны быть упорядочены и аккуратно упакованы. Должна быть также проведена проверка их состояния

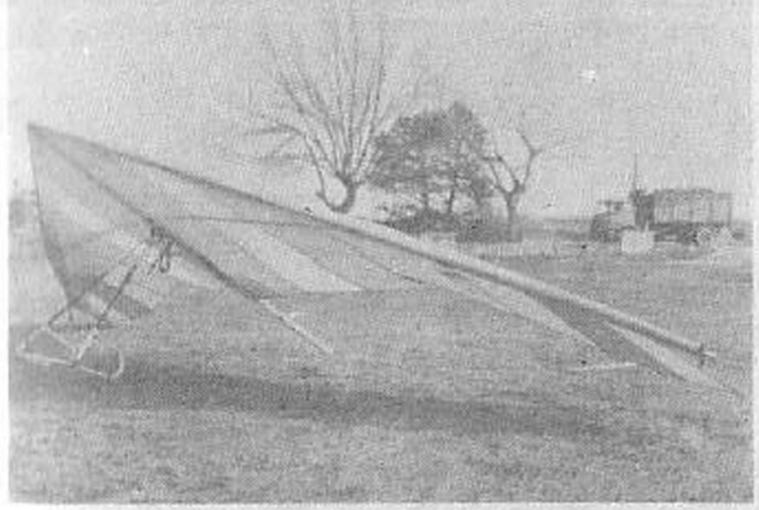
Обнаружение различных неисправностей и способы их устранения рассматриваются в Части 9

Типичный процесс сборки маятникового аппарата

собранное крыло без реек



собранное и растянутое крыло



сборка крыла с тележкой



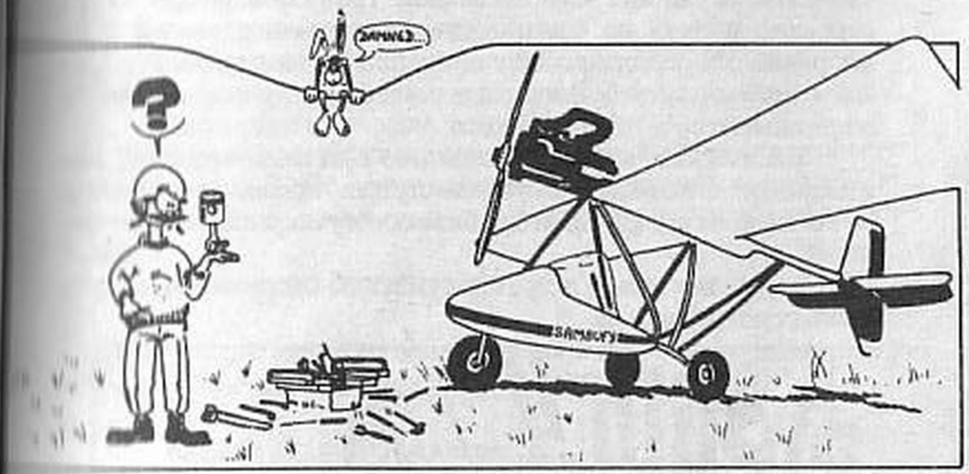
собранный аппарат



Сборка "3-осного" аппарата

Ввиду большого разнообразия конструкций 3-осных аппаратов не представляется возможным перечислить в общем виде последовательность операций по сборке-разборке.

Для проведения этих операций с конкретным аппаратом необходимо следовать инструкции изготовителя.



ТРЕБОВАНИЯ ГИГИЕНЫ И ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОГРАНИЧЕНИЯ ПИЛОТА

Требования гигиены

Быть в форме

Если вы чувствуете, что вы в плохой форме — воздержитесь от полета. На стадии подготовки к полету было бы столь же неразумно игнорировать физическое состояние пилота, как и пренебрегать проверкой рулей или другого жизненно важного элемента СЛА.

Избегать излишеств

Плотная еда вызывает сонливость во время пищеварения; также не стоит летать под действием алкоголя. Даже небольшого количества алкоголя достаточно для нарушения вашей способности оценивать ситуацию и принимать разумные решения.

Избегать недоедания — пища должна быть здоровой и сбалансированной.

Усталость

Она обычно приводит к замедлению реакции и может стать причиной грубых ошибок, обусловленных невниманием. Кроме обычных причин (недостаточно продолжительный отдых, бессонница), профессиональные заботы, финансовые трудности и семейные проблемы часто вызывают усталость.

Употребление медикаментов

Некоторые обезболивающие средства (например, аспирин), таблетки от кашля или насморка, транквилизаторы могут серьезно влиять на способность принимать решения и на координацию, которые совершенно необходимы в полете. Самым правильным будет воздержаться от принятия любых медикаментов в период полета.

Физические нагрузки (особенно при пилотировании маятникового аппарата), состояние стресса, холод, ветер, высота — когда вы не в форме, эти ощущения могут серьезно осложнить полет.

Перед полетом следует подумать об отправлении естественных потребностей.



Важное замечание для пловцов-подводников

Опасность кессонной болезни, вызванной расширением газов в крови при наборе высоты, может быть причиной очень тяжелых инцидентов. Для избежания этого необходимо выдерживать двенадцатичасовой промежуток между нырянием и полетом. Этот промежуток должен быть даже увеличен до 24 часов, если при подъеме с глубины приходилось делать промежуточные остановки.

Физиологические ограничения

Связанные с высотой

(этот вопрос рассматривается в Части 6)

Связанные с холодом, ветром, солнцем...

Очень часто соответствующее оснащение помогает решить эти проблемы. По возможности без колебаний прекращайте полет, прежде чем они приведут к более тяжелым последствиям.

ВОПРОСНИК

Этот вопросник не содержит всех вопросов, которые могут быть заданы на экзамене

1 — Ребром атаки называется:
- а) передняя часть кабины
- б) задняя часть крыла
- в) передняя часть крыла

2 — Ребром отрыва называется:
- а) задняя часть кабины
- б) задняя часть крыла
- в) передняя часть крыла

3 — Нижней поверхностью называется
- а) передняя часть крыла
- б) нижняя часть крыла
- в) верхняя часть крыла

4 — Элероны — это:
- а) две подвижные поверхности, занимающие часть ребра отрыва крыла вблизи его концов
- б) совокупность вертикальных поверхностей, расположенных в задней части СЛА
- в) поверхность, закрепленная в центральной части ребра отрыва крыла

5 — Руль высоты — это поверхность:
а) подвижная и обычно расположенная в задней части СЛА
б) фиксированная и горизонтальная, расположенная в задней части СЛА
в) подвижная, расположенная на ребре отрыва крыла.

6 — На многоосевых СЛА органом управления, позволяющим задействовать руль высоты, является:
а) ручка при перемещении вбок
б) ручка при перемещении вперед-назад
в) ножное управление

7 — Нажатие на правую педаль приводит:
а) поворот руля направления влево
б) поворот элерона вверх
в) поворот руля направления вправо

8 — Вариометр показывает:
а) вертикальную скорость СЛА
б) высоту СЛА
в) направление СЛА относительно севера

9 — Анемометр — это прибор, показывающий:
а) направление ветра
б) скорость СЛА относительно воздуха
в) давление на уровне почвы

10— Компас — это инструмент, который:
а) показывает направление движения СЛА
б) показывает только направление на север
в) не работает в грозовую погоду

11— Некоторые элементы карбюратора:
а) смешивают масло с топливом
б) определяют в основном режим двигателя
в) обязательно нагреваются

12— В двигателе смазка:
а) всегда подается вместе с топливом
б) не всегда необходима
в) обеспечивает правильную работу движущихся дета лей

13— Выхлопная система:
а) служит только для снижения шума
б) не влияет на мощность
в) необходима для правильной работы двигателя

14— Редуктор:
а) обязателен на всех двигателях
б) имеется на большинстве СЛА и позволяет винту вращаться с меньшей скоростью ,чем двигатель
в) работает только с приводными ремнями

15— Угол тангажа — это угол между:
а) траекторией и продольной осью СЛА
б) траекторией и хордой профиля
в) продольной осью и горизонталью

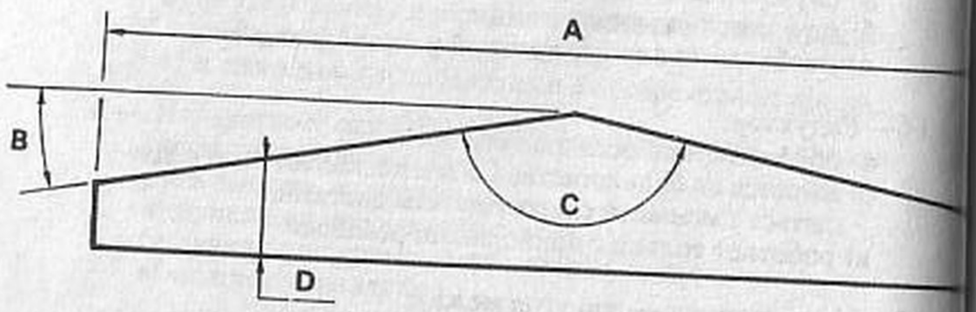
16— Угол крена — это угол между:
а) перпендикуляром к плоскости симметрии и горизонтом
б) перпендикуляром к плоскости симметрии и вертикалью
в) траекторией и продольной осью

17— Курс — это угол между:
а) севером и направлением движения СЛА
б) наземным ориентиром и траекторией
в) наземным ориентиром и севером

18— Ношение парашюта на СЛА:
а) рекомендуется
б) обязательно
в) совершенно необходимо на одних СЛА и ненужно на других

19— Разворачивание, складывание и просушка парашюта должны производиться:
а) периодически, согласно инструкции изготовителя
б) не требуется

20— В спокойную погоду минимальная высота, необходимая для раскрытияобычного парашюта без экстрактора, составляет приблизительно:
а) 250 м
б) 150 м
в) 50 м



21— На рис. A обозначает:
а) размах
б) хорду
в) удлиненность

22— На рис. B обозначает:
а) угол стреловидности
б) угол носа
в) хорду

23— Для полета необходимо располагать следующим минимальным оснащением:
а) тапочки и легкий спортивный костюм
б) шлем, солнечные очки, хорошо сидящая на ноге обувь и подходящая одежда
в) аптечку с таблетками против тошноты

24— Страховка, покрывающая гражданскую ответственность:
а) не нужна для СЛА
б) чрезвычайно полезна, но не обязательна
в) обязательна

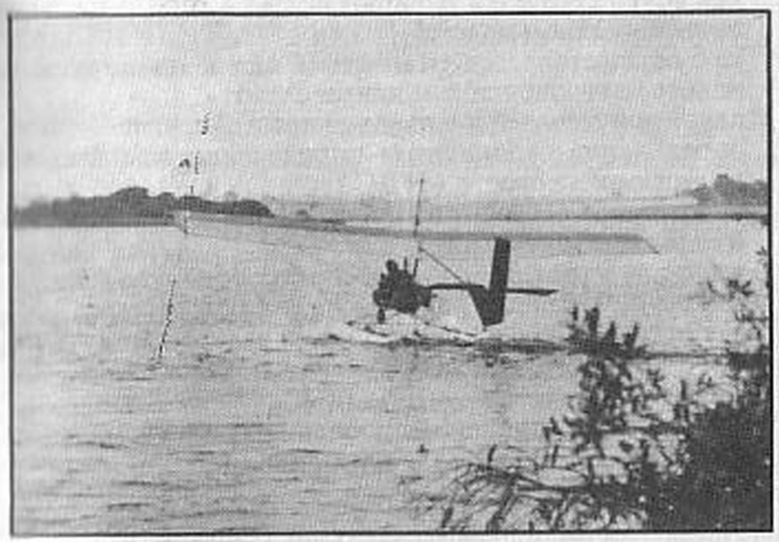
25— Сборка СЛА производится:
а) в строго опреленном порядке
б) в любом порядке, так как все легко собирается
в) без проверки, так как зачем она нужна

26— На рис. C обозначает:
а) носовой угол
б) угол стреловидности
в) удлиненность

27— На рис. D обозначает:
а) хорду
б) кручение
в) профиль

28— Для обеспечения физического комфорта в полете рекомендуется принимать определенные меры в отношении питания:
а) не следует плотно есть перед полетом
б) нельзя есть в течение шести часов перед полетом
в) можно принимать только жидкую пищу

29— Употребление алкоголя приводит:
а) к расширению поля зрения
б) снижение интеллектуальных способностей
в) временное повышение интеллектуальных способностей



ЧАСТЬ 2

Законы природы допускают полет "летательного аппарата тяжелее воздуха". Тем не менее для того, чтобы безопасно осуществлять такой полет, необходимо понимать некоторые физические явления и законы.

В этой части Вы узнаете:

определения относительного ветра
- угла атаки
- аэродинамической результирующей силы
- подъемной силы
- силы сопротивления.

зависимость подъемной силы и сопротивления от угла атаки и от скорости;
как осуществляется равновесие сил в горизонтальном прямолинейном полете;
как осуществляется равновесие сил в планирующем полете (с выключенным двигателем);
каков допустимый диапазон скоростей и углов атаки;
определение сваливания; определение максимально допустимой скорости (МДС);
определение скорости по физиологическим ощущениям и с помощью анемометра;
как осуществляется равновесие сил при подъеме;
как осуществляется равновесие сил при спуске;
как органы управления влияют на равновесие в полете:
- на 3-осевом аппарате
- на маятниковом аппарате

определение и значение продольной устойчивости;
влияние на равновесие и устойчивость:
- веса и центровки на 3-осных аппаратах
- веса и положения узла подвески на маятниковых аппаратах
- геометрических характеристик ап- парата

как осуществляется равновесие во время виража:
- на 3-осных аппаратах
- на маятниковых аппаратах;

ограничения при вираже;
определение радиуса виража и его зависимость от скорости и угла атаки;
определение симметричного полета и полета со сносом и смысл каждого из них;
определение и значение боковой устойчивости;
влияние геометрических характеристик аппарата на

боковую устойчивость;
как работает винт;
определение и смысл адаптации винта;
роль редуктора в осуществлении этой адаптации.

ПОЧЕМУ СЛА ЛЕТАЕТ ?

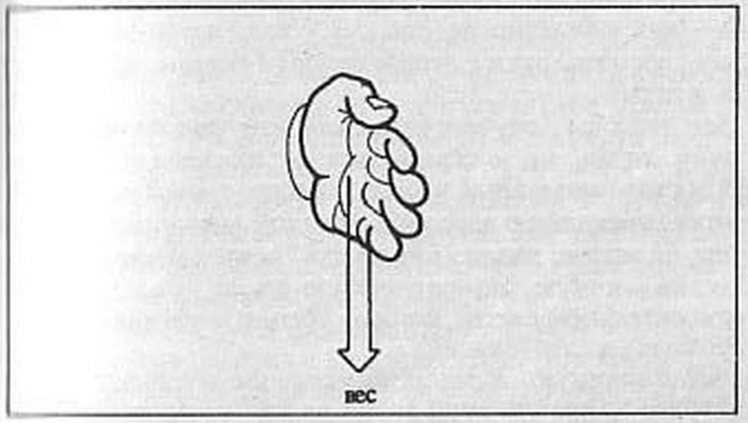
Здесь Вы узнаете:
- почему СЛА летает;
- как СЛА летает с выключенным двигателем;
- что существует допустимая область и предельные значения параметров

ЭКСПЕРИМЕНТЫ С РУКОЙ, ВЫСУНУТОЙ ИЗ ОКНА АВТОМОБИЛЯ

Как и птица, СЛА тяжелее воздуха. Чтобы он мог летать, нужно, чтобы появилась сила, способная скомпенсировать его собственный вес.

Чтобы понять происхождение этой силы, как-нибудь в безветренный день сядьте в автомобиль.

Когда машина стоит, если вы высунете руку в окно, она будет стремиться упасть вниз, и вы не почувствуете ничего особенного

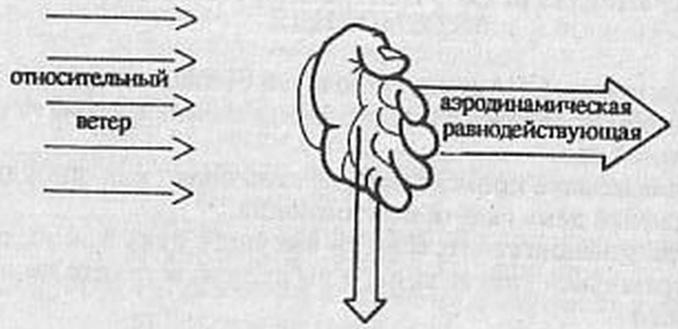


Когда машина начинает двигаться, вы почувствуете поток воздуха на руке, связанный с движением машины. Вы почувствовали бы в точности то же самое, если бы машина стояла, но дул достаточно сильный ветер.

С точки зрения аэродинамики оба эти случая совершенно одинаковы: наблюдаемый эффект будет один и тот же независимо от того, движется ли рука со скоростью машины относительно неподвижного воздуха или рука является неподвижной, а воздух движется относительно нее с той же скоростью.

Это относительное движение воздуха по отношению к объекту называется относительным ветром.

Выставив руку из окна, поверните ее перпендикулярно относительному ветру. По мере увеличения скорости вы будете чувствовать все большую силу, тянущую вашу руку назад. Эта аэродинамическая сила называется аэродинамической равнодействующей.

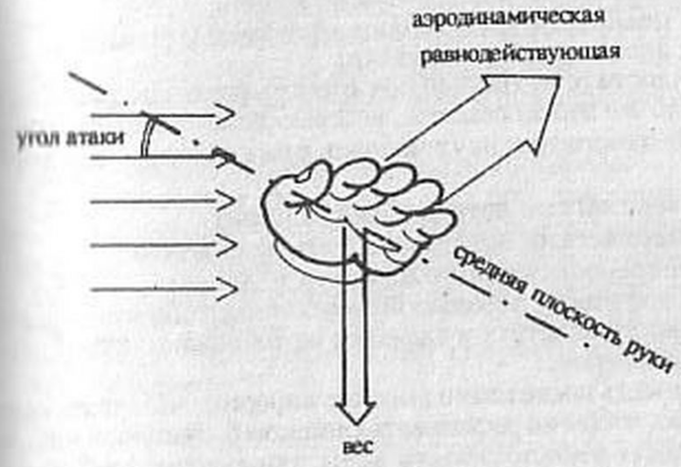


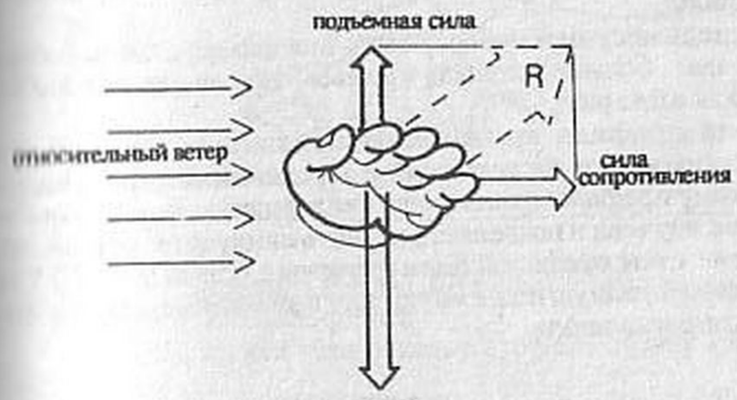
Теперь поверните руку — ладонью вниз, но слегка приподнятой— как показано на рис. Угол, который образует средняя плоскость руки с относительным ветром, называется **углом атаки**.

При этом вы почувствуете силу, которая не только тянет руку назад, но и стремиться ее приподнять. Создав рукой достаточно малый угол с относительным ветром, вы изменили ориентацию аэродинамической равнодействующей, и теперь ее можно разложить на две составляющие (силы):

составляющую, направленную назад, параллельную относительному ветру, которая препятствует движению — это сила сопротивления;

составляющую, перпендикулярную относительному ветру и направленную вверх — она называется подъемной силой.





Если относительный ветер достаточно "сильный", вы можете найти такое положение руки, что подъемная сила полностью компенсирует вес, а мускульное усилие компенсирует силу сопротивления. При этом вы достигли равновесия в полете вашей руки.

В действительности для настоящих полетов необходимо изучать и использовать другие формы вместо руки.

На самом деле в случае руки сила сопротивления велика, а подъемная сила сравнительно мала:

поверхность руки оказывается слишком малой, чтобы поддерживать груз в 1 кг при скорости 100 км/ч;

ее профиль лбладает низким аэродинамическим качеством, то есть соотношение подъемной силы и сопротивления очень неблагоприятно.

Итак, чтобы летать, нужно иметь:
поверхность подходящей формы и размеров;
адекватный угол атаки;
достаточно большую скорость относительно воздуха.
Что же это за объекты, которые летают и даже транспортируют одного или двух человек при скорости 50 км/ч?

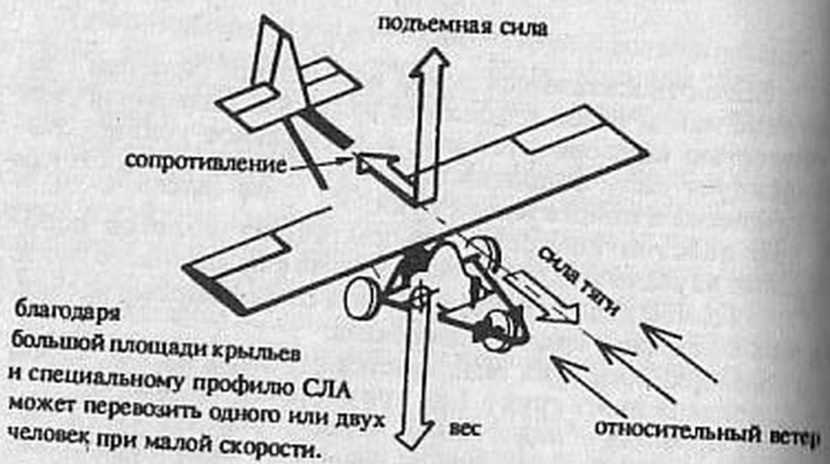
Сверхлегкий летательный аппарат

Сверхлегкий летательный аппарат должен
перевозить одного или двух человек;
двигаться с небольшой скоростью, чтобы иметь возможность взлетать и садиться на площадки ограниченных размеров;
иметь достаточно высокое аэродинамическое качество, чтобы не расходовать слишком большую мощность.

Чтобы удовлетворять всем этим трем требованиям, крылья СЛА должны иметь определенную поверхность и профиль:

площадь несущей поверхности: при фиксированном общем весе чем больше площадь крыльев, тем медленнее может летать аппарат;

форма профиля крыла: опыт показывает, что плоские пластины имеют посредственное аэродинамическое качество. Поэтому профиль крыла имеет каплевидную форму, которая лучше изучена и позволяет получить наилучшие результаты. Многие типы профилей были изучены с целью дать СЛА достаточно большую подъемную силу при минимально возможном сопротивлении.



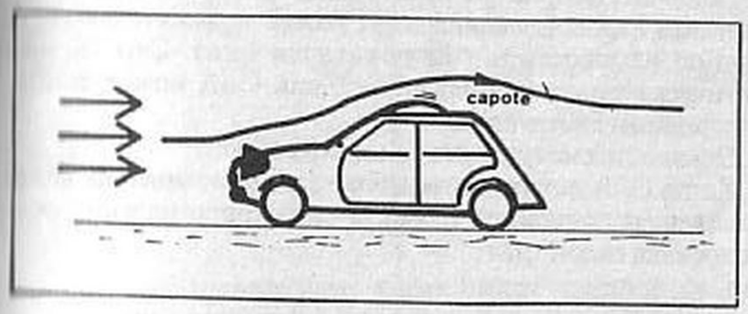
благодаря
большой площади крыльев
и специальному профилю СЛА
может перевозить одного или двух
человек при малой скорости.

Горизонтальный полет

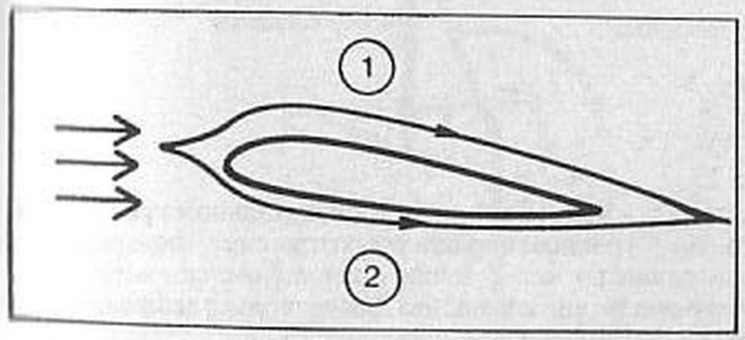
Когда СЛА летит горизонтально по прямой линии, угол атаки, скорость и тяга винтом таковы, что
вес уравновешивается подъемной силой;
тяга винта уравновешивает силу сопротивления.

Элементарное объяснение подъемной силы

Вы, быть может, замечали, что при движении автомобиля с достаточно большой скоростью его крыша имеет тенденцию "выгибаться": это означает, что давление над крышей ниже, чем внутри машины. Этот эксперимент позволяет нам понять один из общих принципов аэродинамики: "при увеличении скорости течения давление уменьшается".



Набегая на профиль крыла СЛА с некоторым углом атаки, воздушные потоки разделяются:
некоторые линии тока обходят профиль сверху (траектория 1);
другие линии тока обходят его снизу (траектория 2);
они вновь соединяются на ребре обрыва профиля.



Поскольку путь, проходимый линиями тока, идущими сверху, длиннее, чем для линий, идущих снизу, скорость потока вверху оказывается больше, так что у верхней поверхности крыла образуется область пониженного давления, которая и является главной причиной появления подъемной силы.

Таким образом, когда СЛА летит горизонтально и прямолинейно:

подъемная сила уравновешивает вес

сопротивление преодолевается силой тяги винта

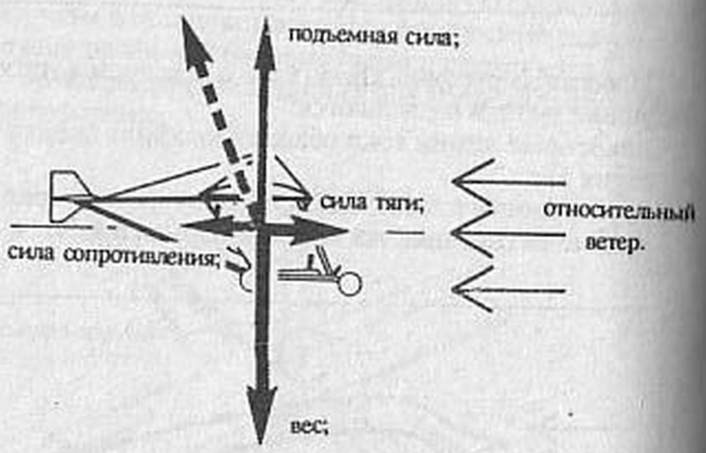
А что происходит, если двигатель вдруг сломается?

ПОЛЕТ СЛА С ВЫКЛЮЧЕННЫМ ДВИГАТЕЛЕМ

Положите шарик на горизонтальную плоскость. Что он делает? Он лежит неподвижно. А теперь положите его на наклонную плоскость — он покатится вниз. Этот пример практически полностью объясняет, как СЛА может лететь с выключенным двигателем.

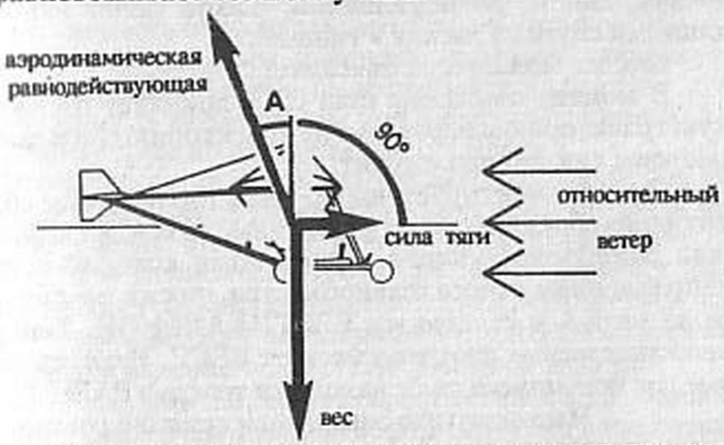
Однако рассмотрим это более подробно:

Когда СЛА летит горизонтально и прямолинейно, его вес уравновешен подъемной силой, а сила сопротивления скомпенсирована силой тяги

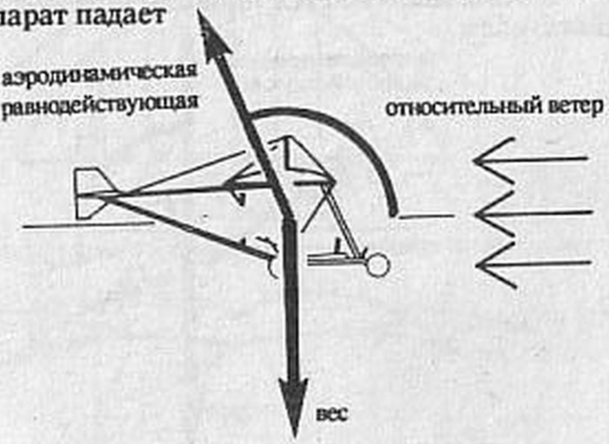


Когда СЛА летит горизонтально и прямолинейно, сила тяги уравновешивает сопротивление, подъемная сила уравновешивает вес (точки приложения сил перенесены в центр тяжести, так как нас интересует только движение последнего):

В действительности подъемная сила и сила сопротивления есть всего лишь две компоненты одной силы — аэродинамической равнодействующей. Поэтому можно сказать, что когда СЛА летит горизонтально и прямолинейно, аэродинамическая равнодействующая, вес и тяга винта находятся в равновесии. Важно отметить, что угол между траекторией СЛА и аэродинамической равнодействующей всегда больше 90° + А Или, что то же самое, динамическая равнодействующая уравновешивает вес и силу тяги:



Что же происходит, когда пилот уменьшает газ или когда мотор ломается? Сила тяги исчезает. При этом остаются аэродинамическая равнодействующая и вес. Предположим, что пилот с помощью органов управления пытается удержать машину в горизонтальном полете. Теперь никакая сила не уравновешивает силу сопротивления: скорость аппарата падает, подъемная сила уменьшается, вес быстро превосходит ее — аппарат падает



Сила тяги исчезает, равновесие нарушается. Горизонтальный полет невозможен.

Без силы тяги горизонтальный полет невозможен

Вам приходилось видеть парящих птиц или планеры в воздухе. Они летят с некоторой скоростью, и при этом не падают, хотя они и не располагают силой тяги двигателя. Однако их полет обладает определенными особенностями: говорят, что они ПЛАНИРУЮТ. Это слово, конечно, создает образ полета, но в нем заложено и представление о СПУСКЕ — медленном, но неуклонном. Такой полет напоминает длинный спуск на лыжах в тишине.

Как же можно его объяснить?

В момент снижения газа СЛА покидает горизонтальную траекторию и переходит на траекторию снижения. Рассмотрим как это происходит.

Пилот ориентирует новую траекторию таким образом, чтобы она образовывала с горизонталью угол А. Аэродинамическая равнодействующая, ориентация которой связана с направлением относительного ветра, также поворачивается на угол А и становится ВЕРТИКАЛЬНОЙ. Теперь она непосредственно противодействует ВЕСУ. Итак, единственные две оставшиеся силы находятся теперь в РАВНОВЕСИИ

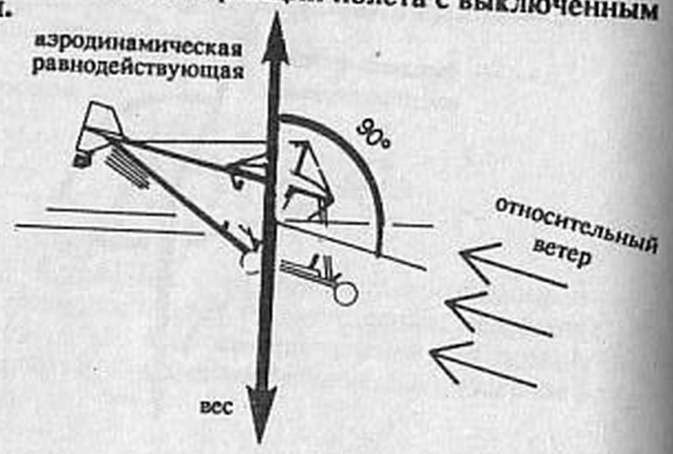
Мы только что определили принцип равномерного прямолинейного планирующего полета:

Чтобы находиться на устойчивой траектории полета, СЛА с выключенным двигателем должен иметь:

аэродинамическую равнодействующую, равную и противоположную весу;

наклон траектории, обеспечивающий постоянный спуск по отношению к окружающему воздуху.

В этом заключается принцип полета с выключенным двигателем.



ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ПОДЪЕМНУЮ СИЛУ И СОПРОТИВЛЕНИЕ

Когда СЛА летит горизонтально и прямолинейно, подъемная сила в каждый момент равна и противоположна весу. В действительности к этому значению подъемной силы приводит комбинация пяти факторов, влияние которых можно разделить в аэродинамической трубе: площадь несущей поверхности, форма профиля, плотность воздуха, скорость относительного ветра и угол атаки:

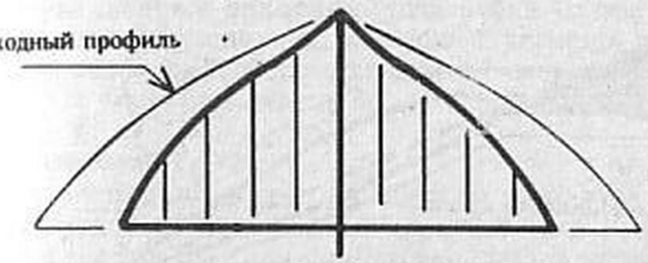
площадь крыльев и форма профиля: упомянуты длясправки. Их роль была рассмотрена ранее.

плотность воздуха: она уменьшается с высотой. Мы рассмотрим последствия этого в Части 6;

скорость относительного ветра и угол атаки: эти два фактора представляют для нас особый интерес, так как именно ими пилот может управлять в полете *.

Скорость относительного ветра: очень важный фактор, поскольку сопротивление воздуха изменяется как квадрат скорости. При постоянном угле атаки подъемная сила и сопротивление возрастают в четыре раза при удвоении скорости. Однако, когда скорость становится слишком большой, крыло и его профиль деформируются и его летные качества ухудшаются. Это одна из причин, по которым каждый тип СЛА имеет максимально допустимую скорость, при превышении которой полет становится опасным.

влияние скорости



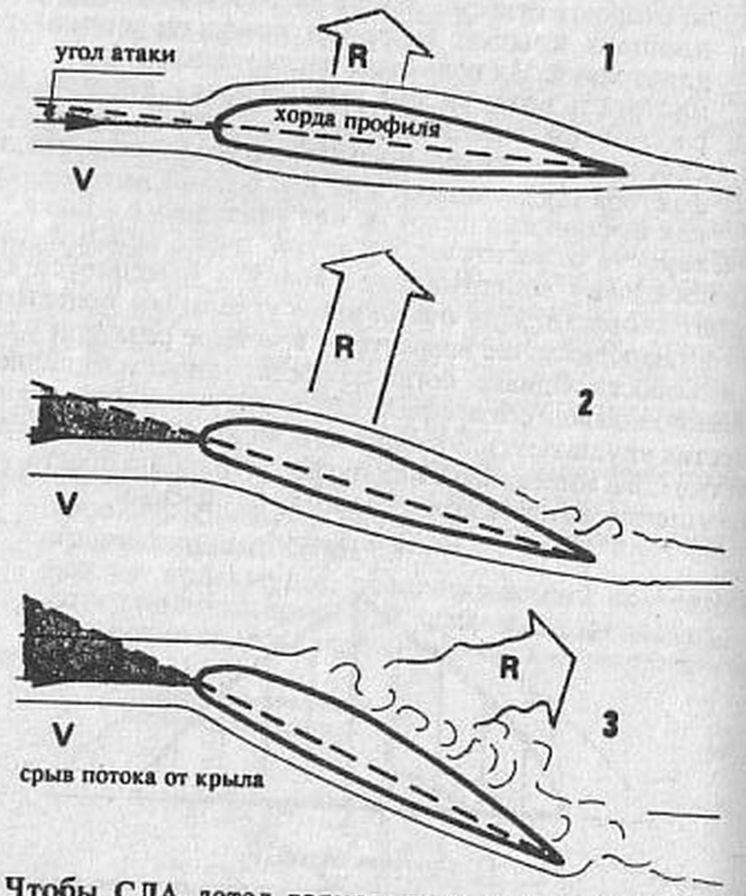
слишком большая

скорость деформирует крыло и его профиль и ухудшает летные качества.



* Некоторые СЛА оборудованы также закрылками и воздушными тормозами, которые позволяют пилоту изменять в полете также форму профиля

Угол атаки: это угол, образуемый направлением относительного ветра и хордой профиля. Если при постоянной скорости постепенно увеличивать угол атаки, то величина подъемной силы возрастает, проходит через максимум, а затем при определенном значении угла атаки она резко падает при одновременном увеличении сопротивления. При этом говорят, что произошел срыв потока от крыла. Угол атаки, соответствующий этому явлению, называется углом срыва.



Чтобы СЛА летел горизонтально и прямолинейно, нужно создать подъемную силу, равную и противоположную весу.

Мы рассмотрели влияние угла атаки и скорости на значение подъемной силы и силы сопротивления. Теперь мы можем рассмотреть вопрос о том, каков допустимый диапазон параметров для СЛА и каковы его границы

ДОПУСТИМЫЙ ДИАПАЗОН СКОРОСТЕЙ И УГЛОВ АТАКИ

Угол срыва и МДС

Рассмотрим СЛА, летящий по прямой горизонтально.

Очевидно, что аппарат имеет определенный диапазон допустимых скоростей (например, для некоторых — от 40 до 80 км/ч).Это дает возможность взлетать и садиться на малой скорости, а летать быстрее.

Во всех случаях при горизонтальном прямолинейном полете подъемная сила равна весу.

При крейсерском полете подъемная сила создается относительным ветром, набегающим на аппарат с крейсерской скоростью с некоторым углом атаки.

Если вы хотите увеличить скорость и сохранить горизонтальный полет, то вы должны по мере ускорения уменьшать угол атаки, так как подъемная сила должна оставаться постоянной и равной весу. Однако опасность деформации крыла и кабины накладывает ограничение на величину скорости — существует максимально допустимая скорость (МДС) (см. Примечание 2).

Если вы хотите уменьшить скорость и сохранить горизонтальный полет, то вы должны по мере снижения скорости увеличивать угол атаки, так как подъемная сила должна оставаться постоянной и равной весу. Однако и здесь есть предел — угол срыва. Этому предельному значению угла атаки соответствует скорость сваливания, которая и является нижним пределом диапазона допустимых скоростей вашего СЛА (см. Примечание 1).

Примечание 1

Важно подчеркнуть, что именно угол атаки, а не скорость является критичным для срыва потока. Угол срыва является постоянным для данного аппарата, в то время как скорость сваливания заметно возрастает с увеличением веса и крена. Сваливание может произойти даже при большой скорости при резком выходе из пикировании.

К сожалению, однако, имеется очень мало практических средств для определения угла атаки в полете, и гораздо проще определять и измерять воздушную скорость (показания анемометра, ощущение ветра, аэродинамические шумы и т. д.).

Поэтому воздушная скорость является наилучшим средством предотвратить сваливание, при условии, что:

при прямолинейном полете вы имеете достаточный запас скорости по отношению к скорости сваливания при максимальной массе. Эта скорость приведена в руководстве по эксплуатации вашего аппарата;

при вираже вы выбираете скорость, совместимую с креном виража;

вы не будете резко выходить из пикирования на любой скорости.

Примечание 2

Очевидно, что именно при спуске вы можете опасаться превзойти МДС. При горизонтальном полете при максимальной мощности ваш аппарат будет ускоряться до тех пор, пока не будет достигнута предельная скорость, зависящая от мощности двигателя, такая, что "тяга = сопротивлению". Эта скорость обязательно меньше МДС.

Информация, которой располагает пилот

Чтобы оставаться в пределах допустимого диапазона скоростей и углов атаки, пилот располагает различного рода информацией:

на земле: эксплуатационная карточка аппарата, в которой приводятся, в частности, скорость сваливания при максимальной массе и МДС;

в полете: физиологические ощущения ветра:

при малой скорости относительный ветер слабый, шумы ветра и его ощущение на лице уменьшаются;

при большой скорости относительный ветер сильный, аэродинамические шумы возрастают, как и ощущение ветра на лице.

показания анемометра

усилие, прикладываемое к планке или ручке управления.

Вы летите по прямой, в спокойном воздухе, на хорошо спроектированном и отрегулированном аппарате. Теперь отпустите на несколько мгновений органы управления: аппарат "сам" выберет естественное для него значение скорости. Эта скорость называется **скорость компенсации.** Говорят также, что при этом аппарат скомпенсирован , или что он "притягивается" к этому значению скорости.

Аппарат хорошо отрегулирован, если скорость компенсации соответствует крейсерской скорости (такая регулировка также избавляет вас от необходимости оказывать постоянное

"пикирующее" или "кабрирующее" усилие во время полета).

Следовательно, при полете по прямой, на хорошо отрегулированном аппарате, постоянные усилия, прикладываемые вами к органам управления, позволяют судить о вашей скорости:

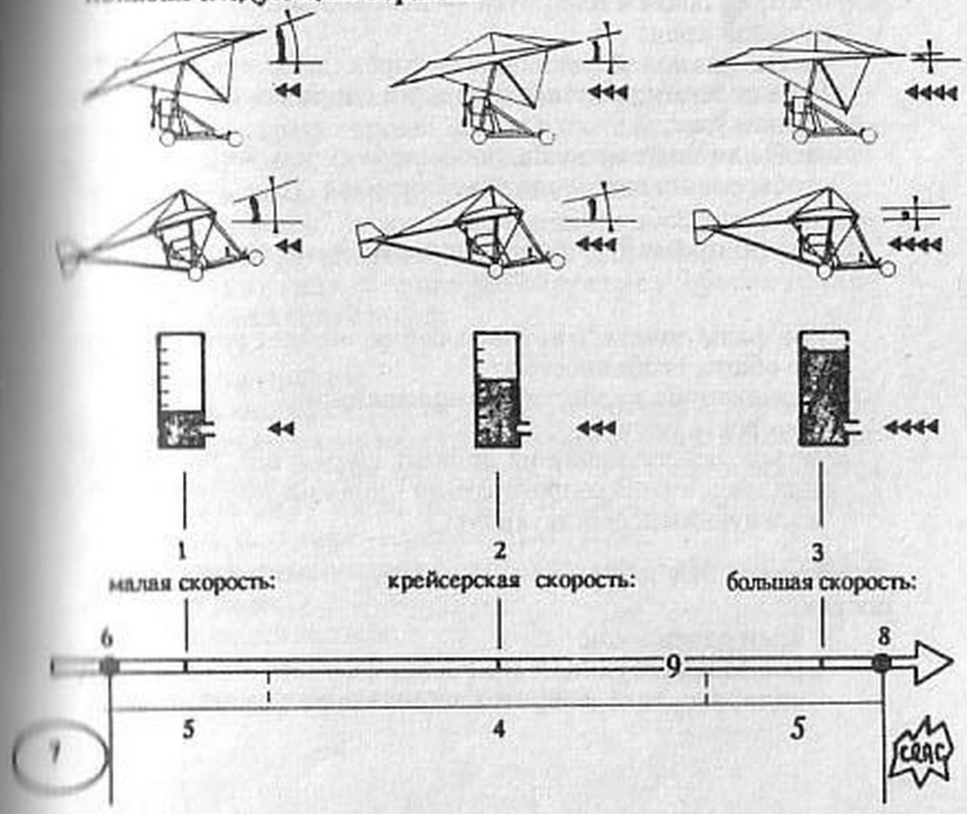
если вы прикладываете постоянное "кабрирующее" усилие, если аппарат плохо слушается управления, это значит, что скорость слишком мала;

если вы не прикладываете практически никакого "кабрирующего" или "пикирующего" усилия, это значит, что вы летите с крейсерской скоростью;

если вы прикладываете постоянное "пикирующее" усилие, ваша скорость слишком велика.

Важно отметить, что конструкция и регулировка аппарата непосредственно влияют на скорость компенсации: неправильная центровка или неправильное размещение узла подвески тележки к крылу делают аппарат "пикирующим" или "кабрирующим", так что им становится трудно (и даже опасно) управлять. Этот вопрос обсуждается в дальнейшем.

Для прямолинейного горизонтального полета допустимый диапазон скоростей может быть схематически показан следующим образом:



1 — малая скорость: слабый относительный ветер, постоянное кабрирующее усилие; 2 — крейсерская скорость: нормальный относительный ветер, минимальные усилия на органы управления; 3 — большая скорость: сильный относительный ветер, постоянное пикирующее усилие; 4 — удобный диапазон скоростей; : 5 — область безопасности; 6 — скорость сваливания при максимальной массе; 7 — полет невозможен; 8 — МДС; 9 — воздушная скорость (на основе показаний анемометра)

Примечание

Для простоты рисунок построен так, как если бы характеристики двух показанных на нем аппаратов были одинаковы. Вообще говоря, это неправильно, так как каждый аппарат имеет свой допустимый диапазон скоростей.

Ваш СЛА должен использоваться в совершенно определенном диапазоне скоростей и углов атаки:

нижний предел определяется углом срыва;

верхний предел определяется МДС

ПОЛЕТ ПО ПРЯМОЙ

Для равномерного прямолинейного полета — горизонтального, на подъем или спуск — необходимо:

нулевой крен;

чтобы равнодействующая четырех действующих сил (вес, подъемная сила, сила тяги и сопротивления) была равна нулю;

чтобы аппарат не вращался вокруг своей оси;

чтобы равновесие было устойчивым.

Полет по прямой — горизонтальный, на подъем или спуск

Три фазы полета, о которых сейчас пойдет речь, имеют две общие особенности:

траектория является прямолинейной;

скорость постоянна;

Четыре действующие на аппарат силы (вес, подъемная сила, тяга и сила сопротивления) должны поэтому иметь "нулевую равнодействующую".

Когда СЛА летит прямолинейно с постоянной скоростью:

крен равен нулю

равнодействующая приложенных сил (подъемная сила, вес, тяга, сопротивление) равна нулю.

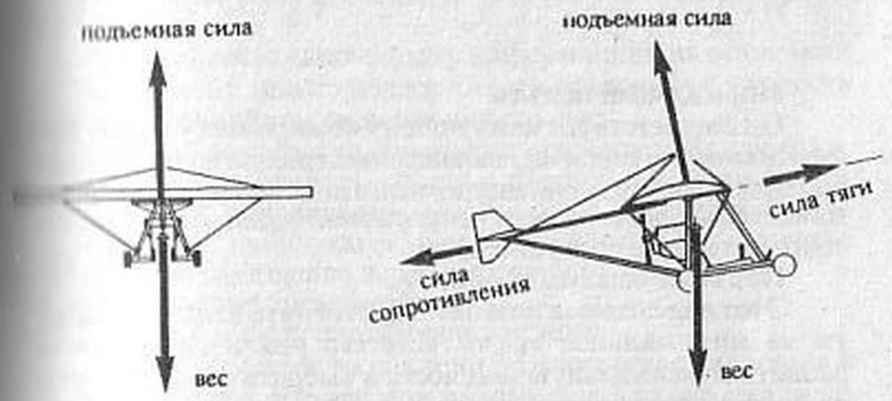
Горизонтальный полет

Напомним, что силами, действующими на СЛА в прямолинейном горизонтальном полете, являются:

вес, уравновешенный подъемной силой;

сила сопротивления, уравновешенная тягой винта.

Управление прямолинейным горизонтальным полетом осуществляется путем поддержания нулевого крена и выбором мощности двигателя и тангажа таким образом, чтобы скорость полета была правильной, а траектория была горизонтальной.



На практике горизонтальный полет в спокойном воздухе на хорошо отрегулированном аппарате не требует приложения заметных "пикирующих" или "кабрирующих" усилий со стороны пилота. Действительно,

"нейтральное" положение трапеции или ручка управления соответствует крейсерской скорости;

номинальная мощность двигателя обеспечивает горизонтальный полет.

Полет на подъем

Теперь вектор скорости уже не перпендикулярен весу. У веса появляется компонента, которая прибавляется к силе сопротивления. Чтобы достигнуть равновесия, приходится увеличивать силу тяги, то есть мощность, развиваемую двигателем, а значит — режим двигателя.

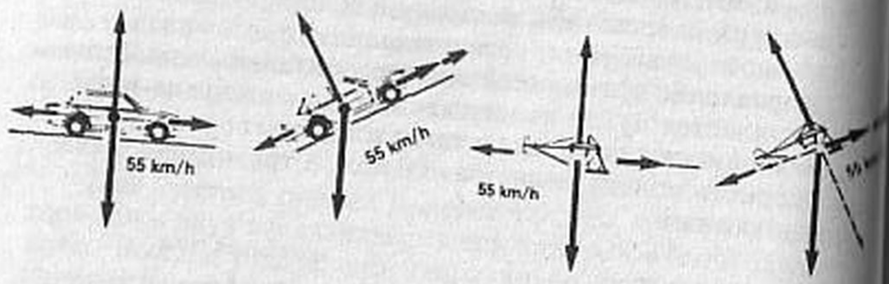
В вашем руководстве по эксплуатации могут встретиться три типа подъема:

нормальный подъем;

подъем с максимальной скоростью подъема (Vz);

подъем с максимальным наклоном.

Чтобы при постоянной скорости перейти от горизонтального полета к полету на подъем, необходимо увеличить мощность:



Нормальный подъем

Он соответствует наилучшему компромиссу между эффективностью подъема, охлаждением двигателя и другими трудностями. Для реализации этого подъема нужно развить максимальную мощность непрерывной работы двигателя и сохранять крейсерскую скорость.

Подъем с максимальной Vz

Этот вид подъема позволяет достигнуть заданной высоты за минимальное время. Для его реализации нужно развить максимальную мощность и выбрать скорость полета, несколько меньшую крейсерской.

Подъем с максимальным наклоном

Он соответствует максимальному углу подъема. Он может использоваться в исключительных случаях для облета препятствий. Для его реализации нужно развить максимальную мощность и выбрать скорость полета, указанную в руководстве по эксплуатации. Этот вид подъема может использоваться только в исключительных случаях. Поскольку скорость мала, следует быть очень осторожным. Не рекомендуется прибегать к нему в неспокойном воздухе, так как опасность сваливания здесь весьма велика. Не следует неоправданно долго продолжать подъем с максимальным наклоном, так как имеется риск перегрева двигателя. Параметр, который должен поддерживаться постоянным при подъеме — это скорость.

Эта скорость достигается путем выставления соответствующего тангажа:

если скорость уменьшается, нужно изменить тангаж в сторону пикирования;

если скорость возрастает, нужно изменить тангаж в сторону кабрирования.

Полет на спуск

Чтобы при постоянной скорости перейти от горизонтального полета к полету на спуск, необходимо уменьшить мощность.

В этом случае вес приобретает компоненту, которая складывается с силой тяги. Поэтому здесь возникает выбор: можно поддерживать постоянную мощность (и получить выигрыш в скорости), или можно уменьшить мощность (если Вы хотите сохранить постоянную скорость).

Помните, что даже для СЛА есть ограничениес корости — МДС

На практике: напомним ту информацию, на основании которой пилот может поддерживать постоянную скорость при прямолинейном подъеме или спуске:

физиологические ощущения относительного ветра усилия, прикладываемые к планке или ручке управления: при подъеме или спуске с крейсерской скоростью "пикирующее" или "кабрирующее" усилие равно нулю (на хорошо отрегулированном аппарате);

показания анемометра.

Полет с выключенным двигателем

Положим шарик на наклонную плоскость с наклоном А — он покатится. Его вес можно разложить на две составляющие:

в направлении, параллельном траектории шарика. При этом мы получим компоненту P1, которая является причиной движения шарика;

в направленнии, перпендикулярном траектории шарика. При этом получится компонента P2.

Предположим, что СЛА с выключенным двигателем летит по траектории спуска, образующей угол А с горизонталью. Его вес можно таким же образом разложить на P1, параллельную траектории, и P2, перпендикулярную последней.

Именно компонента P1 вызывает движение СЛА с выключенным двигателем по траектории спуска

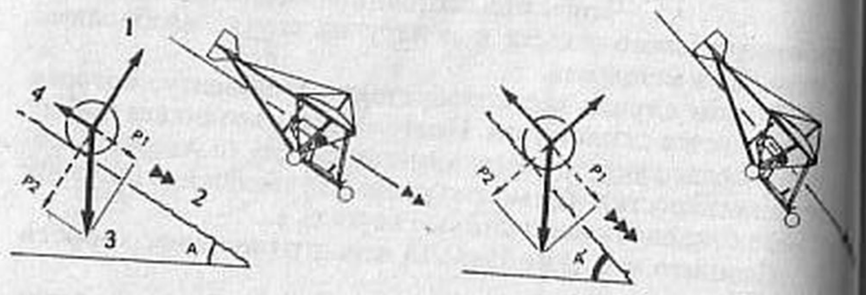
Причиной движения СЛА с выключенным двигателем является одна из компонент его веса

Если пилот входит в более глубокое пике, значение угла А увеличивается, компонента веса P1 становится больше, и скорость СЛА возрастает.

Угол А называется углом планирования.

Для данного СЛА каждой скорости полета с выключенным двигателем соответствует определенный угол плани-

рования



1 — подъемная сила; 2 — скорость; 3 — вес; 4 — трение

Качество

Для описания угла планирования принято использовать отношение:

$$f = \frac{\textit{пройденное расстояние}}{\textit{потерянная высота}}$$

в спокойном воздухе.

Это число называется качеством.

Добротность может также быть выражена отношением

$$\frac{\textit{воздушная скорость}}{\textit{вертикальная скорость}} \quad \begin{matrix}(\textit{анемометр}) \\ (\textit{вариометр})\end{matrix}$$

Например, если качество равна 5, аппарат может пролететь в спокойном воздухе расстояние в 5 км, если его начальная высота была 1000 м.

Каждой скорости полета с выключенным двигателем соответствует угол планирования и, следовательно, определенная добротность. Совокупность этих величин, характеризующих каждый аппарат, может быть представлена в виде графика — так называемой **поляры скоростей.**

На ней имеется выделенное значение скорости: скорость, при которой качество максимально. Именно эта скорость дает вам наибольшие возможности для планирования в спокойном воздухе.

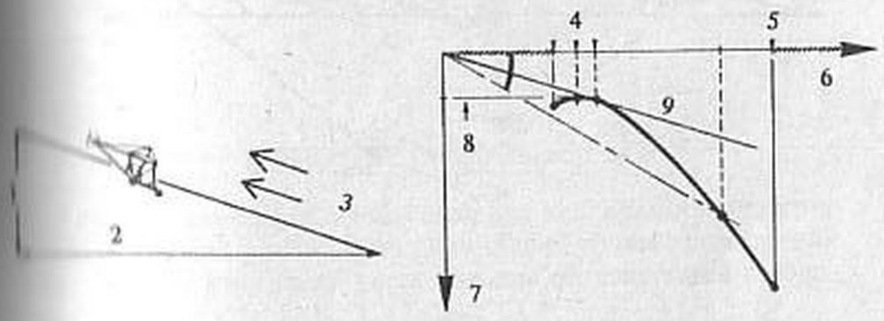
При изучении поляры, представленной на рис. вы можете заметить ухудшение качества при больших скоростях полета. Эта особенность, свойственная большей части СЛА, имеет два достоинства и один недостаток:

вы можете выбрать и использовать большой наклон

при посадке, не приобретая при этом чрезмерной скорости, и таким образом облететь возможные препятствия;

вы можете исправить ситуацию, когда при посадке СЛА оказывается слишком высоко или слишком близко к площадке, путем пикирования без существенного увеличения скорости;

характеристики в случае поломки двигателя таковы, что безопасно облететь непригодные для посадки зоны (озеро, лес и т. п.) удается только при достаточно большой исходной высоте, которую нужно иметь для возможности достижения потенциально пригодных для посадки участков.



Поляра скоростей: на графике изображается вертикальная скорость (скорость спуска), соответствующая каждому значению скорости полета с выключенным двигателем. Так вы можете построить поляру вашего СЛА. Каждому значению скорости соответствует определенное качество и, следовательно, определенный наклон траектории в спокойном воздухе, который соответствует прямой, соединяющей начало координат с данной точкой кривой:

1 — потерянная высота; 2 — пройденное расстояние; 3 — относительный ветер; 4 — скорость сваливания; 5 — МДС; 6 — воздушная скорость; 7 — вертикальная скорость; 8 — минимальная скорость спуска; 9 — максимальное качество

Очень важно, чтобы Вы знали качество вашего аппарата при выключенном двигателе и зрительно представляли себе соответствующий угол планирования.

В каждый момент полета нужно обеспечить, чтобы вы могли достигнуть приемлемой для посадки площадки в планирующем полете в случае поломки двигателя

Потренируйтесь зрительно представлять себе наклон планирования при выключенном двигателе... и обеспечивайте, чтобы в каждый момент полета Вы находились в пределах досягаемости посадочной площадки:





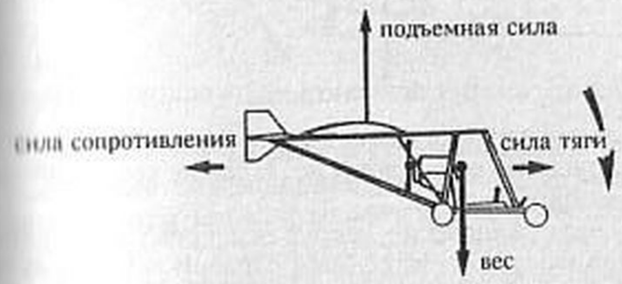


Внимание! При наличии ветра конус локального полета наклонен в сторону, откуда дует ветер. Объяснение см. в Части 4

ПРОДОЛЬНОЕ РАВНОВЕСИЕ В ПОЛЕТЕ ПО ПРЯМОЙ

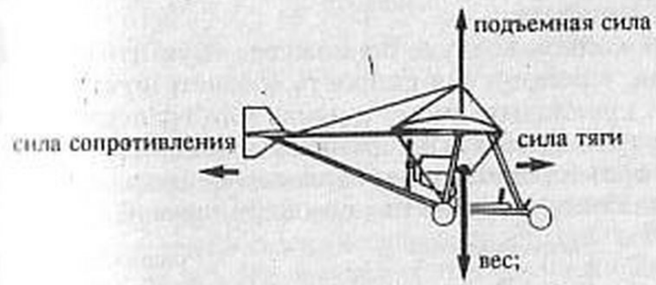
Два условия равновесия

Первое условие равновесия в устойчивом прямолинейном полете (подъемная сила, вес, тяга и сопротивление компенсируют друг друга) является необходимым, но недостаточным:



Аппарат переворачивается.

Необходимо еще, чтобы аппарат не " вращался вокруг своей оси". Для реализации равновесия точки приложения этих сил должны быть расположены определенным образом:



Аппарат находится в равновесии:

Два условия необходимы для реализации равновесия в установившемся прямолинейном полете:

подъемная сила, вес, сила тяги и сила сопротивления компенсируют друг друга — их равнодействующая равна нулю;

аппарат не поворачивается вокруг своей оси — "результирующий момент равен нулю", как говорят специалисты.

В усановившемся прямолинейном полете ап-
парат находится в равновесии.



вокруг оси крена; вокруг оси тангажа; вокруг оси рыскан

Нашей целью здесь является подробно рассмотреть, как
реализуется продольное равновесие. Прежде всего, почему
оно вообще необходимо?

потому что равновесие вокруг оси крена и рысканья
устанавливается естественным образом ввиду симмет-
рии и боковой устойчивости аппарата (этот вопрос рас-
сматривается в конце этой Части);

потому что многие факторы возмущают продольное рав-
новесие и могут сделать полет невозможным илиопас-
ным, в особенности центровка на 3-осных и положение
точки подвеса на маятниковых аппаратах.

Продольное равновесие *

Вы летите с крейсерской скоростью на хорошо отрегулиро-
ванном аппарате.

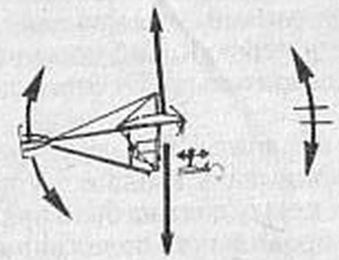
В спокойном воздухе Вы можете отпустить органы уп-
равления. Крейсерская скорость соответствует нулевому
усилию, прикладываемому к ручке или трапеции, и опре-
ленному положению этих органов управления.

Аппарат находится в продольном равновесии, так как
подъемная сила действует вдоль одной прямой с весом.

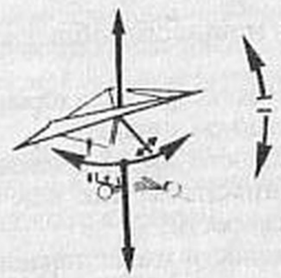


* В оригинале изложение в этом разделе ведется параллельно для 3-осных и маятниковых аппаратов на двух сторонах листа.. Поскольку оба текста практически одинаковы, в переводе приведен только текст для 3-осных аппаратов, а в скобках даются изменения, которые нужно в нем сделать для маятниковых аппаратов (Примеч. пер.)

Воздействие на ручку управления или трапецию вызы-
вает изменение угла атаки несущей поверхности:



3-осный аппарат: в диапазоне этого положения
равновесия перемещение ручки вперед вызывает поворот
руля высоты вниз, приводит к пикирующему движению и
уменьшает угол атаки несущей поверхности. Пермещение
ручки назад вызывает кабрирующее движение и увеличивает
угол атаки



Маятниковый аппарат: в диапазоне этого поло-
жения равновесия воздействие на трапецию от себя перемещает
назад центр тяжести, вызывает кабрирующее движение и
увеличивает угол атаки на несущую поверхность. Воздействие
на трапецию к себе вызывает пикирующее движение и
уменьшает угол атаки несущей поверхности.

Постоянные усилия, прикладываемые к органам управ-
ления, позволяют судить о скорости полета.

Чтобы лететь со скоростью, меньшей крейсерской, Вы
должны приложить постоянное тянущее усилие к ручке
толкающее усилие к трапеции). И наоборот, чтобы лететь
со скоростью, большей крейсерской, вы должны приложить
постоянное толкающее усилие к ручке (тянущее усилие к
трапеции).

Регулировка аппарата непосредственно влияет на
летные качества.

3-осные аппараты: Для обеспечения равновесия и управляемости машины центр тяжести обязательно должен находиться в пределах области центровки. Эта область заключена между двумя предельными положениями — передним и задним пределами центровки. Соблюдение пределов центровки совершенно обязательно. От этого зависит ваша безопасность.

Маятниковые аппараты: Для ограничения усилий, которые нужно прикладывать к планке управления, точка подвески тележки к крылу должна быть правильно расположена. Соблюдение правильного положения точки подвески совершенно обязательно. От этого зависит ваша безопасность.

Влияние двигателя на продольное равновесие

Задачей двигателя и винта является создание необходимой тяги, однако они создают некоторые побочные эффекты, влияющие на продольное равновесие.

Влияние на угол тангажа: пикирующий или кабрирующий момент.

При изменении мощности наблюдается изменение угла тангажа:

При установившейся скорости на хорошо спроекти-рованном и хорошо отрегулированном аппарате:

увеличение мощности имеет тенденцию заставить СЛА кабрировать и подниматься, так как аппарат стремится сохранить значение скорости;

уменьшение мощности имеет тенденцию заставить СЛА пикировать и спускаться, так как аппарат стремится сохранить значение скорости.

Влияние двигателя может оказаться неудобным на вираже, когда желательно изменить мощность, не изменяя угла атаки. Поэтому здесь приходится корректировать эффекты двигателя с помощью ручки или трапеции.

ПРОДОЛЬНАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ

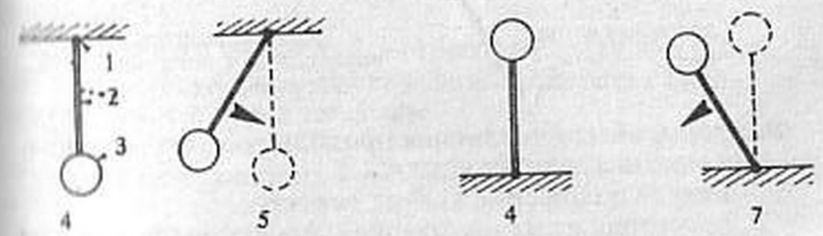
Устойчивость.

Устойчивость является мерой естественной способности аппарата возвращаться в состояние равновесия при полете в случае, когда он на мгновение отклонился от этого положения.

Устойчивость полета СЛА

В установившемся полете СЛА находится в равновесии

по трем своим осям вращения: тангаж, крен и рысканье. Однако простые опыты с маятником показывают, что условия равновесия еще недостаточно — чтобы аппаратом в принципе можно было управлять, необходимо также, чтобы это равновесие было устойчивым.



1 — точка подвеса; 2 — жесткий стержень; 3 — масса; 4 — маятник в равновесии; 5 — маятник отклоняется от положения равновесия: он возвращается в это положение естественным образом; 6 — равновесие УСТОЙЧИВО; 7 — маятник отклоняется от положения равновесия: он удаляется от этого положения все дальше; 8 — равновесие является НЕУСТОЙЧИВЫМ

Здесь мы рассмотрим значение устойчивости по углу тангажа, или **продольной устойчивости**, а также факторы, которые обеспечивают это качество.

Продольная устойчивость СЛА

Атмосфера, в которой происходит полет, никогда не бывает абсолютно спокойной. Могут встретиться порывы ветра или турбулентность.

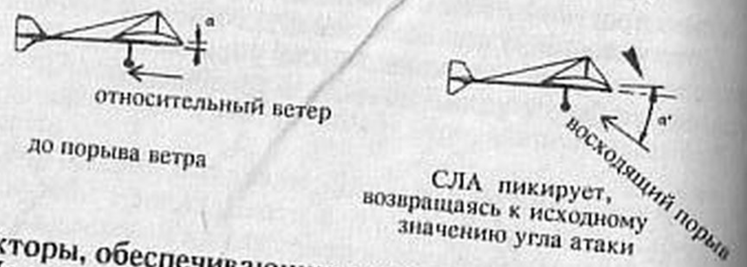
Когда СЛА летит горизонтально и прямолинейно, он находится в продольном равновесии благодаря тому, что относительный ветер набегает на несущую поверхность с углом атаки *d*

Если аппарат встречает восходящий порыв ветра, значение угла атаки внезапно возрастает до *d'* и исходное равновесие нарушается.

Чтобы этот аппарат не был опасным, необходимо, чтобы его естественной реакцией было пикирующее движение, приводящее угол атаки к его исходному значению.

В этом случае говорят, что аппарат **продольно устойчив.** Это свойство имеет первостепенное значение для безопасности полета.

Равновесие полета долно быть устойчивым:



Факторы, обеспечивающие продольную устойчивость

На маятниковом аппарате:

низкое положение центра тяжести;

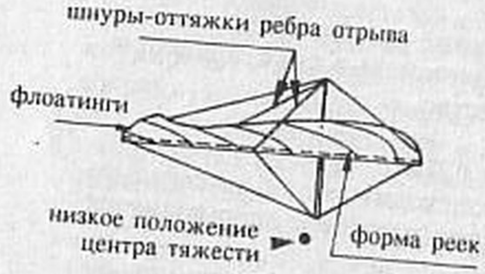
геометрия крыла и профиля: кручение, форма реек, шнуры-оттяжки, флоатинги (при малых углах атаки).

На 3-осных аппаратах:

горизонтальное оперение: поверхность, угол установки, плечо действующей силы;

положение центра тяжести внутри области центровки.

Факторы, обеспечивающие продольную устойчивость:





Продольная устойчивость является первостепенным элементом для безопасности полета. Поэтому Вы должны:

соблюдать условия нагружения и центровки;

иметь в виду, что любая модификация геометрии профиля может существенно ухудшить устойчивость.

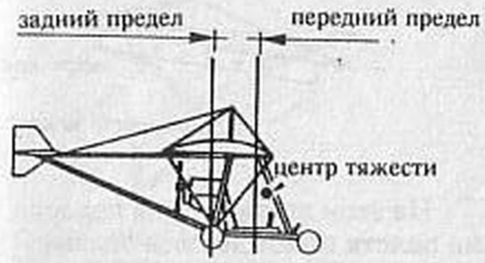
НАГРУЖЕНИЕ, ЦЕНТРОВКА, ТОЧКА ПОДВЕСКИ ТЕЛЕЖКИ К КРЫЛУ

Равновесие, усилие, прикладываемое к органам управления, управляемость и устойчивость — это четыре неразрывно связанных качества, имеющие огромное значение для полета СЛА.

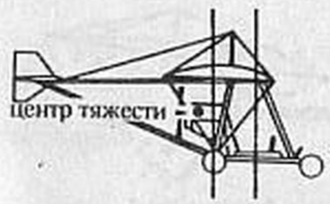
Нагружение и центровка 3-осного аппарата или положение точки подвески на маятниковых аппаратах определяют эти четыре летных качества.

Влияние центровки на 3-осевых аппаратах

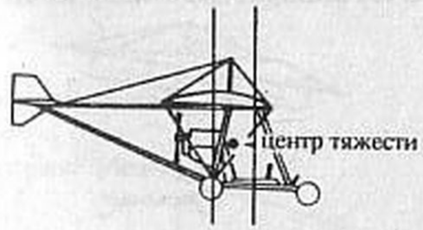
Этот аппарат неуправляем. Летать на нем опасно:



Этот аппарат неустойчив. Летать на нем опасно:



Этот аппарат управляем и устойчив. Центровка выполнена правильно:



На 3-осных аппаратах соблюдение пределов центровки абсолютно необходимо. От этого зависит ваша безопасность.

На практике изготовитель обычно предлагает несколько точек крепления сидений пилота и пассажира. Он указывает в руководстве по эксплуатации, какой вес соответствует каждому положению.

Влияние точки подвески на маятниковых аппаратах

На этом аппарате пилот должен для поддержания нормального режима полета оказывать на трапецию постоянное и значительное толкающее усилие. Этот аппарат оказывается "пикировщиком". Его равновесная скорость при отпущенной трапеции слишком велика. Летать на этом аппарате опасно.



На этом аппарате для поддержания нормального режима полета пилот должен оказывать постоянное и значительное тянущее усилие на трапецию. Этот аппарат оказывается "кабрировщиком". Его скорость при отпущенной трапеции слишком мала. Летать на таком аппарате опасно.



На этом аппарате пилоту для поддержания крейсерской скорости достаточно совсем небольших усилий на трапецию. Этот аппарат надежен и им легко управлять.

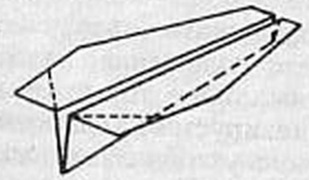


На маятниковых аппаратах правильное расположение точки подвески абсолютно необходимо, от этого зависит ваша безопасность.

На практике изготовитель предлагает несколько мест крепления тележки к крылу. Он указывает в руководстве по эксплуатации, какой вес соответствует каждому из этих положений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ: ОПЫТЫ С БУМАЖНЫМ САМОЛЕТИКОМ

Сделайте бумажный самолетик и запустите его — не слишком медленно и не слишком быстро — в комнате со спокойным воздухом. Если аппарат был правильно сделан, он сам войдет в свой "естественный режим полета", то есть будет лететь со скоростью компенсации.



Многоосный аппарат

Значение нагружения и центровки.

Сейчас с помощью сделанного вами аппарата мы изучим значение нагружения и центровки для 3-осного аппарата, а также роль руля высоты.

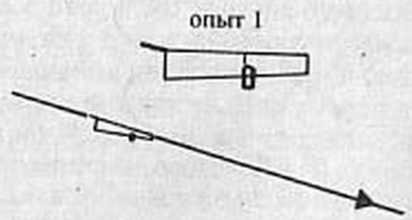
Для этого:

2 складки на задней кромке крыльев будут играть роль руля высоты;

канцелярская скрепка на корпусе будет моделировать нагрузку.

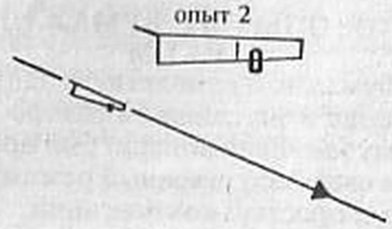
Опыт 1

Сохраняя исходную геометрию аппарата, экспериментально установите такое положение скрепки, при котором аппарат летит правильно. Отметьте это положение карандашом.



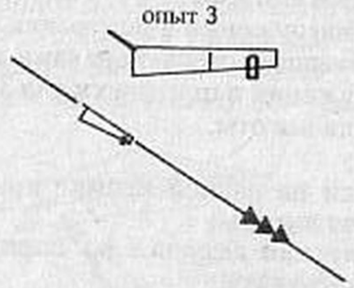
Опыт 2

Подвиньте скрепку на несколько миллиметров вперед относительно предыдущего положения. Запустив самолетик, вы увидите, что его скорость компенсации стала больше. Тем не менее с помощью соответствующего торможения путем "кабрирующего" положения руля удается добиться возврата к предыдущему значению скорости



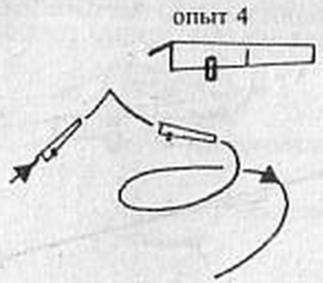
Опыт 3

Продолжая продвигать скрепку все дальше и дальше вперед, вы найдете положение, начиная с которого, несмотря на максимальное торможение рулем, аппарат пикирует и стабилизируется на слишком большой скорости. Такой аппарат очень устойчив, но совершенно неуправляем. Итак, существует передний предел центровки.



Опыт 4

Теперь проведите серию опытов, продвигая скрепку все дальше и дальше назад от положения, найденного в первом опыте.



В конце концов внезапно окажется, что при новом положении скрепки аппарат "кабрирует, останавливается, летит назад и опрокидывается". Перемещение груза еще дальше назад только усиливает это явление, причем независимо от положения руля. Итак, существует задний предел центровки.



За этим пределом аппарат оказывается неустойчивым и опасным. На практике очевидно, что необходимо оставаться вне опасной области вблизи расчетных переднего и заднего пределов !

Роль руля высоты.

Как Вы только что обнаружили в ходе этой серии опытов, первая функция руля высоты заключается в обеспечении равновесия в полете при различных положениях центра тяжести (конечно, если он остается в пределах области центровки).

Если Вы, кроме того, хотите, чтобы аппарат мог маневрировать в воздухе при различных скоростях, то вам нужно будет его пилотировать (например, с помощью радиоуправления), используя руль высоты. В этом заключается его вторая функция.

Запомните:

важное значение геометрии профиля для летных качеств;
важное значение центровки на 3-осных аппаратах;
функции руля высоты.

Маятниковый аппарат

Теперь с помощью того же бумажного самолетика мы изучим значение точки подвески тележки к крылу, пилотаж путем перемещения центра тяжести и факторы, влияющие на продольную устойчивость. Для этого:

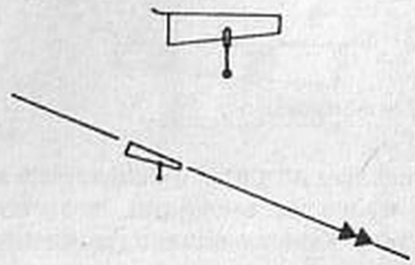
аппарат, который вы сделали, будет представлять крыло маятникового СЛА. В отличие от предыдущего случая, здесь вы уже не можете изменять положение руля высоты;

две скрепки, связанные ниткой, будут представлять точку крепления тележки к крылу, а также саму тележку.

Значение точки подвески тележки к крылу.

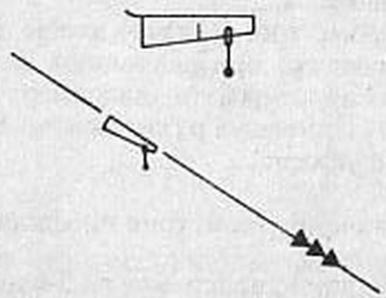
Заметьте, что каждому положению точки крепления соответствует своя скорость компенсации:

аппарат отрегулирован правильно, когда скорость компенсации соответствует крейсерской скорости



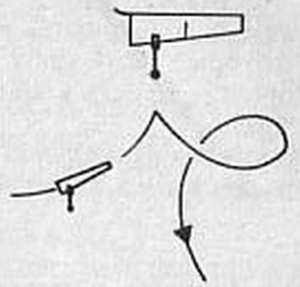
Аппарат отрегулирован правильно.

слишком сдвинутая вперед точка подвески дает слишком большую скорость компенсации. На таком аппарате пилот должен создавать постоянное кабрирующее усилие, чтобы лететь с крейсерской скоростью



Точка подвеса слишком смещена вперед. Аппарат стремится пикировать, полет на нем опасен.

слишком смещенная назад точка крепления приводит к слишком малой скорости компенсации или даже к неустойчивости аппарата при отпущенной трапеции. На таком аппарате пилот должен создавать постоянное пикирующее усилие, чтобы лететь с крейсерской скоростью



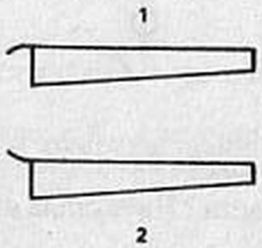
Точка подвеса слишком смещена назад: аппарат кабрирует или даже становится неустойчивым — он опасен

Пилотаж путем перемещения центра тяжести.

После того, как положение точки подвески выбрано и зафиксировано, любое воздействие на трапецию в продольном направлении изменяет положение центра тяжести тележки и изменяет угол атаки и режим полета.

Факторы, влияющие на продольную устойчивость.

В этой же серии опытов можно выделить геометрические факторы, обеспечивающие продольную устойчивость



на аппарате 1 никакое положение точки подвески не даст устойчивого полета. Этот аппарат неустойчив;
аппарат 2 — это аппарат, который вы сделали раньше — такая его геометрия придает ему продольную устойчивость.

Запомните:

важность положения точки подвески тележки к крылу;
смысл пилотажа путем перемещения центра тяжести;
факторы, обеспечивающие продольную устойчивость.

МАНЕВРЫ

Сейчас мы будем рассматривать маневры СЛА. Это такие движения, которые включают в себя изменение траектории или скорости, то есть в ходе которых аппарат испытывает ускорение.

Виражи и движения в вертикальной плоскости являются двумя основными маневрами, которые вы можете выполнять на СЛА.

КАК СЛА ОСУЩЕСТВЛЯЕТ ПОВОРОТ ?

Опыты с маятником.

Возьмите маятник, предварительно вставив в нить подвеса пружину, которая будет играть роль динамометра. В первой части опыта вы идете прямо, держа маятник в руке.

Что вы наблюдаете ? Нить вертикальна, равновесие сил, действующих на шарик, соответствует равновесию СЛА в прямолинейном горизонтальном полете (если пренебречь сопротивлением воздуха движению шарика).

Натяжение нити уравновешивает вес шарика



Во второй части опыта заставьте маятник вращаться в горизонтальной плоскости.

Что вы наболюдаета ? Нить стала наклонной, пружина растянулась



Это является проявлением общего принципа: чтобы осуществить поворот,то есть изменить направление движения предмета, необходимо приложить к нему силу, направленную внутрь кривой поворота

Как СЛА осуществляет поворот.

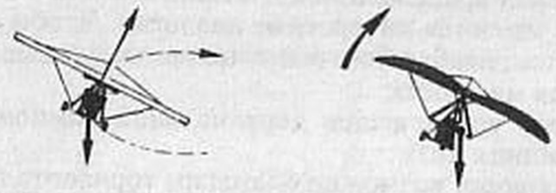
Представьте себе, что вы сидите за штурвалом СЛА, летящего горизонтально и прямолинейно со скоростью 60 км/ч. Теперь вы хотите изменить курс на 90^0 вправо. как показывает предыдущий опыт, для этого Вы должны создать действующую внутрь виража силу, наклонив аппарат.

Как наклонить СЛА ?

Технические средства и действия, которые должен совершить пилот, чтобы наклонить аппарат, зависят от типа машины. Рассмотрим различные случаи:

Маятниковый аппарат.

Крен создается путем бокового перемещения центра тяжести: "Чтобы накренить маятниковый аппарат вправо, нужно переместить трапецию в боковом направлении влево"



3-осный аппарат.

Крен создается путем поворота элеронов в различные стороны.

"Чтобы накренить 3- осный аппарат вправо, нужно переместить ручку в боковом направлении вправо"



2-осный аппарат.

На аппаратах этого типа нет ни элеронов, ни спойлеров на крыльях. Крен создается в ходе перемещения по углу рысканья в результате сноса. Рассмотрим это явление более подробно: поворот руля направления заставляет аппарат развернуться вокруг оси рысканья.

Асимметрия течения воздуха вокруг аппарата увеличивает подъемную силу на внешнее крыло и уменьшает подъемную силу на внутреннее крыло. Аппарат накреняется. "Чтобы накренить 2-осный аппарат вправо, нужно переместить ручку в боковом направлении вправо



СИЛЫ, ДЕЙСТВУЮЩИЕ НА СЛА ПРИ ПОВОРОТЕ

Какие силы присутствуют:

Подъемная сила и вес

Между вращающимся маятником и СЛА, совершающим вираж, имеются интересные аналогии. Чтобы поворот был возможен, необходимо выполнение двух условий:

Для маятника:

вес уравновешен вертикальной компонентой натяжения нити;

поворот возможен благодаря горизонтальной компоненте натяжения нити.

Для СЛА

вес уравновешен вертикальной компонентой подъемной силы;

поворот возможен благодаря горизонтальной компоненте подъемной силы.

Таким образом, подъемная сила используется

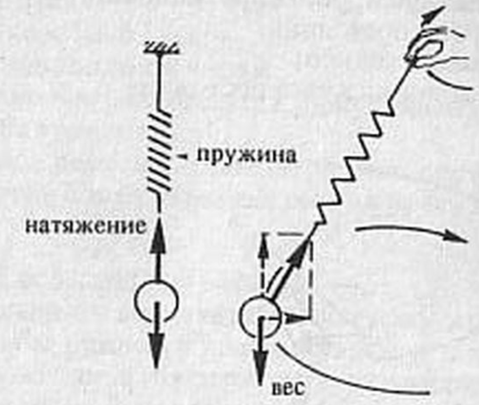
для поддержки веса аппарата;

для создания поворота.

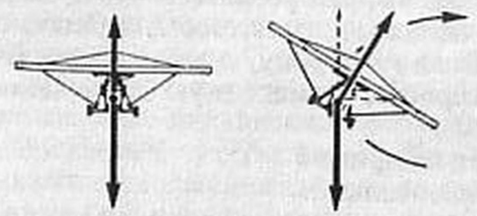
При повороте вертикальная компонента подъемнойсилы уравновешивает вес.

Имеется и другой важный момент, который можно отметить на том же рис. 124 — величина подъемной силы больше при вираже, чем при полете по прямой (напомним, что при прямолинейном полете подъемная сила равна весу). Подъемная сила должна быть тем больше, чем больше крен. Поэтому: при данной скорости полета угол атаки при вирже должен быть больше, чем при полете по прямой; для заданного угла атаки при полете скорость при вираже должна быть больше, чем при полете по прямой. Эта скорость должна быть тем больше, чем больше крен;чтобы не попасть в

опасную область углов атаки вблизи угла срыва,следует ограничить угол атаки при вираже, выбрав перед входом в вираж скорость, совместимую с величиной крена.



Именно крен создает поворот.



Тяга и сила сопротивления

Чтобы поддерживать постоянную скорость при вираже, необходимо также, чтобы сила тяги уравновешивала силу сопротивления. Увеличение угла атаки при вираже приводит к возрастанию сопротивления, для компенсации которого необходимо увеличить мощность двигателя. Это явление не очень существенно при малой величине крена.

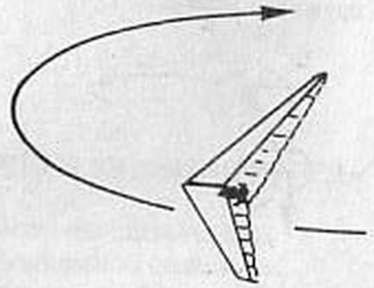
При вираже тяга винта уравновешивает силу сопротивления.

Продольное и боковое равновесие при вираже.

Оно необходимо для того, чтобы аппарат не переворачивался вокруг любой из своих осей.

При установившемся вираже крен постоянен, угол тангажа постоянен, скорость изменения курса постоянна

При установившемся вираже:
вертикальная составляющая подъемной силы уравновешивает вес;
сила тяги компенсирует сопротивление;
величина крена постоянна;
угол тангажа постоянен;
скорость изменения курса постоянна.



Чтобы понять, как действуют эти силы, как осуществляется равновесие и каковы действия пилота при вираже, рассмотрим процесс виража "кадр за кадром"

I. Перед входом в вираж убедитесь, что пространство, в котором вы собираетесь двигаться, свободно. Особенно внимательно посмотрите в ту сторону, куда вы хотите повернуть.

Примите скорость, совместимую со значением крена при вираже.

II. Вы летите по прямой

Крылья горизонтальны.

Скорость совместима со значением крена при вираже (например, 60 км/ч).

Угол атаки таков, что подъемная сила = весу.

Мощность такова, что сила тяги = сопротивлению.

Ш. Скорость 60 км/ч

Переход в вираж.

Крен создается путем бокового перемещения ручки влево или трапеции вправо.

1V. Скорость 60 км/ч

Для обеспечения первого условия равновесия при вираже (вертикальная компонента подъемной силы уравновешивает вес) вы должны увеличить подъемную силу, увеличивая угол атаки, для чего нужно:

слегка потянуть ручку на себя на 3-осном аппарате;
слегка отжать трапецию от себя на маятниковом аппарате.

V. Это увеличение угла атаки сопровождается возрастанием сопротивления. Для поддержания скорости равной 60 км/ч вы должны увеличить тягу винта, увеличивая мощность двигателя.

VI. Скорость 60 км/ч

Установившийся вираж.

Продольное равновесие: кабрирующее усилие на ручку или трапецию.

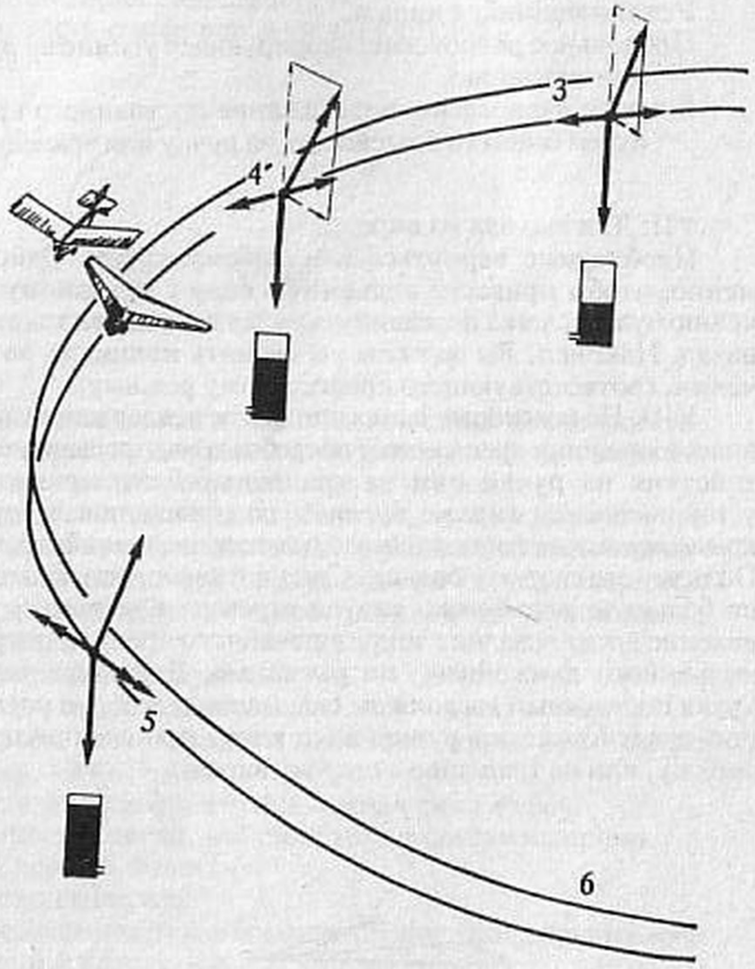
Боковое равновесие: поддержание постоянного крена путем бокового воздействия на ручку или трапецию.

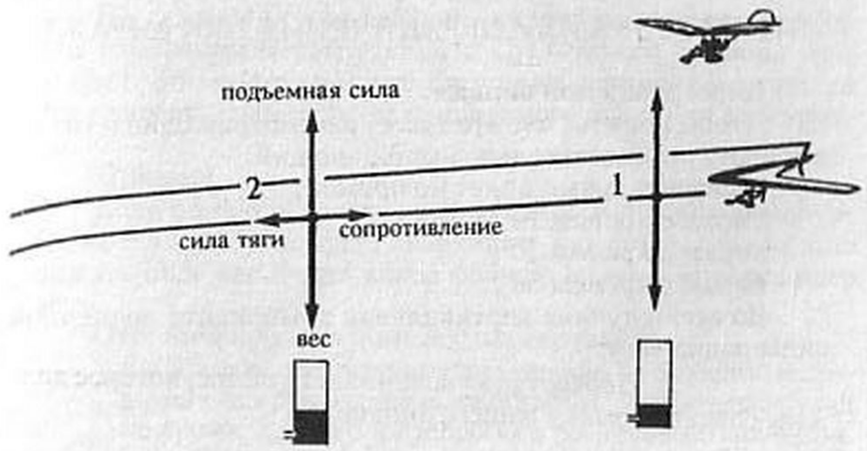
VII. Для выхода из виража.

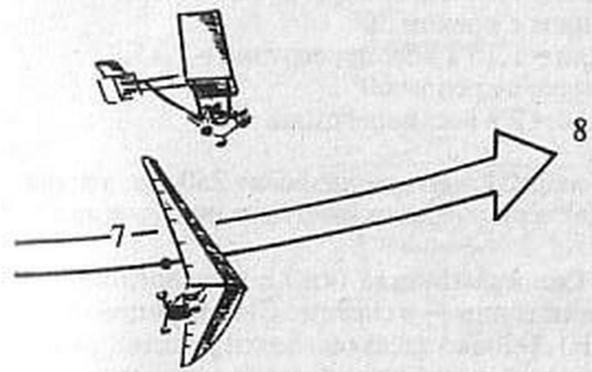
Необходимо вернуться к нулевому крену. Одновременно, чтобы привести подъемную силу к исходному значению нужно слегка передвинуть ручку вперед или трапецию назад. Наконец, Вы должны уменьшить мощность до значения, соответствующего крейсерскому режиму.

VIII. На некоторых типах аппаратов поддержание постоянного значения крена может потребовать непрерывного воздействия на ручку или на трапецию. Действительно, в установившемся вираже внешнее по отношению к виражу крыло описывает более длинную траекторию, чем внутреннее. Поэтому его скорость больше. Следовательно, оно испытывает большую подъемную силу и стремится подняться. Это явление носит название индуцированного крена, или крена, вызванного движением по рысканью. Для поддержания крена постоянным вы должны оказывать легкое, но постоянное воздействие на ручку в сторону, противоположную виражу, или на трапецию в сторону виража.




3
4
5
6


подъемная сила
2
1
сила тяги
сопротивление
вес


8
7

ПЕРЕГРУЗКА ИЛИ ОГРАНИЧЕНИЯ ПРИ ВИРАЖЕ

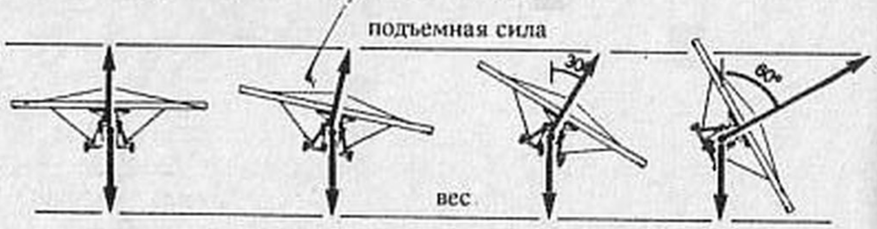
Перегрузка при вираже.

Чтобы понять , что это такое, рассмотрим один и тот же аппарат, последовательно выполняющий:

горизонтальный полет по прямой;
вираж с креном 10°;
вираж с креном 30°;
вираж с креном 60°.

Во всех случаях вертикальная компонента подъемной силы равна весу.

Перегрузка увеличивает усилие, которое должны создать крылья вашего аппарата:



Однако какова при этом величина подъемной силы?
1-й случай: горизонтальный полет по прямой:
Подъемная сила = 1 х вес; перегрузка равна 1;
2-й случай: вираж с креном 10°
Подъемная сила = 1,02 х вес; перегрузка = 1,02;
3-й случай: вираж с креном 30°
Подъемная сила = 1,15 х вес; перегрузка = 1,15;
4-й случай: вираж с креном 60°
Подъемная сила = 2 х вес; перегрузка = 2.

Пример: если ваш СЛА на марше весит 250 кгс, то при вираже с креном 60° крылья должны будут поддерживать 2×250 кгс = 500 кгс!

Примечание: Килограмм-сила (кгс) есть вышедшая из употребления единица силы — в системе СИ единицей силы является ньютон (Н). Однако здесь она более уместна ввиду своей "красноречивости" — она равна весу (измеренному во вполне определенных условиях) объекта, масса которого равна 1 килограмму (1 кг).

Перегрузка при выходе из пике.

Перегрузка может оказаться значительно большей при выходе из пике, то есть при резком переходе от спуска к подъему (это тоже вираж, но в вертикальной плоскости).

Как измерять перегрузку в полете

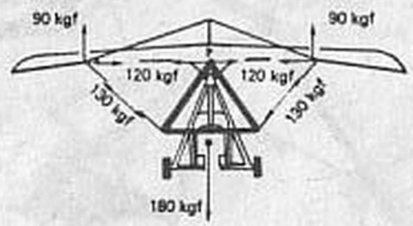
На самолетах для высшего пилотажа имеется прибор для измерения перегрузки. На СЛА такого прибора нет; однако физиологические ощущения пилота являются прекрасным индикатором мгновенного значения перегрузки.

Пример:

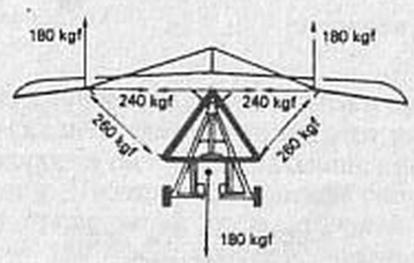
Если при вираже или выходе из пике фактор перегрузки составляет 2, вас будет вдавливать в сидение, так как ваш кажущийся вес будет вдвое больше вашего нормального веса.

Ограничения, связанные с перегрузкой

Вы должны совершать ваши маневры (и особенно выходы из пикирования) таким образом, чтобы перегрузка не превосходила определенного предельного значения. За этим пределом конструкция может деформироваться или сломаться. Это предельное значение перегрузки приведено в руководстве по эксплуатации вашего аппарата.

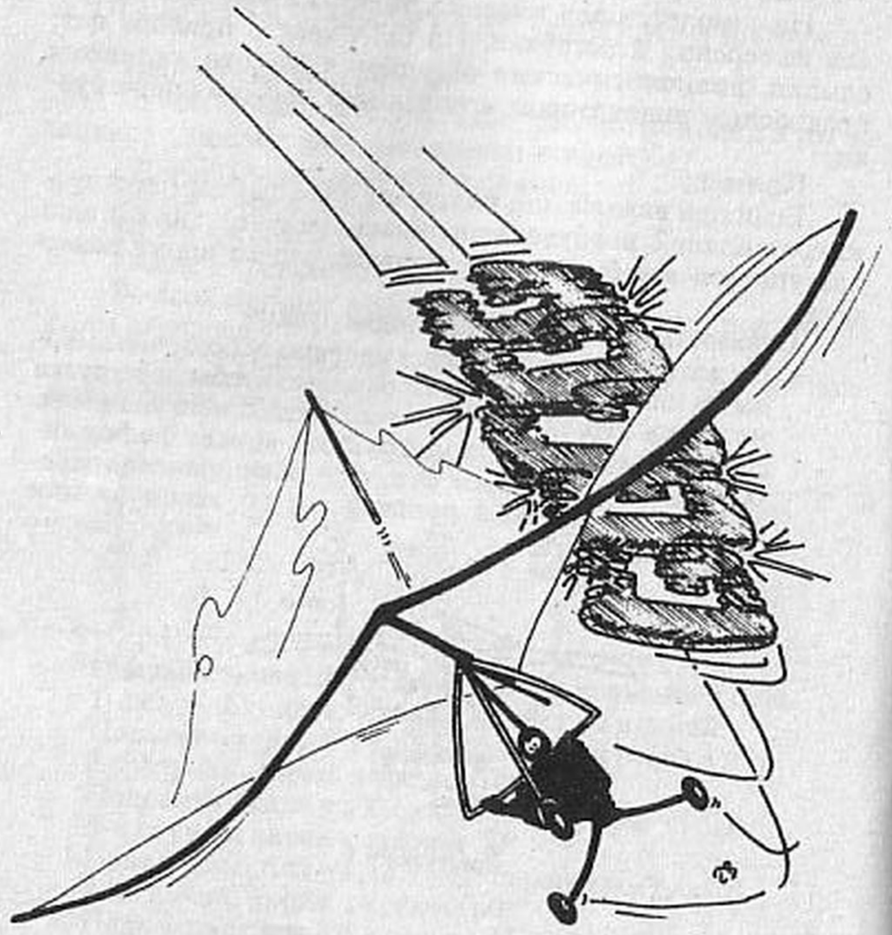


перегрузка = 1



перегрузка = 2

Перегрузка умножает усилие, которое должны создавать крылья вашего аппарата, и напряжения, возникающие в конструкции.



Тяжелы же эти "же"!

ОГРАНИЧЕНИЯ, СВЯЗАННЫЕ С УГЛОМ СРЫВА ИЛИ СКОРОСТЬЮ СВАЛИВАНИЯ ПРИ ВИРАЖЕ

Угол атаки при вираже.

Чтобы понять, с чем связаны эти ограничения, предположим, что один и тот же аппарат последовательно совершает следующие маневры на скорости 60 км/ч:

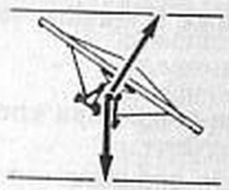
полет по прямой;
вираж с креном 10°;
вираж с креном 30°;
вираж с креном 60°;



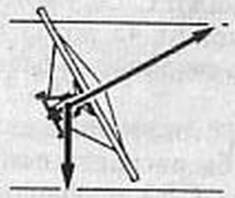
подъемная сила = 1 х вес,
угол атаки равен i1



подъемная сила = 1,02 х вес,
угол атаки равен i2 > i1



подъемная сила = 1,15 х вес,
угол атаки равен i3 > i2



подъемная сила = 2 х вес,
угол атаки равен i4 > i5

Ограничения, связанные с углом атаки при вираже

Что можно сказать, рассматривая этот рисунок ? При заданной скорости полета, чем больше крен, тем больше угол атаки. Поэтому для данной скорости полета существует предельный крен, который нельзя превосходить — это крен, соответствующий углу атаки,равному углу срыва. Другими словами, **скорость сваливания при вираже больше скорости сваливания при полете по прямой.**

Заметьте, например, что

скорость сваливания при крене 30^{o} = 1,07 х скорость сва-ливания при прямолинейном полете;
скорость сваливания при крене 60^{o} = 1,4 х скорость сваливания при прямолинейном полете.

Пример 1

Вы пилот СЛА, у которого скорость сваливания при полной нагрузке составляет 45 км/ч.

Если вы летите со скоростью 60 км/ч и вдруг решите совершить вираж с креном 60^o

Внимание ! Скорость сваливания при крене 60^o составляет:

$$45 \times 1,4 = 63 \text{ км/ч}$$

Прежде чем совершить вираж с данным значением крена необходимо принять и поддерживать скорость полета, достаточно далекую от скорости, соответствующей этому значению крена.

Для каждого аппарата имеется предельный крен, выше которого усновившийся вираж в горизонтальной плоскости оказывается механически невозможным. Этот предельный крен тем меньше, чем уже допустимая область скоростей (а она довольно узкадля большинства СЛА).

Пример 2

Вы пилот СЛА, у которого допустимая область скоростей составляет от 45 до 65 км/ч. При вираже с креном 60^o скорость сваливания равна

$$45 \times 1,4 = 63 \text{ км/ч.}$$

Для этого аппарата установившийся вираж при крене 60^o был бы рискованным

На СЛА необходимо ограничивать значение крена при вираже некоторым разумным значением

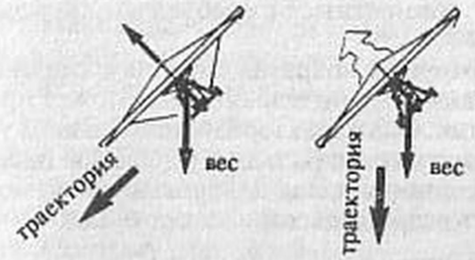
Примечание: расчет скорости сваливания при вираже, строго говоря, справедлив только для аппарата с жесткой несущей поверхностью. Поэтому он справедлив только для некоторых СЛА и является очень хорошим приближением для всех типов аппаратов.

Последствия слишком малой скорости или слишком большого угла атаки при вираже.

На СЛА вираж со слишком малой скоростью или со слишком большим углом атаки приводит в зависимости от типа аппарата либо к сильному сносу, либо к пикированию, либо к сваливанию, либо к комбинации этих трех процессов.

Во всех этих случаях подъемная сила перестает уравновешивать вес, аппарат начинает двигаться по нисходящей траектории, в результате чего происходит значительная

потеря высоты.



На такую потерю высоты различные аппараты реагируют по-разному. Большинство естественным образом возвращаются к нормальному режиму полета. Но некоторые аппараты могут естественным образом поддерживать такую конфигурацию.

Особенность трехосных аппаратов:

Влияние большого угла атаки на опущенном элероне. Аппарат сваливается и двигается в сторону, противоположную намерениям пилота. Попытки противодействовать этому резкому увеличению угла атаки с помощью элеронов только сохраняют или ухудшают ситуацию.

Профилактика: иметь значительный запас скорости по отношению к скорости сваливания;
увеличивать этот запас в турбулентной атмосфере;
при вираже принимать скорость, совместимую с требуемым креном.



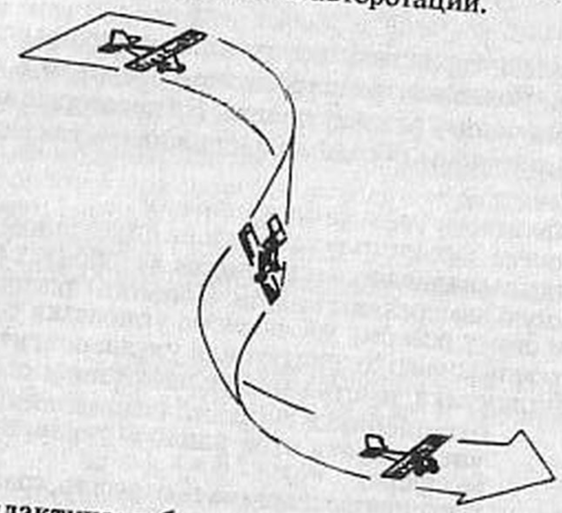
Штопор

На некоторых аппаратах вираж, в ходе которого пилот дает своему аппарату принять слишком большой угол атаки, может окончиться вхождением в "штопор". Аппарат начинает двигаться по все более узкой спирали с возрастающей скоростью, быстро приближаясь к земле. Более того, неопытный пилот инстинктивно будет пытаться кабрировать аппарат, в результате чего спираль станет еще уже и возникнут значительные перегрузки.

Профилактика: ограничивать угол крена разумным значением;
перед виражом принимать значение скорости, совместимое с требуемым креном.

Авторотация

На некоторых аппаратах сочетание слишком большого угла атаки изначительного сносаможет привести к авторотации. Она характеризуется большим углом атаки, сильным сносом и большой скоростью падения. Слишком смещенная назад центровка также может способствовать возникновению авторотации.



Профилактика: соблюдать условия эксплуатации, указанные изготовителем (пределы центровки, область допустимых скоростей);
ограничивать угол крена разумным значением;
перед виражом принимать скорость, совместимую с требуемым креном.

Действия, которые может предпринять пилот в этих сложных ситуациях, описываются в руководстве по эксплуатации вашего аппарата.

Лучшим (и часто единственным) средством всегда является профилактика:

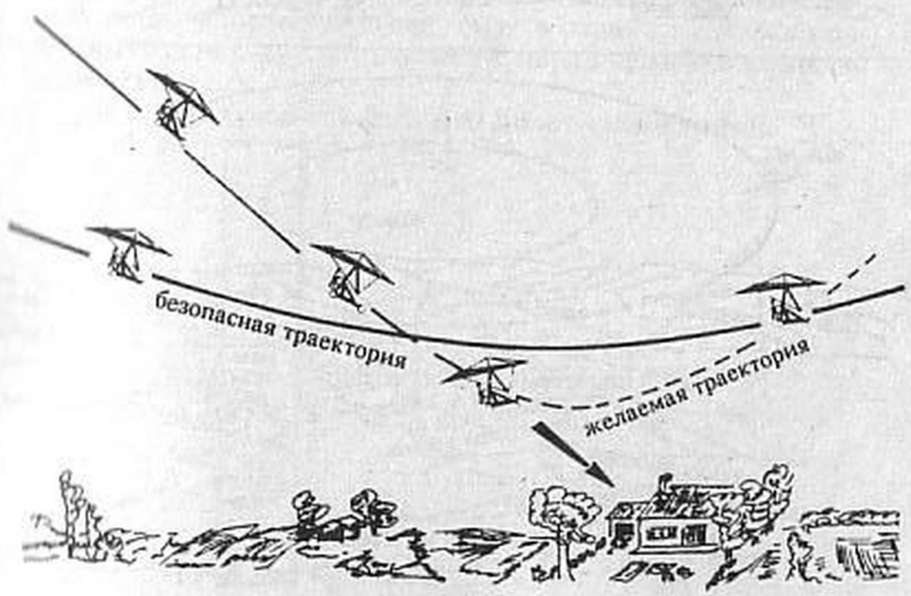
соблюдайте условия эксплуатации, указанные изготовителем;
ограничивайте угол крена разумным значением;
перед виражом принимайте скорость, совместимую со значением крена;
не позволяйте себе совершать маневры с большим углом атаки на малой высоте, так как все описанные

ситуации имеют одну общую особенность — значительную потерю высоты.

Пролет над домом друзей, или сваливание при выходе из пике.

Может показаться, что когда вы опускаетесь по крутой траектории, а затем резко взмываете ввысь, это производит сильное впечатление на потенциальных зрителей. Однако мы видели выше, что резкий выход из пике приводит к значительным перегрузкам, которые могут удвоить или даже утроить кажущийся вес СЛА. При эотм можно оказаться в области больших углов атаки и "свалиться" даже на высокой скорости. Поэтому резкий выход из пике является очень опасным маневром, и число несчастных случаев, причиной которых было это явление, не поддается учету. Чтобы перейти от спуска к подъему, совершенно необходимо соблюдать следующие правила безопасности: предварительно необходимо убедиться в отсутствии препятствий, спуск должен происходить с малым наклоном, набор высоты после пике также должен быть плавным и с малым наклоном, при этом необходимо контролировать воздушную скорость.

Пролет над домом друзей.



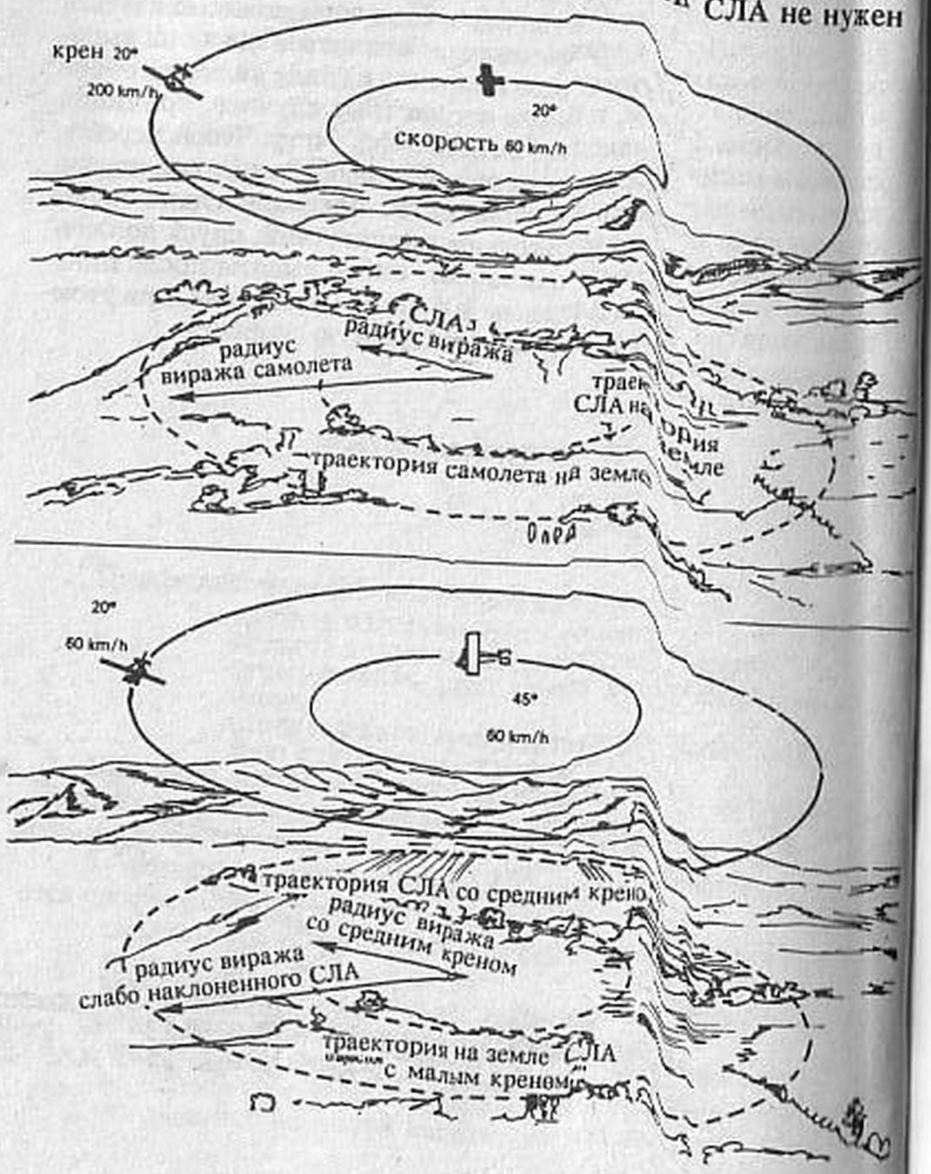
РАДИУС ВИРАЖА.

Для осуществления виража необх[illegible]мо определенное пространство;

Мерой этого пространства являет[illegible] радиус виража;

Между креном, скоростью и радиу[illegible]м виража имеется определенная связь

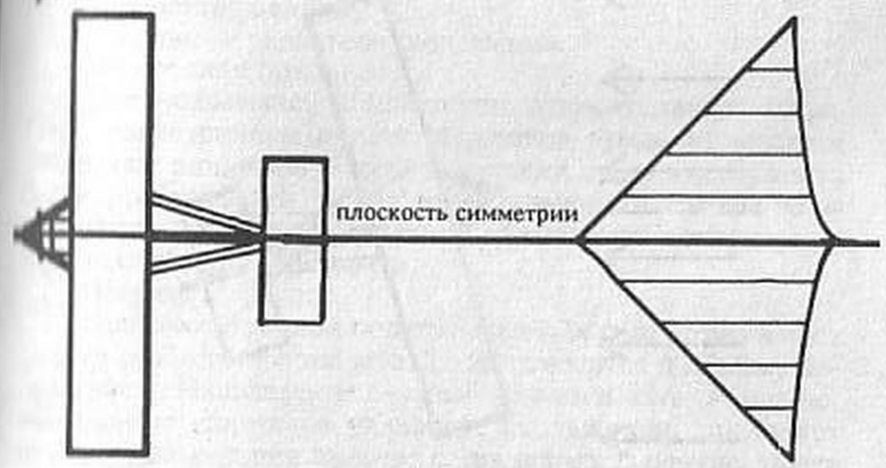
Радиус виража при скорости 60 к[illegible] и крене 30^0 составляет всего 45 метров. "Для маневр[illegible]в СЛА не нужен большой крен".



СИММЕТРИЯ ПОЛЕТА

Симметрия.

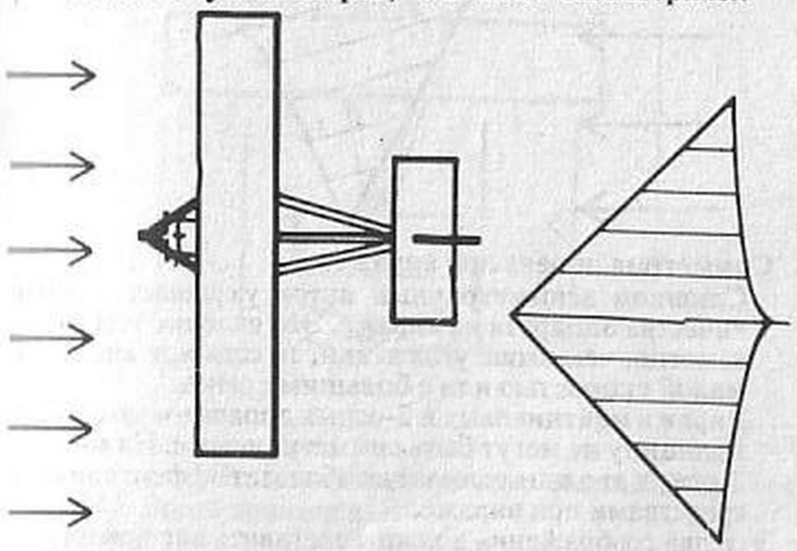
СЛА является объектом, имеющим очевидную плоскость симметрии. Эта плоскость симметрии показана на рис.



Симметрия полета.

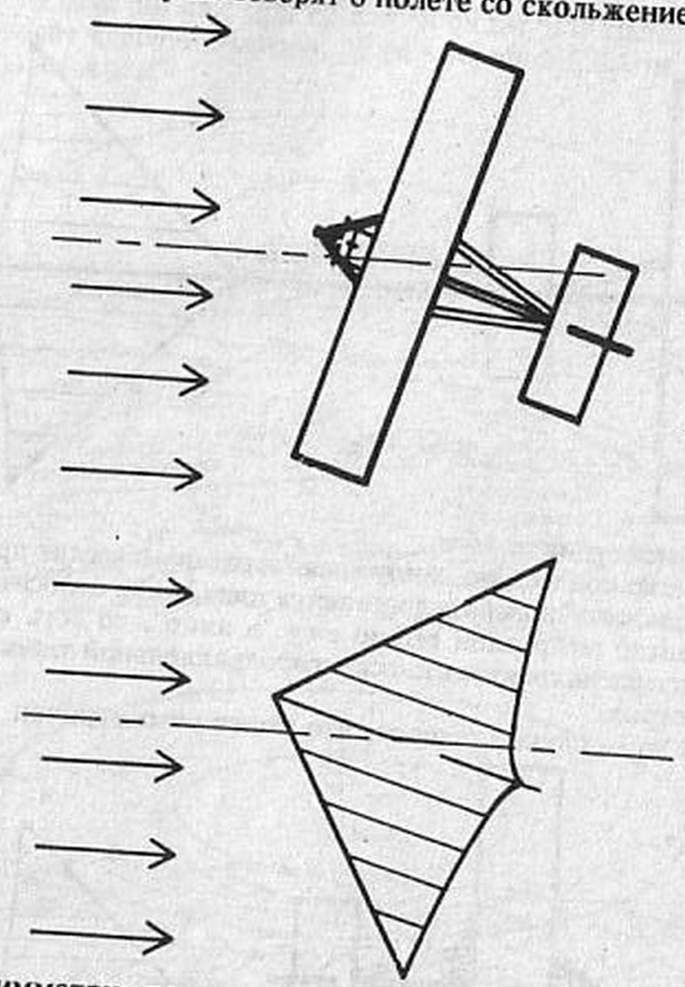
Легко понять, что наилучшая "аэродинамическая производительность" аппарата достигается тогда, когда относительный ветер направлен прямо ему "в лицо", то есть когда линии тока находятся в плоскости, параллельной плоскости симметрии.

В этом случае говорят, что полет симметричен



Однако может случиться так (особенно на вираже), что течение относительного ветра не обладает вышеописанным свойством.

В этом случае говорят о полете со скольжением



Симметрия полета при вираже.

Слишком асимметричный поток ухудшает летные качества аппарата на вираже. Это явление тем более заметно, чем выше угол атаки, то есть при вираже с малой скоростью или с большим креном.

Виражи маятниковых и 2-осных аппаратов по своему принципу не могут быть симметричными. На многих 3-осных аппаратах пилот не обладает эффективными средствами при вираже.

Эти два соображения должны заставить вас помнить о

необходимости превентивных мер:

перед выполнением виража примите скорость, совместимую с креном;

ограничивайте крен разумным значением.

Как узнать, является ли полет симметричным ?

Для этого есть два простых средства:

шерстяная прядь;

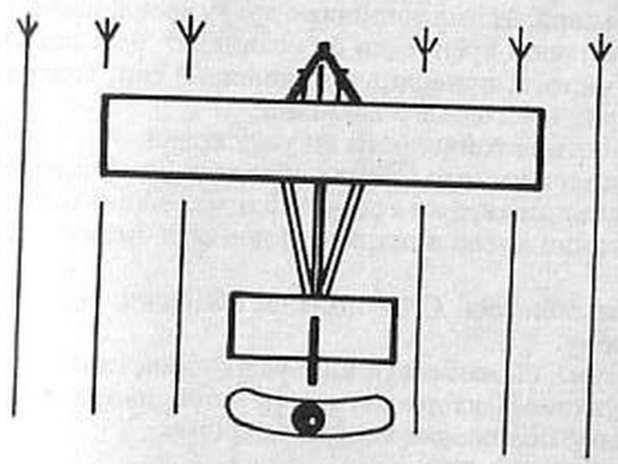
шарик — указатель скольжения.

Шерстяная прядь.

Она показывает направление относительного ветра. При симметричном полете шерстяная прядь развевается вдоль оси аппарата. Чтобы показания этого инструмента были правильными, необходимо размещать его вне зоны аэродинамических возмущений, вызываемых аппаратом, и вне поля воздействия винта.

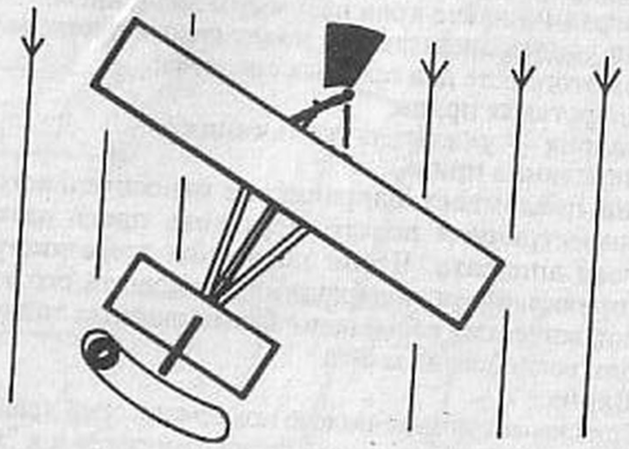
Шарик.

При симметричном полете подъемная сила лежит в плоскости симметрии аппарата. То же относится и к "кажущемуся весу". Направление кажущегося веса и, следовательно, положение шарика в указателе скольжения, позволяет судить о симметрии полета: когда шарик в центре, полет симметричен; когда он отклонен, полет происходит со скольжением.



Полет симметричен: шарик в центре, шерстяная прядь вдоль оси.

Полет происходит со скольжением: шарик отклонен в сторону, откуда дует относительный ветер; шерстяная прядь отклонена от оси.



УСТОЙЧИВОСТЬ ПО ОСЯМ КРЕНА И РЫСКАНЬЯ

Мы обсуждали выше значение продольной устойчивости, или устойчивости по углу тангажа. Теперь мы рассмотрим устойчивость по углу крена, или боковую устойчивость, и устойчивость по углу рысканья, или курсовую устойчивость.

Устойчивость по углу крена.

Чтобы аппарат был устойчив по углу крена, необходимо, чтобы небольшой крен, если он возникает не в результате действий пилота, приводил к появлению сил, возвращающих аппарат в исходное положение.

Важность устойчивости по углу крена.

Предположим, что СЛА не обладает устойчивостью по крену: тогда при вираже в результате малейшего случайного возрастания крена аппарат наклонялся бы все больше и больше.

Таким образом, СЛА должен обладать устойчивостью по крену.

Факторы, способствующие устойчивости по крену

Следующие факторы улучшают устойчивость по крену:

низкое положение центра тяжести;

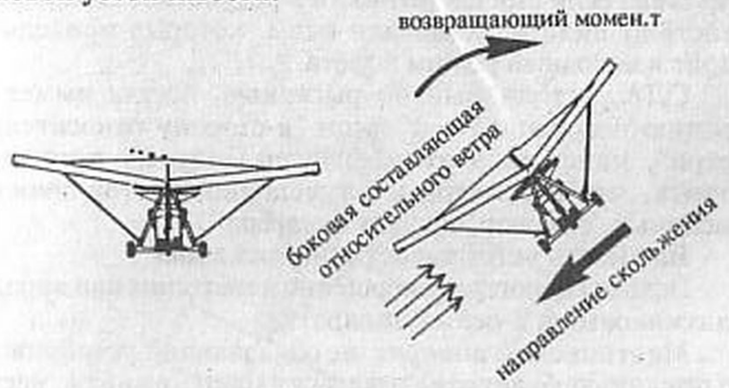
двугранный угол;

стреловидность.

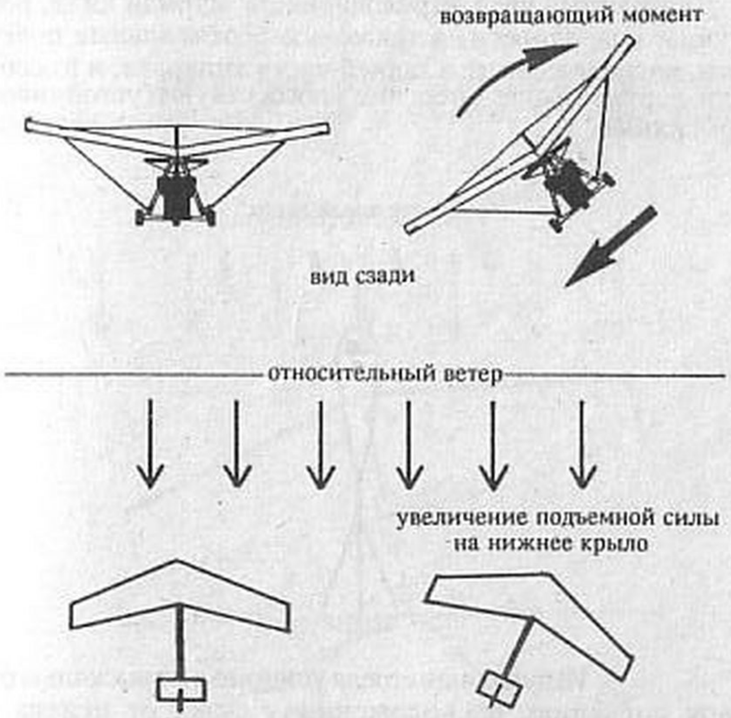
Поскольку двугранный угол в течение длительного времени считался наилучшим методом придания самолету боковой устойчивости, принято говорить, что все методы,

имеющие ту же цель, создают "эффект двугранного угла".

Положительный двугранный угол способствует боковой устойчивости.



Стреловидность способствует боковой устойчивости:



Устойчивость по углу рысканья.

Чтобы аппарат был устойчив по углу рысканья, необходимо, чтобы небольшое перемещение по углу рысканья или снос, если они не возникли в результате сознательных действий пилота, создавали силы, которые приводят аппарат в исходный режим полета.

СЛА, устойчивый по рысканью, всегда иммет тенденцию поворачиваться носом "в сторону относительного ветра", напоминая этим флюгер.Поэтому принято говорить, что все методы, улучшающие устойчивость по рысканью, создают "эффект флюгера".

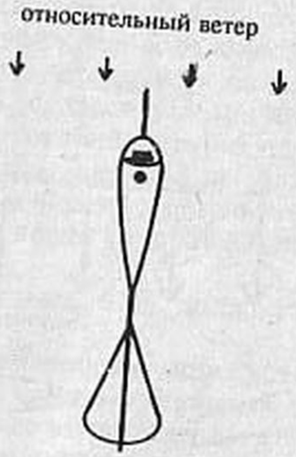
Важность устойчивости по рысканью.

Эффект флюгера совершенно необходим при вираже на маятниковых и 2-осных аппаратах.

Маятниковый аппарат, не обладающий устойчивостью о рысканью, будет отказываться входить в вираж, несмотря на то, что вы его накренили, и будет упрямо ориентировать свой нос в сторону, противоположную направлению виража. Таким образом, СЛА должен быть устойчив по углу рысканья

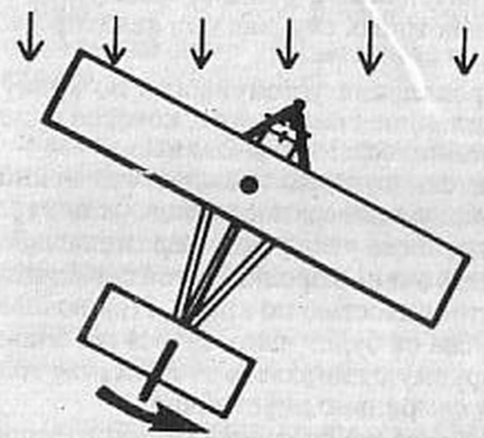
Факторы, способствующие устойчивости по рысканью.

Двугранный угол, стреловидность, карман киля, ребра несущей поверхности, а также все вертикальные поверхности, расположенные в задней части аппарата, и в особенности вертикальное оперение способствуют устойчивости по рысканью.



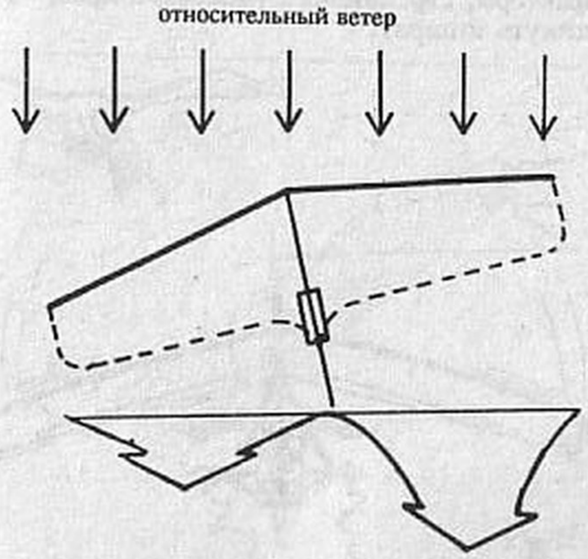
Игрушечная стрела устойчива по рысканью благодаря оперению, расположенному сзади от центра тяжести.

Это же справедливо и для СЛА.



возвращающая сила, действующая на киль

Карман киля, ребра на несущей поверхности, стреловидность способствуют устойчивости по рысканью.



Необходимость сознательного компромисса между устойчивостью по крену и устойчивостью по рысканью

В действительности эти два вида устойчивости тесно связаны; в некоторых случаях они даже противоречат друг другу:

для проявления устойчивости по крену необходимо определенное скольжение, которое будет подавляться устойчивостью по рысканью.

Действительно, предположим, что некий СЛА имеет большую боковую поверхность сзади от центра тяжести, но эффект двугранного угла у него выражен слабо; при этом он будет обладать очень хорошей устойчивостью по рысканью и плохой устойчивостью по крену. При возникновении небольшого крена он будет накреняться все больше и войдет в неконтролируемую спираль: в этом случае говорят, что такой аппарат спирально неустойчив.

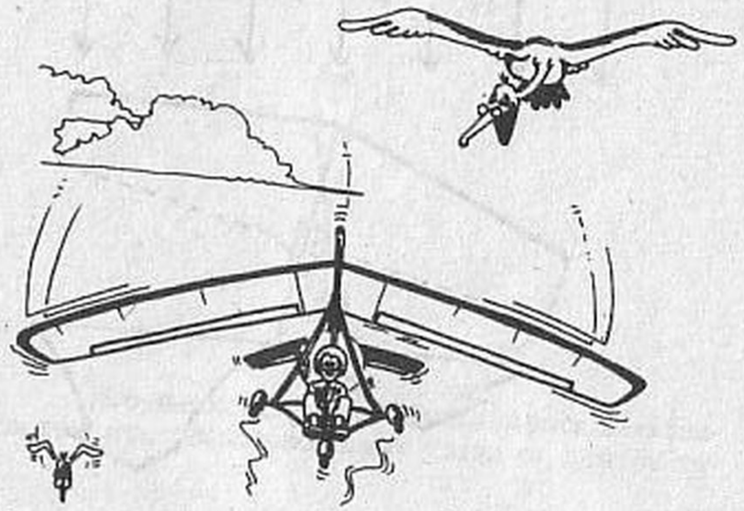
Отметим, что неустойчивость такого типа возникает в результате неправильного компромисса между устойчивостью по крену и устойчивостью по рысканью.

Условия, которые должны быть соблюдены при таком компромиссе, можно понять, более подробно рассмотрев вираж СЛА.

Можно выделить две группы факторов:

факторы, стремящиеся уменьшить крен, то есть выпрямить аппарат;

факторы, стремящиеся увеличить крен, то есть опрокинуть аппарат.



Факторы, увеличивающие крен	Факторы, уменьшающие крен
эффект флюгера	эффект двугранного угла
крен, индуцированный движением по рысканью	торможение по рысканью

Можно сказать, что аппарат спирально устойчив, если действие факторов, стремящихся выпрямить аппарат, превосходит действие факторов, стремящихся его опрокинуть.

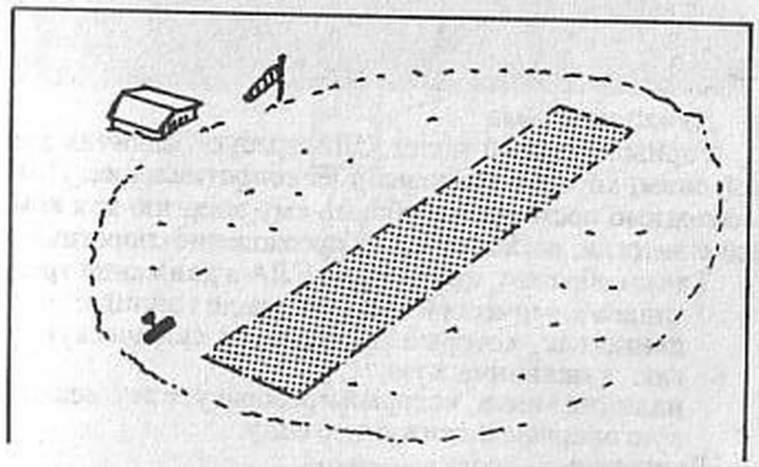
Устойчивость и управляемость его качества, противоречащие друг другу, и каждое из них столь же важно, как и другое.

Вам достаточно важно запомнить, что хороший аппарат дает продуманный компромисс между всеми этими качествами.

Ваш СЛА сконструирован таким образом, чтобы он был надежен и легок в управлении.

Любое вмешательство в геометрию аппарата может привести к утрате этих свойств.

В заключение следует отметить, что отсутствие прямого управления движением вокруг оси рысканья на маятниковых и двухосных аппаратах, а также хорошая боковая устойчивость этих аппаратов из-за эффекта двугран-ного угла и эффекта флюгера препятствуют возможности взлета и посадки при заметном поперечном ветре.



Ось взлета и посадки обычно выбирается в напралении ветра.

ПРИВЕДЕНИЕ В ДВИЖЕНИЕ

Горизонтальный полет СЛА требует наличия силы тяги, которая компенсирует сопротивление. Эта движущая сила создается системой "двигатель — редуктор — винт".

В чем заключается роль двигателя ?

Как функционирует винт ?

Какова роль редуктора ?

Почему необходимо адаптировать винт ?



Движущая сила

Горизонтальный полет СЛА требует наличия движущей силы, которая компенсирует сопротивление. Поэтому необходимо постоянно сообщать ему энергию для компенсации энергии, расходуемой на преодоление сопротивления.

Таким образом, приведение СЛА в движение требует:

запаса химической энергии в виде топлива;

двигателя, который преобразует химическую энергию в механическую;

наличия винта, который преобразует эту механическую энергию в движущую силу.

Двигатель

Мы рассмотрели принцип работы двигателя в Час-ти 1.

Здесь мы просто напомним, что для создания механической энергии двигатель потребляет химическую энергию в

виде смеси топлива и кислорода. Энергия, производимая в единицу времени, называется **мощностью**.

Двумя важнейшими характеристиками двигателя являются:

максимальная мощность, которую он может развить;

режим вращения, при котором он развивает эту мощность.

Двигатели современных СЛА имеют максимальную мощность от 20 до 50 лошадиных сил при скорости вращения от 4000 до 6000 об/мин.

Винт

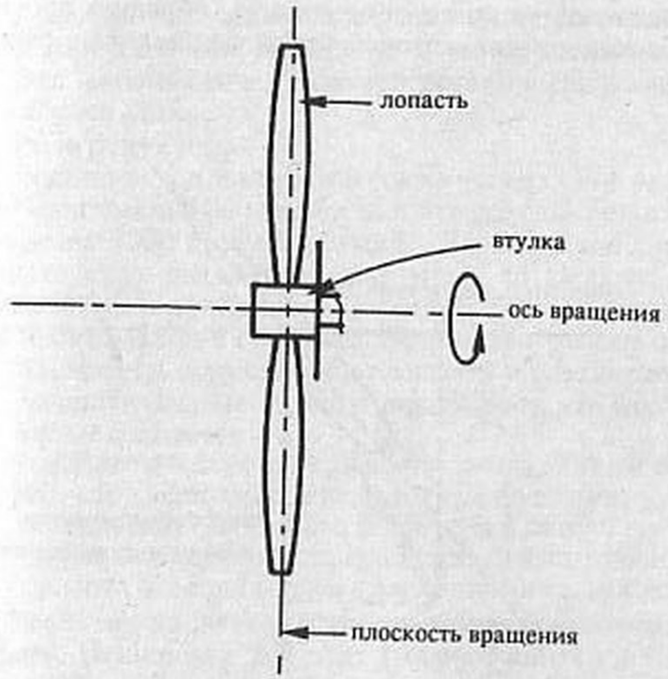
Винт состоит из центральной втулки, центрированной на оси вращения, на которой закреплены одинаковые лопасти, образующие между собой равные углы.

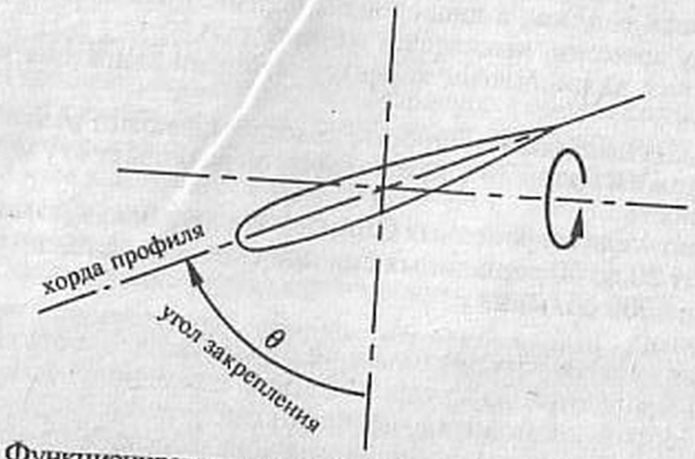
Каждая лопасть имеет форму крыла, хорда профиля которого образует определенный угол с плоскостью вращения. Этот угол называется **углом закрепления**

В полете на каждую лопасть винта набегает относительный ветер, создаваемый:

вращением винта;

поступательным движением СЛА





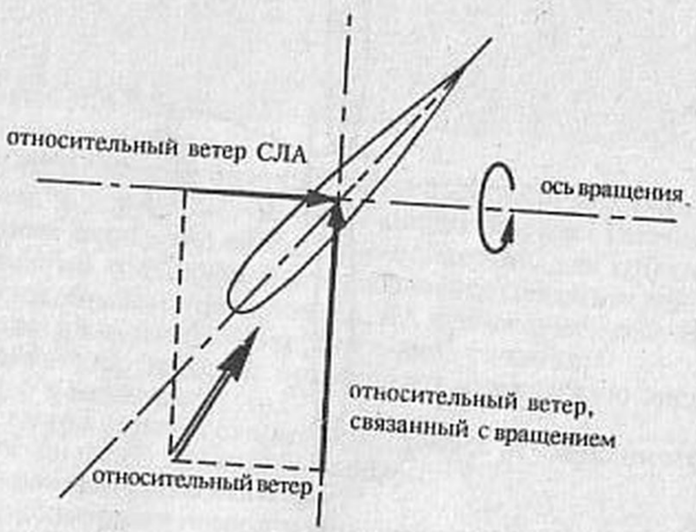
Функционирование винта совершенно аналогично функционированию крыла СЛА.

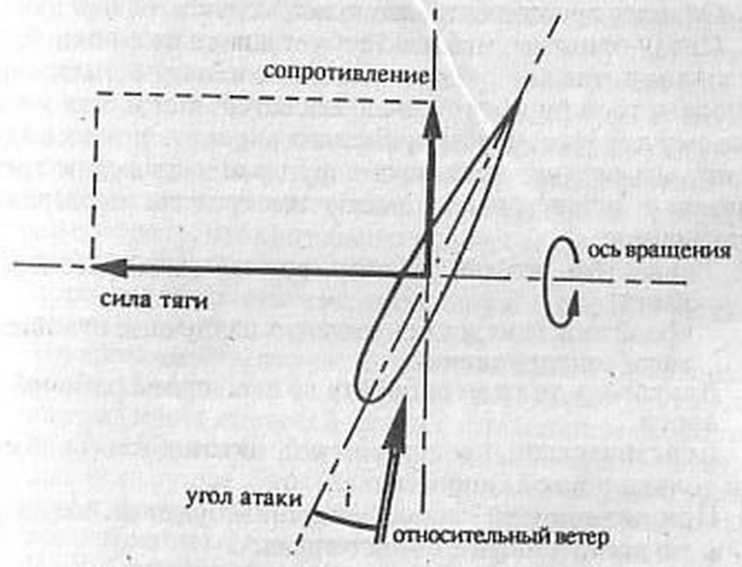
Результирующая аэродинамическая сила, действующая на лопасть винта, может быть разложена на

полезное усилие: силу тяги;

силу сопротивления, препятствующую движению

При установившемся полете тяга винта уравновешивает сопротивление СЛА, а совокупность сил сопротивления, действующих на каждую лопасть, образует противодействующий момент, который уравновешивает момент двигателя.





Так же, как и для крыла, соотношение между тягой и сопротивлением зависит от угла атаки.

Коэффициент полезного действия максимален, когда отношение тяга/сопротивление является оптимальным.

Эта "рабочая точка" соответствует определенному значению угла атаки.

Роль редуктора

Большинство двигателей современных СЛА развивают свою максимальную мощность при высоких скоростях вращения (от 5000 до 6000 об/мин). Если с такой скоростью вращать винт диаметром один метр, то скорость концов лопастей будет приближаться к скорости звука, что привело бы к низкому кпд и большим аэродинамическим шумам.

Уменьшить скорость концов лопастей можно двумя путями:

уменьшить диаметр: опыт показывает, что такое решение не годится;

уменьшить скорость вращения винта. Таким образом, редуктор выполняет две основные функции:

он передает мощность двигателя к винту;

он понижает скорость вращения, что позволяет винту работать в приемлемых аэродинамических условиях.

Редуктор характеризуется своим передаточным отношением. Отношение 2/1 дает 1 оборот винта на каждые 2 оборота двигателя.

Адаптация винта

Остается приспособить винт к системе двигатель/редуктор.

Сразу отметим, что это требует довольно сложного исследования, так как на эту адаптацию влияет большое число параметров (диаметр, число лопастей, шаг винта и т.п.). Поэтому для того, чтобы проиллюстрировать процесс адаптации, мы ограничимся двумя фундаментальными требованиями и опишем имеющиеся у вас средства проверки их выполнения:

двигатель должен работать во всей своей рабочей области;

кроме того, винт должен создавать наилучшее отношение тяга/сопротивление.

Двигатель должен работать во всей своей рабочей области.

Действительно, представим себе автомобиль, снабженный только первой скоростью.

При полном газе скорость машины будет не больше 40 км/ч, но двигатель уже пойдет вразнос.

Аналогичным образом на СЛА, снабженном винтом со слишком малым диаметром или малым углом закрепления, при полном газе противодействующий момент не сможет уравновесить момент двигателя, и двигатель пойдет вразнос.

Теперь представьте себе автомобиль с одной только четвертой скоростью. Чтобы тронуться с места, двигатель должен будет создать слишком большой момент — машина глохнет.

Аналогичным образом, если СЛА оснащен винтом со слишком большим диаметром или со слишком большим углом закрепления, то момент двигателя не сможет уравновешивать противодействующий момент, действующий на винт. Поэтому двигатель не сможет развить все свои оборо-ты и не сможет выйти на максимальную мощность.

Чтобы проверить, выполняется ли это первое условие адаптации, можно использовать следующие средства:

на земле при полном газе двигатель работает в режиме максимальной мощности

в горизонтальном полете при полном газе двигатель не заходит в область перегрузки

Винт должен создавать наилучшее отношение тяга/сопротивление

Это означает, что винт должен во всем диапазоне скоростей аппарата создавать максимальную тягу при минимальном сопротивлении. Как мы видели, такой режим работы для данного винта соответствует определенному углу атаки. Однако, при данном режиме двигателя угол атаки зависит от скорости аппарата. Поэтому оптимальные характеристики могут быть получены только для определенной скорости аппарата. Принято говорить, что винт адаптирован для данной скорости и данного режима полета:

хорошие самолеты имеют большую крейсерскую скорость.

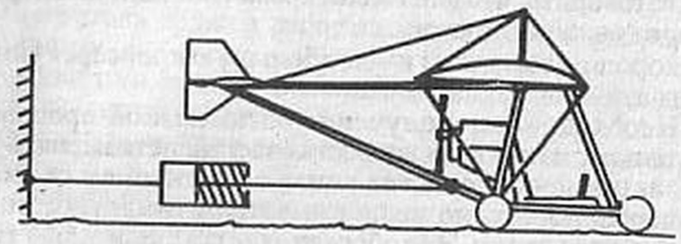
Необходимость получения оптимальной производительности при всех скоростях заставляетизменять угол закрепления лопастей винта с изменением скорости, чтобы постоянно поддерживать оптимальное значение угла атаки. Это обеспечивается с помощью тяжелого и дорогостоящего механизма — "винта с переменным закреплением, или винта с постоянной скоростью".

У СЛА крейсерская скорость невелика. это дает возможнось подобрать винт, который может хорошо работать как при взлете и подъеме, так и в крейсерском режиме



Крейсерская скорость СЛА невелика. Поэтому угол атаки лопастей винта мало меняется в диапазоне скоростей СЛА:

Измерение статического усилия (тяги) является хорошим средством для проверки того, что винт дает удовлетворительный КПД. Оно заключается в измерении с помощью динамометра усилия, развиваемого винтом, когда двигатель вращается в режиме максимальной мощности.



Измерение статической тяги иллюстрирует степень адаптации винта

Для СЛА у которого крейсерская скорость мала, можно с достаточной точностью считать, что второй критерий адаптации выполняется, если винт при максимальной мощности двигателя развивает наибольшее статическое усилие. При этом КПД является максимальным для неподвижного аппарата и, следовательно, при взлете, и мало именяется на крейсерской скорости.



ВОПРОСНИК

(Этот вопросник не содержит всех вопросов, которые могут быть заданы
на экзамене)

1 — Для СЛА в полете относительный ветер:
- а) равен по величине и противоположен по направлению скорости;
- б) равен по величине и имеет то же направление, что и скорость;
- в) зависит только от метеорологических условий.

2 — Подъемная сила — это компонента аэродинамической равнодействующей:
- а) параллельная относительному ветру;
- б) перпендикулярная относительному ветру;
- в) параллельная силе сопротивления.

3 — Сила сопротивления — это компонента аэродинамиче ской равнодействующей:
- а) параллельная относительному ветру;
- б) перпендикулярная относительному ветру;
- в) параллельная подъемной силе.

4 — Форма профиля крыла и площадь несущей поверхности:
- а) должны тщательно подбираться в зависимости от требуемых летных качеств;
- б) очень мало влияют на эти качества, так как только выбор формы фюзеляжа может их улучшить.

5 — Когда СЛА движется по прямолинейной горизонталь ной траектории с постоянной скоростью:
- а) подъемная сила уравновешивает силу тяги;
- б) вес уравновешивает силу сопротивления;
- в) подъемная сила уравновешивает вес.

6 — Подъемная сила обусловлена:
- а) только понижением давления у верхней поверхности крыла;
- б) только повышением давления у нижней поверхности крыла;
- в) обеими этими причинами.

7 — На СЛА, летящем с выключенным двигателем, вес уравновешивается:
- а) подъемной силой;
- б) аэродинамической равнодействующей, действующей на крылья;
- в) силой сопротивления.

8 — Аэродинамические силы (подъемная сила. сопротивление) зависят:

а) только от угла атаки;
б) только от скорости относительного ветра;
в) от угла атаки и скорости относительного ветра.

9 — Угол атаки профиля — это угол образованный:
а) хордой профиля и осью фюзеляжа;
б) верхней и нижней поверхностями крыла у ребра отрыва;
в) хордой профиля и направлением относительного ветра.

10 —При постоянной скорости увеличение угла атаки на профиль приводит к:
а) уменьшению сопротивления;
б) увеличению подъемной силы независимо от значения угла атаки;
в) увеличение подъемной силы, а затем резкому уменьшению ее при достижении угла срыва.

11 — Чтобы поддерживать подъемную силу постоянной при увеличении скорости, вы должны:
а) создать увеличение угла атаки;
б) уменьшить угол атаки;
в) сохранить то же значение угла атаки.

12 — Что означает МДС ?
а) максимально допустимая скорость;
б) способ калибровки альтиметра, позволяющий узнать высоту СЛА над заданным пунктом;
в) минимальная скорость полета.

13 — Из какого документа вы можете узнать ограничения вашего СЛА (скорость сваливания, МДС):
а) руководство по эксплуатации;
б) допуск к полетам;
в) страховка.

14 — Почему конструктор вашего аппарата определил максимально допустимую скорость ?
1 — конструкция не рассчитана на нагрузки, которые ей пришлось бы выдерживать;
2 — аэродинамические характеристики несущей поверхности рискуют изменяться;
3 — мотор может войти в режим перегрузки;
4 — винт рискует разлететься.
а) 1 и 2
б) 2 и 3
в) 3 и 4.

15 — Для заданного СЛА сваливание происходит:
а) при скорости сваливания, которая может

зависеть от веса аппарата и угла атаки;
б) всегда при одной и той же скорости независимо от веса аппарата.

16 — Следующая информация дает пилоту возможность судить о воздушной скорости своего аппарата:
1 — аэродинамические шумы;
2 — показания анемометра;
3 — положение акселератора;
4 — усилия на органы управления
а) 1, 2, 3 и 4
б) 1, 2 и 3
в) 1, 2 и 4.



траектория по отношению к относительному ветру

17 — На рис. показан один и тот же аппарат в горизонтальном прямолинейном полете при различных скоростях. Зная, что центральный рисунок соответствует полету с крейсерской скоростью:
а) вы можете сказать, что левый рисунок соответствует полету с малой скоростью;
б) вы можете сказать, что правый рисунок соответствует полету с малой скоростью;
в) вы ничего не можете сказать.

18 — Аппарат хорошо отрегулирован, если его скорость компенсации (скорость, которая в спокойном воздухе соответствует нулевому усилию на органы управления):
а) соответствует максимально допустимой скорости;
б) соответствует скорости сваливания;
в) соответствует крейсерской скорости.

19 — Анемометр — это инструмент, показывающий:
а) направление ветра;
б) скорость СЛА по отношению к воздуху;
в) симметрию полета.

20 — Чтобы при постоянной скорости перейти от горизонтального полета к полету с подъемом, необходимо:
а) уменьшить мощность двигателя;
б) увеличить мощность двигателя;
в) поддерживать мощность двигателя постоянной.

21 — Чтобы при постоянной скорости перейти от горизонтального полета к полету со спуском, необходимо:

а) увеличить мощность двигателя;
б) уменьшить мощность двигателя;
в) поддерживать мощность двигателя постоянной.

22 — Пусть качество вашего СЛА равна 6. Чтобы пролететь расстояние 6 км в спокойном воздухе, вы потеряете вы соту:
а) 600 м;
б) 1000 м;
в) 750 м.

23 — На маятниковом аппарате вы случайно закрепили тележку слишком далеко впереди по сравнению с ее нормальным положением. Вы взлетели в таком состоянии и обнаруживаете, что для того, чтобы лететь горизонтально с крейсерской скоростью, вы должны:
а) постоянно тянуть на себя планку управления;
б) отпустить планку свободно;
в) постоянно толкать от себя планку управления.

24 — Каковы характеристики маятникового СЛА, в котором точка подвеса тележки к крылу расположена позади точки подвеса, указанной конструктором:
а) его пилот должен при крейсерксой скорости оказывать постоянное кабрирующее усилие;
б) аппарат становится кабрирующим и может дойти до сваливания, если пилот отпускает трапецию
в) характеристики улучшаются.

25 — На маятниковом аппарате продольная устойчивость обеспечивается:
1 — соответствующей геометрией крыла;
2 — низким положением центра тяжести;
3 —правильное натяжение тросов-оттяжек на ребре срыва;
4 — действием пилота в полете
а) 1 и 4;
б) 2 и 3;
в) 1, 2 и 3.

26 — На 3-осном СЛА функции горизонтального оперения (и руля высоты) заключаются в
а) создании изменений угла атаки при воздействии пилотом на ручку (или штурвал) вперед и назад;
б) обеспечении равновесия СЛА, то есть в приложении аэродинамической результирующей к центру тяжести, и в обеспечении его устойчивости;
в) оба эти предположения правильны.

27 — Какова основная особенность многоосного СЛА, центр тяжести которого расположен позади заднего предела центровки:
а) им тяжело управлять;
б) он неустойчив и опасен;
в) он очень устойчив.

28 — Какова основная особенность многоосного СЛА, центр тяжести которого расположен впереди переднего предела центровки:
а) он совершенно неуправляем и, следовательно, опасен;
б) он неустойчив и опасен;
в) он очень хорошо управляем.

29 — Появление крена у СЛА:
а) приводит к появлению отклоняющей силы, вызывающей вираж;
б) совершенно не меняет его траекторию;
в) приводит к кратковременному изменению траектории, пока не появится центробежная сила.

30 — При постоянной скорости для перехода от прямолинейного горизонтального полета к горизонтальному виражу необходимо:
а) увеличить угол атаки;
б) уменьшить угол атаки;
в) не менять угол атаки.

31 — При постоянной скорости для перехода от прямолинейного горизонтального полета к горизонтальному виражу необходимо:
а) увеличить мощность;
б) уменьшить скорость.

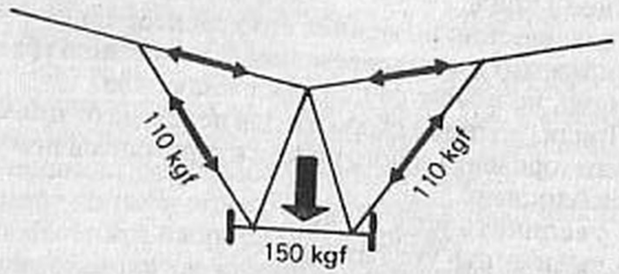
32 — При вираже с большим креном аппарат сваливается при
а) той же скорости, что и при полете по прямой;
б) при более высокой скорости, чем при полете по прямой;
в) при более низкой скорости, чем при полете по прямой.

33 — Скорость сваливания вашего аппарата при горизонтальном прямолинейном полете равна 40 км/ч. Скорость сваливания при горизонтальном полете с креном 60°:
а) равна 40 км/ч;
б) меньше 40 км/ч, так как на вираже вы увеличиваете мощность двигателя;
в) порядка 60 км/ч.

34 — Вы пилот СЛА, скорость сваливания которого при горизонтальном прямолинейном полете равна 45 км/ч. Вы летите со скоростью 55 км/ч и решаете на этой скорости осуществить горизонтальный вираж с креном 60°:
а) маневр осуществим;

б) маневр нельзя выполнять, так как скорость сваливания при крене 60° порядка 63 км/ч;
в) маневр осуществим, но при вираже нужно слегка увеличить мощность двигателя.

35 — На СЛА перед выполнением виража необходимо принять скорость полета, совместимую с креном при вираже:
а) потому что сила сопротивления при вираже меньше, чем при полете по прямой;
б) потому что скорость сваливания уменьшается с увеличением крена;
в) потому что скорость сваливания возрастает с увеличением крена.



36 — Аппарат, показанный на рис. летит горизонтально и прямолинейно. При этом удалось измерить усилия, действующие в структуре, и, в частности, натяжение нижних оттяжек. Теперь этот же аппарат осуществляет маневр в вертикальной плоскости с перегрузкой, равной 2:
а) при этом маневре натяжение оттяжек порядка 110 кгс;
б) при этом маневре натяжение оттяжек порядка 220 кгс;
в) при этом маневре скорость сваливания делится на 2.

37 — Пилот СЛА должен обязательно соблюдать предельное значение перегрузки, установленное конструктором:
а) поскольку за этим пределом конструкция может деформироваться или разрушиться;
б) поскольку мощность двигателя ограничена;
в) потому что сопротивление становится очень большим.

38 — При постоянной скорости с возрастанием крена
а) радиус виража увеличивается;
б) радиус виража уменьшается.

39 — При постоянном крене с возрастанием скорости
а) радиус виража увеличивается;

б) радиус виража уменьшается.

40 — На СЛА основными факторами, влияющими на устойчивость по углу крена, являются:
1 — двугранный угол
2 — стреловидность
3 — действия пилота в полете
4 — низкое положение центра тяжести
5 — ветер
а) 1, 3 и 5
б) 1, 2 и 4
в) 2, 4 и 5.

41 — Когда направление ветра не является симметричным относительно СЛА, говорят:
а) что имеет место скольжение;
б) что имеет место обратный угол атаки;
в) что имеется боковой ветер.

42 — Инструментами, позволяющими вам обнаруживать скольжение, являются:
1 — шерстяная прядь, расположенная вне зоны аэродинамических возмущений аппарата и винта;
2 — анемометр;
3 — шарик;
4 — вариометр;
а) 1, 2 и 3
б) 2, 3 и 4
в) 1 и 3.

43 — Для СЛА в полете сочетание малой скорости и сильного скольжения:
а) является нормальной ситуацией, если боковой ветер сильный, а крейсерская скорость мала;
б) является опасным, поскольку приводит к значительной потере высоты и вызывает, в зависимости оттипа аппарата, либо штопор, либо авторотацию.

44 — Для СЛА положительный двугранный угол:
а) улучшает устойчивость по крену;
б) улучшает главным образом продольную устойчивость;
в) в основном увеличивает капчество.

45 — На СЛА ветрикальное оперение:
а) улучшает главным образом продольную устойчивость;
б) улучшает устойчивость по рысканью;
в) улучшает качество.

ЧАСТЬ 3

В ходе этой части мы собираемся изучить различные технические элементы, необходимые для реализации полета от начала до конца; однако, собираясь в полет, нужно, очевидно, подумать о безопасности этого полета, которая является плодом более или менее хорошего согласия между тремя неразрывно связанными факторами: Пилот, Машина и Окружающая среда.

При каждом полете пилот должен четко представлять себе тесную и непрерывную связь этих трех факторов. В то же время их изменяемость и огромное число возможных комбинаций заставляет нас по легко понятным педагогическим соображениям выбрать для рассматриваемого в этой Части 3 полета "искусственную" ситуацию, при которой "идеальные" аппарат и окружающая среда позволят нам рассмотреть "неуверенного" пилота.

Здесь мы рассмотрим местный полет в идеальных условиях (нулевой ветер, легко управляемый и хорошо отрегулированный аппарат, взлетная и посадочная площадки длинные, широкие, свободные от препятствий, с гладкой горизонтальной поверхностью). При этом вы узнаете:

как выбирать качество и количество топлива;
как выполняется размещение приборов на борту и регулировка аппарата;
необходимость и способ выполнения предполетной проверки;
процедура запуска двигателя и его регулировка;
выруливание;
необходимость выбора порога и оси разбега;
обязательные действия перед взлетом;
взлет;
восприятие и контроль скорости;
виды подъема при взлете;
виражи;
как выбирать и поддерживать высоту полета с помощью визуальных ориентиров или альтиметра;
выбор и следование вдоль наземной траектории;
предотвращение сваливания;
предотвращение столкновений в воздухе;
возвращение на землю, или как вернуться к площадке и совершить посадку;
рекогносцировка;
заход на посадку;

вход на траекторию посадки;
посадка;
использование специальных приспособлений (воздушные тормоза, закрылки) при посадке;
возможность повторного захода на посадку;
выравнивание;
качение после посадки;
остановка двигателя и парковка.

КАК ВЫБИРАТЬ КАЧЕСТВО И КОЛИЧЕСТВО ТОПЛИВА?

Чтобы двигатель работал удовлетворительным образом, нужно обеспечить его питание соответствующим топливом.

В зависимости от типа двигателя (четырехтактный или двухтактный) топливо представляет собой либо чистый бензин (четырехтактные двигатели), либо смесь масла с бензином (двухтактные двигатели).

В настоящее время практически все двигатели СЛА являются двухтактными.

Бензин

Бензин характеризуется своим октановым числом, которое является мерой его антидетонационных свойств. Октан способствует более плавному воспламенению, уменьшающему нагрузки на движущиеся части (меньше износ) и позволяющему лучше использовать высвобождающуюся энергию. Загрязнение топлива и контура питания водой и пылью является опасным. Его необходимо избегать или устранять, если оно произошло:

принятием необходимых мер предосторожности при транспортировке и хранении баков;
фильтрацией бензина, если в нем есть примеси;
путем сепарации бензина от воды, если в нем есть следы воды.

Масло

Хотя смазочные материалы дают пренебрежимо малый вклад в себестоимость часа полета, они должны тщательно выбираться, потому что от их качеств зависит надежность и долговечность двигателя и, следовательно, как рентабельность ваших капиталовложений в СЛА, так и безопасность в полете.

В плане механики.

Масло должно при всех обстоятельствах обеспечивать наличие смазывающей пленки между различными движу-

щимися частями (кривошипно-шатунный механизм, поршневые кольца и т.п.) для уменьшения трения и снижения износа при запуске и в номинальном режиме.

В плане температурного режима.

Масло обеспечивает охлаждение днищ поршней и играет важную роль в тепловом равновесии двигателя.

В плане производительности.

Масло способствует повышению коэффициента полезного действия, уменьшая потери энергии из-за трения и обеспечивая герметичность поршневых колец.

В плане чистоты.

Масло посредством содержащихся в нем специальных добавок обеспечивает чистоту двигателя, препятствуя накоплению грязи в холодных частях двигателя (диспергирующие масла) и нагара в горячих частях (детергентные масла).

Различают следующие типы масел:

минеральные масла: они получаются путем фракционной перегонки сырой нефти. Двумя их основными компонентами являются нефть и парафин.

Такие масла обычно используются для обкатки двигателя. Они характеризуются химической нейтральностью, определенной вязкостью и высокой температурой воспламенения. Они оставляют нагар (окалину) после сгорания. В настоящее время они уже не используются.

Графитизированные диспергирующие детергентные масла — это очень хорошо очищенные минеральные масла, особые свойства которых достигаются путем введения различных добавок в ходе их изготовления. Они особенно рекомендуются для двигателей, подверженных большим перепадам внутренней температуры или температуры окружающей среды, поскольку они сохраняют постоянную среднюю вязкость при высоких и низких температурах. Добавки существенно увеличивают область рабочих температур, облегчают холодный запуск, улучшают смазывание при высокой температуре и обладают антифрикционными свойствами.

Переработанные масла — это масла, отфильтрованные и гидрогенерированные после отработки; они непригодны для использования в двигателях, подвергающихся:

большим сжатиям;

большим колебаниям теиературы;

длительной работе при большой мощности;

и поэтому не могут использоваться для двигателей СЛА.

Вязкость.

Некоторые масла обладают постоянной вязкостью, другие — переменной вязкостью.

Вязкость авиационных масел определяется их маркой.

Масла с постоянной вязкостью — таблица соответствия

Марка	10	65	80		50
Вязкость	55	20	30	40	100

Масла с переменной вязкостью

15/50 — 10/40 — 20/40 — 20/50

Можно ли смешивать два различных масла?

В настоящее время все используемые масла можно смешивать в своей категории (соглашение между производителями. Тем не менее следует избегать смешивания чистого минерального масла с диспергирующими или детергентными маслами, так как последние не являются химически нейтральными. Более того, при прочистке некоторых частей двигателя, который ранее использовался с чистым минеральным маслом, эти масла вызывают закупоривание каналов и фильтров.

Как мы уже знаем, в четырехтактных двигателях масло находится в картере и циркулирует в отдельном смазочном контуре, в то время как в двухтактных двигателях необходимое для смазки масло поступает в виде смеси с бензином.

Поэтому масла, используемые в двухтактных двигателях, специально подбираются с целью сохранения их смазочных свойств при смешении с бензином. Эти масла являются детергентными, с переменной вязкостью. Масло, не предназначенное специально для использования в двухтактных двигателях, тем не менее может использоваться для смеси, если оно новое, детергентное и с переменной вязкостью. Однако при этом растворение в бензине будет несколько затруднено, и при сгорании будет несколько больше гари.

В любом случае,
ОБЯЗАТЕЛЬНО ИСПОЛЬЗУЙТЕ МАСЛО
ТОЛЬКО ТОГО ТИПА, КОТОРЫЙ УКАЗАН В
РУКОВОДСТВЕ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ.

Смесь масла с бензином.

Это очень важный момент, который лежит в основе множества неисправностей, которые легко могут привести к несчастным случаям.

Проблема смешения возникает только для двухтактных двигателей.

Если качество масла, смешанного с бензином, недостаточно, то смазка движущихся частей будет обеспечена плохо или не будет обеспечена вообще,

трение увеличивается, температура растет, происходит тепловое расширение деталей;

КПД падает, так как происходит потеря мощности, вызванная увеличением трения;

износ быстро нарастает;

выше определенного температурного порога трение становится слишком большим, двигатель заклинивает, и он останавливается.

Если количество масла, смешанного с бензином, слишком велико:

двигатель дымит и загрязняется;

плохо сгоревшие остатки оседают на стенках цилиндров и на поршневых кольцах. Трение между движущимися частями быстро возрастает, так же как и износ колец.

Это явление называется загущением.

КПД двигателя ухудшается;

если масла слишком много, двигатель отказывается запускаться.

В зависимости от модели двухтактного двигателя и типа используемого масла процент масла, смешиваемого с бензином, может быть различным.

СКРУПУЛЕЗНО СОБЛЮДАЙТЕ УКАЗАНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЯ

относительно качества и используемых процентных соотношений при обкатке и текущем использовании двигателя. Процедура смешения требует внимания и скрупулезности. Имеет смысл не поручать никому, кроме себя, изготовление смеси масло/бензин, или в крайнем случае — лицу, достаточно информированному об особенностях СЛА и способах смешения. Только это может гарантировать получение надежной и удовлетворительной топливной смеси. В особенности необходимо избегать использования бензиновых насосов, предназначенных для мотоциклов. Речь здесь идет о вашей безопасности и о ваших финансовых интересах

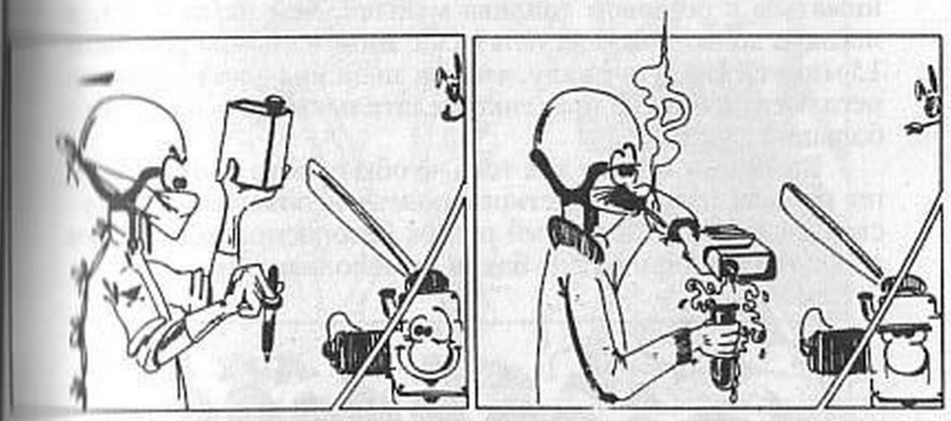
(заклинивание двигателя, даже если за ним последовала удачная посадка, обходится дорого).

Имеющиеся в продаже дозаторы (иногда в виде дозирующих пробок на емкости с маслом) позволяет готовить смесь самостоятельно. Используйте емкости с четко видимыми надписями:

ЧИСТЫЙ БЕНЗИН
СМЕСЬ ДЛЯ СЛА x %
МАСЛО 2-тактное

Тщательно перемешивайте.

Ручной насос для переливания не является роскошью — он позволяет уменьшить неприятные ощущения и опасности, связанные с перекачкой жидкостей.



Количество топлива.

Для определения количества топлива, которое нужно брать с собой, нужно оценить:

сколько топлива потребляется за час, с учетом числа цилиндров, высоты полета, метеорологических условий, режим полета;

время полета в зависимости от характеристик аппарата, предполагаемого маршрута и метеорологических условий.

Вы должны взять количество топлива, необходимое для прибытия к месту назначения, и предусмотреть резерв безопасности, размер которого зависит от предполагаемого полета.

Внимание: средняя плотность бензина 0,7; это означает, что один литр бензина весит 0,7 кг.

Вес топлива влияет на:

длину разбега, которая становится длиннее;

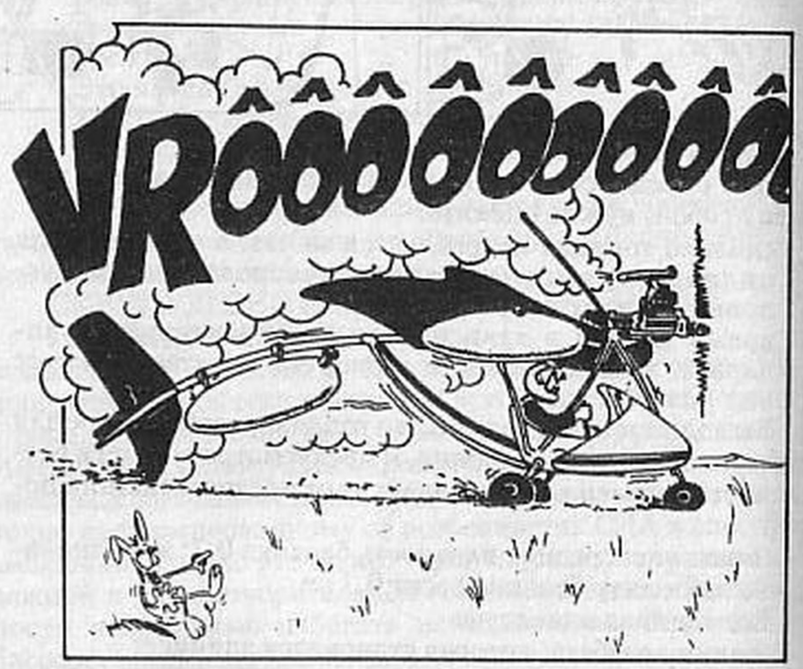
скорость взлета, которая становится выше;

скорость набора высоты, которая становится меньше;
центровку: в зависимости от положения бака и исходного количества топлива.

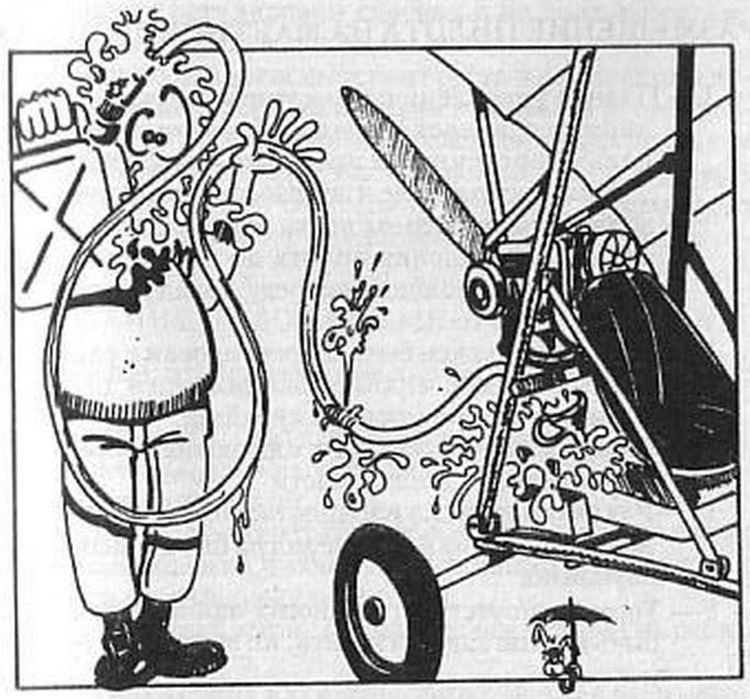
Влияние веса на летные качества и равновесие в полете рассматривается более подробно в Частях 2 и 8. Для примера приведем правила для самолетов, касающиеся количества топлива:

"Следует брать количество топлива, необходимое для того, чтобы добраться до места назначения с учетом последних метеорологических прогнозов по пути следования, и при необходимости иметь возможность продолжить полет в течение еще 45 минут в нормальном крейсерском режиме. Кроме того ни один местный полет не должен предприниматься с резервом топлива меньше, чем на полчаса, а посадка должна осуществляться с минимальным резервом 15 минут". Имейте в виду, что эти значения носят характер регламентных, а на практике желательно иметь несколько больший запас.

Внимание ! Даже для того, чтобы просто прокатиться по полосе, или для местного полета необходимо предусматривать определенный резерв безопасности с учетом того, что топливо на дне баков не используется.



Заправка.
Меры предосторожности:
Остерегайтесь сигарет;
раскаленных двигателей, искр;
брызг топлива (на сидения, электрические цепи и т.п.).
Исползование насоса для переливания позволяет уменьшить связанные с этим неприятные ощущения и опасности.



Проверки:
Убедитесь, что:
пробка закрыта и хорошо держит;
датчик уровня виден и работает;
вентиль открыт и не протекает.
Не оставляйте бидон с топливом вблизи двигателя при запуске.

РАЗМЕЩЕНИЕ НА БОРТУ И РЕГУЛИРОВКА.

Размещение на борту очень важно и должно быть предметом особого внимания, так как оно во многом обуславливает правильную реализацию полета. Оно влияет как на комфорт, так и на безопасность.

Для правилного размещения на борту необходимо учитывать:

доступность органов управления в положениях максимального отклонения;
восприятие внутренней и внешней информации (вид приборной панели, обзор по вертикали и горизонтали);
равновесие в полете;
комфорт.

РАЗМЕЩЕНИЕ ПИЛОТА НА МАЯТНИКОВОМ СЛА

I — Планка управления: в некоторых случаях она регулируется вперед/назад. Обратите внимание на длину поперечных и продольных кабелей.

Находясь в кресле и опираясь о него спиной, пилот должен иметь возможность перемещать планку управления вплоть до положений максимального отклонения вперед/ назад и вправо/влево.

II — **Контакт**: должен быть спроектирован и расположен таким образом, чтобы он был доступен для пилота, но не мог быть включен случайно.

Ш—**Приборы**: они должны быть хорошо видны и расположены в пределах досягаемости

IY—**Рукоятка запуска парашюта**: должна быть доступной, но так, чтобы она не могла быть задействована случайно.

Y— **Тормоз**: отсутствует на многих машинах; его должно быть можно задействовать, не вытягивая ногу полностью.

YI — **Акселератор**:

ножной: должна быть возможность приводить его в действие, не вытягивая ногу полностью;
ручной: он должен обладать способностью оставаться в заданном положении и приводиться в действие, не вытягивая руку полностью.

YII— **Ножное управление/переднее колесо**: очень редко является регулируемым. Когда это имеет место, обратите внимание на длину кабелей, если колесо управляется с помощью такой системы.

YIII— **Бензин**: прозрачный бак или легко видимый датчик уровня. Вентиль должен быть доступен.

IX — **Сидение**: очень редко может регулироваться.
Внимание, вес пилота и его перемещения вперед или назад изменяет равновесие полета.
Ремень: должен быть регулируемым для различных комплекций, но его максимальная длина должна быть такой, чтобы в расстегнутом виде, свободно свисая, он не мог коснуться винта. Пояс и застежки безопасности должны регулироваться после регулировки сиденья и не должны сильно ограничивать движения.

X — **Подушка**: в зависимости от роста и комплекции необходимо должным образом выставить регулировку по высоте, так как она определяет видимость как приборной панели, так и внешний обзор. Существует идеальное положение для глаз, которое дает наилучший обзор как на земле, так и в полете.

РАЗМЕЩЕНИЕ ПИЛОТА НА МНОГООСНОМ СЛА

I — **Бензин**: прозрачный бак или легко видимый датчик уровня.

II — **Вентиль (и)**: должны быть доступны.

Ш—**Приборы**: должны быть видимыми и в пределах досягаемости рукой.

IY—**Контакт**: должен быть спроектирован и расположен таким образом, чтобы он был легко доступен, но не мог быть случайно выключен.

Y — **Ручка управления**: длина и положение очень редко регулируются.
Откинув спину на сиденье, пилот должен иметь возможность двигать ручку в пределах ее максимальных отклонений вперед/назад и вправо/влево.

YI — **Рукоятка запуска парашюта**: должна быть доступной, но так, чтобы ее нельзя было включить случайно.

YII— **Сидение**: очень редко является регулируемым.
Внимание: вес пилота и его перемещения вперед и назад изменяют равновесие в полете.

YIII— **Подушка**: в зависимости от роста и комплекции необходимо должным образом выставить регулировку по высоте, поскольку она определяет как видимость приборной панели, так и внешний обзор. Существует идеальное для глаз положение, позволяющее получить наилучшее по-

ле зрения как на земле, так и в воздухе.

IX— Ножное управление/переднее колесо: очень редко является регулируемым. Если это так, обратите внимание на длину кабелей.

X — Тормоз: отсутствует на многих машинах; его должно быть можно привести в действие, не вытягивая ногу полностью.

XI— Акселератор:

ножной: должен поддерживаться пружиной и его должно быть можно задействовать, не вытягивая ногу полностью;

ручной: он должен обладать способностью оставаться в заданном положении и приводиться в действие, не вытягивая руку полностью.

XII— Ремень: должен быть регулируемым для различных комплекций, однако его максимальная длина должна быть такой, чтобы в расстегнутом виде, свободно свисая, он не мог коснуться винта. Пояс и застежки безопасности должны регулироваться после регулировки сидения и не должны сильно ограничивать движения.

Если СЛА оснащен следующими приборами, пилот должен приступить к их включению и настройке: альтиметр, часы, хронометр, радио, вариометр, компас и т. д.

ПРЕДПОЛЕТНЫЙ ОСМОТР.

Теперь вы в состоянии совершить полет. Вы можете приступить к маневрам, связанным со взлетом и пилотированием СЛА.

Однако "сознательный" пилот перед полетом всегда проводит инспекцию своего аппарата, чтобы убедиться, что тот находится в хорошем состоянии. Это **предполетный осмотр.**

Речь идет о совершенно необходимой процедуре, обеспечивающей безопасность. Действительно, человеку свойственно ошибаться, и многие причины могут привести к ошибкам или неправильному монтажу, например:

разнообразие операций подготовки полета;

множество различных отвлекающих факторов (наблюдение метеорологических условий, механические проблемы, трудности при монтаже, распыление внимания на публику т.п.);

различная степень сосредоточенности пилота (голова может быть в большей или меньшей степени занята другими делами).

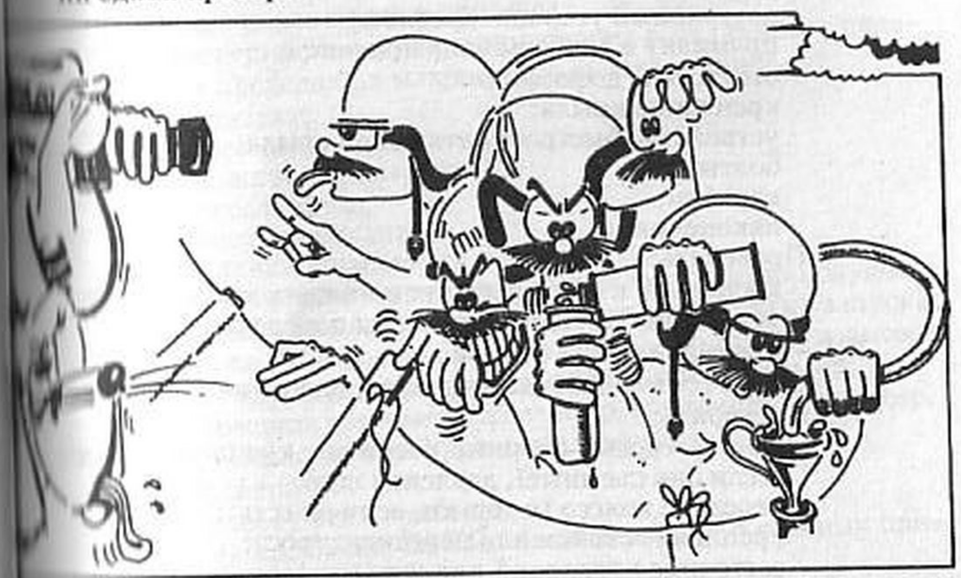
Поэтому следует делать различие между операциями монтажа и проверки, чтобы уделить особое внимание и особый время для операций проверки.

При проверке следует убедиться:

в хорошем состоянии монтажа;

в хорошем механическом состоянии (с целью обнаружить возможные повреждения, связанные с транспортировкой, хранением, монтажом или другими причинами).

Итак, предполетный осмотр есть система методичной проверки. Его следует проводить перед каждым полетом, причем тщательно. Сейчас мы произведем обход СЛА, определив точки наблюдения таким образом, чтобы не забыть ни одной проверки.



Маятниковый СЛА. Крыло и тележка

I — Продольная проверка (начиная спереди)

Пронаблюдать:

крыло;

прямизну в боковом направлении;

отсутствие деформации.

II — Проверка ребер атаки

Установить несколько реперов и пронаблюдать:

возможный прогиб;

симметрию ребер атаки;

симметричность расположения правого и левого кронштейнов.

Ш— **Проверка носа**

Проверить состояние болтов, наконечников, тросов (воз ле прижимных втулок), соединений тросов с крылом.

IY— Проверить состояние трубок под чехлом путем ощупы вания.

Y — **Проверить связь между ребрами атаки и поперечиной:**

болты;
элементы жесткости;
устройство быстрого натяжения крыла;
наконечники;
прижимные втулки;
положение крыла.

YI— **Проверка киля (начиная сзади)**

Пронаблюдать:

двугранный угол или профиль;
прямизну в боковом направлении;
отсутствие деформации;
крепление крыла;
устройство быстрого натяжения крыла;
болты;
карабин;
наконечники.

Проверить:

крепление к килю верхних и нижних задних тросов;
устройств быстрого натяжения поперечин.

YII— **Проверка ребра отрыва**

Общее состояние ткани на швах, полотнище и рейки.

Проверить:

шасси: тросы, опорные стержни, крепления колес (если они съемные), давление шин;
переднее колесо (и тормоз, если он есть);
крепление стойки или переднего троса;
состояние креплений в тележке.

YIII— **Если можно заглянуть внутрь крыла:**

Пронаблюдать:

поперечины или брусья сжатия;
размещение реек;
детали конструкции (маркировка труб, тросы, сбороч ные пластины и т.п.).

Проверить:

правильность крепления тележки к крылу;
что защитные шпонки находятся на месте;
страховочное крепление тележки к крылу (длина этого крепления и местоположение с соблюдением требо ваний центровки).

Проверить:

крепление планки управления к держателям;
крепление троса к трапеции.

IX — **Проверка задней кромки ребра атаки:**

крепление элементов жесткости;
крепление ткани;
наконечники;
состояние тросов;
крепление ограничителей кручения (флоатинги и т.п.).

X — Проверить крепление реек (упругие или жесткие).

XI— **Боковая проверка:**

Проверить:

профиль;
основание мачты.

Пост управления и приборы.

Доступность и функционирование всех органов управления в пределах их максимальных отклонений:

контакт;
тормоз;
ножное управление;
акселератор;
вентиль бензина;
планка управления и т. д.

Наличие ремня пристегивания пилота, а также подушки.

Особое внимание нужно обратить на рукоятку запуска парашюта. Она должна быть доступна, но всякая возможность ее случайного запуска должна быть исключена.

Проверить вариометр, альтиметр, анемометр, хронометр, радио, компас, датчик уровня топлива и т. д.

Проверить:

работу этих приборов;
их крепление на СЛА (если речь идет о съемных приборах).

Винтомоторная группа

Проверить крепления:

двигателя;
бака;
пробки;
винта (состояние винта);
выхлопной системы;
карбюратора;
проводки свечей;
батареи (+ ее подключение).

Проверить: функционирование пускателя (электриче

ского или ручного).
Проверить: уровень масла в картере двигателя (только для четырехтактных).
Проверить: уровень масла в редукторе, если редуктор зубчатый.
Проверить: уровень бензина в баке.
Проверить: приводные ремни (если редуктор ременной).
Проверить: отсутствие утечек масла или бензина.

ТРЕХОСНЫЕ/МНОГООСНЫЕ СЛА

Профиль и несущие элементы

I — Проверка киля (начиная сзади):
Пронаблюдать:
профиль;
прямизну в боковом направлении;
отсутствие деформации;
крепление крыла;
болты;
наконечники.
II — Элероны.
Ш — Руль направления.
IY — Руль высоты.
Y — Горизонтальное оперение.
YI — Проверить:
крепления, подвижные соединения и эффективную подвижность движущихся частей;
отсутствие инородных тел (забытые инструменты, ветошь и т. п.);
шасси: тросы, опорные стержни, крепления колес (если они съемные), давление шин.
YII — Внутри профиля:
Пронаблюдать:
поперечины или брусья сжатия;
размещение реек;
детали конструкции (маркировка трубок, тросы, сборочные пластины и т. д.).
Проверка ребра отрыва: общее состояние профиля, крепление реек.
YIII — Проверка в боковом направлении:
Проверить:
положительность двугранного угла;
основание мачты.
IX — Проверить:
состояние болтов, наконечников, тросов (вблизи

прижимных втулок), крепления крыла.
X — Проверить состояние направляющего переднего колеса и крепление передней опоры.
XI — Проверить состояние трубок внутри крыла путем ощупывания.
XII — Проверить ребра атаки:
болты;
элементы жесткости;
устройство быстрого натяжения крыла;
наконечники;
прижимные втулки;
размещение крыла.
XIII — Осмотр ребер атаки:
Установить реперы и пронаблюдать:
возможный прогиб;
симметрию ребер атаки;
симметрию и размещение правого и левого элемента жесткости (если они есть).

Пост управления и приборы

Проверить функционирование и крепление на СЛА (если эти приборы съемные):

вариометр	компас
альтиметр	датчик топлива
анемометр	различные датчики
хронометр	(температура, давление
радио	и т. д.)

Проверить доступность и функционирование всех органов управления в пределах их максимальных отклонений:

ручка	акселератор
контакт	тормоз
ножное управление	топливные вентили.

Специальные приборы:
воздушные тормоза — компенсаторы — закрылки
Ремень пристегивания пилота и подушка.
Особое внимание следует обратить на рукоятку запуска парашюта. Она должна быть доступна, но всякая возможность ее случайного запуска должна быть исключена.

Винтомоторная группа

Проверить крепления:
двигателя
пробки
батареи (+ правильное подключение)
винта (+ состояние винта)

выхлопной системы
бака.

Проверить также:

функционирование пускателя (электрического или ручного)
уровень масла в картере двигателя (только для четырехтактных двигателей)
уровень масла в редукторе, если редуктор зубчатый
уровень бензина в баках
приводные ремни, если редуктор ременной (состояние натяжения)
отсутствие утечек топлива и масла.

ЗАПУСК ДВИГАТЕЛЯ.

Вы должны принять некоторые меры предосторожности общего характера:

убедитесь, что ветер от винта не принесет вреда людям и технике (например, не следует запускать двигатель перед ангаром с открытой дверью, или даже перед другим СЛА);
проверьте также состояние почвы под винтом: отсутствие гравия или песка, которые могут разбрасываться винтом.

Процедуры запуска описаны в руководстве по эксплуатации. Здесь мы вновь встречаем проверки:

топливного вентиля
стартера, если в этом есть необходимость
контакта
заклинивание колес и парковочного тормоза
проверка безопасности (что никого нет вблизи винта и в области, куда он может отбрасывать предметы)
запуск
прогрев, стабилизация на малом ходу
отсечка стартера (если имеется).



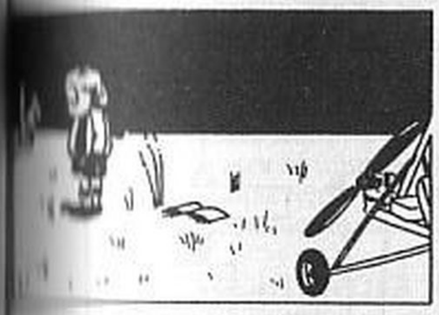
РЕГУЛИРОВКА

В зависимости от расположения двигателя и винта и, в частности, от доступности регулировочных винтов, может оказаться необходимым остановить двигатель.

Две основные регулировки:

регулировка малого хода, позволяющая избегать глушения при резком сбросе газа и регулировать скорость винта/двигателя в режиме малого хода в зависимости от скорости полета, качества и потребления топлива;
регулировка воздушно-топливной смеси. Это более тонкая регулировка, стремящаяся добиться оптимальной воздушно-топливной смеси в данных условиях температуры и давления. Эта регулировка является лишь средней. На практика часто лучше всего не трогать эту среднюю регулировку, если она работает. При изменении этой регулировки желательно предварительно знать свойства двигателя (например, потребление топлива) и провести сравнительные испытания.

ВНИМАНИЕ: слишком обедненная топливом смесь отрицательно влияет на функционирование двигателя (повышение температуры).





Вращающийся винт не виден, а привычка обманчива

ВЫРУЛИВАНИЕ (перед взлетом)

Зачем оно нужно?

чтобы выехать на взлетную полосу;
чтобы познакомиться с СЛА и его пилотированием.

Меры предосторожности:

Если тормоз отсутствует, следует оставлять достаточно большое свободное пространство, исключающее возможность наезда на машину, пешехода или животное. Если тормоз есть, его следует использовать в соответствии с его эффективностью. Остерегайтесь резко тормозить, например,

на гладкой и сухой асфальтовой поверхности. Рекомендуется проверять функционирование тормозов в самом начале выруливания.

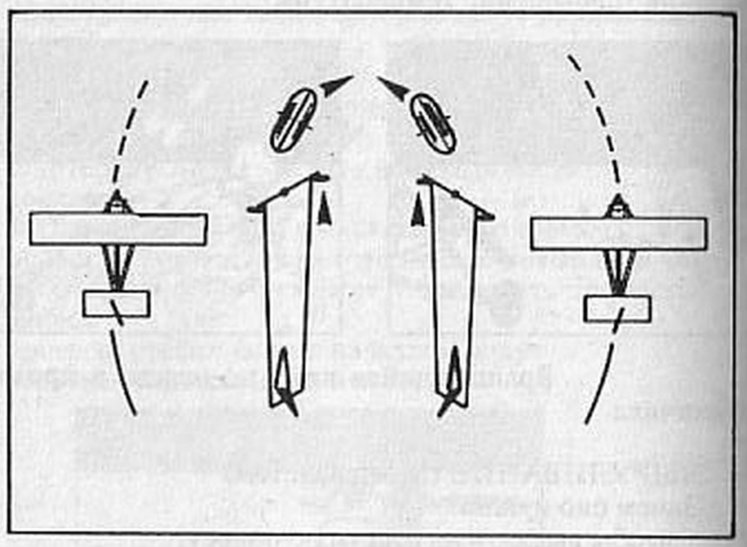
На неровном покрытии конструкция очень страдает при выруливании — НУЖНО РУЛИТЬ МЯГКО.

Как управлять СЛА на земле ?

Для езды используется тяга винта, а скорость регулируется путем изменения мощности. Отметим, что эффективная тяга сильно отличается от той, которая возникает при включении сцепления автомобиля. Для уменьшения скорости или остановки СЛА нужно уменьшить мощность и использовать тормоза, если в этом есть необходимость и если тормоза имеются.

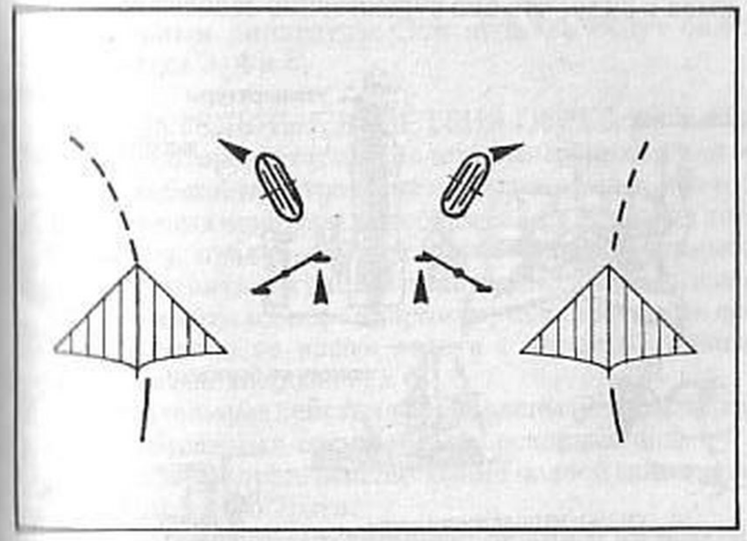
ВНИМАНИЕ: на многоосевых СЛА нужно нажимать на педаль с той стороны, куда вы хотите повернуть:

правая педаль — переднее колесо вправо, руль направления вправо, СЛА поворачивает вправо.



ВНИМАНИЕ: на маятниковых аппаратах управление на земле осуществляется как у велосипеда — на педаль нажимают со стороны, противоположной той, в которую хотят повернуть:

правая педаль — переднее колесо влево, СЛА поворачивает влево.



На маятниковых СЛА ножное управление работает только на земле; оно не несет каких-либо аэродинамичес- ких функций.

Следует отметить, что некоторые СЛА имеют отдельные тормоза на боковых колесах шасси, и асимметричное их использование также может помочь управлять СЛА на земле.

Кроме маневрирования на малой скорости, необходимо также уметь:

включать мощность,

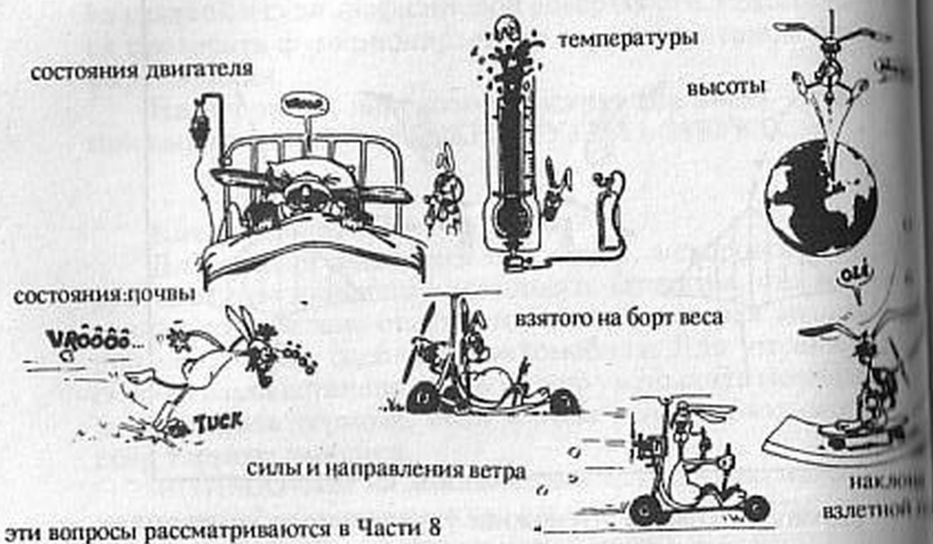
оставаться на прямой, ускоряться, замедляться, отключать двигатель, одновременно осматриваясь вокруг для обеспечения безопасности.

ВЫБОР ПОРОГА И ОСИ ВЗЛЕТА

Пилоты ! Даже если на этой стадии площадка удобна, и погода идеальная, вы должны знать длину пробега вашего аппарата.

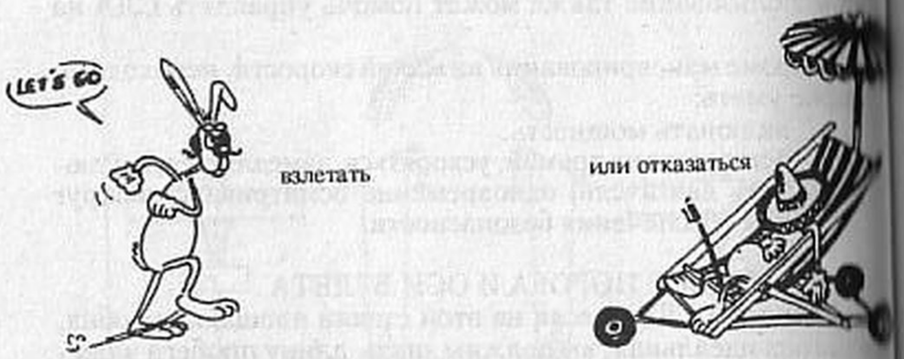


имея в виду, что она существенно зависит от:



эти вопросы рассматриваются в Части 8

Чтобы РЕШИТЬ:



нужно:

разместить достаточно длинную пригодную для раз
бега полосу, расположенную примерно против ветра
и имеющую приемлемый коридор взлета;
быть информированным о правилах использования
воздушного пространства: правила, относящиеся как
к правилам пролета над людьми или жилищами и
проникновению в особые зоны, так и допустимые рас
стояния и приоритеты по отношению к другим лета-

тельным аппаратам. Эти правила будут описаны в Частях 3, 4 и 8.

ОБЯЗАТЕЛЬНЫЕ ДЕЙСТВИЯ ПЕРЕД ВЗЛЕТОМ.

На некоторых стадиях полета возможности для маневра во времени и пространстве настолько узки, что в случае возникновения некоторых проблем даже в условиях хорошего наблюдения, правильной интерпретации и правильной попытки исправить ситуацию пилот практически не имеет возможности выйти из нее (например, неисправность системы подачи топлива во время взлета с короткой площадки с препятствиями впереди. . .).

Обязательные действия направлены на предотвращение таких необратимых ситуаций. Их основная цель — гарантировать возможность использования полной мощности и всей маневренности аппарата.

Чтобы не занимать внимание пилота и не загромождать взлетную полосу, **обязательные действия должны быть произведены до выезда на взлетную полосу.**

Пилоты самолетов во Франции используют мнемоническую процедуру, называемую ACHEVER*. Если сохранить только моменты, относящиеся к СЛА, эту процедуру можно использовать и для этих аппаратов. Поскольку СЛА бывают разных конструкций, каждый пилот, исходя из предлагаемой схемы, может выбрать моменты, касающиеся его аппарата:

1. Крепление:
   - тележки к крылу (на маятниковых СЛА)
   - пилота к сиденью (ремень застегнут)
   - каски к пилоту (ремень застегнут).
2. Посадочное шасси:
   - проверить работу тормозной системы.
3. Центровка:
   - взятая на борт масса на ходится в пределах области центровки и не может сместиться.
4. Органы управления:

Работают в пределах своих максимальных отклонений и в правильном направлении:

- ручка или планка управления вперед/назад и в боковом направлении
- переднее колесо на земле
- акселератор
- воздушные тормоза (если они есть)

Некоторые СЛА оснащены такими устройствами, как воздушные тормоза, компенсаторы, закрылки и т.п., которые должны быть:

воздушные тормоза: зафиксированы в закрытом положении

компенсатор: отрегулирован

закрылки в положении "взлет".

5. Комфорт:

очки

положение в сиденьи

перчатки и одежда.

6. Винт:

вращается плавно без ненормальных вибраций

если винт имеет регулируемый шаг: винт в положении минимального шага.

7. Масло:

если двигатель четырехтактный: проверить давление.

8. Бензин:

вентиль открыт на наиболее полном баке

уровень виден, и количество достаточно.

9. Оценка автономии по времени в зависимости от взя того количества топлива и времени отправления (сейчас столько-то часов, значит, я могу летать до столькн- то часов).

10. Электричество:

если есть электрическая установка, проверить вольтметр и амперметр.

11. Проверка приборов: альтиметр, компас, вариометр, анемометр, датчик температуры двигателя).

12. Внешние условия:

ни один самолет не садится и не заходит на посадку

никого нет поблизости, на взлетной полосе или подъездных путях

никого нет перед колесами или вблизи винта

точно определить силу и направление ветра в данный момент.

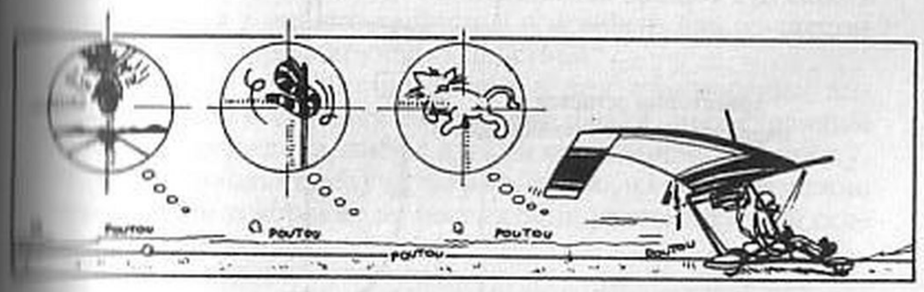
13. Радио:

если есть необходимость, произвести объявление о взлете.

Наконец,если предполагается подъем на повышенном режиме двигателя, полезно приступить к выводу двигателя на полную мощность при включенных тормозах или с тормозной колодкой, если нет тормозов или их недостаточно.

ВЗЛЕТ

Выезд на взлетную полосу и ориентация аппарата



Выезд на взлетную полосу и ориентация аппарата осуществляются после выполнения обязательных действий и возможных испытаний двигателя.

Очень важно, чтобы СЛА находился точно на пороге взлетной полосы и был тщательно ориентирован перед включением мощности.

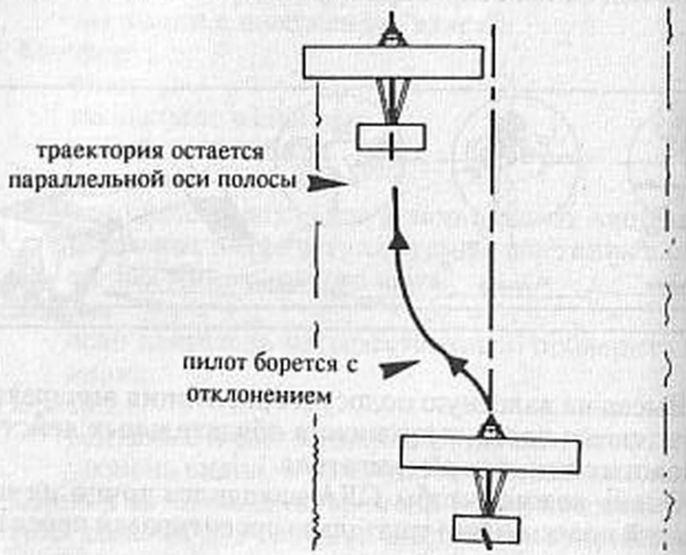
Включение мощности

Производится постепенно при свободных колесах, но может также производиться со включенным тормозом, чтобы при отпускании тормоза получить большее ускорение и более короткую длину разбега.

Появление аэродинамических сил и удержание СЛА на прямой

Они требуют согласования воздействий на направляющее колесо с воздействиями на планку или ручку управления, потому что, хотя колеса еще находятся на земле, СЛА уже отчасти поддерживается подъемной силой. Это тонкий момент, особенно для пилота, уже привыкшего либо к "маятниковой системе", либо к "самолетному" ножному управлению и меняющему тип СЛА, поскольку, как мы видели ранее, направляющие колеса маятниковых аппаратов и большинства многоосевых аппаратов работают в противоположном направлении. Очень важно при включении мощности и в ходе укорения до отрыва от земли обеспечить траекторию без отклонений, для чего иногда приходится преодолевать гироскопические или аэродинамические эффекты, связанные с вращением двигателя и винта.

Если отклонение все же произошло, предпочтительнее выбрать новую траекторию параллельно середине полосы, чем пытаться любой ценой вернуться на эту среднюю линию.

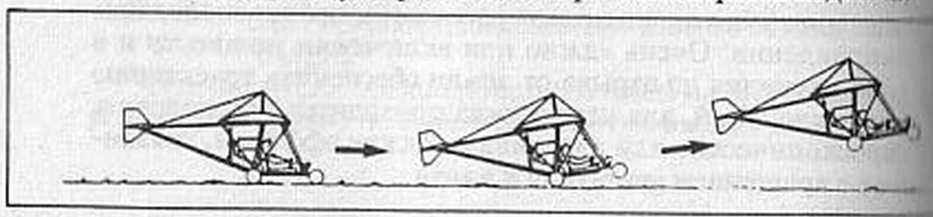


Отрыв от земли.

В зависимости от того, является СЛА маятниковым или многоосным, отрыв от земли, оставаясь важным моментом для каждого из них, осуществляется по-разному. В любом случае, поскольку, с одной стороны, удельная нагрузка на крылья и скорость полета СЛА малы и, с другой стороны, аэродинамические силы возрастают как квадрат скорости, этот момент является очень коротким, так как вес очень быстро полностью уравновешивается подъемной силой.

Отрыв многоосевого аппарата

По достижении скорости отрыва пилот кабрирует таким образом, чтобы получить промежуточное значение угла тангажа, которое позволяет СЛА оторваться от земли, продолжая в то же время ускоряться до выбранной скорости подъема.



Отрыв маятникового аппарата

По достижении скорости отрыва поднимается сначала переднее колесо, а затем и задние колеса; при этом появляется кабрирующий момент, который пилот должен ограничивать и контролировать путем перемещения планки к себе. Часто оказывается полезным ускоряться в этот момент на полной мощности (если еще остается запас). Трудность заключается в оценке величины и момента для осуществления этих корректирующих действий.

Как для маятниковых, так и для многоосевых аппаратов отрыв является переходной фазой, происходящей либо горизонтально, либо с легким вращением по тангажу, которая позволяет получить траекторию, на которой можно продолжать ускорение до достижения рекомендуемой скорости подъема.

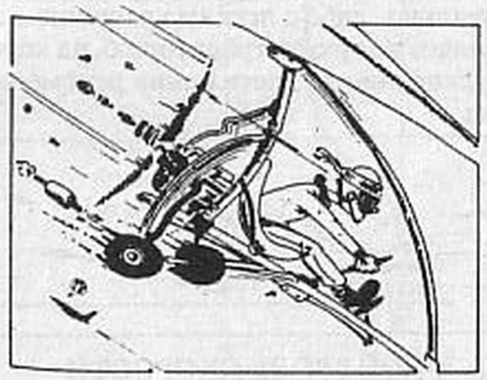


ОЦЕНКА И КОНТРОЛЬ СКОРОСТИ ОТНОСИТЕЛЬНО ВОЗДУХА

Движение воздуха может ощущаться, с одной стороны, благодаря оказываемому им давлению на кожу и, с другой стороны, по сопровождающим его звуковым или визуальным проявлениям. Скорость ветра можно оценивать на основании этих ощущений, но такая процедура является неточной и малообъективной. Если пилот хочет иметь точную информацию, он может использовать специальный прибор для осуществления таких измерений: анемометр или индикатор скорости. Пользование индикатором скорости делает более точными и надежными восприятия воздушной скорости по ощущениям течения воздуха вокруг аппарата, сопротивлению органов управления, звуку, действию относительного ветра на несущую поверхность, скольжению воздуха по коже. Все же в зависимости от места, где расположен анемометр, показываемая им скорость может быть различной. Вибрации и турбулентное течение могут влиять на его работу и его показания вплоть до того, что он может стать совершенно бесполезным в полете. В полете пилот определяет свою траекторию, выбирая соответствующий режим двигателя и действуя на планку или ручку управления.

Показания анемометра и физиологические ощущения относительного ветра позволяют ему судить о воздушной скорости в ходе полета и позволяют ему предпринимать возможные корректирующие действия.

Напомним, что допустимый диапазон углов атаки и скоростей ограничен, с одной стороны, углом срыва, которому соответствует скорость сваливания при максимальной массе, и, с другой стороны, максимально допустимой скоростью.



Таким образом,можно сказать, что:
Следить за ощущениями скорости и за показаниями анемометра — лучшее средство против сваливания.

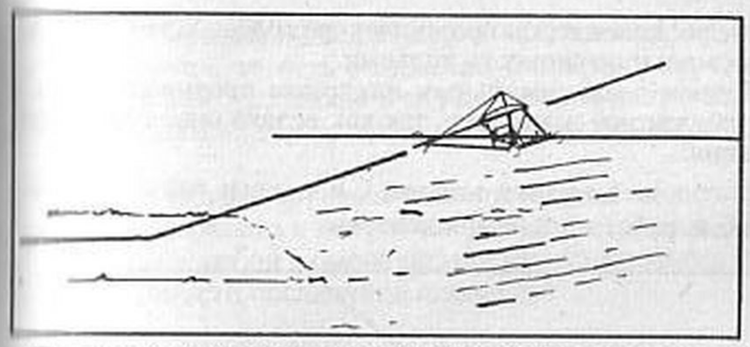
Вы должны знать скорость взлета и скорость полета вашего аппарата и сохранять бдительность, следя за показаниями анемометра краем глаза или поглядывая на него время от времени.

ТИПЫ ПОДЪЕМА ПРИ ВЗЛЕТЕ.

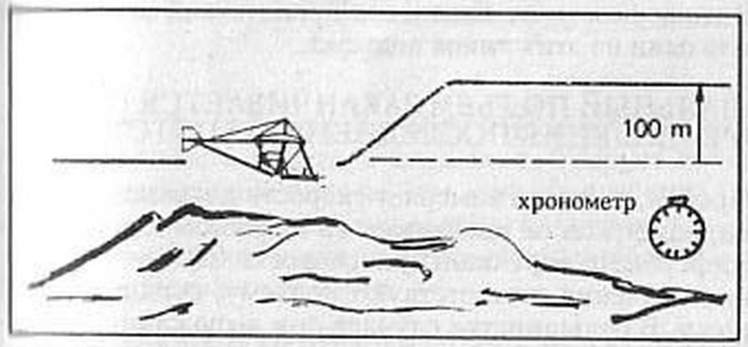
Имеются различные возможности для подъема после отрыва от земли, каждая из которых имеет свои достоинства и недостатки. Различают следующие виды подъема:

Нормальный подъем: он соответствует наилучшему компромиссу между значением скорости и вертикальной скоростью: он позволяет иметь достаточную скорость полета (V_p) при разумном значении скорости подъема (V_z). Кроме того, этот вид подъема дает хороший обзор вперед и достаточное охлаждение двигателя;

Спокойный подъем СЛА, хорошая видимость.



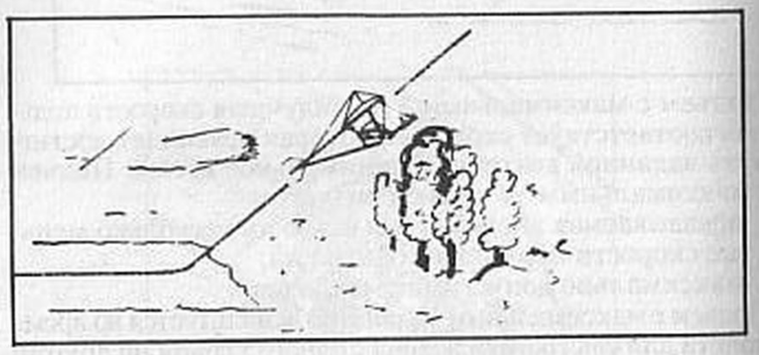
Подъем с максимальным V_z: наилучшая скорость подъема соответствует скорости, которая позволяет достигнуть заданной высоты за минимальное время. Подъем с максимальным V_z характеризуется:
показываемая анемометром скорость несколько меньше скорости нормального подъема;
максимально допустимая мощность.
Подъем с максимальным V_z обычно используется во время полета для быстрого перехода с одного уровня на другой;



Подъем с максимальным наклоном: выбор наилучшего угла подъема позволяет набрать максимальную высоту на данном расстоянии. Подъем с максимальным наклоном практически всегда связан со взлетом, поскольку он позволяет облетать препятствия. Ему соответствует вполне определенная скорость полета. Подъем с максимальным наклоном характеризуется:
показываемая анемометром скорость заметно меньше, чем скорость нормального подъема;
максимально допустимая мощность.
Поскольку скорость мала, вы должны быть внимательны. Не следует без необходимости затягивать подъем с максимальным наклоном, так как ввиду менее эффективного охлаждения имеется опасность перегрева дви-

гателя. После того, как препятствия преодолены, переходите на нормальную скорость подъема.
Подъем с максимальным наклоном противопоказан в турбулентной атмосфере, так как велика опасность сваливания.

Большой наклон СЛА, ноги торчат в небо, двигатель работает с напряжением.



В зависимости от характера препятствий вы должны выбрать один из этих типов подъема.

НАЧАЛЬНЫЙ ПОДЪЕМ ЗАКАНЧИВАЕТСЯ ПОСЛЕ ПРЕОДОЛЕНИЯ ПОСЛЕДНЕГО ПРЕПЯТСТВИЯ

Прибор, который измеряет скорость подъема, называется вариометром: он показывает на цифровом или стрелочном циферблате вертикальную скорость СЛА — положительные значения соответствуют подъему, отрицательные — спуску. В большинстве случаев они выражаются в метрах/секунду, но иногда они переводятся в футы/минуту.

Хотя большинство полетов происходит без проблем, механические неисправности, приводящие к отказу двигательной системы, достаточны просты в практике СЛА, так что пилоту следует строить свой полет с учетом возможности отказа двигателя. Взлетная полоса и начальный подъем должны выбираться так, чтобы в случае поломки двигателя можно было осуществить посадку прямо по курсу в планирующем режиме. В зависимости от имеющихся препятствий и топографии площадки пилот определяет высоту, начиная с которой в случае поломки он сможет совершить полуоборот и вернуться на площадку. Пока он наберет достаточную высоту, позволяющую долететь до другой приемлемой площадки с выключенным двигателем, пилот должен

оставаться "в пределах досягаемости" той площадки, с которой он взлетел, то есть он должен оставаться на таком расстоянии и высоте, чтобы в случае отказа двигателя он мог бы вернуться на эту площадку в планирующем полете.

Потренируйтесь зрительно представлять себе наклон вашего полета с выключенным двигателем и обеспечьте, чтобы в любой момент полета вы находились в пределах досягаемости посадочной площадки.



В данной Части 3 пилот в любом случае остается в пределах досягаемости взлетной площадки. Следует почеркнуть, что чем меньше высота, тем меньше потенциал для планирования, тем меньше возможности маневра и, следовательно, тем больше необходимость точно определять потенциально достижимое место.

КАК ВЫБИРАТЬ И ПОДДЕРЖИВАТЬ ВЫСОТУ ПОЛЕТА С ПОМОЩЬЮ ВИЗУАЛЬНЫХ ОРИЕНТИРОВ И АЛЬТИМЕТРА

С момента рождения мы почти все время находимся на твердой поверхности (кроме случаев, когда мы плаваем, прыгаем или падаем . . .), и мы не привыкли наблюдать большие вертикальные расстояния, отделяющие нас от земли. Каждому знакомо непривычное чувство или страх, возникающие при взгляде вниз на горный поток с высокого моста. В полете непрерывное изменение перспективы и движение в трех измерениях могут привести к нарушениям чувственных восприятий (головокружения и т.д.) и к ошибочной оценке расстояний и скоростей. К счастью, путем тренировки вполне возможно научиться справляться с такими ситуациями и, в частности, оценивать:

высоту, отделяющую пилота от земли;
поднимается аппарат или опускается, и с какой скоростью.

Эта способность не является врожденной и достигается только путем тренировки, так как такие оценки возможны главным образом благодаря сравнению наблюдаемого пейзажа с хранящимися в памяти картинами.

Все мы знаем, что величина объекта в поле зрения зависит от расстояния, которое нас от него отделяет. Мозг запоминает размер выбранных объектов наряду с этим расстоянием.

Когда расстояние меняется, меняется и величина объекта в поле зрения, и мозг по новому размеру объекта и скорости его изменения оценивает:

расстояние, отделяющее нас от объекта;
скорость приближения или удаления.

Необходимо, чтобы такие наблюдения были достаточно продолжительными, чтобы мозг имел достаточно времени для обработки этой информации. Потренируйтесь на вашей обычной площадке угадывать вашу высоту, не глядя на альтиметр. Для определения высоты путем сравнения можно использовать деревья или здания. Большие поля или озера дают очень мало ориентиров. При этом вы быстро обнаружите, что чем дальше от земли, тем более приблизительными становятся такие оценки. Несмотря на это, даже при значительном расстоянии от земли при наличии характерного рельефа на горизонте все же можно определять, поднимается аппарат или опускается, выстраивая в линию ориентиры и наблюдая за их относительным перемещением. Если высота элементов рельефа, служащих ориентирами, известна, можно по ней оценивать высоту полета.

Все же визуальная оценка высоты обладает ограниченными возможностями:

из-за недостатка точности и объективности;
из-за неточности на средней и большой высоте.

Поэтому существует альтиметр.

АЛЬТИМЕТР

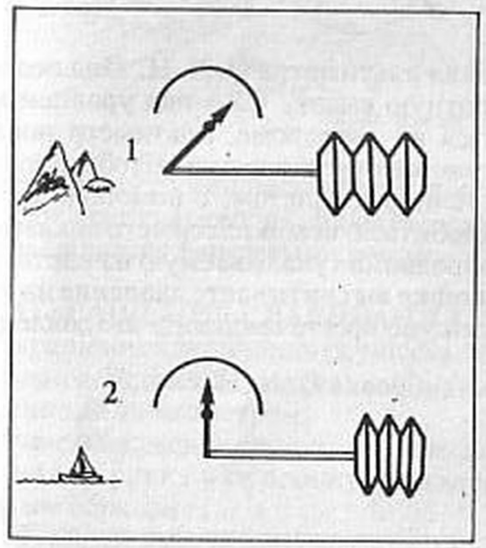
Альтиметр позволяет определять вертикальные расстояния, отделяющие СЛА:

от взлетной полосы;
от рельефа.

Альтиметр — это барометр: поскольку атмосферное давление меняется с высотой, анероидная капсула, деформируясь, регистрирует изменения давления. Эта деформация пере-

дается стрелке, которая перемещается по отградуированному циферблату. Изменения атмосферного давления и большое разнообразие высот взлетных площадок требуют проведения некоторых регулировок для правильной интерпретации показаний альтиметра. На предназначенной для этого шкале нужно выставить давление, которое будет служить точкой отсчета при измерениях.

Принцип работы альтиметра.

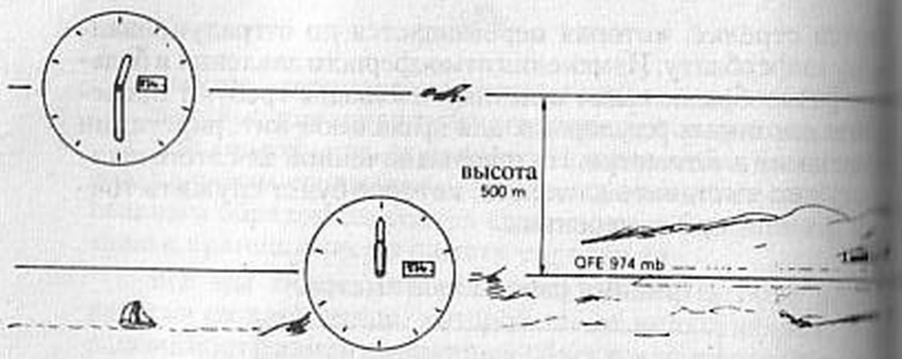


1 — атмосферное давление меньше на большой высоте. Капсула растягивается; 2 — атмосферное давление больше на малой высоте. Капсула сжимается

ВИДЫ КАЛИБРОВКИ АЛЬТИМЕТРА

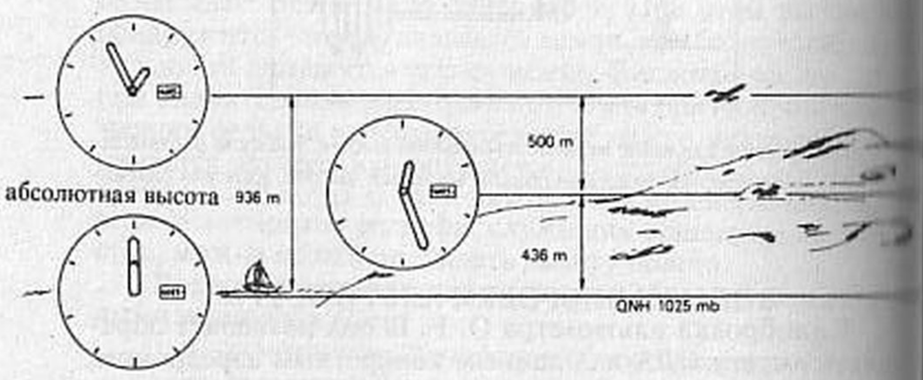
Калибровка альтиметра Q. F. E. она позволяет определить высоту СЛА над данным конкретным аэродромом. Когда СЛА находится на этом аэродроме, альтиметр должен показывать 0 метров. Чтобы провести калибровку Q. F. E. перед взлетом, нужно с помощью ручки регулировки выставить показание 0 метров. При этом в маленьком окошке вы можете прочитать давление на уровне почвы. В полете вам достаточно выставить здесь давление, которое было измерено перед взлетом или которое вы получили по радио.

Калибровка Q. F. E.:



Калибровка альтиметра Q. N. H. Она позволяет опре делять абсолютную высоту СЛА над уровнем моря. Когда СЛА находится на аэродроме, альтиметр показывает то пографическую высоту площадки. Чтобы провести калиб ровку Q. N. H. перед взлетом, с помощью ручки регули ровки нужно добиться, чтобы альтиметр показывал абслют ную высоту аэродрома (указываемую на карте). При этом в маленьком окошке вы считываете давление на уровне моря. В полете достаточно просто выставить это давление.

Калибровка Q. N. H.:



ВЫБОР И СОХРАНЕНИЕ ТРАЕКТОРИИ НА ЗЕМЛЕ

Чтобы попасть из одного места в другое, пилот должен выбрать наземную траекторию с учетом нескольких ограничений:

нужно всегда находиться в пределах досягаемости, пригодной для посадки площадки;

траектория должна быть совместимой с имеющимся количеством топлива;

траектория должна быть совместимой с характеристиками аппарата;

траектория должна избегать опасных зон и зон, пролет над которыми запрещен.



Для этого на местности выбираются ориентиры, между которыми проходит траектория, и полет между этими ориентирами совершается с нулевым креном.

ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ СВАЛИВАНИЯ

Предотвращение сваливания осуществляется:

активными действиями пилота:

слежение за анемометром;

слежение за изменением воздушного потока;

действия на ручку или планку управления.

пассивным образом:

конструкцией крыла;

правильной регулировкой положения центра тяжести.

Хорошо отрегулированный аппарат имеет скорость компенсации, равную крейсерской скорости. На таком аппарате в спокойном воздухе пилоту практически ничего не нужно предпринимать, чтобы контролировать скорость.

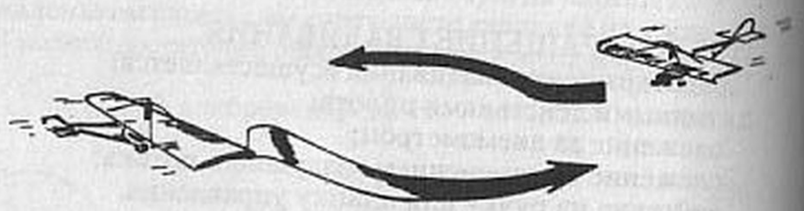


ЧТОБЫ ИЗБЕЖАТЬ СТОЛКНОВЕНИЙ . . .

Обгон летательного аппарата
Всегда осуществляется справа от него:



Лобовая встреча
Каждый аппарат уходит вправо.



Вблизи аэродрома

Летательный аппарат в полете всегда имеет приоритет над летательным аппаратом на земле.

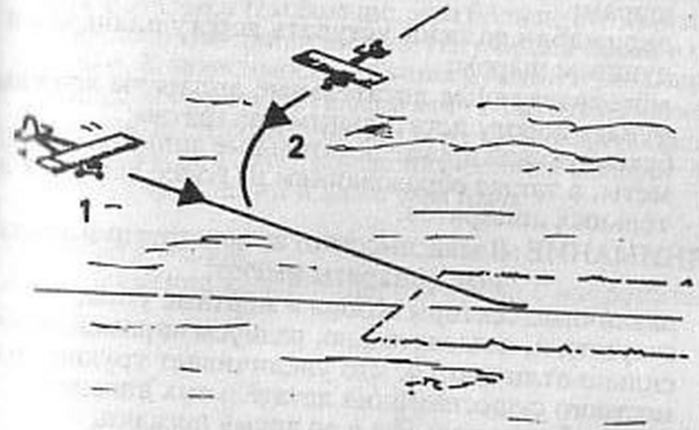
Пример:

Вы не имеете права выезжать на взлетную полосу, когда другой самолет заходит на посадку.

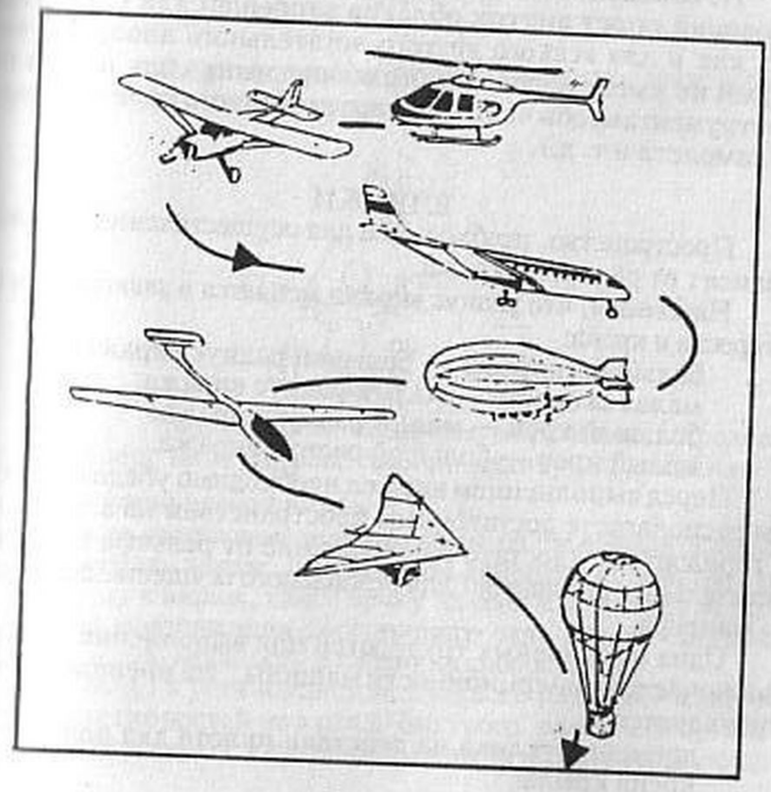
В случае двух самолетов, заходящих на посадку: приоритет имеет тот, который находится ниже.

Самолет *1* имеет приоритет перед самолетом *2*.

Кроме того, если не получено специальных разрешений или указаний, самолет при посадке или заходе на посадку не должен пересекать порог взлетной полосы, пока предшествующий ему самолет на взлете не покинул полосу или не совершил вираж, или пока все предшествующие самолеты на посадке не покинули полосу.



Наконец, некоторые летательные аппараты имеют преимущество перед другими:



моторизованные летательные аппараты должны уступать дорогу дирижаблям, планерам и воздушным шарам;
дирижабли должны уступать дорогу планерам и воздушным шарам;
моторизованные летательные аппараты должны уступать дорогу летательным аппаратам:
буксирующие другие летательные аппараты или предметы, а также образованиям из более чем двух летательных аппаратов.

ВНИМАНИЕ: В зависимости от их конструкции летательные аппараты имеют:
различные секторы обзора и мертвые углы,
скорости и, следовательно, радиусы виражей, которые сильно отличаются, что увеличивает трудности совместного существования летательных аппаратов, особенно вблизи рельефа и во время посадки.

Особенное внимание следует обращать на турбулентный след при пересечении траектории другого самолета.

И, наконец, во избежание очевидных опасностей столкновений полет внутри облаков запрещен для СЛА (так же, как и для всякого другого летательного аппарата, который не имеет необходимого оборудования для полета по инструментам: обычного планера свободного полета, легкого самолета и т. д.).

ВИРАЖИ

Пространство, необходимое для осуществления виража, зависит от радиуса виража.

Напомним, что радиус виража меняется в зависимости от скорости и крена:

большая скорость — большой радиус виража;
малая скорость — малый радиус виража;
большой крен — малый радиус виража;
малый крен — большой радиус виража.

Перед выполнением виража необходимо убедиться, что вы располагаете достаточным пространством по вертикали и горизонтали (достаточное удаление от рельефа и других летательных аппаратов) для безопасного осуществления всего маневра.

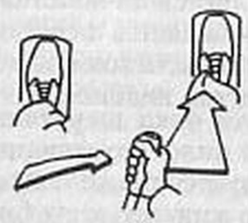
Одна из основных трудностей при выполнении виража заключается в инерционности машины. Эта инерционность проявляется в:

времени отклика на действия пилота для получения крена крыла.

Это время отклика сильно зависит от резкости, амплитуды и способа выполнения движений по управлению СЛА. При выходе из виража для ликвидации крена время отклика тем больше, чем больше этот крен;
продолжении движения по углу крена после входа в вираж. В зависимости от конструкции и регулировки аппарата времени отклика могут быть большими или меньшими, и движение по крену может продолжаться, усиливаясь. Такое поведение делает аппарат трудным в управлении и даже опасным.

Переход в вираж

Для получения изменения угла крена ("накрениться"):



Многоосевые аппараты: совместное воздействие на ручку и на ножное управление.



Маятниковые аппараты: воздействие в продольном и поперечном направлении на планку управления.

Установившийся вираж

После достижения нужного крена пилот должен стабилизировать вираж. Для этого он прекращает действия по входу в вираж, тянет ручку на себя или планку от себя для поддержания достаточного угла атаки, выбирает нужную мощность и следит за скоростью.
Однако в установившемся вираже различие воздушных скоростей на краях "быстрого" внешнего крыла и "медленного" внутреннего крыла и соответствующая

разница углов атаки приводит к "естественному" усилению крена.

Поэтому пилот должен корректировать эти эффекты, оказывая воздействие на ручку или планку управления для поддержания постоянного крена.

Напоминание: вираж не может быть уравновешен вне определенных пределов по скорости и углу атаки (слишком большой снос или перегрузка) (Часть 2).

Во время виража нужно следить за скоростью, высотой и креном.

Симметрия полета при вираже

Существуют два указателя сноса и скольжения, позволяющие определять, является ли полет симметричным.

Простейшим из них является шерстяная прядь, которая должна размещаться вне области возмущения течения винтом или аппаратом и быть легко видимой для пилота, который, глядя на нее, знает, что пока шерстяная прядь остается симметричной, аппарат пилотируется правильно.

Кроме того, используется также "шарик", помещенный в изогнутую заполненную жидкостью трубку.



маятниковый СЛА:

Для сверхлегкого аппарата, пилотируемого перемещением центра тяжести, нужно толкать планку вправо и вперед, перемещая вес влево и назад.

Поскольку у них нет оперения, маятниковые аппараты при вираже движутся благодаря отклику крыла при сносе и действиям пилота по углу тангажа. По самой своей конструкции маятниковые СЛА требуют некоторого сноса для осуществления виража.



Выход из виража

Примите те же меры предосторожности, что и при входе в вираж: убедитесь, что изменение направления может быть осуществлено без риска столкновения с другим летательным аппаратом или с рельефом.

Действия на органы управления в боковом и продольном направлении, нужно вернуться на прямую линию, внимательно следя за скоростью.

Отметим, что инерционность тем больше, чем больше исходное значение крена.

Сочетание продольных и боковых воздействий для выхода из виража одинаково нужно как для маятниковых, так и для 3-осных СЛА.

ВНИМАНИЕ: Возможности реальных СЛА ограничены:

большим различием локальных углов падения при больших значениях крена;

значительным изменением скорости сваливания при больших значениях крена.

В силу этих особенностей следует избегать маневров с большим креном и вообще резких маневров.

НЕКОТОРЫЕ ФИЛОСОФСКИЕ СООБРАЖЕНИЯ О ВОЗВРАЩЕНИИ НА ЗЕМЛЮ

Возвращение на землю неминуемо.

Это очевидная вещь, которую стоит запомнить.

Мадам гравитация никогда не дремлет, и поэтому всякий пилот и самолет неизбежно обречены рано или поздно вновь оказаться на земной поверхности. Более того, пока мотор работает, пилот может выбирать момент приземления, но иногда:

когда кончается бензин,

когда меняется видимость,

когда меняются метеоусловия, и т.п.,

возвращение на землю должно производиться быстро.

В действительности для того, чтобы обрисовать место посадки по отношению к полету в целом, можно сказать, что полет происходит между двумя "коническими" ситуациями: взлетом и посадкой. Линии, ограничивающие эти конусы, задают пределы маневра в пространстве и во времени, открывающиеся пилоту, когда он взлетает или садится.

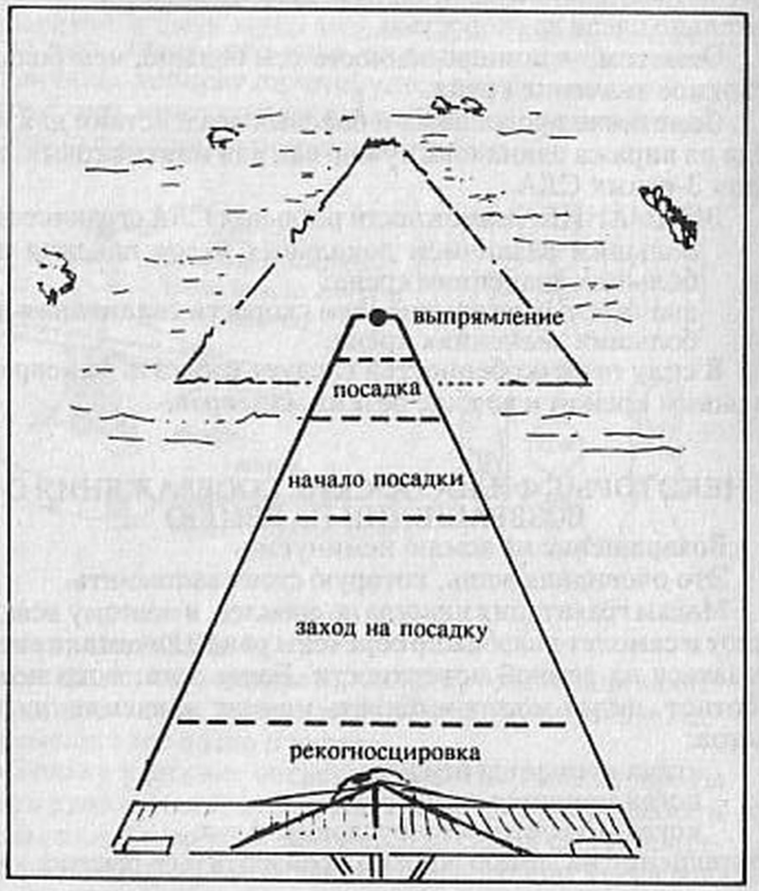
Что характерно для ситуации посадки:

это "конус", в котором движение происходит от широкой части к узкой;

это ситуация, когда мы переходим от общего к частному;

чем дальше продвигается процедура посадки, тем ближе пределы;

момент выхода из конуса можно выбрать только приблизительно (с учетом резервов функционирования винтомоторной группы).



Как мы видели, хотя большинство полетов протекает без проблем, различные механические неисправности, приводящие к отказу двигательной системы, достаточно просты в практике СЛА, так что пилот должен строить весь полет и, в частности, возвращение на землю, с учетом возможности поломки двигателя. Эта практическая невозможность повлиять на сам факт контакта с земной поверхностью заставляет пилота принять определенную процедуру, то есть последовательность операций, которая позволяет ему при всех условиях:

точно оценивать свое положение в ряду операций посадки;

справляться с трудностями, связанными с посадкой, в соответствии с их действительной сложностью, не смешивая общие проблемы с более частными.

Чем ближе пилот приближается к моменту касания земли, тем больше должна быть точность пилотажа и концентрация внимания.

РЕКОГНОСЦИРОВКА

Пилот:

оценивает факторы, определяющие процесс посадки;

решает, как и когда возвращаться на землю.

Могут встретиться два типичных случая:

Неизвестная площадка

При этом задача заключается в выявлении и оценке всех факторов, могущих повлиять на процесс посадки: состояние почвы, наклон площадки, размеры, ветер, препятствия и т. п. Эти вопросы рассматриваются в Части 8.

Знакомая площадка

Например, площадка, с которой пилот только что взлетел, как это предполагается в данной Части 3.

При этом задача состоит в:

проверке того, что не произошло изменения известных условий (ветер или изменение местоположения подвижного препятствия, напрчмер, самолета на земле, машины, пешехода, животных и т. п.);

оценить положение точки завершения посадки (начала выпрямления) в нужном месте посадочной полосы;

оценить прямолинейную траекторию, приводящую к этой точке. Наклон и длина этой траектории зависят от:

характеристик аппарата,

ветра,

топографии местности.

Посадочная полоса, о которой идет речь, должна быть ориентирована лицом к ветру. Хотя здесь в Части 3 мы предполагаем, что ветра нет, но в действительности абсолютно безветренные дни являются редчайшими, так что всегда важно выбрать правильно ориентированное направление посадки.



ЗАХОД НА ПОСАДКУ

Чтобы занять правильное положение в начале посадки, пилот выполняет маневры, необходимые для принятия нужной высоты и удаления от площадки.

На многих СЛА одна из трудностей при посадке связана с отсутствием близких ориентиров для установления прицеливания. На планерах имеется ветровое стекло и соответствующая форма колпака, позволяющие иметь ориентир на капоте, что невозможно на многих СЛА. Наш способ решения этой проблемы заключается в выделении на наблюдаемой глазом картине точки, к которой пилот стремится двигаться, и в слежении за перемещением этой точки. Поддержание нужной скорости, траектории и наблюдение за положением относительно начала посадки значительно упрощаются благодаря способности одновременно воспринимать:

близкий вид: более фрагментарный, концентрирующийся на пилотировании, точке начала посадки и начале посадочной полосы;

дальний вид: более глобальный, позволяющий оценивать свое положение относительно начала посадки и окружающих препятствий.

Пилот выбирает в начале посадочной полосы точку, называемую **точкой прицеливания**, и оценивает наклон прямой, связывающей его с этой точкой.

Наклон этой кривой должен быть больше либо равен наклону, соответствующему качеству при выключенном двигателе.

Наблюдение за точкой прицеливания при заходе на посадку очень полезно, так как эта точка:

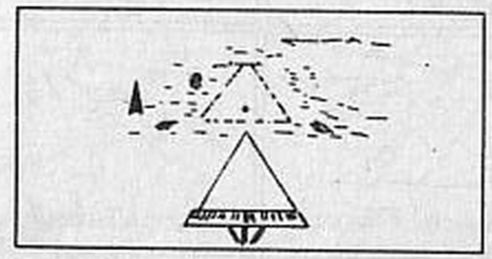
показывает эффективное начало полосы;

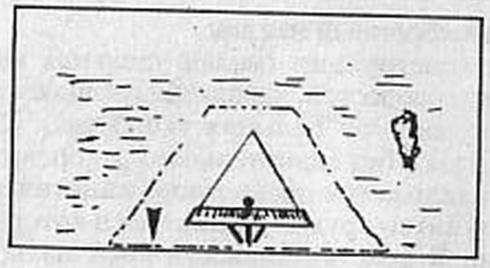
являеся местом, на котором следует сосредотачивать внимание с целью с максимальной точностью оценить перемещения относительно пл адки и тем самым поддерживать достаточный на он при посадке.

Если точка прицеливания стремится подниматься вверх к горизонту, это значит, что в результате своих маневров пилот совершит недолет.

Если точка прицеливания имеет тенденцию опускаться и пройти под пилотом, это значит, что в результате своих маневров пилот совершит перелет.







Таким образом пилот постепенно продвигается к месту начала посадки, корректируя свою высоту, пока он не пролетит над наземным ориентиром, показывающим по вертикали начало посадки.

НАЧАЛО ПОСАДКИ

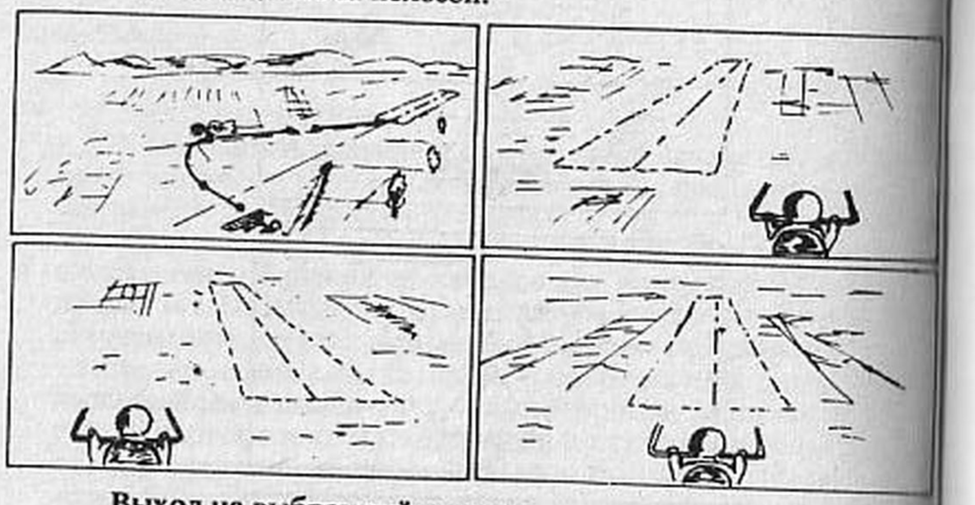
Начало посадки является стадией, предшествующей собственно посадке. Она приводит аппарат:

на ось полосы;
на выбранный наклон;
на достаточную высоту.

Выход на ось полосы

По очевидным причинам для правильного выполнения посадки вблизи земли аппарат должен быть стабилизирован с нулевым креном и находиться на оси полосы. Для правильного выхода на ось полосы у вас есть два источника информации:

ось полосы может быть визуализирована с помощью наземных ориентиров, расположенных на продолжении полосы;
наблюдение за полосой.



Выход на выбранный наклон

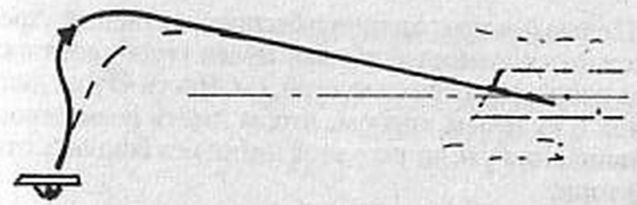
По своей конструкции (малая удельная нагрузка на крылья и поляра скоростей, характеризующаяся очень сниженным качеством при больших скоростях) СЛА может снижать угол атаки без значительного ускорения и, следовательно, не накапливая очень много кинетической энергии, от которой затем трудно избавиться и которая опасна в случае аварии. В действительности СЛА на крейсерской

скорости обладает большим запасом для пикирования и малым запасом для кабрирования. По этой причине пилоту следует выполнять начало посадки и собственно посадку на малом ходу двигателя, чтобы иметь возможность корректировать возможный недолет, добавив на время газ, и возможный перелет, еще больше уменьшая угол атаки, что сильно снижает летные качества. Когда пилот уменьшает или добавляет газ, он должен делать это постепенно, так как двухтактные (в большей степени, чем четырехтактные) двигатели могут заглохнуть или заклиниться при резком добавлении или уменьшении газа. Кроме того, желательно избегать резкого нарушения равновесия полета.

Внимание! Последний вираж не должен производиться слишком низко. Если вираж все же делается низко, следите за креном, скоростью, изменениями характеристик аппарата и имеющимся запасом высоты.

По очевидным причинам можно сказать, что, за исключением специальных случаев, последние виражи, проводимые на высоте меньше сорока метров, совершенно не разумны. Если последний вираж был выполнен неправильно, пилот может оказаться:

в положении "перелет": в этом случае нужно изменить место начала посадки, удлинить вираж, стараясь уменьшить летные качества аппарата и не приближаться к площадке;



в положении "недолет": в этом случае нужно добавить газ и постараться приблизиться к началу полосы.



ПОСАДКА

Это часть полета, которая обеспечивает и подготавливает надежное и точное приземление.

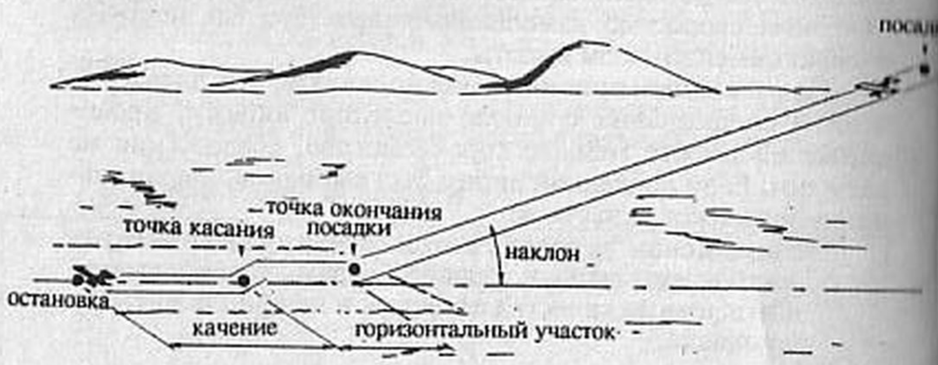
Посадка производится:

на малом ходу двигателя;

по прямой линии и, следовательно, с нулевым креном ;

по оси полосы;

на скорости заметно большей, чем крейсерская скорость с выключенным двигателем. В настоящее время на большинстве СЛА оптимальная скорость спуска составляет примерно полторы крейсерских скорости с выключенным двигателем.



Целью посадки является беспрепятственное преодоление возможных опасностей вблизи земли (турбулентность, изменения скорости ветра с высотой, см. Часть 4) при движении по прямой с нулевым креном, чтобы иметь возможность в ходе выравнивания увеличить угол атаки без боковых отклонений траектории.

Посадка характеризуется:

длиной

скоростью

наклоном.

Длина

Она ограничена, с одной стороны, точкой начала посадки (последний вираж) и, с другой стороны, точкой окончания посадки на полосе. Эта точка расположена на небольшом расстоянии за началом полосы, чтобы обеспечить достаточный запас на случай отклонений. Она выбирается пилотом с учетом имеющихся препятствий и возможной занятости

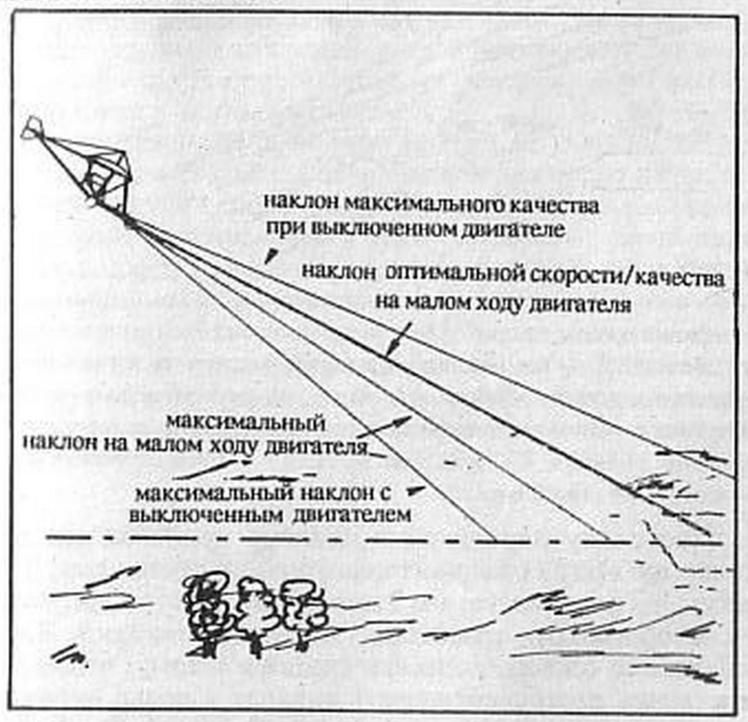
полосы. Она находится на продолжении идеальной траектории, по которой должен следовать СЛА.

Аппарат ударился бы о землю в этой точке, если бы пилот не начал выполнять маневры по приземлению. Поэтому не следует путать эту точку с точкой касания СЛА с землей, которая расположена несколько дальше. Длина посадки должна быть достаточно большой, чтобы пилот имел достаточно времени для выявления и последующего исправления возможных отклонений до момента приземления.

Скорость

Мы знаем, что СЛА обладает большим запасом для пикирования, чем для кабрирования. Поэтому пилот может безбоязненно уменьшить угол атаки, чтобы обладать одинаково большим запасом как для пикирования, так и для кабрирования и иметь возможность справляться с резкими изменени ями воздушной скорости (см. Часть 4).

Поскольку посадка выполняется на малом ходу двигателя, для каждого СЛА в зависимости от его характеристик имеется оптимальная скорость посадки. Эта скорость должна поддерживаться постоянной в течение всей посадки. Если скорость слишком мала, вы рискуете потерять управле ние и приземлиться "жестко".



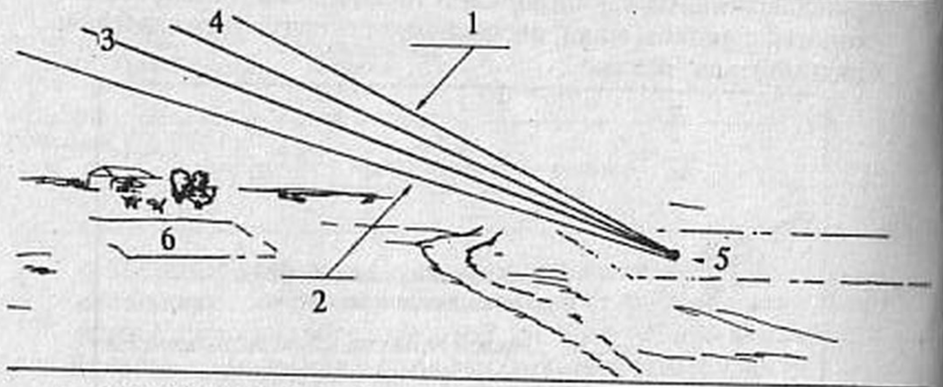
Наклон

На малом ходу двигателя в зависимости от выбранного режима полета аппарат может перемещаться с различными характерными наклонами.

Чтобы попасть на начало полосы, пилот должен выбрать идеальный наклон с учетом:

ветра;
характеристик аппарата;
достаточным запасом при облете препятствий, совместимым с требованиями безопасности;
возможности иметь хороший обзор посадочной площадки в течение всей посадки;
необходимости создавать минимальные неудобства для людей, которые могут находиться вблизи траектории посадки.

Этот идеальный наклон находится между двумя предельными значениями и, во всяком случае, должен быть значительно больше наклона, соответствующего максимальному качеству при малом ходу двигателя.



1 — верхний предел, который определяется максимальным наклоном на малом ходу двигателя; 2 — нижний предел, который определяется в зависимости от препятствий и других неудобств, он не может быть меньше наклона максимального качества при выключенном двигателе; 3 — максимальное качество на малом ходу двигателя; 4 — идеальная посадка; 5 — точка окончания посадки; 6 — воскресные игроки в гольф

Поскольку определение наклона производится визуально, оно всегда содержит некоторую погрешность. Чтобы учесть эту неточность, мы используем понятие **допустимого сектора** вокруг траектории идеальной посадки. Внутри допустимого сектора поправки сводятся к тому, чтобы непосредственно переориентировать аппарат к точке окончания

посадки. Если же аппарат вышел из этого сектора, то нужно сначала вернуться в него, а затем уже пытаться вновь направить траекторию к точке окончания посадки.

УПРАВЛЕНИЕ СЛА ПРИ ПОСАДКЕ

Пилот одновременно должен:

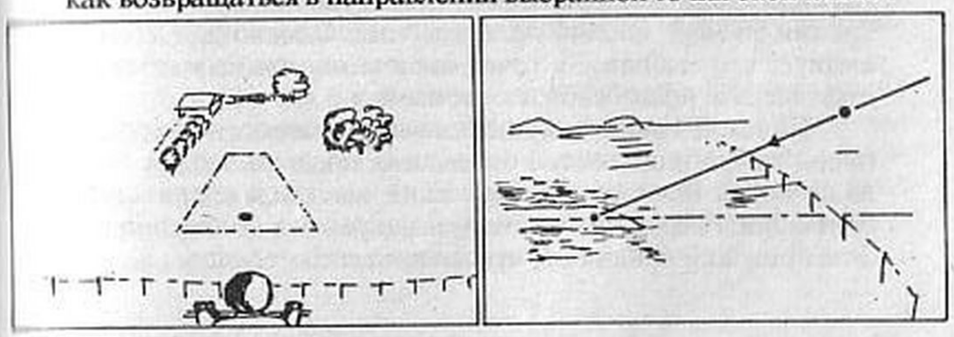
оставаться на оси полосы;
сохранять оптимальную скорость;
поддерживать выбранный наклон посадки.

Одной из очевидных трудностей посадки является определение и поддержание оптимального наклона. Хотя их оценка производится приблизительно, можно путем тренировки научиться достаточно точно определять наклон траектории или желаемый наклон, поскольку:

система глаз/мозг восстанавливает горизоталь по горизонтальной и/или вертикальной информации, находящейся в поле зрения. Она оценивает, хотя и не измеряет, угол наклона. Такое восприятие должно быть натренировано для того, чтобы оно давало надежные результаты;
пролет на расчетной высоте над характерными земными ориентирами позволяет подтвердить, что СЛА находится на требуемом наклоне;
существует точка, которая кажется неподвижной в поле зрения при приближении или удалении. Эта точка называется **точкой кажущейся неподвижности**. Она показывает место пересечения траектории с этим изображением в данный момент.

Нужно тренировать свое восприятие, чтобы попеременно контролировать ось полосы, точку окончания посадки, наклон, точку кажущейся неподвижности и скорость, показываемую анемометром. Одновременно с этим более глобальный дальний вид должен позволить вам пилотировать по ориентирам, находящимся на горизонте, и по ориентиру на капоте (если он есть).

С помощью приводимых ниже схем вы можете видеть, как следут определять отклонения от выбранного наклона и как возвращаться в направлении выбранной точки окончания.



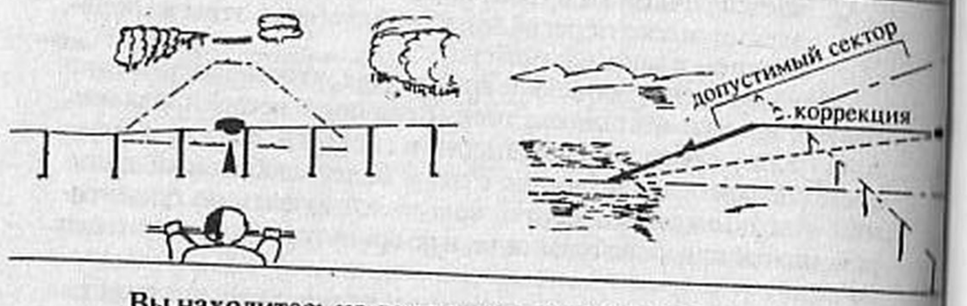


Вы находитесь на оси полосы, ваша скорость правильна.

Вы видите как полоса и ее окружение увеличиваются в поле зрения по мере вашего приближения. При этом вы видите выбранную точку окончания посадки все время на одном уровне относительно репера.

На корпусе аппарата или на переднем капоте (если он есть) **точка кажущейся неподвижности сливается с точкой окончания посадки.** Это показывает, что ваша траектория заканчивается прямо в выбранной точке.

Не нужно никаких коррекций, ваша траектория правильна. Поддерживайте нужную скорость и нулевой крен.



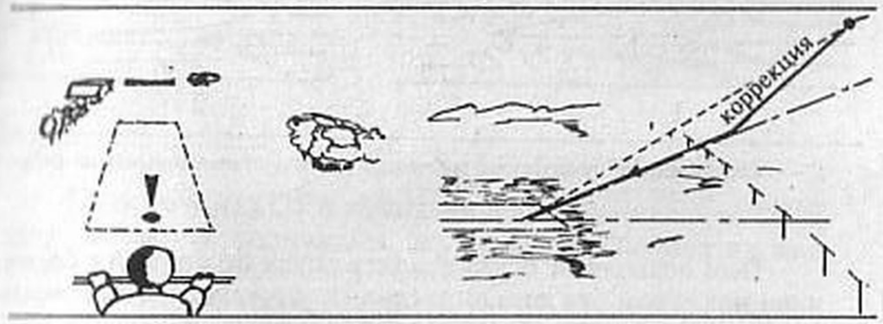
Вы находитесь на оси полосы, ваша скорость правильна.

Вы видите как полоса и ее окружение увеличиваются в поле зрения по мере вашего приближения. Однако при этом вы видите, что выбранная точка окончания посадки отклоняется вверх и поднимается к горизонту.

На земле **точка кажущейся неподвижности находится** перед выбранной точкой окончания посадки, может быть, даже перед началом полосы. Если имеются препятствия, более близкие из них начинают закрывать более далекие. Эти признаки означают, что имеет место недолет.

Коррекция: если вы быстро обнаружили это отклонение и если вы еще не вышли из допустимого сектора, увеличьте газ и уменьшите пикирование, направляясь прямо к точке окончания. Следите за соблюдением нормальной скорости спуска.

Если это отклонение вывело вас из допустимого сектора, прибавьте газ и летите горизонтально со скоростью, превышающей крейсерскую, пока вы вновь не окажетесь в допустимом секторе.



Вы находитесь на оси полосы, ваша скорость правильна.

Вы видите как полоса и ее окружение увеличиваются в поле зрения по мере вашего приближения к ней. Однако при этом вы видите, что точка окончания посадки отклоняется вниз, уходит от горизонта и стремится пройти под вами. На земле **точка кажущейся неподвижности находится за выбранной точкой окончания траектории,** может быть, даже за концом полосы. Если на площадке имеются препятствия, они стремятся открываться. Эти признаки свидетельствуют, что имеет место перелет.

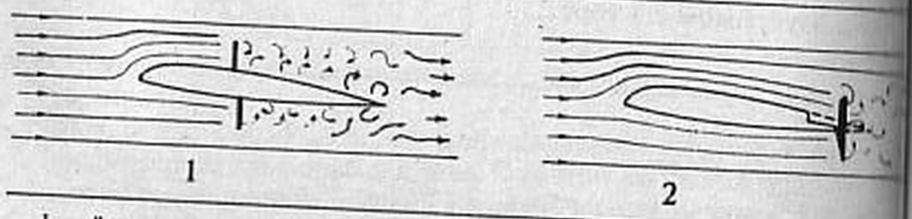
Коррекция: если отклонение обнаружено быстро и вы еще находитесь в допустимом секторе, используйте естественную способность СЛА к пикированию без излишнего ускорения, чтобы изменить направление в сторону выбранной точки окончания посадки.

Если это отклонение слишком велико и выводит вас из допустимого сектора или, что более серьезно, если точка окончания посадки при максимальном наклоне на малом ходу двигателя дает слишком короткую полосу или даже оказывается вне площадки, следует вновь включить газ и вновь начать заход на посадку.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПЕЦИАЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ (ВОЗДУШНЫЕ ТОРМОЗА, ЗАКРЫЛКИ И Т. Д. ПРИ ПОСАДКЕ

Воздушные тормоза

Они представляют собой специальные подвижные поверхности, изменяющие обтекание рельефа. Они увеличивают сопротивление и, следовательно, уменьшают качество.



1 — "классические" воздушные тормоза; 2 — воздушные тормоза на ребре отрыва

Они позволяют осуществлять спуск по прямой с большим наклоном без дополнительных маневров и тем самым увеличивают допустимый сектор.



1 — без вождушных тормозов; 2 — с воздушными тормозами

Влияние воздушных тормозов на пилотирование

При постоянном угле тангажа задействование воздушных тормозов приводит к:

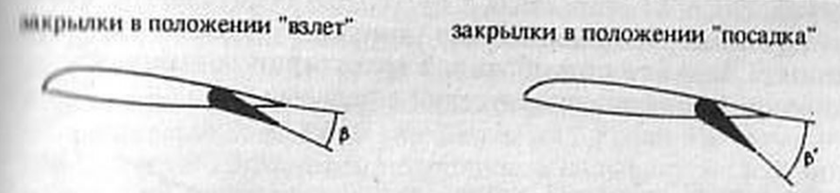
увеличению скорости опускания;
уменьшению качества;
уменьшению скорости.

Чтобы сохранить скорость постоянной, пилот, выпускающий воздушные тормоза, должен пикировать, а если он убирает воздушные тормоза — кабрировать.

При посадке рекомендуется лететь с наполовину выпущенными воздушными тормозами, чтобы обладать резервом как для улучшения, так и для ухудшения характеристик аппарата.

Закрылки

Они также представляют собой подвижные поверхности, изменяющие обтекание профиля. Они снижают минимальную скорость полета и улучшают поведение аппарата на малых скоростях. Они полезны на стадиях полета с малой скоростью (взлет и посадка) и могут находиться в различном положении.



На некоторых СЛА закрылки и воздушные тормоза по сути являются игрушками, но на других аппаратах они очень помогают при взлете и посадке.

Обычно это аппараты, имеющие наибольшее качество при выключенном двигателе — они больше всего нуждаются в этих приспособлениях, так как их способность к пикированию меньше, чем у аппаратов с худшими летными качествами.

В отношении технических вопросов использования воздушных тормозов и закрылков (оптимальная скорость использования, предельные скорости, регулировка в зависимости от скорости) следует тщательно придерживаться руководства по эксплуатации, составленного изготовителем.

ВОЗМОЖНОСТЬ ПОВТОРНОГО ЗАХОДА НА ПОСАДКУ

Когда:

ошибки при планировании или реализации захода на посадку или посадки приводят к сильному отклонению от оси или перелету;
СЛА оказывается накрененным в момент касания колесами земли;
на посадочной полосе или в пространстве, используемом для подлета к ней, появляются неожиданные препятствия, может оказаться необходимым:
прекратить операции по приземлению;
вновь добавить газ;
пять набрать высоту и вновь начать посадку.

При этом предполагается, что винтомоторная группа работает без проблем до следующей посадки, и что для этого имеется достаточно топлива.

Необходимо также оценить траекторию подъема и убедиться, что она не сталкивается с неподвижными или подвижными препятствиями (например, с другими летательными аппаратами).

Ускоряться можно постепенно, но уверенно и непрерывно, следя за скоростью, и нужно быть бдительным, чтобы случайное изменение угла тангажа не застало вас врасплох. Следуйте по выбранной траектории подъема, обеспечивающей облет препятствий и рельефа.



Выпрямление заключается в приведении СЛА в контакт с землей и остановке его на расстоянии, сравнимом с длиной имеющейся полосы, при соблюдении двух основных условий.

Положение СЛА относительно полосы (угла тангажа и крена)

В зависимости от конструкции посадочного шасси кабрирующее положение может ограничиваться задним хвостовым колесом, а пикирующее положение — касанием переднего колеса + остальная часть шасси.



Крен должен быть нулевым, чтобы избежать боковых отклонений при увеличении угла атаки, и чтобы не зацепить концом крыла за землю.

Конструкционная прочность аппарата

Конструкция посадочного шасси и кабины пилота может выдержиавть достаточно большую вертикальную скорость при ударе. Тем не менее после определенной вертикальной скорости во свей структуре появляются повреждения.

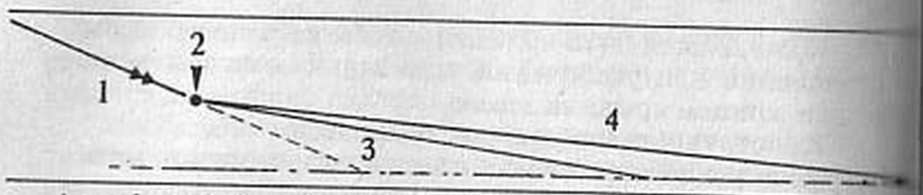
Следовательно, пилот должен изменять угол тангажа и траекторию постепенно, причем при минимальной скорости относительно земли. Во время горизонтальной стадии полета почти параллельно земле с замедлением наблюдается характерный эффект, называемый "эффектом земной поверхности". Эффектом поверхности называется слествие изменений течения воздуха вокруг аппарата, когда последний находится достаточно близко к земной поверхности, то есть на высоте порядка половины размаха крыльев.

Этот эффект проявляется в заметном увеличении качества, связанном с возрастанием давления у нижней поверхности крыла в результате появления воздушной подушки между крылом и землей. Следствием эффекта поверхности является удлинение пробега при посадке и сокращение пробега при взлете.



Выпрямление начинается в точке изменения наклона траектории; оно возникает из-за увеличения угла атаки, которое приводит к уменьшению скорости вдоль всей траектории. Поскольку скорость не всегда точно соответствует конкретным условиям (вес СЛА в момент посадки, температура, ветер, точность пилотирования и т. д.), может иметь место либо избыток, либо недостаток скорости.

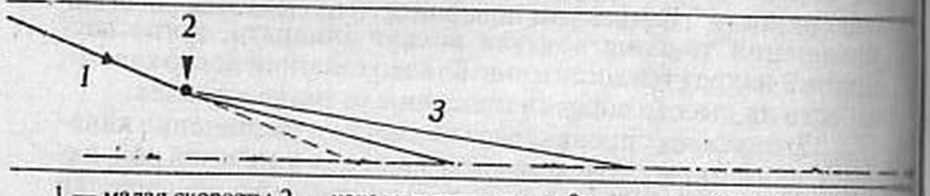
Избыточная скорость: в этом случае избыточная скорость гасится на стадии выпрямления, что удлиняет траекторию замедления. Скорость изменения угла тангажа мала.



1 — избыток скорости; 2 — начало выпрямления; 3 — нормальная траектория; 4 — траектория замедления становится более длинной

Недостаток скорости: в этом случае СЛА "погружается" быстрее, угол тангажа меняется быстро — есть опасность "жесткой" посадки.

Опыт показывает, что при посадке лчше лететь слишком быстро, чем слишком медленно.



1 — малая скорость; 2 — начало выпрямления; 3 — нормальная траектория

На некоторых СЛА направляющее переднее колесо не связано с рулем направления. В этом случае, прежде чем начинать выпрямление, пилот должен убедиться:

что ноги прочно стоят на ножном управлении направляющего колеса (особенно если посадка происходит на неровную поверхность);

что колесо ориентировано вдоль оси посадки.

Дозировка выпрямления

Пилот не располагает никакими инструментами для измерения высоты, на которой следует начинать выпрямление. Однако можно быстро научиться визуально определять, когда нужно начинать этот маневр. Информацию, необходимую для пилотирования при выпрямлении, вы можете получить, попеременно обращая внимание на:

ближайшее окружение СЛА: взгляд вперед для оценки высоты;

дальний вид: взгляд далеко вперед для оценки угла тангажа и ориентации относительно оси полосы;

ощущения скорости полета и скорости относительно земли.

Могут представиться четыре типичных случая:

Случай 1. Все происходит как в книжке . . .

Случай 2. Хорошо, но несколько выше, чем нужно:



Перестаньте увеличивать угол атаки, подождите, пока вы не приблизитесь к земле естественным образом, и затем продолжайте маневр. Вообще говоря, следует избегать стремления спикировать, однако если вы действительно находитесь слишком высоко, можно пикировать, но только чуть-чуть.

Случай 3. Изменение угла тангажа происходит слишком быстро.



Слишком быстрое кабрирование при выпрямлении часто связано со слишком резкими и запоздалыми действиями пилота. Перестаньте увеличивать угол атаки, избегая при этом перехода к пикированию. Подождтие, пока вы не приблизитесь к земле естественным образом, и затем продолжайте маневр.

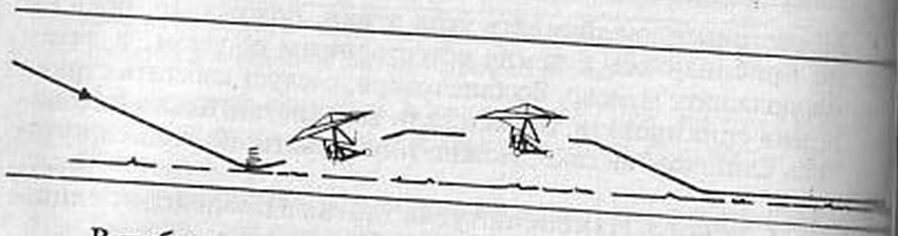
Случай 4. Изменение угла тангажа происходит слишком медленно



если посадочное шасси имеет переднее колесо, то это колесо принимает на себя весь удар; это не рекомендуется ни по соображениям механики, ни по соображениям точности пилотажа;

если посадочное шасси имеет колесо сзади, проблема значительно упрощается. Однако будьте внимательны — разумеется, и здесь есть пределы, которые нельзя превосходить.

Чтобы уменьшить удар, увеличивайте угол атаки, однако будьте внимательны — если еще остается скорость, вы рискуете снова взлететь. Такой "отскок при посадке" вызывается слишком запоздалым или недостаточным поправочным действием.



В любом случае избегайте стремления пикировать. Повторите маневр выпрямления несколько дальше.

В случае отскока или жесткой посадки обязательно следует провести проверку конструкции перед новым полетом: от этого зависит ваша безопасность.

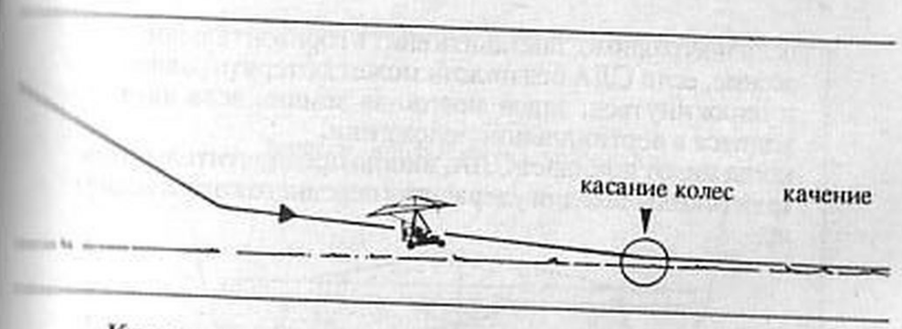
КАЧЕНИЕ

Качение начинается с момента касания колес о землю. Важно, чтобы направляющее колесо было правильно ориентировано, и чтобы пилот твердо контролировал его, невзирая на толчки, связанные с неровностями почвы.

Эта стадия посадки не обладает никакими особенностями по сравнению с обычными маневрами на земле, если не считать уменьшения эффективности средств аэродинамического управления аппаратом по мере замедления. Используя планку или ручку управления, а также направляющее колесо, нужно стремиться удержать СЛА в состоянии прямолинейного движения по полосе.

Использование тормозов при посадке требует определенных мер предосторожности:

- нельзя осуществлять касание с задействованной системой торможения (неправильное положение ног на системе ножное управление/тормоз, или включенный по ошибке в полете парковочный тормоз);
- тормозить следует симметрично, то есть нужно задействовать одинаково и непрерывно системы торможения правого и левого колеса, если они раздельны;
- в зависимости от состояния посадочной площадки избегайте блокировки колес (мокрая полоса, мокрая трава, грязная площадка и т. п.);
- старайтесь действовать так, чтобы на переднее колесо приходился минимум усилий.



Качение после посадки

Если имеется возможность того, что полосу хотят использовать другие самолеты, нужно как можно быстрее освободить полосу и отъехать в сторону на достаточное расстояние, чтобы не мешать другим. Не следует развивать очень большую скорость, и обязательно нужно осматриваться вокруг, чтобы убедиться, что нет опасности столкновения с другими самолетами на земле или на посадке, или с другими подвижными препятствиями (пешеходами, машинами и т. п.). Итак, следует ехать медленно, в частности, еще и потому, что большая скорость езды заметно увеличивает:

- толчки, испытываемые конструкцией, приводящие к опасности повреждений и преждевременного старения конструкции;
- выбросы грязи и камешков из-под колес в сторону винта;
- опасность неожиданных ситуаций как для других людей, так и для самого пилота;
- опасность заноса и капотирования в результате изменения направления (будьте осторожны при резком нажатии на тормоз);
- длину пробега до остановки.

ОСТАНОВКА ДВИГАТЕЛЯ

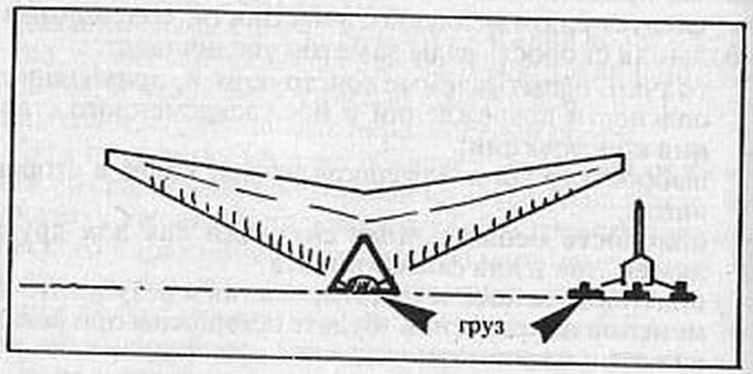
Как и для запуска, процедуры остановки СЛА (в том числе и двигателя) должны фигурировать в руководстве изготовителя. Часто они сводятся к следующему:

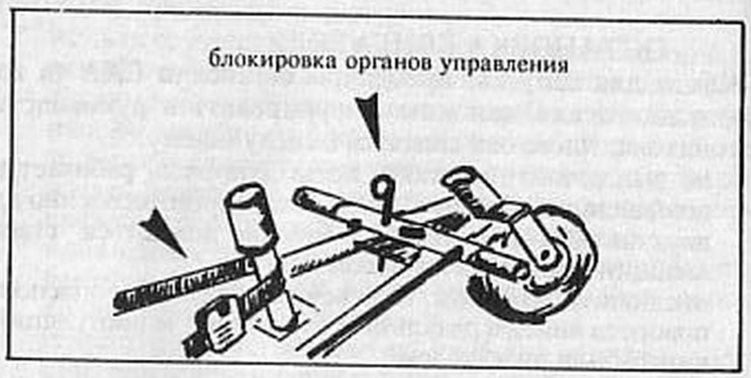
- не выключайте контакт, когда двигатель работает на повышенных оборотах или с ускорением (особенно для двухтактных двигателей) — нужно дождаться стабилизации двигателя на малом ходу;
- отключить батарею и/или свечи во избежание опасности поворота винта в результате случайных манипуляций с винтом или пускателем;
- отключить бензин;

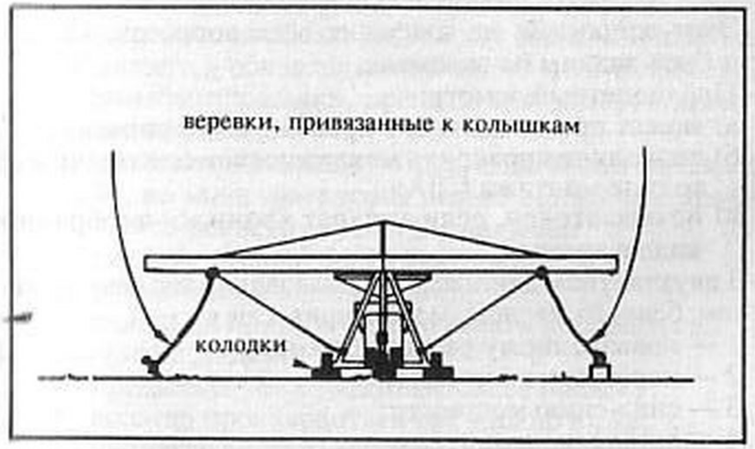
если необходимо, поставить винт в горизонтальное положение, если СЛА без пилота может потерять равновесие и опрокинуться, задев винтом за землю, если винт находится в вертикальном положении.
когда пилот покидает СЛА, иногда предпочтительно поставить колышек для удержания переднего колеса на земле.

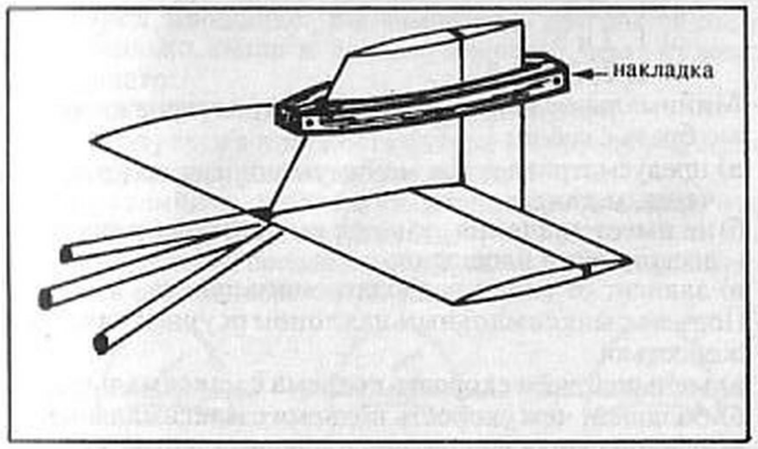
ПАРКОВКА
ВНИМАНИЁ! НЕТ НИЧЕГО БОЛЕЕ ПЕРЕМЕНЧИВОГО, ЧЕМ ПОГОДА.

Когда вы оставляете свой аппарат на стоянке, убедитесь в его закреплении и блокировке органов управления — речь идет о вашем финансовом интересе и общественной безопасности.









В зависимости от типа СЛА и характера площадки могут использоваться различные способы крепления (колышки, колодки).

ВОПРОСНИК

Этот вопросник не содержит всех вопросов, которые могут быть заданы на экзамене.

1 — Предполетный осмотр:
- а) может производиться в произвольном порядке;
- б) позволяет проверить механическое состояние и состояние монтажа СЛА;
- в) не обязателен, если аппарат хранился в собранном виде в ангаре.

2 —В двухтактном двигателе использование топлива, слишком бедного маслом, может привести к:
1 — повышенному расходу бензина;
2 — перегреву двигателя;
3 — снижению мощности;
4 — остановке двигателя;
5 — существенным внутренним повреждениям;
- а) 1 и 2
- б) 1, 2 и 3
- в) 1, 2, 3, 4 и 5.

3 — Минимальное количество топлива, которое необходимо брать с собой:
- а) предусматривает как минимум полчаса полета с включенным двигателем;
- б) не имеет значения, так как вы остаетесь в пределах досягаемости площадки;
- в) зависит от типа предполагаемого полета.

4 — Подъем с максимальным наклоном осуществляется со скоростью:
- а) меньшей, чем скорость подъема с максимальным V_z;
- б) большей, чем скорость подъема с максимальным V_z;
- в) равной скорости подъема с максимальным V_z.

5 — Во избежание сваливания вы должны:
- а) оценивать скорость, наблюдая за землей;
- б) следить за показаниями анемометра;
- в) следить за показаниями вариометра.

6 — При выпрямлении слишком сильно взятая на себя планка привела вас на высоту около 2 м от земли. В этом случае следует:
- а) уменьшить угол атаки с тем, чтобы провести выпрямление позже;
- б) продолжать кабрировать;
- в) прекратить кабрирование, подождать и вновь начать маневр, когда земля приблизится.

7 — Рекогносцировка посадочной площадки:

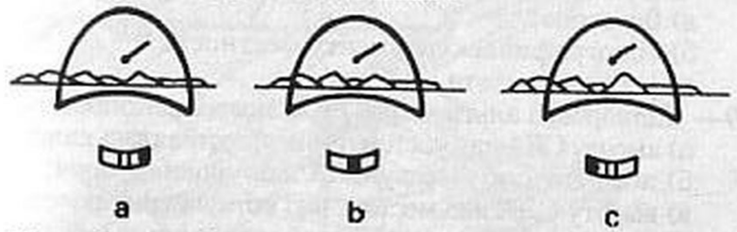
- а) производится перед полетом;
- б) не является обязательной для знакомой площадки;
- в) является обязательной и имеет целью проверить состояние площадки, препятствия, ветер, и продумать ход посадки.

8 —Вы заходите на посадку в форме двойного виража (буквы S), но ваша траектория оказывается ниже предполагаемой плоскости спуска. Вы должны:
- а) сделать виражи более узкими;
- б) ускориться в ходе виражей;
- в) выйти на прямую линию лицом к площадке.

9 — Начало посадки:
- а) предшествует и подготавливает посадку;
- б) должно производиться как можно ниже;
- в) является первым маневром по приземлению.

10— Вы находитесь на траектории посадки лицом к посадочной площадке. Вы замечаете, что вы находитесь несколько выше и дальше впереди, чем нужно. Вы решаете:
- а) потерять высоту, используя парашют;
- б) вернуться в плоскость захода на посадку и, если это не удается, вновь добавить газ;
- в) увеличить, а затем уменьшить угол атаки, чтобы заставить СЛА опуститься.

11— Лишь одна из показанных на рис. возможностей являются непротиворечивой. Какая ?



12— При обгоне обгоняемый аппарат имеет приритет:
- а) правильно;
- б) неправильно.

13— СЛА и планер имеют сходящиеся траектории:
- а) вы имеете приоритет, а планер должен уйти в сторону;
- б) планер имеет приоритет, и вы должны уйти в сторону;
- в) летательный аппарат, идущий справа, всегда имеет приоритет.

14— Во время полета вы замечаете, что другой самолет уже совершает посадку, но находится дальше от полосы, чем вы:

а) вы можете занять место перед ним, если ваш аппарат является более быстрым;
б) вы имеете приоритет, так как вы ближе к полосе;
в) вам следует занять место за самолетом, совершающим посадку.

15— Во Франции полет СЛА внутри облаков:
а) запрещен;
б) разрешен, если у вас есть документ, подтверждающий умение пользоваться гироскопическими приборами;
в) разрешен, если у вас есть разрешение на полет по приборам.

16— Автономия с выключенным двигателем — это:
а) максимальное расстояние, которое можно пролетать с выключенным двигателем в планирующем полете;
б) расстояние, которое можно пролететь в любых условиях полета с учетом наклона площадки;
в) высота СЛА над самым высоким местом, расположенным поблизости.

17— Если при посадке выбранная точка окончания уходит вниз в наблюдаемой картине:
а) имеет место недолет;
б) имеет место перелет;
в) вы находитесь в плоскости посадки.

18— Перед взлетом вы провели калибровку Q.N.H. вашего альтиметра. При этом он должен показывать:
а) 0 метров;
б) топографическую высоту местности;
в) уровень полета.

19— Калибровка альтиметра Q.F.E. позволяет определять:
а) высоту СЛА над местом, где осуществлялась калибровка;
б) абсолютную высоту СЛА над уровнем моря;
в) высоту СЛА над местом, над которым он пролетает.

20— Пролет над собранием людей может осуществляться не ниже установленной правилами минимальной высоты;
а) правильно;
б) неправильно.

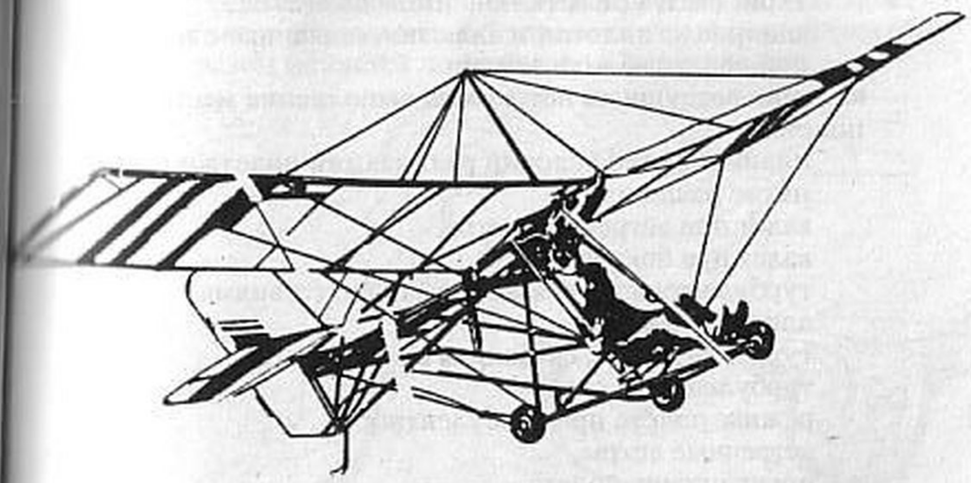
21— Вы находитесь в начале полосы, готовясь к взлету, в то время как другой самолет совершает посадку:
а) вы выруливаете на взлет, так как вы имеете приоритет;
б) вы должны подождать, пока этот самолет сядет, так как он имеет приритет;

в) только планеры имеют приоритет при посадке.

22— В полете вы должны уклоняться от летящего навстречу самолета, совершая:
а) вираж влево;
б) вираж вправо;
в) спуск.

23— В полете вы замечаете самолет, летящий справа от вас по сходящейся траектории:
а) вы имеете приоритет;
б) вы должны уступить приоритет;
в) приоритет зависит от относительного размера этих самолетов.

24— Вы летите в одном направлении и на одном уровне с более медленным самолетом; вы осуществляете обгон:
а) слева;
б) снизу;
в) справа.



ЧАСТЬ 4

СЛА отличается малой скоростью полета и ограни-ченными возможностями. Поэтому они особенно чувствительны к влиянию ветра и турбулентности. Вы должны знать различные потоки, которые могут возникать в воздушной среде, уметь распознавать их и понимать их значение и влияние на поведение и характеристики вашего аппарата.

В этой части мы рассмотрим:

характеристики потоков воздуха:
- ламинарное течение,
- турбулентность,
- градиент,
- связь давления со скоростью;

влияние воздушных потоков на полет:
- влияние порывов ветра на режим полета (угол атаки и скорость),
- влияние градиента на режим полета (угол атаки и скорость),
- влияние постоянного ветра на наземную траекторию (направление и скорость),
- влияние ветра на выбор режима полета и на характеристики при выключенном двигателе,
- влияние на пилотаж и иллюзии, связанные с ветром при полете вблизи земли;

влияние воздушных потоков на выполнение местного полета:
- планирование условий реализации полета и принятие решения:
- взлет при встречном ветре,
- взлет при боковом ветре ,
- турбулентность, связанная с препятствиями,
- влияние наклона,
- турбулентность, связанная с рельефом,
- турбулентный след ,
- режим полета при турбулентности ,
- встречные ветры,
- прекращение полета,
- рекогносцировка,
- заход на посадку,
- посадка,
- приземление,
- парковка.

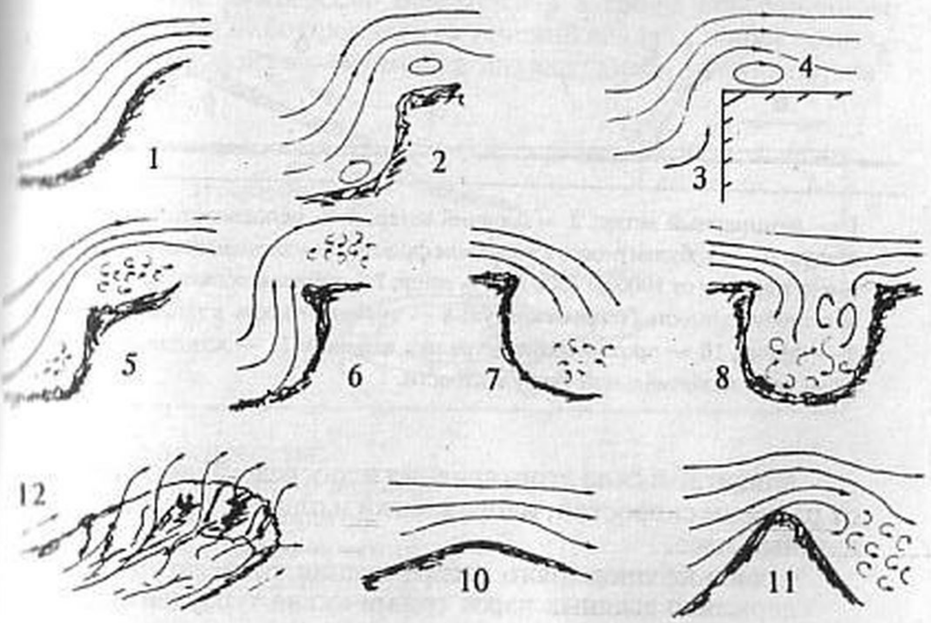
ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОЗДУШНЫХ ПОТОКОВ

Воздух как сплошная среда характеризуется:
- удельной массой (или плотностью),
- давлением,
- вязкостью.

Движение сплошной среды называют течением. Течение характеризуется направлением и скоростью частиц среды. Поэтому описание течения зависит от положения наблюдателя. Помимо восприятия скорости и направления по отношению к верткали и горизонтали, наземный наблюдатель может выделить два сильно отличающихся вида течения:

ламинарное: все происходит так, как если бы движущийся воздух состоял из наложенных друг надруга бесконечно тонких слоев. Движение частиц воздуха можно представить постоянными векторами скорости, почти одинаковыми по величине и практически параллельными;

турбулентное: частицы уже не перемещаются с той же регулярностью, что и при ламинарном течении. Они находятся в беспорядочном движении, и одновременно они как целое перемещаются с данной скоростью в общем потоке. Каждая частица воздуха может быть представлена вектором, который случайным образом меняется по величине и направлению.



1 — закругленные кромки у подножия и у вершины дают не турбулентное течение; 2 — угловатые кромки приводят к завихрениям при слабом ветре; 3 — например, при обтекании здания; 4 — завихрение; 5 — угловатые кромки создают турбулентность при сильном ветре; 6 — отрицательный уклон создает опасную турбулентность при сильном ветре; 7 — крутой спуск; 8 — течение ветра над ущельем; 9 — течение ветра вдоль ущелья; 10 — нетурбулентное течение при слабом уклоне; 11 — турбулентность при сильном ветре, когда наклон большой; 12 — течение .

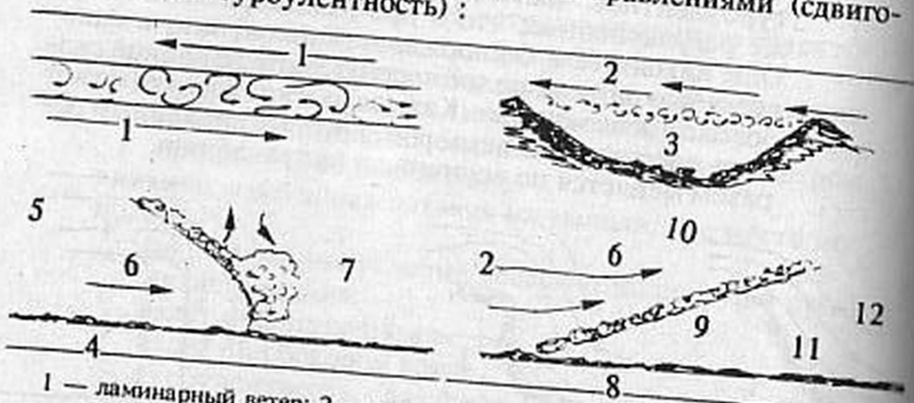
Турбулентное течение:

Турбулентное течение воздуха возникает в результате либо:

слишком резкого отклонения воздушного потока (турбулентность рельефа или профиля):

Масштаб и сила этого явления непосредственно зависят от скорости течения и амплитуды отклонения, которое оно испытывает.

либо встречи двух воздушных масс, движущихся с различными скоростями и направлениями (сдвиговая турбулентность) :



1 — ламинарный ветер; 2 — горячий ветер; 3 — неподвижный холодный воздух; 4 — турбулентность в холодном фронте; 5 — холодный воздух может иметь толщину от 1000 до 2000 м; 6 — ветер; 7 — кучевые облака, максимальная турбулентность, теплый воздух; 8 — турбулентность в теплом фронте; 9 — фронт; 10 — прохождение ветра над долиной; 11 — холодный воздух; 12 — зона максимальной турбулентности.

Масштаб и сила этого явления непосредственно зависят от разницы скоростей, направлений и плотностей этих воздушных масс.

– либо неоднородного распределения температуры и содержания водяных паров (термическая турбулентность),

которая приводит к образованию вихрей, размер которых может меняться от молекулярных возбуждений до возмущений очень большого масштаба, а период флуктуаций во времени простирается от долей секунды до многих деєятилетий (климатический масштаб).



– либо совместного действия вышеупомянутых термических и механических причин.

В действительности турбулентность встречается в атмосфере повсюду, имея очень разную форму и размеры. Все летательные аппараты окружены целым набором вихрей. Более подробное рассмотрение причин возникновения воздушных течений и их влияние на возможности полета проводится соответственно в Частях 5 и 6. Основная трудность при изучении движений воздуха связана с тем, что они невидимы. Интересно обнаружить в своем повседневном окружении либо проявления течений воздуха, либо, по аналогии с водой, их типичные иллюстрации, наблюдая, например:



дым сигареты;

за тем, что происходит в реке:

вдоль берегов;

в центре течения;

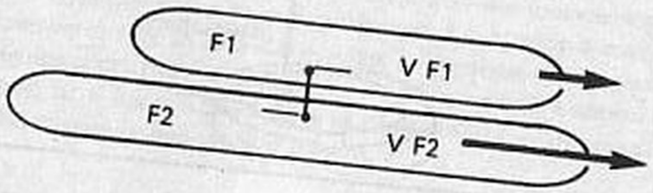
за быками моста:



Аналогичным образом пилот имеет в своем распоряжении различные средства визуализации ветра (воздушный шланг, дым, листва, деревья), позволяющие ему учитывать ветер при полете.

Градиент

Наблюдаются ситуации, когда частицы среды имеют параллельные скорости, которые убывают или возрастают при проведении измерений в различных точках линии, перпендикулярной течению. Например, из-за трения у берегов течение реки медленнее у берега, чем в середине реки. Аналогичным образом, воздух, тормозимый неровностями почвы, течет медленнее вблизи почвы, чем на некоторой высоте. Это явление обусловлено в основном вязкостью среды. В действительности вязкость является одним из важнейших свойств воздуха при изучении явлений, связанных с его течением. Для двух соседних частиц воздуха, движущихся с различными скоростями (так что $V_{F1} <, V_{F2}$), вязкость создает на поверхности раздела силу, которая стремится замедлить частицу F2 относительно частицы F1, и равную ей силу, стремящуюся ускорить частицу F1. Это означает, что каждый слой воздуха при своем перемещении стремится привести в движение соседние слои.

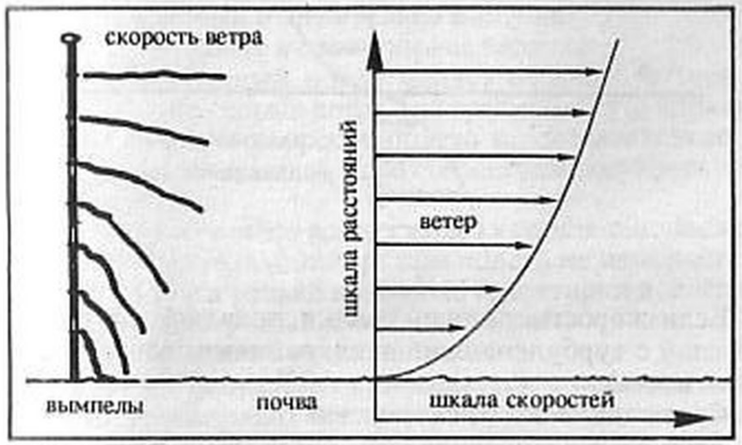


Пример 1: градиент ветра вблизи поверхности земли.

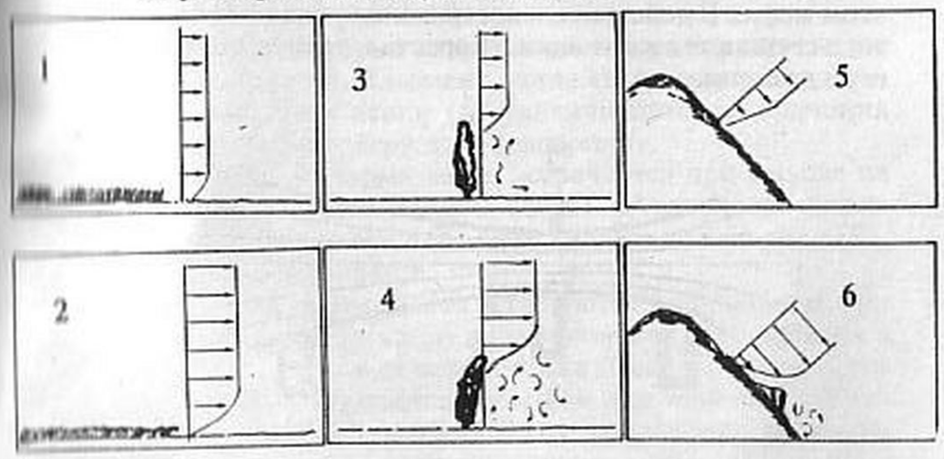
Начиная с твердой поверхности, вдоль которой течет воздух, измеряется скорость течения при удалении от поверхности. Если нанести результаты этих измерений на кривую в прямоугольной системе координат, по одной из

осей которой откладывается скорость, а по другой — расстояние, то видно будет изменение скорости с расстоянием, которое называется **градиентом**. Таким же образом можно отобразить пространственные изменения температуры, давления и т. д.

Когда мы измеряем течение ветра, то мы говорим о градиенте ветра.

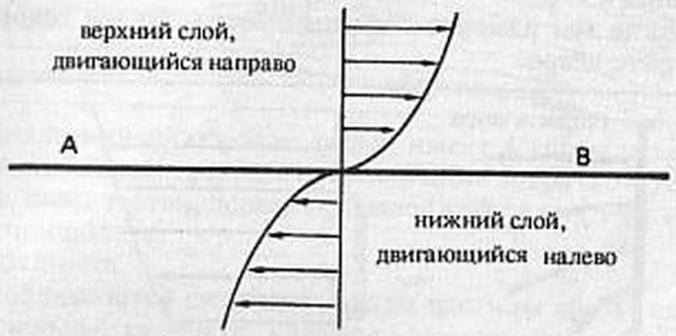


Градиент ветра вблизи земли зависит от:
- скорости ветра;
- состояния поверхности земли;
- характеристик воздушной массы.



1 — слабый градиент, трава; 2 — сильный градиент, трава; 3 — слабый градиент, лес; 4 — сильный градиент, лес; 5 — слабый градиент, рельеф; 6 — сильный градиент, рельеф

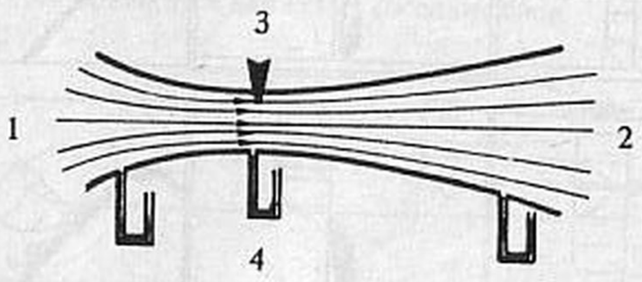
Пример 2: градиент ветра между двумя воздушными массами, имеющими различные скорости и направления.



Если скорости слишком велики, появляется турбулентный слой с турбулентными завихрениями (сдвиговая турбулентность).

Связь давления со скоростью

Этот эффект проявляется, когда газ протекает через сужение (уменьшение площади поперечного сечения потока). Наблюдая за видимой средой (подкрашенный воздух или вода), можно заметить, что линии тока сгущаются, и это создает впечатление того, что среда является сжатой в этом месте. В действительности это иллюзия, и хотя линии тока сгущаются в сужении, скорость в этом месте возрастает, а давление падает.



1 — ускорение течения, падение давления; 2 — замедление течения, возрастание давления; 3 — течение с высокой скоростью, минимальное давление; 4 — U-образная трубка: всасывание.

ВЛИЯНИЕ ВОЗДУШНЫХ ПОТОКОВ НА ПОЛЕТ

Когда хорошо отрегулированный СЛА летит в абсолютно спокойном воздухе, неподвижном относительно земли:

различные части СЛА подвергаются действию относительного ветра, постоянного по величине и направлению (установившийся режим полета);

перемещения относительно земли совпадают с перемещениями относительно воздуха.

Когда СЛА летит в движущемся воздухе:

если воздушный поток меняет скорость и/или направление (порыв ветра или градиент), это влияет на угол атаки и скорость полета и, следовательно, на равновесие полета, характеристики аппарата и на траекторию;

если движущийся воздух имеет установившуюся скорость и направление, режим полета не изменяется, а изменяются только наземные траектории и, следовательно, доступный для СЛА объем.

Влияние порывов ветра на полет

В момент, когда СЛА сталкивается с порывом ветра, набегающий на аппарат относительный ветер складывается из:

скорости и угла атаки аппарата перед порывом ветра;

скорости и направления этого порыва.

Порывы ветра могут происходить в различных направлениях. Они возникают в турбулентном течении и являются его характерной особенностью.

Восходящий порыв встречается, например, при входе в восходящий поток. В момент, когда СЛА встречает восходящий порыв, угол атаки (А) увеличивается до значения (В), а скорость и перегрузка – возрастают.

Нисходящий порыв часто встречается при выходе из восходящего потока. В момент, когда СЛА встречает нисходящий порыв, угол атаки (А) уменьшается до значения (В), а скорость – уменьшается.

Встречный порыв часто встречается при сильном ветре, либо потому, что ветер не установился по величине и направлению, либо при пересечении пилотом тех зон, где течение ветра возмущается рельефом или термической активностью. В момент, когда СЛА встречает встречный порыв, скорость и перегрузка возрастают.

Попутный порыв часто встречается в тех же ситуациях, что и встречные порывы. В момент, когда на СЛА набегает попутный порыв, наблюдается уменьшение скорости.



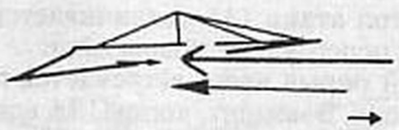
восходящий порыв



нисходящий порыв



встречный порыв



попутный порыв



Боковой порыв часто встречается в тех же условиях, что и встречные и попутные порывы. В момент, когда СЛА встречает боковый порыв, течение уже не происходит по оси симметрии, и имеет место снос. В зависимости от конструкции и регулировки аппарата совместное действие эффектов двугранного угла и флюгера пытается развернуть крыло лицом к новому относительному ветру. Всякий раз, когда один из этих порывов действует только на часть аппарата (а не на весь профиль), необходимо учитывать асимметрию этого явления.

Подведем итог:

	угол атаки	скорость
восходящий порыв	+	+
нисходящий порыв	—	—
встречный порыв		+
попутный порыв		—
боковой порыв	эффекты двугранного угла и флюгера	

Учитывая, что:

турбулентность приводит к случайным и неожиданным изменениям скорости и угла атаки аппарата;

допустимая область полета ограничена по скорости, углу атаки и значению перегрузки:

в области больших скоростей и малых углов атаки — деформациями конструкции, приводящими к ухудшению продольной и поперечной устойчивости аппарата, и тем большей опасностью разрушения, тем больше турбулентность атмосферы:

со стороны больших углов атаки и низких скоростей — опасностью сваливания,

из вышесказанного следует сделать вывод, что:

Полет при турбулентности должен производиться вдали от пределов области полета (сваливание, МДС, перегрузка) во избежание опасности их достижения под действием воздушных потоков — то есть что скорость полета не должна быть ни слишком большой, ни слишком малой.

Влияние градиента ветра на полет

Мы видели, что когда в течении направления движения частиц практически параллельны, но скорость изменяется от точки к точке, имеет место явление градиента. Мы знаем также, что изменения скорости ветра влияют на угол атаки

и скорость полета. Когда СЛА попадает в зону градиента, изменения относительного ветра определяются:

направлением, в котором пересекается зона градиента (со стороны сильного в сторону слабого ветра, или наоборот);

направлением ветра по отношению к траектории;

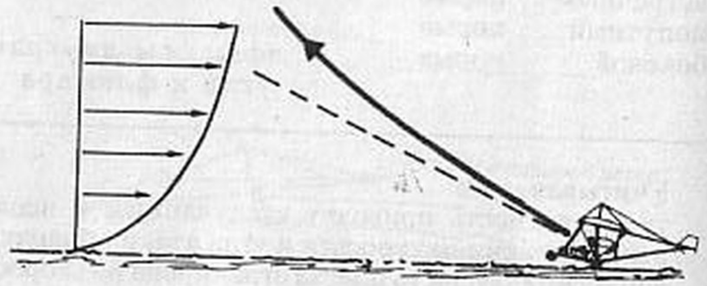
величиной градиента.

Градиент ветра вблизи рельефа

Градиент встречного ветра при взлете.

По мере подъема СЛА встречает все более и более сильный ветер, и это влияет на режим полета так, как будто аппарат встречает последовательность встречных порывов, то есть сводится к увеличению воздушной скорости. Этоявление **улучшает характеристики при взлете.**

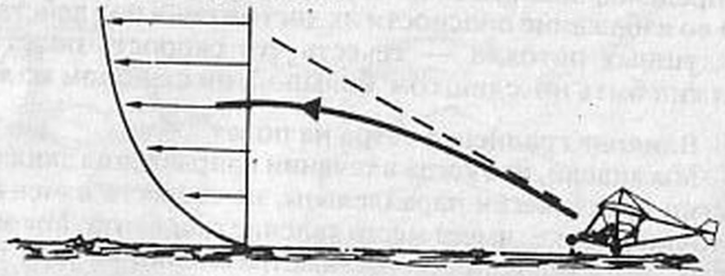
Встречный ветер при взлете улучшает характеристики



Градиент попутного ветра при взлете.

По мере подъема СЛА встречает все более сильный попутный ветер, что влияет на режим полета таким образом, как будто аппарат встречает последовательность попутных порывов, то есть сводится к уменьшению воздушной скорости и угла атаки. **Это явление опасно, так как оно ухудшает характеристики при взлете** и может привести к сваливанию СЛА.

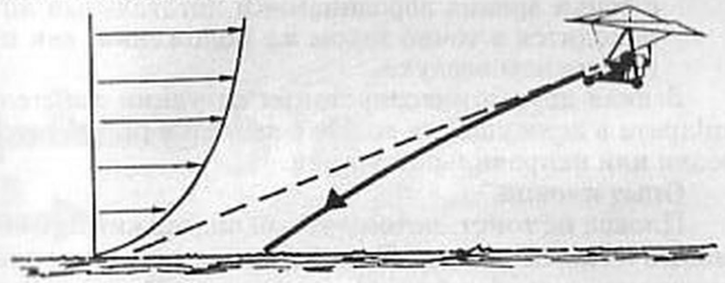
Попутный ветер при взлете опасным образом ухудшает характеристики.



Градиент встречного ветра при посадке.

По мере опускания СЛА он встречает все более и более слабый встречный ветер, и это влияет на режим полета таким образом, как будто аппарат встречает последовательность попутных порывов, то есть сводится к уменьшению воздушной скорости и увеличению угла атаки. **Это явление опасно, так как оно ухудшает характеристики аппарата и может привести к сваливанию.**

Траектория СЛА, если пилот не корректирует влияние градиента.



Градиент ветра вблизи склона.

В зависимости от расстояния до склона различные части СЛА подвергаются относительному ветру различной величины. Это выводит СЛА из равновесия с той стороны, где ветер слабее.

Зона градиента вблизи рельефа может оказаться опасной:



Градиент ветра между двумя воздушными массами с различными скоростями и направлениями

Когда ветер встречный или попутный, последствия идентичны последствиям встречных или попутных порывов.

Когда имеется вертикальный градиент скорости, последствия такие же, как и у восходящих или нисходящих порывов.

Когда различные части профиля подвергаются действию различного относительного ветра, последствия примерно такие же, как и при асимметричном порыве.

Влияние постоянного ветра на полет

Следует напомнить, что когда летательный аппарат летит в движущемся воздухе:

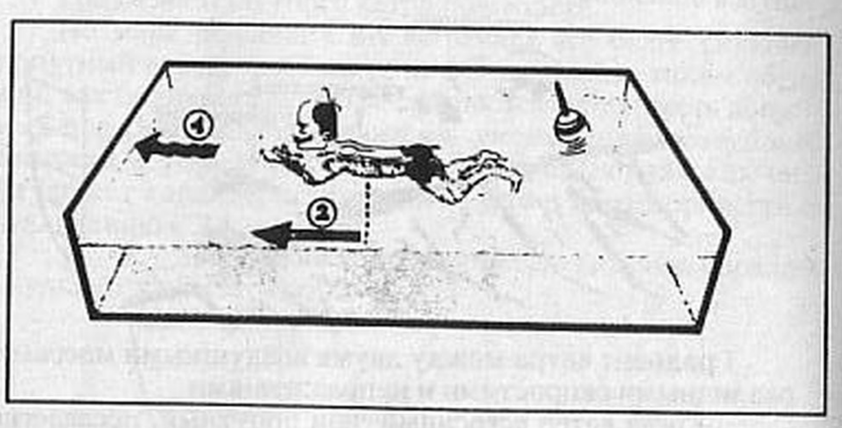
только изменения скорости и/или направления ветра влияют на режим полета (скорость и угол атаки);

если течение регулярно по величине и направлению, с точки зрения аэродинамики летательный аппарат находится в точно таком же положении, как и в неподвижном воздухе.

Всякая другая интерпретация ситуации летательного аппарата в движущемся воздухе является результатом иллюзии или неправильной теории.

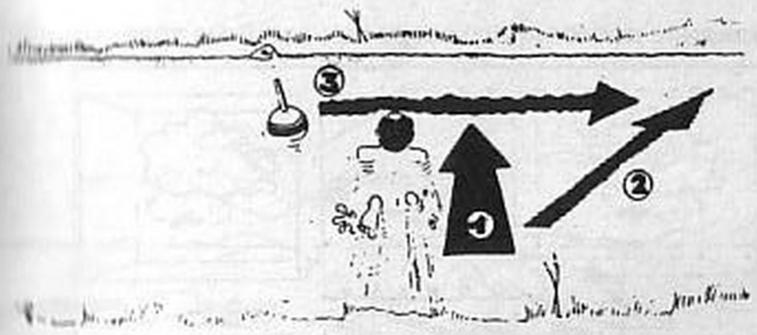
Опыт пловца.

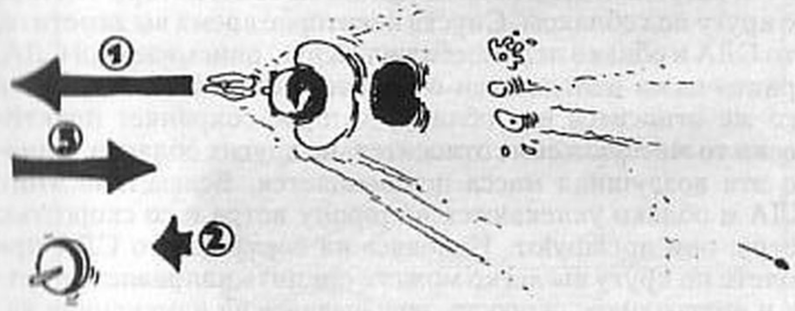
Пловец не тонет, потому что он поддерживается гидродинамическими силами. Эти гидродинамические силы возникают в результате давления воды на пловца. Относительное движение воды происходит от головы пловца к его ногам, как об этом свидетельствуют ощущения воды на коже, а также скорость относительного плавающего в воде поплавка. Предположим, что пловец прикладывает все время одинаковые физические усилия при плавании.

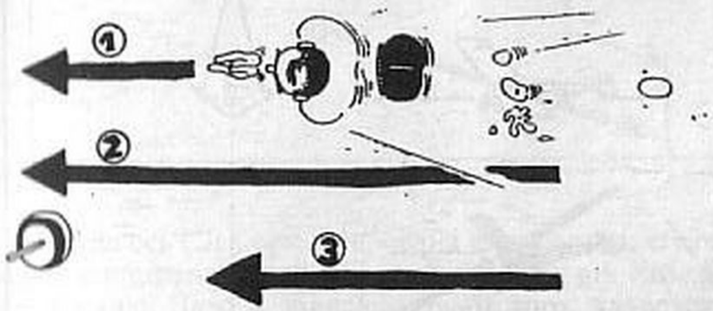


Если пловец находится в бассейне, в котором вода неподвижна:

его скорость относительно воды 1 совпадает с его скоростью относительно дна 2 ;







Если этот пловец плывет в реке, течение в которой однородно:

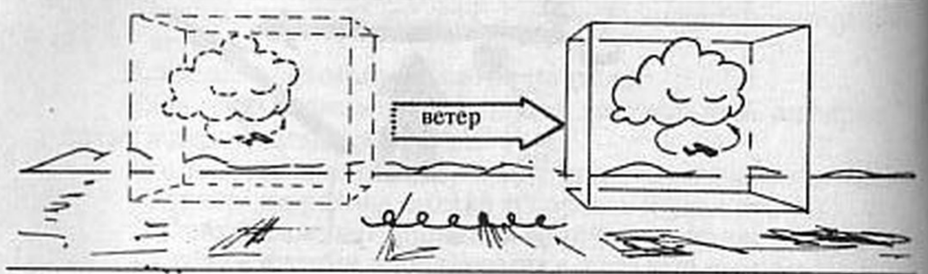
его скорость относительно воды 1 остается той же (как об этом свидетельствуют ощущения воды на коже и его скорость относительно поплавка, плавающего в воде);

ориентация и величина его перемещения относительно дна 2 зависит от ориентации и скорости:

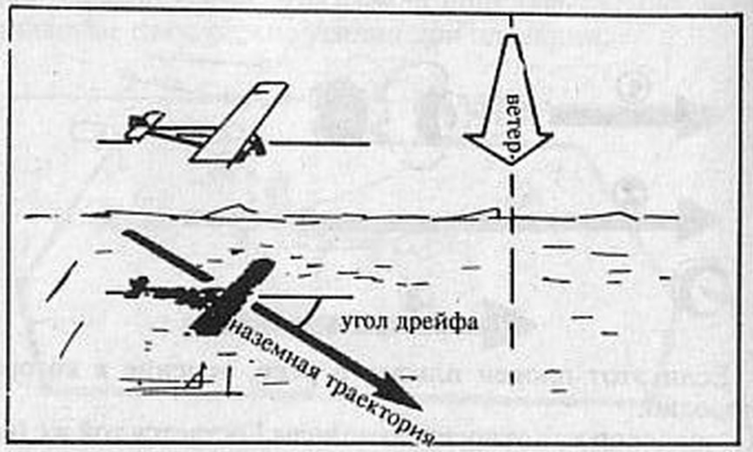
течения 3;

плавания 1.

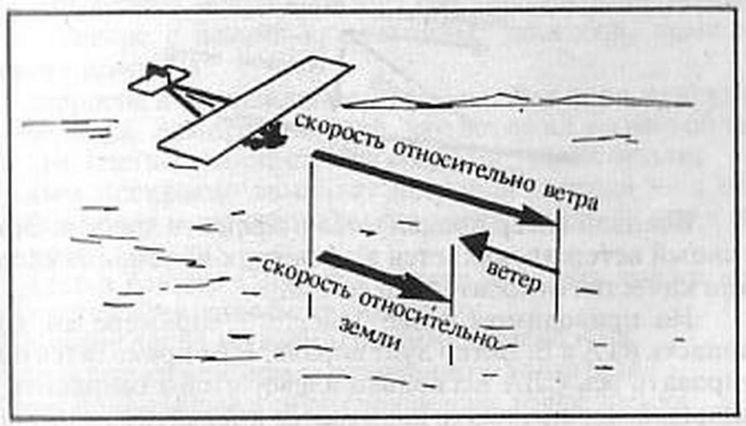
Влияние постоянного ветра на наземные траектории

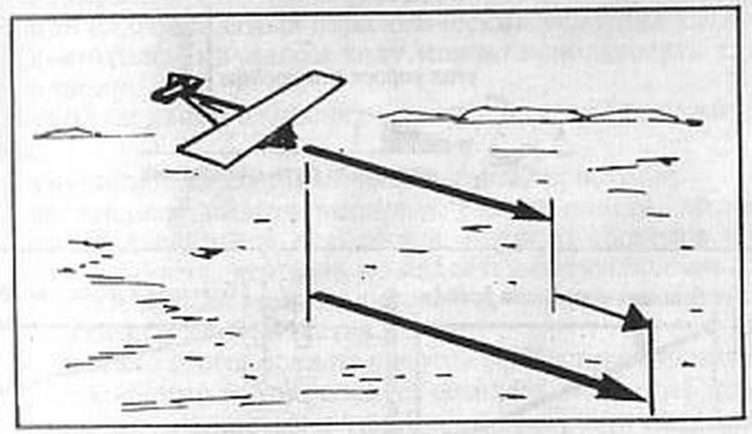


В ветреный день понаблюдайте за СЛА, который летает по кругу под облаком. Спустя некоторое время вы заметите, что СЛА и облако переместились. Круг, описываемый СЛА, практически неподвижен относительно массы воздуха, и это же относится и к облаку, которое сохраняет практически то же положение относительно других облаков. Однако эта воздушная масса перемещается. Вследствие этого СЛА и облако увлекаются в сторону ветра и со скоростью ветра: они дрейфуют. Находясь на борту своего СЛА при полете по кругу вы легко можете оценить направление ветра и его среднюю скорость, основываясь на изменениях вашего положения относительно земли.



При полете по прямой СЛА также испытывает действие ветра. В этом случае увлекающее движение, связанное с перемещением воздушной массы, то есть с ветром, складывается с собственным движением СЛА относительно этой воздушной массы. Когда продольная ось СЛА не ориентирована вдоль ветра, она образует некоторый угол со "следом" движения СЛА на земле: это угол дрейфа.





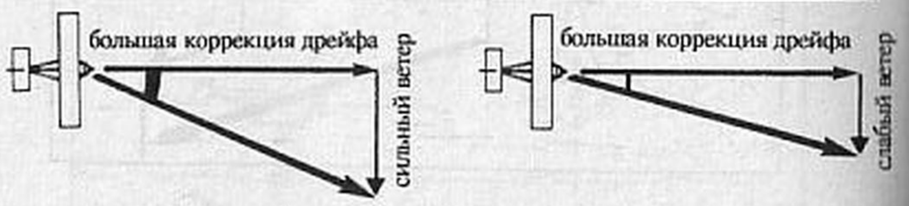
Когда ось СЛА ориентирована вдоль ветра, его ось совпадает с направлением наземной траектории. Угол дрейфа равен нулю. Зато в зависимости от того, является ветер встречным или попутным, скорость СЛА относительно земли оказывается меньше или больше, чем воздушная скорость, которую показывает анемометр. Эти эффекты дрейфа и изменения наземной скорости могут либо проявляться по отдельности, либо — чаще всего — в сочетании друг с другом. Обычно принято раскладывать ветер по двум выделенным направлениям. Если рассмотреть путь, по которому вы хотите следовать, то проекция ветра, перпендикулярная ему, называется боковым ветром, а параллельная прекция — эффективным ветром.



Боковой ветер проявляется в эффекте дрейфа. Эффективный ветер проявляется в эффектах изменения скорости или качества относительно земли.

На приводимом ниже рис. примере вы хотите попасть из A в B. Ветер дует вправо. Вам приходится ориентировать ось СЛА несколько влево, чтобы сохранить правильный маршрут. Это называется корректировать дрейф.





Боковой ветер оказывает тем большее действие, чем он сильнее С другой стороны, при одном и том же ветре более быстрый СЛА будет иметь меньший угол коррекции дрейфа, чем более медленный.



В отсутствие метеорологической информации можно судить о ветре с помощью различных способов, помимо ветрового вымпела:

скорость и направление перемещения тени кучевых облаков. Заметим, однако, что ветер на уровне облаков слегка отличается от ветра на уровне земли;

дым прекрасно заменяет ветровой вымпел — с его помощью можно определять ветер свыше 40 км/ч на уровне земли;

дрейф вашего СЛА при полете по кругу также является прекрасным индикатором.

Влияние ветра на выбор режима полета и на характеристики при выключенном двигателе

Этот параграф важен со следующих точек зрения:

во всякий момент полета необходимо иметь в виду возможность поломки двигателя;

при благоприятных аэрологических условиях СЛА с двигателем на малом ходу можно использовать как планер.

В турбулентной атмосфере частые изменения режима полета:

ухудшают аэродинамические характеристики;

заставляют пилота выбирать режим полета, достаточно далекий от верхнего и нижнего пределов области полета, который не является оптимальным ни сточки зрения минимального V_z, ни с точки зрения максимального качества.

Вследствие этого, если не удается эффективно использовать восходящий поток, следует ожидать снижения планирующих возможностей и увеличение скорости падения. В регулярных и ламинарных условиях, сталкиваясь с различными воздушными потоками, пилот может выбрать оптимальный режим полета, добиваясь либо минимальной скорости падения, либо наилучшего качества:

чтобы получить минимальную скорость падения, достаточно получить на анемометре соответствующую скорость и следить за вариометром.

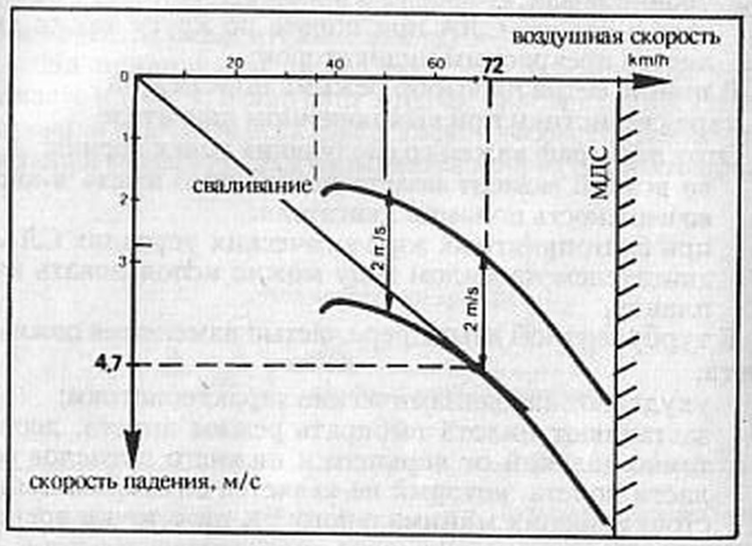
чтобы получить максимальное качество, нужно выбрать соответствующую скорость, зависящую от величины и направления ветра.

Определение максимального качества СЛА с выключенным двигателем в вертикальном воздушном полете

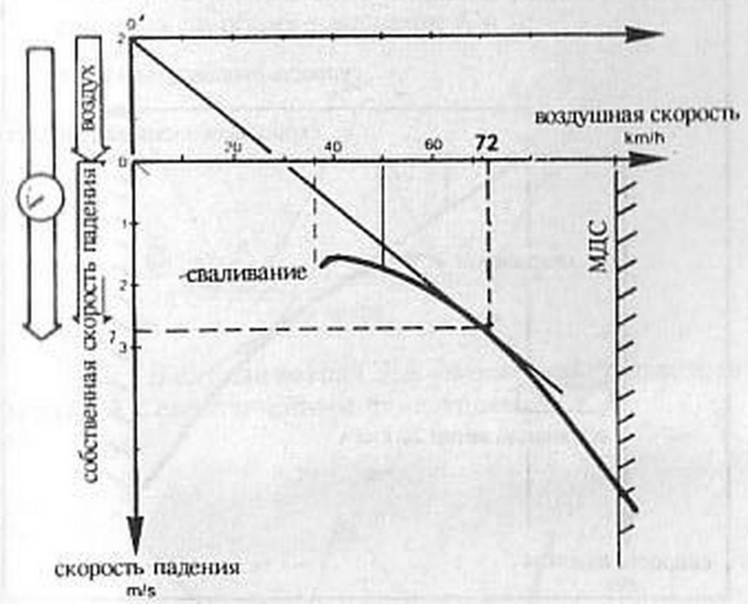
Предположим, что вы пересекаете широкую зону нисходящего потока, которая однородно опускается со ско-

ростью 2 м/с (V_{zv} = — 2 м/с). Все скорости падения СЛА относительно земли увеличатся при этом на 2 м/с.

Вы можете изобразить новую поляру скоростей, сдвинутую на 2 м/с вниз.



Скорость, соответствующая максимальному качеству относительно земли, всегда отвечает наименьшему углу планирования. Поэтому она всегда определяется касательной, проведенной из начала координат 0 к этой новой поляре относительно земли. Проведите эту касательную. Скорость, соответствующая максимальной добротности, составляет 72 км/ч (или 20 м/с), а скорость падения по вариометру составляет 4,7 м/с (2 м/с за счет опускания воздушного потока и 2,7 м/с падения СЛА). Как мы видели раньше, максимальное качество аппарата была равна 8. В воздушном потоке, опускающемся со скоростью 2 м/с, она составляет всего лишь 4,3. Для упрощения вместо того, тобы сдвигать поляру вниз, предпочтительнее использовать новое начало координат 0′, переместив на 2 м/с вверх горизонтальную ось скоростей.

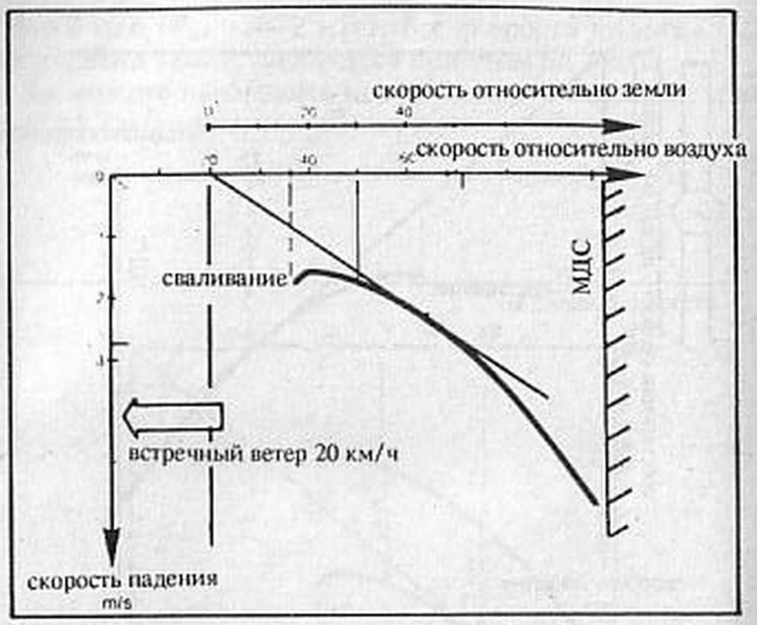


Итак в нисходящем воздушном потоке нужно лететь быстрее для сохранения наилучшего возможного качества. В то же время очевидно, что это качество существенно уменьшено.

В восходящем потоке вариометр показывает набор высоты за секунду. Эта величина равна разности скоростей подъема воздуха вокруг СЛА и собственной скорости падения СЛА. Чтобы подъем был максимально быстрым, нужно, чтобы скорость падения СЛА была минимально возможной, но при этом нужно также выдерживать определенный запас по отношению к скорости сваливания.

Определение максимального качества относительно земли для СЛА, находящегося в горизонтальном воздушном потоке.

Вы летите со встречным ветром 20 км/ч. Чтобы определить характеристики вашего аппарата относительно земли, вам нужно вычесть 20 км/ч из скорости полета. Повторяя рассуждения, проведенные при определении максимального качества СЛА в вертикальном потоке, можно было бы нарисовать новую поляру, сдвинутую влево на 20 км/ч. Проще, однако, использовать новое начало координат 0′, полученнон путем смещения вертикальной оси V_z на 20 км/ч вправо.



Скорость, соответствующая максимальному качеству, всегда отвечает наименьшему углу планирования. Поэтому она всегда определяется касательной к поляре. Проведите эту касательную. Скорость максимального качества оказывается равной 63 км/ч, а показания вариометра при этом — 2,2 м/с.

Скорость относительно земли есть:

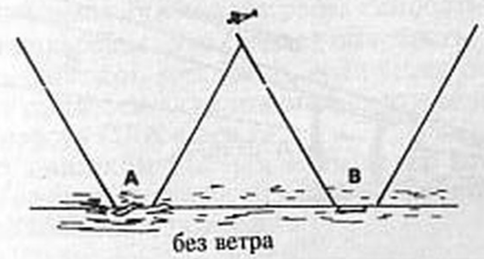
$$63 - 20 = 43 \text{ км/ч (или 12 м/с)},$$

а качество относительно земли составляет

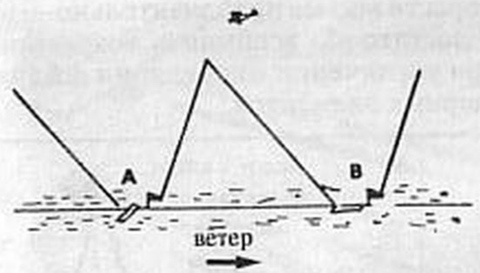
$$\frac{12}{2{,}2} = 5{,}5$$

Вывод: когда вы направляетесь к опреленному пункту и встречаете встречный ветер, нужно лететь быстрее для сохранения наилучшего качества относительно земли. В то же время очевидно, что ввиду малой скорости СЛА при подъеме со встречным ветром пилоту приходится лететь со скоростями, превышающими скорость максимального качества; это, с учетом поляры скоростей СЛА, приводит к резкому снижению характеристик и, следовательно, к заметному изменению доступного объема.

Без ветра СЛА с выключенным двигателем может долететь до обоих площадок А и В:



В случае ветра СЛА уже не может долететь до площадки А с выключенным двигателем:

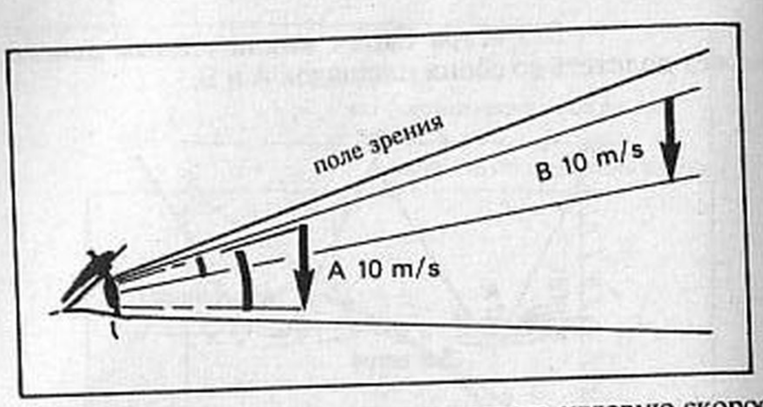


Итак, доступный объем зависит от силы и направ-ления ветра.

Обязательно следует сохранять доступную для посадки с выключенным двигателем площадку, учитывая силу и направление ветра.

Иллюзии при полете вблизи земли

Когда мы находимся на земле, у нас обычно не возникает трудностей при ориентировании в пространстве. Для этого мы используем органы зрения. Мы знаем, например, что стена вертикальна, а земля — горизонтальна, и, используя такого рода элементы-ориентиры, мы определяем наше собственное положение. Когда имеет место движение относительно этих опорных элементов, глаз оценивает перемещение этих элементов в поле зрения (то есть угловую скорость) для определения скорости. Если имеются два кажущихся объекта, перемещаю-щихся с одинаковыми скоростями, но на различных расстояниях, то легко видеть, что более близкий из них (А) кажется перемещающимся быстрее, чем более удаленный (В), так как они имеют различные угловые скорости.



Поэтому мозг должен корректировать угловую скорость в зависимости от наблюдаемого объекта, чтобы получить его истинную скорость. Легко видеть, что визуальное восприятие скорости весьма приблизительно — чтобы убедиться в этом, достаточно вспомнить возрастание ощущения скорости при увеличении циркуляции воздуха вблизи зрительных опорных элементов.



Зрение является важным средством определения пространственного положения и помогает принимать решения при вождении автомобиля, однако оно не является абсолютно надежным. При полете проблема усложняется тем, что глаз оценивает перемещение видимых ориентиров (по определению . . .), а воздух является невидимым. В полете глаза позволяют пилоту судить о его положении в пространстве, и лишь весьма приблизительно — о скорости полета (если не считать возможности смотреть на анемометр) . В некоторых случаях это может ввести пилота в заблуждение.

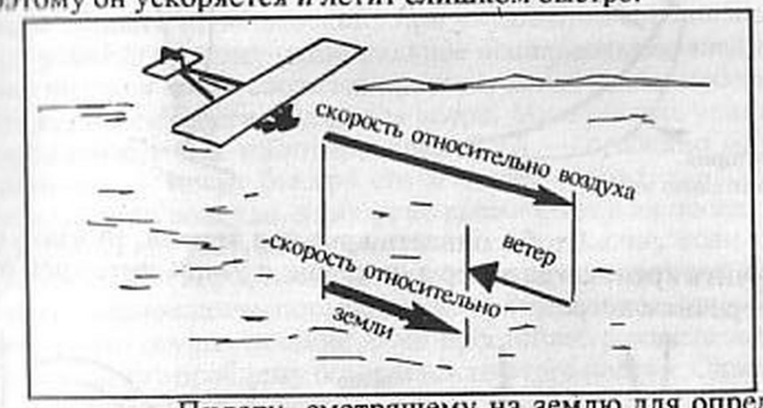
Вблизи земли пилот, естественно, внимательно следит за рельефом местности, однако нужно быть осторожным — это часто приводит к тому, что он — более или менее сознательно — начинает оценивать свою скорость по скорости пролета над рельефом. Это создает опасность:

лететь слишком медленно, если ветер попутный: это может привести к сваливанию, что очень опасно ввиду близости СЛА к земле;

лететь слишком быстро, если ветер встречный: это редко создает непосредственную опасность.

В прямолинейном полете

Пилоту, смотрящему на землю для определения скорости полета, кажется, что он летит слишком медленно, поэтому он ускоряется и летит слишком быстро:

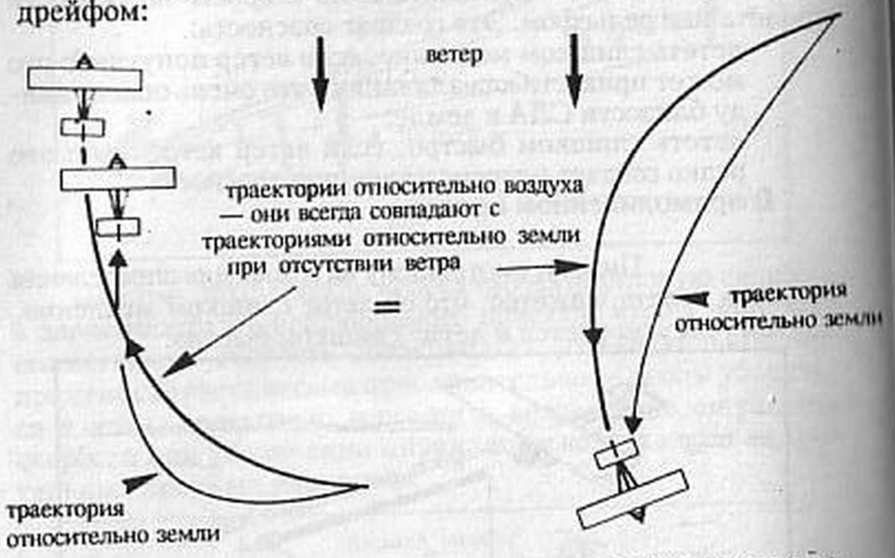


Пилоту, смотрящему на землю для определения скорости полета, кажется, что он летит слишком быстро, поэтому он замедляется, увеличивает угол атаки и подвергается опасности сваливания:

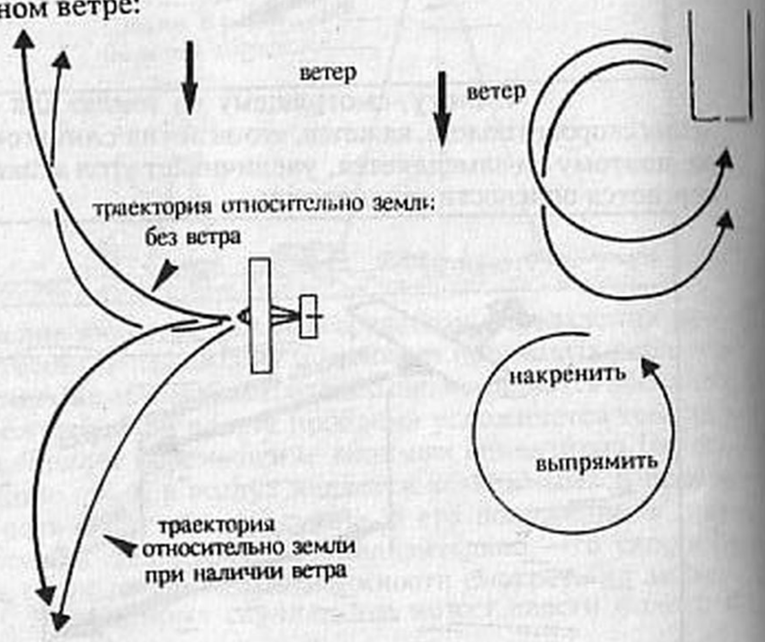


Во время виража

В начале виража кажется, что самолет отказывается менять направление движения — это обусловлено дрейфом:



Чтобы описать круг над землей, нужно увеличить крен, когда ветер дует сзади, и уменьшить крен при встречном ветре:



ВЛИЯНИЕ ВОЗДУШНЫХ ПОТОКОВ НА МЕСТНЫЙ ПОЛЕТ

Использование сверхлегких материалов позволяет получить малую удельную нагрузку на крылья и низкую минимальную скорость полета. Однако такой выбор делает конструкцию сравнительно хрупкой, так как она не может выдерживать высоких скоростей и больших перегрузок. Это объясняет высокую чувсвительность СЛА к ветру и особенно к турбулентности. Нужно ясно отдавать себе в этом отчет, так как ограниченные возможности аппаратов такого типа естественным образом заставляют пилота лететь вдоль рельефа, чтобы использовать меньшую мощность или улучшить характеристики, пользуясь восходящими потоками. Однако такие аппараты быстро оказываются вблизи пределов своей области использования при ухудшении аэрологических уловий; поэтому рациональное использование воздушных потоков часто сводится просто к тому, чтобы избегать зон турбулентности и порывов ветра. Мускульные усилия, необходимые для пилотирования СЛА — особенно маятникового — могут быстро стать очень утомительными в спокойном воздухе, а также во время захода на посадку и приземления. Постоянные ветры менее опасны, если они сравнимы со скоростью полета аппарата и позволяют сохранить возможность посадки на выбранную площадку. Мы знаем, что осуществление даже простейшего полета неизбежно ставит проблему безопасности этого полета. Однако, что же такое безопасность?

Мы знаем, что она является результатом взаимодействия окружающей среды, пилота и аппарата. Поэтому это понятие довольно широкое и может иметь разный смысл.

Чтобы уточнить, что понимается под безопасностью, можно выделить два ее важнейших аспекта:

активная безопасность, которая определяется непосредственно действиями пилота в ходе полета.

Она зависит:

- от сосредоточенности пилота;
- от его подготовленности к полету данного типа.

Пассивная безопасность, вытекающая из правильности решений, связанных с выбором:

- окружения
- оборудования
- типа полета
- регулировок аппарата
- момента отправления

всех факторов, влияющих на полет, помимо действий пилота.

Отсюда легко видеть, что понятие безопасности тесно связано с понятием трудности полета. А что же такое трудность? Как и безопасность это понятие расплывчато и изменчиво, потому что является весьма относительным. Можно сказать, что трудность — это дистанция между тем, что нужно сделать, и тем, что можно сделать. Эта дистанция может оказаться большой, даже если задача не очень трудна, но средства для ее решения ограничены, и наоборот, она может оказаться нулевой даже для очень трудной задачи, если имеются достаточные для ее решения средства.

Безопасность, таким образом, обратно пропорциональна дистанции между тем, что нужно сделать, и тем, что можно сделать. Эта дистанция может оказаться большой: когда она увеличивается, безопасность уменьшается, и наоборот.

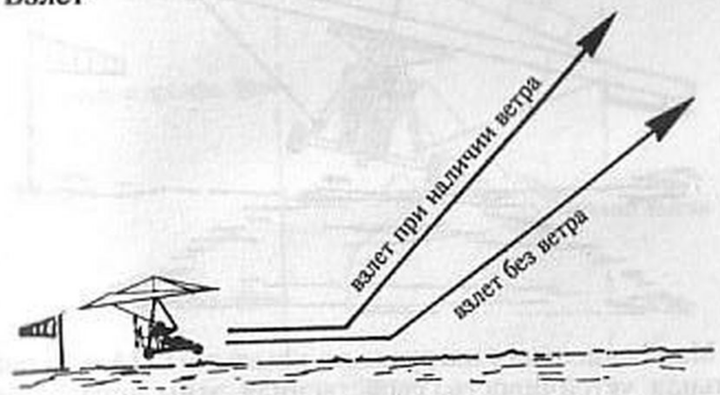
В данной Части 4 мы выходим из "искусственной" среды Части 3 в реальность воздушного пространства, которое всегда находится в движении и очень редко является безветренным. Эта переменчивость воздушной среды и чувствительность СЛА к ветру заставила нас объединить в Части 4 **важнейшие факторы**, которые необходимо учитывать при принятии решений, связанных с подготовкой и реализацией полета. Помимо движений воздуха, на полет могут влиять — и даже ограничивать его возможность — и другие факторы. Их описание и обсуждение их влияния на полет приводится в последующих частях книги. Тем не менее, начиная с этой Части 4, на любом уровне подготовки (ученик, начинающий, опытный пилот, и т. д.) следует для оценки и контроля безопасности учитывать:

состояние среды (ветер по метеосводке, местный ветер, топографию местности, наличие солнца, ветер на склонах, особенности циркуляции воздуха и т. д.) ;
собственное состояние (технические навыки, сосредоточенность, знакомство с аппаратом, знание местности и т. д.);
состояние аппарата (вес, длина разбега, характеристики, конструкционная прочность, поведение при взлете, при турбулентности, при вираже, при посадке, при качении и т. д.);
то, что нужно сделать (в зависимости от характеристик местности и аэрологических условий);
то, что можно сделать (в зависимости от подготовленности и собранности пилота, характеристик аппарата,

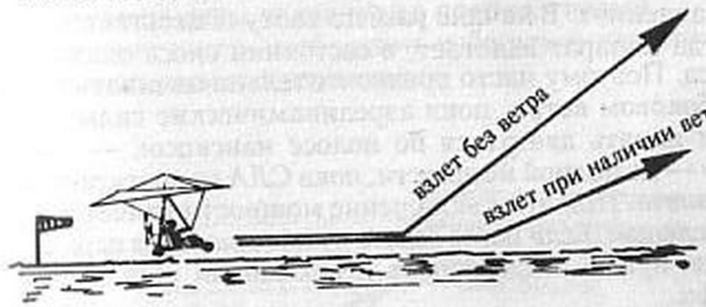
аэрологических условий и характеристик местности);
тех трудностей, которые могут возникнуть, чтобы определять, интерпретировать и регулировать взаимодействие между этими элементами.

Итак, если характеристики вашего аэродрома и аэрологические условия совместимы с возможностями вашего СЛА и вашими навыками, мы можем изучить влияние ветра на местный полет.

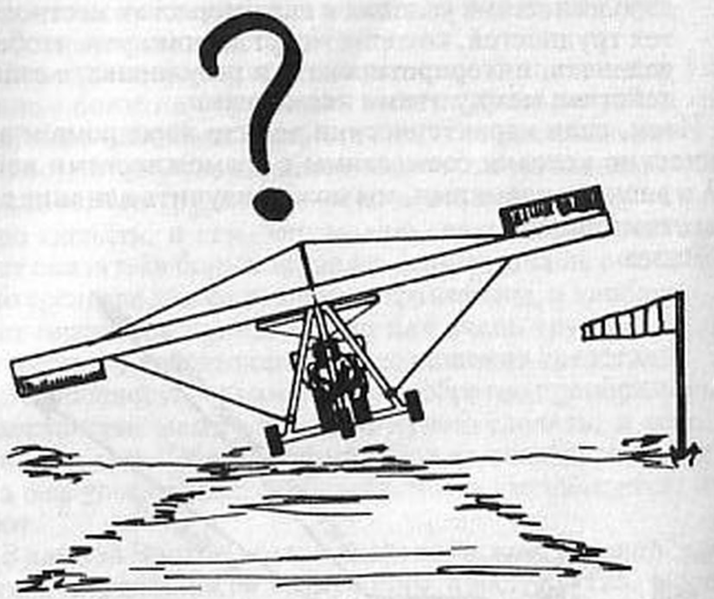
Взлет



Встречный ветер:
уменьшает расстояние и скорость относительно земли, необходимые для взлета;
позволяет получить траекторию подъема с большим наклоном;
явление градиента облегчает взлет.



Попутный ветер:
увеличивает расстояние и скорость относительно земли, необходимые для взлета;
приводит к меньшему наклону траектории взлета;
явление градиента ухудшает скорость полета, увеличивает угол атаки и может сделать взлет невозможным или опасным.

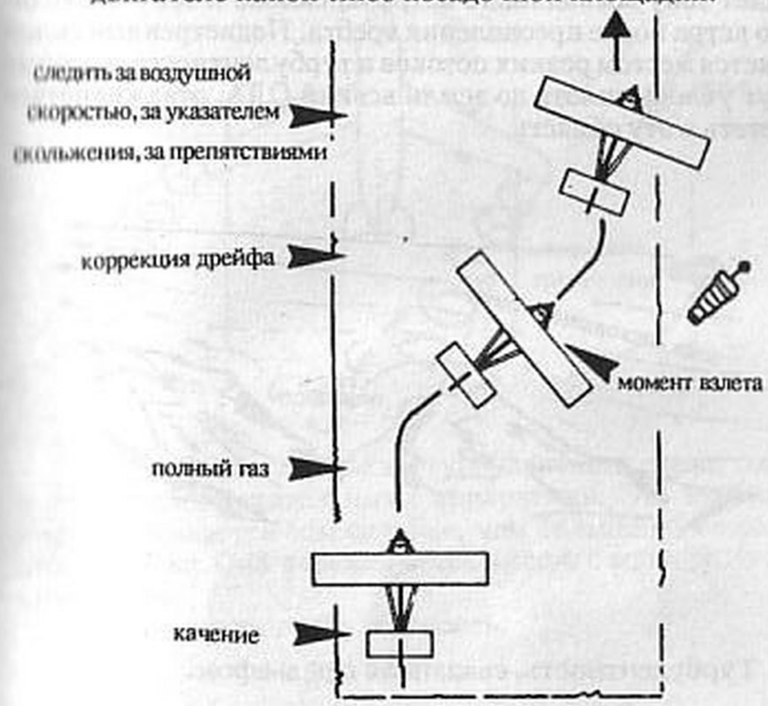


Малая удельная нагрузка на крылья у СЛА и большая удельная устойчивость, свойственная этим аппаратам, а также ограниченные средства управления в боковоми направлении требуют, чтобы взлет производился лицом к ветру, если ветер сильный. Действительно, под действием бокового порыва ветра или поперечного ветра в момент взлета, когда аппарат почти летит, но все еще катится по земле, крыло, оперение и колеса могут начать двигаться в разных направлениях. В начале разбега сносу подвергается крыло, а когда аппарат взлетает, в состоянии сноса оказываются колеса. Поэтому часто предпочтительно начинать качение при боковом ветре, пока аэродинамические силы малы, а затем начать двигаться по полосе наискосок — лицом к ветру — на полной мощности, пока СЛА не достигнет скорости взлета. При этом включение мощности является последовательным. Если после взлета нужно двигаться параллельно полосе, нужно поддерживать необходимый угол коррекции дрейфа.

Не давайте ввести себя в заблуждение, глядя на землю: сосредоточьтесь на скорости полета, показаниям шарика/шерстяной пряди, а также на препятствиях.

Для перемещения пилот должен выбрать высоту полета и наземную траекторию. При этом он в течение всего полета должен руководствоваться необходимостью:

избегать зон турбулентности, зон сильных нисходящих потоков и сильного встречного ветра;
оставаться в пределах досягаемости при включенном двигателе какой-либо посадочной площадки.



Турбулентность, связанная с препятствиями.

Когда дует ветер, необходимо избегать турбулент-ных зон вблизи земли или препятствий.



Эффект наклона

Горный хребет оказывает возмущение на течение ветра. Когда он почти перпендикулярен направлению ветра, он создает зону восходящего ветра на склоне и зону нисходящего ветра после преодоления хребта. Подветренный склон является местом резких потоков и турбулентности, которые могут увлечь вплоть до земли всякий СЛА, отважившийся залететь в эту область.

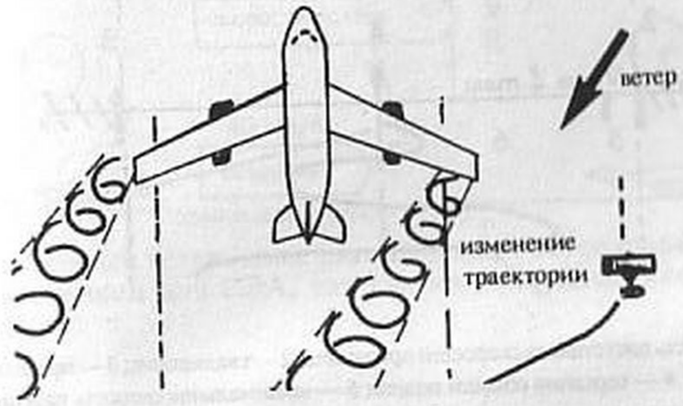


Турбулентность, связанная с рельефом.



Не следует залетать на малой высоте на пологие склоны и плато. Восходящих потоков там практически не бывает, а турбулентность там может быть сильной, так что полет в этих зонах опасен.

Турбулентный след



Следует избегать также турбулентного следа, созданного другими летательными аппаратами. Эта турбулентность оказывается тем сильнее, чем больше шума создает этот самолет. Она перемещается вместе с метеорологическим ветром.

Термическая турбулентность.



Когда земля нагревается в результате сильного воздействия солнца, прилегающие к ней слои воздуха становятся неустойчивыми, и восходящие потоки, компенсируемые нисходящими, приводят к формированию вихрей, которые делают турбулентной всю эту часть атмосферы.

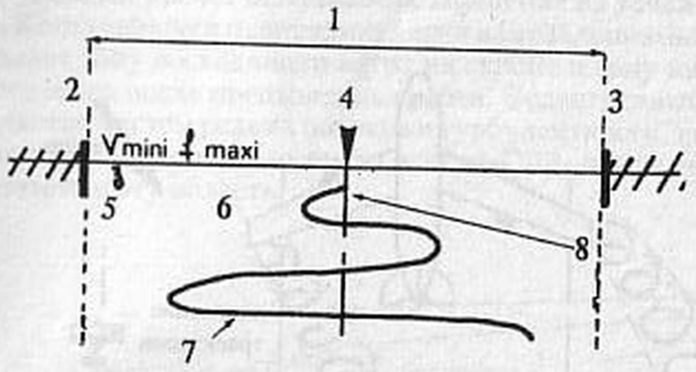
Термическая турбулентность зависит от:

силы солнечного воздействия;

контрастов на земле;

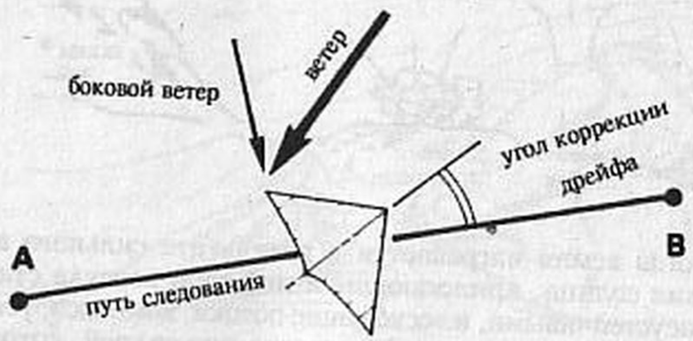
степени неустойчивости воздуха.

Полет в условиях турбулентности.



1 — область допустимых скоростей при полете; 2 — сваливание; 3 — предельная скорость; 4 — середина области полета; *5* — минимальная скорость падения; 6 — максимальное качество; 7 — флуктуации воздушной скорости, связанные с порывами ветра; 8 — средняя скорость, выдерживаемая пилотом

В случае, если избежать зон турбулентности невозможно, напомним, что необходимо быть как можно дальше от пределов использования аппарата (сваливание, МДС, перегрузка), чтобы не было опасности достичь их в результате движения воздуха. Чтобы придерживаться определенной наземной траектории, нужно корректировать влияние бокового ветра.



Нужно учитывать также влияние эффективного ветра (встречного или попутного) на скорость относительно земли и, следовательно, на:

длительность полета

потребление топлива.



Сильный ветер, даже ламинарный, быстро становится ограничением для СЛА, так как их воздушная скорость мала.



Поэтому в полете следует избегать зон, в которых встречный ветер слишком силен. Это может потребовать:

выбирать более благоприятную высоту полета:



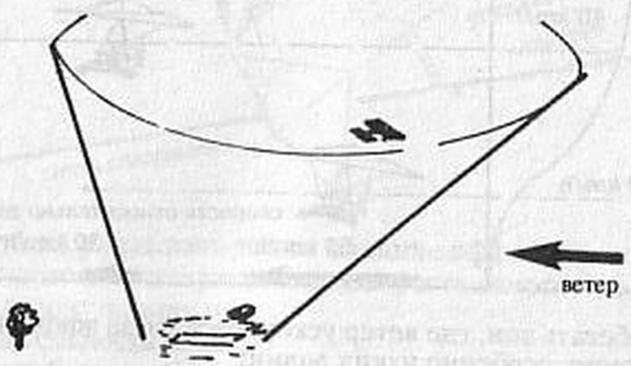
избегать зон, где ветер ускоряется из-за эффекта сужения, особенно узких долин:



и ущелий:

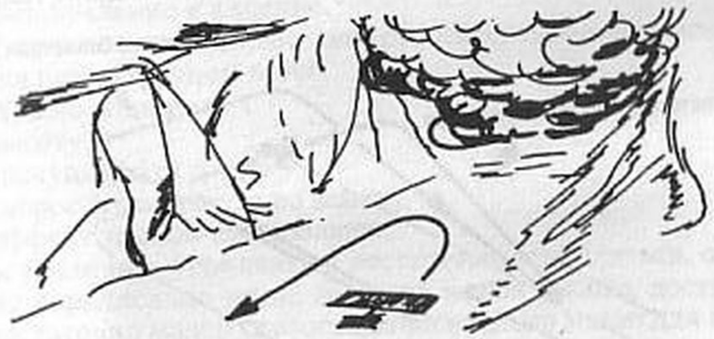


Поскольку поломка двигателя возможна в любой момент полета, при полете необходимо сохранять возможность вернуться на какую-либо посадочную площадку. Конус локального полета наклонен в сторону, откуда дует ветер, тем сильнее, чем сильнее ветер.



Наконец, если метеорологические условия ухудшаются, необходимо принять решение о прекращении полета. Это решение должно быть принято достаточно рано, чтобы сохранить время для:

снижения,
рекогносцировки площадки и условий площадки,
выполнения захода на посадку и посадки в безопасных условиях,
защита аппарата.



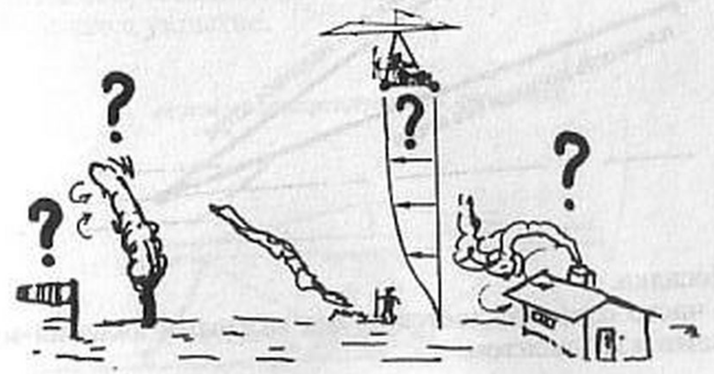
При посадке

Рекогносцировка.

При наличии ветра стадия рекогносцировки должна проводиться несколько раньше. Она должна позволить вам оценить все признаки, указывающие на:

направление и силу ветра;
наличие градиента;
наличие турбулентности,

прежде чем выбрать тактику, наиболее соответствующую аэрологической ситуации.



Заход на посадку

Движение по траектории, позволяющей достигнуть точки начала посадки, должно производиться с учетом:

необходимости корректировать влияние ветра на наземные траектории;

возможности иллюзий, связанных с ветром;

необходимости избегать зон с сильной турбулентностью;

необходимости постоянно оставаться в пределах досягаемости площадки с выключенным двигателем.



Начало посадки.

Обычно посадка производится против ветра. Основной эффект ветра заключается в уменьшении скорости относительно земли при посадке. Кроме того, плоскость посадки должна иметь больший наклон, чем в отсутствие ветра. Точка начала посадки должна выбираться с учетом этих эффектов.



Посадка.

Ветер часто сопровождается двумя важными явления-ми: порывами и градиентом.

Порывы: они приводят к случайным изменениям воздушной скорости.

Градиент: СЛА в ходе посадки оказывается в слоях воздуха, где встречный ветер все слабее и слабее, так что его воздушная скорость меньшается, а угол атаки растет.

Чтобы избежать этого, необходимо заранее выбирать достаточно большую скорость посадки..

Выпрямление и качение.

Расстояние для выпрямления относительно земли уменьшаются при встречном ветре.

Нужно оценить:

высоту;

воздушную скорость;

скорость относительно земли;

эффект земной поверхности,

чтобы увеличить угол атаки и постепенно замедляться, при полете параллельно земле на очень малой высоте, достигнув достаточно малой скорости относительно земли для посадки. Следите за порывами и турбулентностью, которым иногда нужно энергично противодействовать, стараясь, впрочем, не перестараться при такой коррекции. Чтобы избежать опасности "отскока" при посадке, усиливаемой градиентом, в результате чего аппарат может даже перевернуться, этот маневр следует проводить тем более плавно, чем сильнее встречный ветер.

Парковка.

Плохо закрепленный СЛА может перевернуться. При сильном ветре аппарат следует хорошо прикрепить к земле. На время отсутствия пилота лучше разобрать аппарат или спрятать его в укрытие.



ВОПРОСНИК

Этот вопросник не содержит всех вопросов, которые могут быть заданы на экзамене.

1 — Градиент встречного ветра при посадке:
- а) может вызвать чрезмерное уменьшение угла атаки;
- б) заставляет предварительно набрать достаточно боль шую скорость;
- в) заставляет замедлиться, чтобы не приблизиться к земле на слишком большой скорости.

2 — На высоте в зоне посадки дует ровный ветер 15 км/ч:
- а) ветер на уровне земли составляет 15 км/ч;
- б) ветер у земли очень слабый;
- в) сила ветра у земли зависит от топографии местности и состояния поверхности.

3 — Градиент ветра при посадке:
- 1 — зависит от состояния поверхности земли;
- 2 — не зависит от угла атаки;
- 3 — зависит от силы ветра;
- 4 — не зависит от состояния поверхности
  - а) 2 и 3
  - б) 1 и 3
  - в) 4 и 2 .

4 — Полоса деревьев со стороны ветра вызывает:
- а) турбулентность с наветренной стороны;
- б) турбулентность и порывы ветра с подветренной стороны;
- в) не вызывает турбулентности.

5 — Что показывает анемометр при встречном ветре, если отвлечься от инструментальных погрешностей?
- а) скорость относительно земли;
- б) скорость, меньшую скорости относительно земли;
- в) скорость, большую скорости относительно земли.

6 — При полете с попутным ветром зрительные впечатления стремятся заставить пилота:
- а) лететь слишком медленно;
- б) лететь слишком быстро.

7 — Зоной сдвига называется:
- а) зона, где изобары сгущаются;
- б) зона, в которой турбулентность настолько сильна, что может привести к изменениям в конструкции;
- в) зона столкновения воздушных масс, в которой может возникать сильная турбулентность.

8 — Вы можете встретить сдвиговую турбулентность:
- а) когда две воздушные массы имеют различные скорости и характеристики;
- б) когда имеется инверсионный слой;
- в) в зоне, где изобары расходятся.

9 — Качество относительно земли:
- а) равно качеству относительно воздуха, если скорость ветра относительно земли равна нулю;
- б) всегда максимально, когда максимально качество относительно воздуха;
- в) всегда меньше качества относительно воздуха.

10 — Качество относительно земли:
- а) увеличивается попутным ветром;
- б) уменьшается попутным ветром;
- в) увеличивается встречным ветром.

11 — При турбулентности нужно:
- а) приблизиться к рельефу и увеличить скорость;
- б) как следует застегнуть ремень;
- в) отдалиться от пределов области полета (сваливание, МДС, перегрузка).

12 — При полете по склону вираж лицом к горе:
- а) рекомендуется;
- б) трудноосуществим и опасен;
- в) позволяет лучше использовать градиент.

13 — Влияние градиента вблизи склона проявляется в:
- а) меньшей воздушной скорости крыла, более близкого к рельефу;
- б) большей воздушной скорости крыла, более близкого к рельефу;
- в) стремлении аппарата удалиться от рельефа.

14 — СЛА А летит со скоростью 80 км/ч, а СЛА В — со скоростью 110 км/ч. Оба находятся в одинаковом боковом ветре:
- а) их дрейф будет одинаковым;
- б) СЛА А должен будет взять большую коррекцию дрейфа, чем СЛА В;
- в) СЛА В должен будет взять большую коррекцию дрейфа, чем СЛА А.

15 — Угол дрейфа — это угол между:
- а) осью СЛА и путем следования;
- б) осью СЛА и направлением ветра;
- в) направлением полета и направлением бокового ветра.

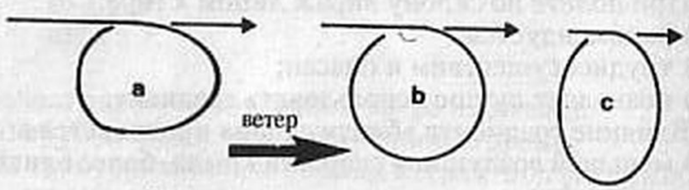
16 — После того, как только что взлетел другой самолет, вы находитесь в начале полосы, ветер спокойный:

а) вы взлетаете немедленно;
б) вы задержите взлет на несколько минут, чтобы избежать турбулентного следа, созданного этим самолетом;
в) вы можете взлететь немедленно, если речь идет о реактивном самолете, поскольку реактивные самолеты в отличие от турбовинтовых не создают турбулентного следа.

17 — Эффективный ветер проявляется в :
а) изменении скорости относительно земли;
б) эффекте дрейфа;
в) ни в чем; это теоретическое понятие, не оказывающее никакого действия.

18 — Поперечный ветер проявляется в:
а) изменении показаний анемометра;
б) сносе при полете;
в) эффекте дрейфа.

19 — Вы летите в ламинарном ветре, скорость которого 15 км/ч, и выполняете виражи на 360° с постоянной скоростью и креном. Какова будет траектория относительно земли:



скорость и крен постоянны

20 — Сужение долины:
а) приводит к замедлению ветра, дующего вдоль нее;
б) приводит к ускорению ветра, дующего вдоль нее;
в) не оказывает никакого влияния на ветер.

21 — Эффект сужения проявляется в:
а) прекращении ветра в долине;
б) дезорганизации линий течения в сужении долины;
в) ускорении ветра в сужении долины.

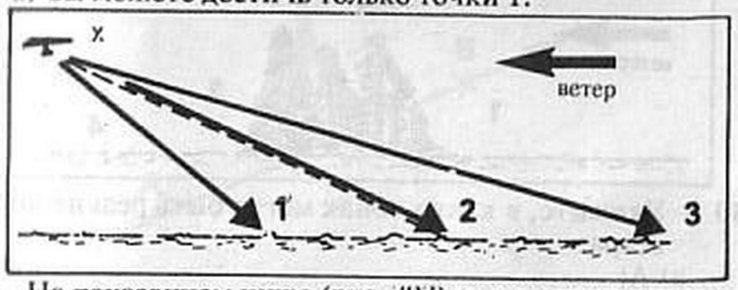
22 — Когда вы попадаете в восходящий поток, угол атаки.
а) уменьшается;
б) возрастает;
в) не меняется.

23 — Когда вы попадаете в нисходящий поток, угол атаки:
а) уменьшается;
б) возрастает;
в) не меняется.

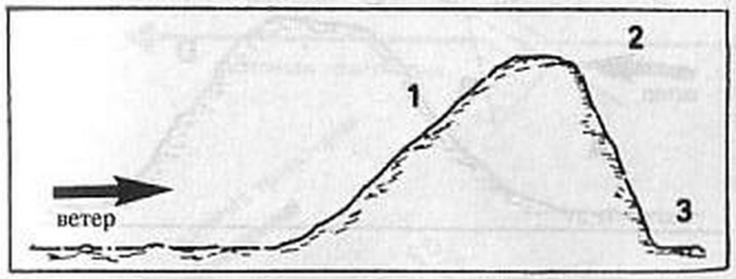
24 — На высоте 200 м от земли вы замечаете сильный ветер. Вы выбираете плоскость посадки:
а) с большим наклоном;
б) с меньшим наклоном;
в) это не имеет значения.

25 — Если на вашей посадочной площадке есть сильный ветер, вы должны предусмотреть:
а) возможность сильного эффекта сужения;
б) достаточный запас скорости при посадке;
в) медленную скорость полета.

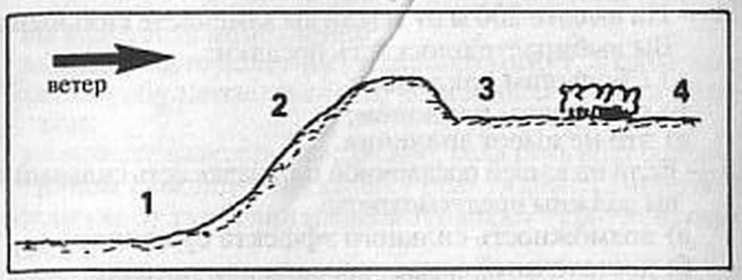
26 — На нижеследующей схеме рис. вы находитесь в точке *x* с выключенным двигателем. Пунктиром показана траектория, соответствующая максимальному качеству СЛА в спокойном воздухе. Дует встречный ветер:
а) вы можете достичь точки 2;
б) вы можете достичь точки 3;
в) вы можете достичь только точки 1.



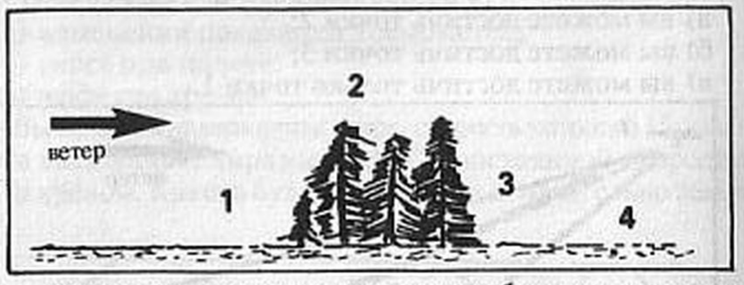
27 — На показанном ниже (рис. 303) склоне наилучшие восходящие динамические потоки встречаются в:
а) области 1;
б) области 2;
в) области 3.



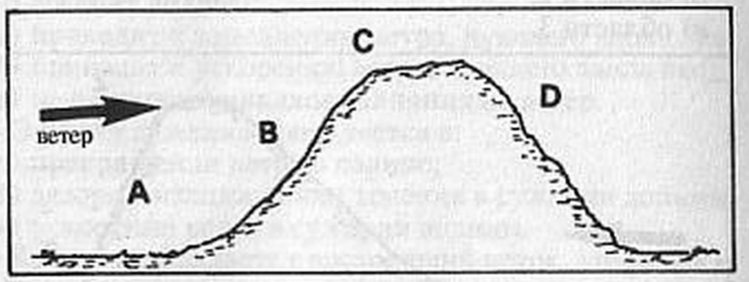
28 — Вы можете встретить турбулентность, опасную при полете вблизи рельефа:
а) в области 1;
б) в областях 1 и 2;
в) в областях 3 и 4.



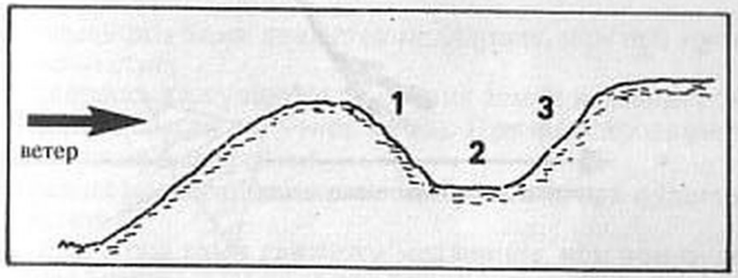
29 — Вы можете встретить турбулентность, опасную при полете на малой высоте или при посадке:
а) в области 1;
б) в областях 1 и 2;
в) в областях 3 и 4.



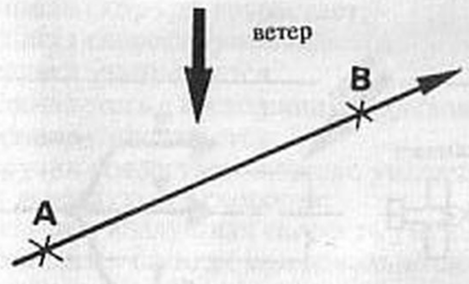
30 — Укажите, в каких зонах могут быть резкие порывы ветра:
а) A;
б) B и C ;
в) D.



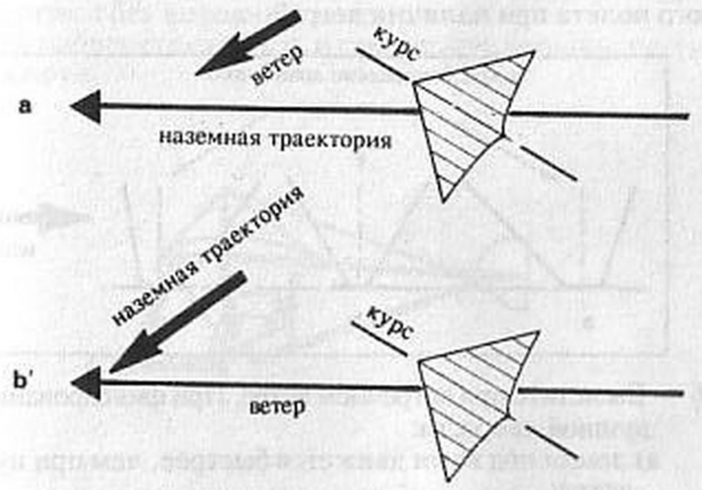
31 — Вы можете встретить турбулентность, опасную при полете вблизи рельефа:
а) только в 1;
б) в 1 и 2;
в) в 1, 2 и 3.



32 — Находясь на борту СЛА, вы можете попасть из A в B. Ветер показан стрелкой. Необходимость коррекции д ре йфа заставляет вас ориентировать СЛА:
а) вправо от пути следования;
б) влево от пути следования;
в) дрейф корректировать не нужно.

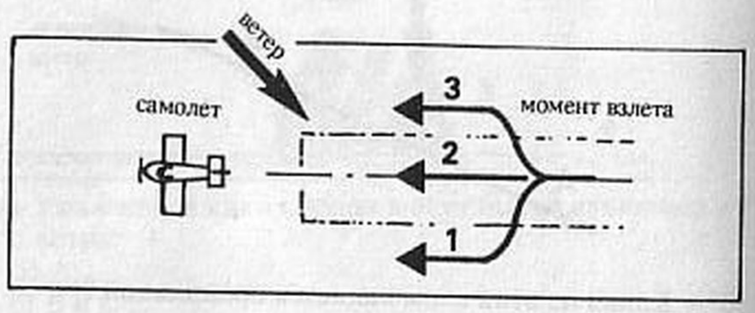


33 — Какая из этих схем является правильной ?

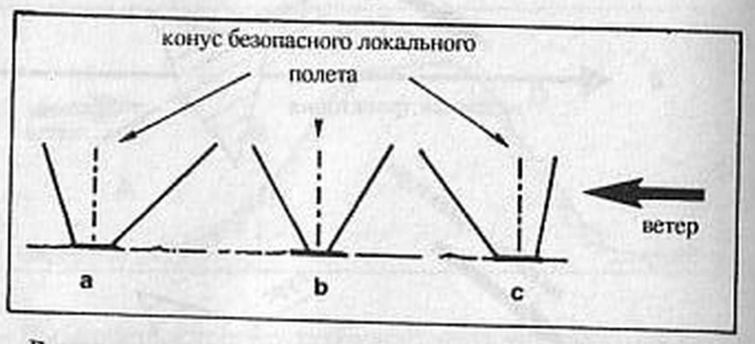




34 — Вы взлетаете вслед за самолетом, ветер дует справа. Вы выбираете следующую траекторию подъема:
а) траекторию 1;
б) траекторию 2;
в) траекторию 3.



35 — Какова правильная форма конуса безопасного локального полета при наличии ветра?



36 — Вы летите при встречном ветре. При фиксированной воздушной скорости:
а) земля под вами движется быстрее, чем при нулевом ветре;

б) земля под вами движется медленнее, чем при нулевом ветре;
в) скорость кажущегося движения земли не меняется.

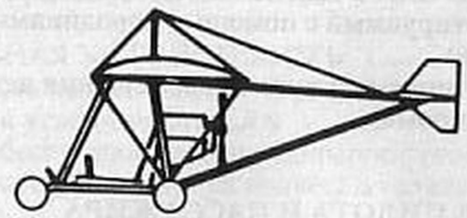
37 — Вы летите при попутном ветре. При фиксированной воздушной скорости:
а) земля под вами движется быстрее, чем при нулевом ветре;
б) земля под вами движется медленнее, чем при нулевом ветре;
в) скорость кажущегося движения земли не меняется.

38 — Градиент встречного ветра при взлете:
а) улучшает характеристики при взлете;
б) не оказывает влияния на характеристики при взлете;
в) ухудшает характеристики при взлете.

39 — Вы сталкиваетесь с встречным порывом. При этом:
а) воздушная скорость возрастает;
б) воздушная скорость уменьшается;
в) перегрузка уменьшается.

40 — Вы сталкиваетесь с восходящим порывом. При этом :
а) перегрузка уменьшается;
б) перегрузка возрастает, а также увеличивается угол атаки и воздушная скорость;
в) угол атаки и воздушная скорость уменьшается.

41 — Вы готовитесь к посадке при довольно сильном (около 25 км/ч) ветре на уровне земли:
а) вы сильно ускоряетесь при посадке и готовитесь сильно кабрировать при выравнивании;
б) вы не набираете скорость и готовитесь мягко приземлиться без выравнивания;
в) вы набираете скорость и совершаете посадку, слегка кабрируя.



СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ 3

ЧАСТЬ 1 6

ОПИСАНИЕ СЛА 6
Основные элементы 3-осного СЛА 7
Основные элементы СЛА маятникового типа 14
Общее описание обычных вспомогательных приспособлений 17

ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИЯ 19
ИНСТРУМЕНТЫ 20
Анемометр 20
Альтиметр 22
Вариометр 22
Компас 22

ОПИСАНИЕ ВИНТОМОТОРНОЙ ГРУППЫ 23
Двигатель 23
Выхлопная система 26
Система охлаждения 27
Система подачи топлива 28
Ручной пускатель 29
Редуктор 29
Передаточный вал 30
Винт 30
Определение основных геометрических характеристик аппарата 31

ОРИЕНТАЦИЯ СЛА 33
ПРИВЕДЕНИЕ СЛА В ДВИЖЕНИЕ 34
Аппарат, пилотируемый с помощью аэродинамических рулей (3-осный) 34
Аппарат, пилотируемый путем перемещения центра тяжести (маятниковый) 35

ПАРАШЮТ 35
ОСНАЩЕНИЕ ПИЛОТА И ПАССАЖИРА 38

РЕГЛАМЕНТАЦИЯ 40
Транспортировка аппарата 42
Сборка и разборка аппарата 44

Требования гигиены и физиологические ограничения пилота 47
ВОПРОСНИК 49

ЧАСТЬ 2 54

ПОЧЕМУ СЛА ЛЕТАЕТ 55
ЭКСПЕРИМЕНТЫ С РУКОЙ, ВЫСУНУТОЙ ИЗ ОКНА АВТОМОБИЛЯ 55
Сверхлегкий летательный аппарат 58
Элементарное объяснение подъемной силы 59

ПОЛЕТ СЛА С ВЫКЛЮЧЕННЫМ ДВИГАТЕЛЕМ . 60
Факторы, влияющие на подъемную силу и сопротивление 63
Допустимый диапазон скоростей и углов атаки . . . 65
Угол срыва и МДС 65
Информация, которой располагает пилот 66

ПОЛЕТ ПО ПРЯМОЙ 68
Полет по прямой – горизонтальный, на подъем или спуск 68
Горизонтальный полет 69
Полет на подъем 69
Полет на спуск 71
Полет с выключенным двигателем 71
Качество 72
Поляра скоростей 73

ПРОДОЛЬНОЕ РАВНОВЕСИЕ В ПОЛЕТЕ ПО ПРЯМОЙ 75
Два условия равновесия 75
Продольное равновесие 76

ПРОДОЛЬНАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ 78
Устойчивость полета СЛА 78
Продольная устойчивость СЛА 79
Факторы, обеспечивающие продольную устойчивость 80
Нагрузка, центровка, точка подвески тележки к крылу 81

ЗАКЛЮЧЕНИЕ: ОПЫТЫ С БУМАЖНЫМ САМОЛЕТИКОМ 83
Многоосный аппарат 83

Маятниковый аппарат 85

МАНЕВРЫ 88
СИЛЫ, ДЕЙСТВУЮЩИЕ НА СЛА ПРИ ПОВОРОТЕ 90
Какие силы присутствуют 90
Продольное и боковое равновесие при вираже 91

ПЕРЕГРУЗКА ИЛИ ОГРАНИЧЕНИЕ ПРИ ВИРАЖЕ
Ограничения, связанные с углом срыва или скоростью сваливания при вираже 99
Штопор 101
Авторотация 102
Радиус виража 104

СИММЕТРИЯ ПОЛЕТА 105
Симметрия полета при вираже 106

УСТОЙЧИВОСТЬ ПО ОСЯМ КРЕНА И РЫСКАНИЯ 108
Устойчивость по углу крена 108
Устойчивость по углу рыскания 110
Необходимость сознательного компромисса между устойчивостью по крену и устойчивостью по рысканию . . 112

ПРИВЕДЕНИЕ В ДВИЖЕНИЕ 114

ВОПРОСНИК 121

ЧАСТЬ 3 128

КАК ВЫБРАТЬ КАЧЕСТВО И КОЛИЧЕСТВО ТОПЛИВА 129
Бензин 129
Масло 129
Смесь масла с бензином 132
Количество топлива 133
Заправка 135

РАЗМЕЩЕНИЕ НА БОРТУ И РЕГУЛИРОВКА . . . 135
Размещение пилота на маятниковом СЛА 136
Размещение пилота на многоосном СЛА 137

ПРЕДПОЛЕТНЫЙ ОСМОТР 138
МАЯТНИКОВЫЙ СЛА
Крыло и тележка 139

Пост управления и приборы 141
Винтомоторная группа 141

ТРЕХОСНЫЙ (многоосный) СЛА
Профиль и несущие элементы 142
Пост управления и приборы 143
Винтомоторная группа 143

ЗАПУСК ДВИГАТЕЛЯ 144
Регулировка 145

ВЫРУЛИВАНИЕ (перед взлетом) 145
Как управлять СЛА на земле 146

ВЫБОР ПОРОГА И ОСИ ВЗЛЕТА 147
ОБЯЗАТЕЛЬНЫЕ ДЕЙСТВИЯ ПЕРЕД ВЗЛЕТОМ . 149
ВЗЛЕТ 151
Выезд на взлетную полосу и ориентация аппарата . . 151
Включение мощности 151
Появление аэродинамических сил и удержание СЛА на прямой 151
Отрыв от земли 152
Оценка и контроль скорости относительно воздуха . 153

ТИПЫ ПОДЪЕМА ПРИ ВЗЛЕТЕ 154

КАК ВЫБИРАТЬ И ПОДДЕРЖИВАТЬ ВЫСОТУ ПОЛЕТА С ПОМОЩЬЮ ВИЗУАЛЬНЫХ ОРИЕНТИРОВ И АЛЬТИМЕТРА 175
Альтиметр 158
Виды калибровки альтиметра 159
Выбор и сохранение траектории на земле 160
Предотвращение сваливания 161
Чтобы избежать столкновений 162
Виражи 164

НЕКОТОРЫЕ ФИЛОСОФСКИЕ СООБРАЖЕНИЯ О ВОЗВРАЩЕНИИ НА ЗЕМЛЮ 167
Рекогносцировка 169
Заход на посадку 170
Начало посадки 172
Посадка 174
Управление СЛА при посадке 177

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПЕЦИАЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ (воздушные тормоза, закрылки и т.п.) ПРИ ПОСАДКЕ
Воздушные тормоз 180а
Закрылки 181

ВОЗМОЖНОСТЬ ПОВТОРНОГО ЗАХОДА НА ПОСАДКУ 181
Выпрямление 181
Качение 182
Качение после посадки 186
. 187

ОСТАНОВКА ДВИГАТЕЛЯ 187

ПАРКОВКА 188

ВОПРОСНИК 190

ЧАСТЬ 4 194

ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОЗДУШНЫХ ПОТОКОВ . . 195
Турбулентное течение 196
Градиент 198
Связь давления со скоростью 200

ВЛИЯНИЕ ВОЗДУШНЫХ ПОТОКОВ НА ПОЛЕТ . 201
Влияние порывов ветра на полет 201
Влияние градиента ветра на полет 203
Влияние постоянного ветра на полет 206
Влияние постоянного ветра на наземные траектории . 208
Влияние ветра на выбор режима полета и на характеристики при выключенном двигателе 211
Иллюзии при полете вблизи земли 215

ВЛИЯНИЕ ВОЗДУШНЫХ ПОТОКОВ НА МЕСТНЫЙ ПОЛЕТ 219
Взлет 221
Турбулентность, связанная с препятствиями . . . 223
Турбулентность, связанная с рельефом 224
Турбулентный след 225
Термическая турбулентность 225
Полет в условиях турбулентности 226
При посадке 229

ВОПРОСНИК 232

ОТВЕТЫ НА ВОПРОСЫ

Часть 1

1 — в	7 — в	13 — в	19 — а	25 — а
2 — б	8 — а	14 — б	20 — б	26 — а
3 — б	9 — б	15 — в	21 — а	27 — а
4 — а	10 — а	16 — а	22 — а	28 — а
5 — а	11 — б	17 — а	23 — б	29 — б
6 — б	12 — в	18 —а	24 — б	

Часть 2

1 — а	10 — в	19 — б	28 — а	37 — а
2 — б	11 — б	20 — б	29 — а	38 — б
3 — а	12 — а	21 — б	30 — а	39 — а
4 — а	13 — а	22 — б	31 —а	40 — б
5 — в	14 — а	23 — в	32 — б	41 — а
6 — в	15 — а	24 — б	33 — в	42 — в
7 — б	16 — в	25 — в	34 —б	43 — б
8 — в	17 — а	26 — в	35 — в	44 — а
9 — в	18 — в	27 — б	36 —б	45 — б

Часть 3

1 — б	6 — в	11 — а	16 — б	21 — б
2 — в	7 — в	12 — а	17 — б	22 — б
3 — в	8 — в	13 — б	18 — б	23 — б
4 — а	9 — а	14 — в	19 — а	24 — в
5 — б	10 — б	15 — а	20 — а	

Часть 4

1 — б	10 — а	19 — а	28 — в	37 — а
2 — в	11 — в	20 — б	29 — в	38 — а
3 — б	12 — б	21 — в	30 — в	39 — а
4 — б	13 — а	22 — б	31 — в	40 — б
5 — в	14 — б	23 — а	32 — б	41 — в
6 — а	15 — а	24 — а	33 — а	
7 — в	16 — б	25 — б	34 — в	
8 — а	17 — а	26 — в	35 — а	
9 — а	18 — в	27 — а	36 — б	