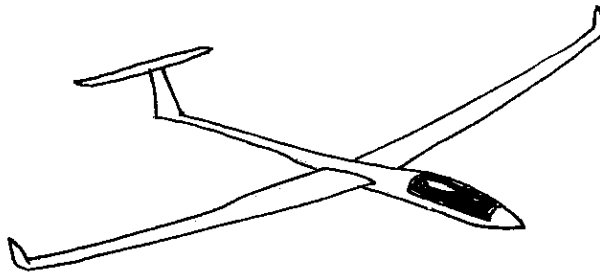


Что в точности они подразумевают под "насосами"?



Жан-Пьер Пети

# МЕХАНИКА ПОЛЁТА

2008

à Vladimir Golubev,  
mon frère

## L'Association "Savoir sans Frontières" Общество «Знание без границ»

Это общество, основанное и руководимое профессором Жаном-Пьером Пети (Jean-Pierre Petit), астрофизиком, призвано распространять научные и технические знания, по возможности среди наибольшего числа стран, пользуясь наибольшим числом языков. Для этой цели вся информация, распространяемая этим обществом, представлена в виде иллюстрированных популярных альбомов, созданных профессором Ж.П.Пети на протяжении последних тридцати лет и находящихся в свободном доступе через Интернет. Любой человек может скопировать альбомы, выставленные в Интернете, либо в цифровом, либо в печатном виде, и распространять копии в библиотеках, школах, университетах. Их можно распространять также в ассоциациях, цели которых совпадают с целями Ассоциации «Знание без границ», при условии отсутствия в действиях по распространению указанных копий коммерческого, политического, сектантского или конфессионального интереса. Эти альбомы в формате pdf могут также быть помещены в информационные сети школьных и университетских библиотек.



Жан-Пьер Пети предусмотрел создание других многочисленных произведений, доступных для широкой публики. Некоторые из этих произведений могут быть доступны даже неграмотным, путем кликания по разделам тестов, после которого их содержание излагается голосом. Эти работы могут использоваться как помощь при изучении грамоты. Другие работы будут двуязычными, в том смысле, что простым кликаньем можно будет переходить с одного языка на другой. Это дает новую помощь при изучении иностранных языков.

Жан-Пьер Пети родился в 1937 году. Его профессиональная карьера посвящена участию в научных исследованиях во Франции. Он работал в областях: физика плазмы; информатика (руководил центром информатики, создавал программы); механика жидкостей; теоретическая астрофизика и многое другое. Он опубликовал сотни статей в научных журналах различных направлений, а также около тридцати работ, переведенных на многочисленные языки.

С Ассоциацией можно контактировать по интернет-сайту

<http://www.savoir-sans-frontieres.com>

# Знание без границ

Номера в прибылях решений ассоциация создана в 2005 году и удалось с помощью двух французских ученых .  
Цель : распространять научные знания с помощью группы, взятой из бесплатных загружаемых PDF-файлов. В 2020 году : 565 переводы на 40 языков , что , таким образом , была достигнута . С более чем 500 000 загрузок .



Jean-Pierre Petit

Gilles d'Agostini

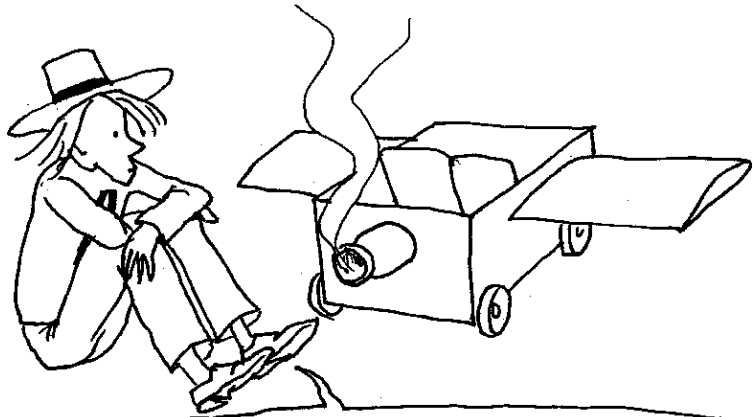
Ассоциация является Totall у добровольным .  
Деньги полностью пожертвованы переводчикам .

Чтобы сделать пожертвование,  
воспользуйтесь кнопкой PayPal  
на главной странице:

<http://www.savoir-sans-frontieres.com>



# ПЛАНИРОВАНИЕ

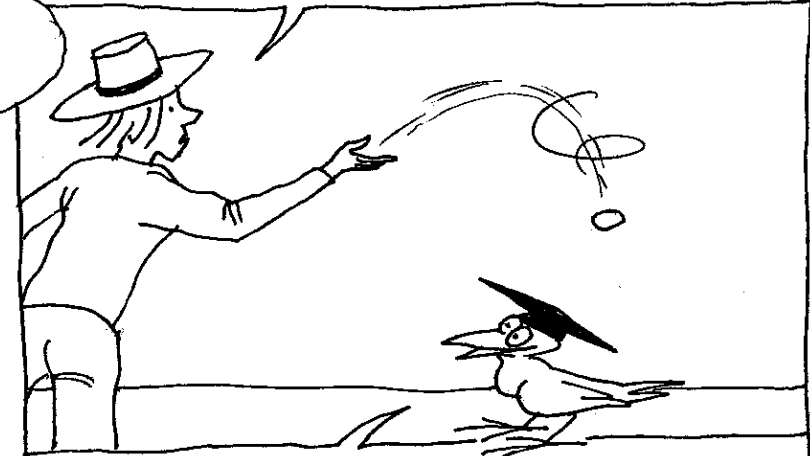


Реактивное движение - это всё-таки сложно, загрязняет окружающую среду и прочее. В ожидании, когда у меня будет другая система передвижения, как бы я смог держаться в воздухе?

Почему бы не воспользоваться силой тяжести

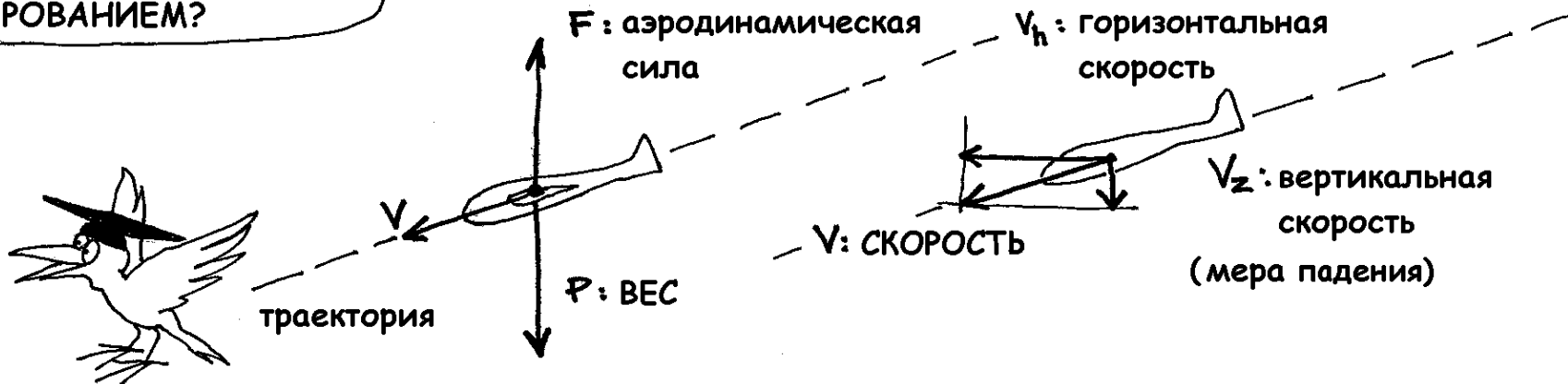


Сила тяжести? Но ведь это не МОТОР, не так ли? Когда я бросаю булыжник, он падает, и это всё. Это нельзя назвать полётом.



Тебе не обязательно падать камнем. ПЛАНИРУЯ, ты можешь спускаться не торопясь.

Что подразумеваешь ты под ПЛАНИРОВАНИЕМ?

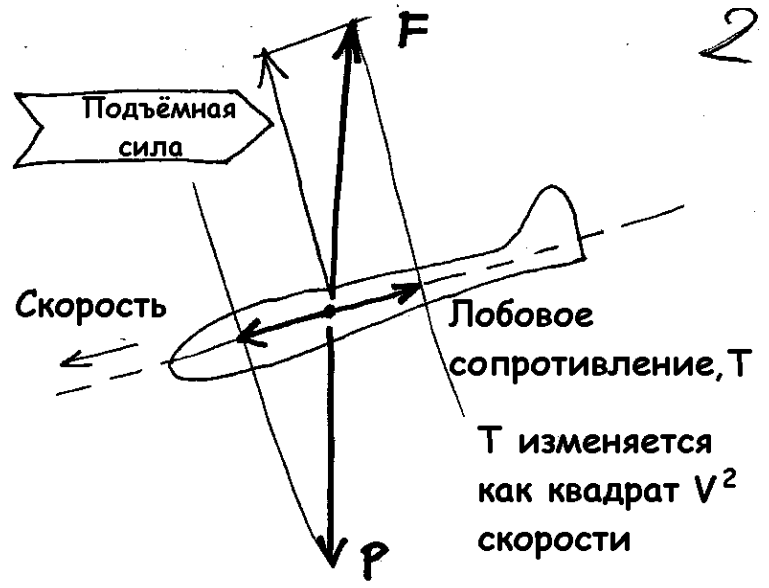


С помощью КРЫЛЬЕВ можно, если перемещаются со скоростью  $V$ , создать АЭРОДИНАМИЧЕСКУЮ СИЛУ  $F$ , пропорциональную квадрату  $V^2$  этой скорости

Если я правильно понимаю твой рисунок, вес  $P$  прямо противоположен силе  $F$ . Но каким же чудом это так?



Подумай: рисунок соответствует **СТАБИЛИЗИРОВАННОМУ ПОЛЁТУ** с постоянной скоростью  $V$ , соответствующему **УГЛУ СКОЛЬЖЕНИЯ**  $\alpha$ . Передвижение твоего **ПЛАНЕРА (\*)** сопровождается силой **ЛОБОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ**, которая приводит в равновесие толкающую составляющую **ВЕСА**



$T$  изменяется как квадрат  $V^2$  скорости

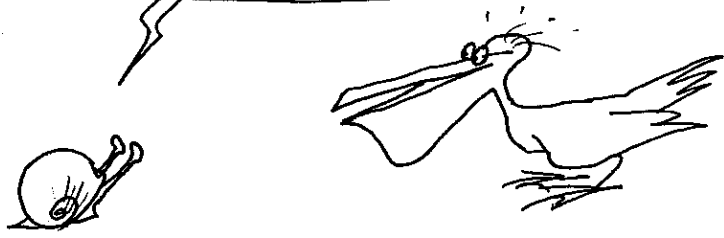
В конце концов, это именно вес заставляет продвигаться вперёд. Это совершенно изумительно.



Тирезия, я знаю, что вы никогда не катались на лыжах. Но это в точности похоже. Это проекция вектора веса лыжника к его **УГЛУ НАКЛОНА**, который заставляет его продвигаться вперёд. При уравновешенном спуске, при постоянной скорости эта движущая сила выравнивается силой **ТРЕНИЯ** лыж о снег, которая увеличивается со скоростью  $V$ .

(\*) который англо-саксы называют **ГЛАЙДЕР** или **"ГЛИССЕР"**

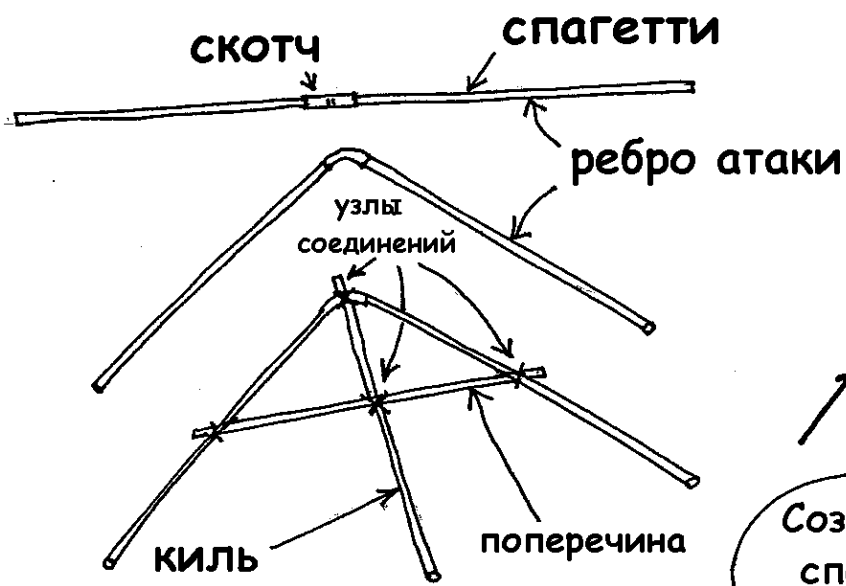
Но, Леон, вы также не катались на лыжах?



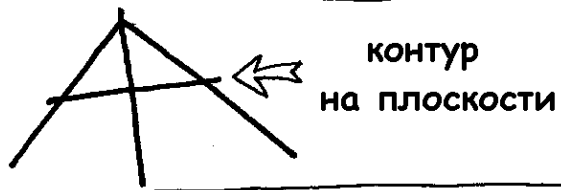
Смотри, Ансельм, летающую машину создадут очень просто из бумаги, скотча, спагетти и прищепки



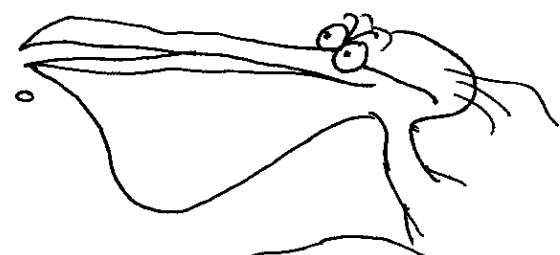
и катушки с нитками

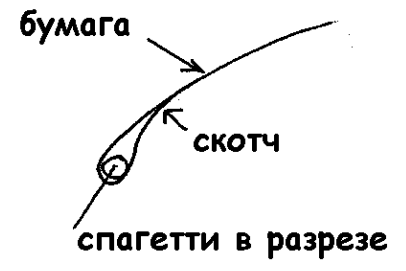
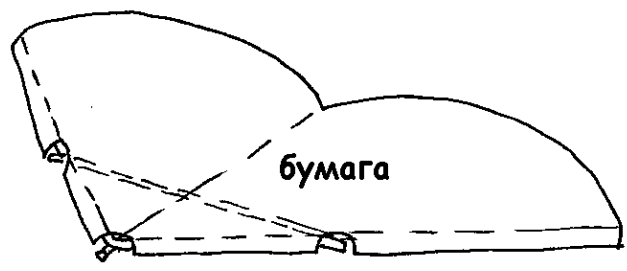
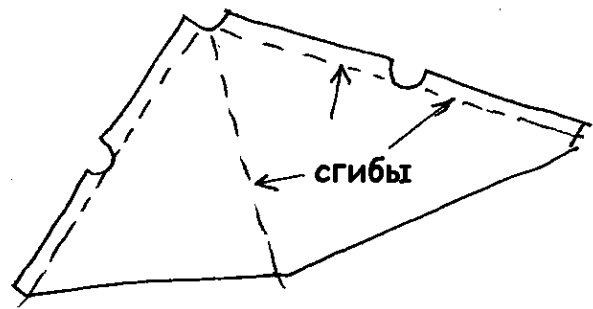


мещанские штучки ...

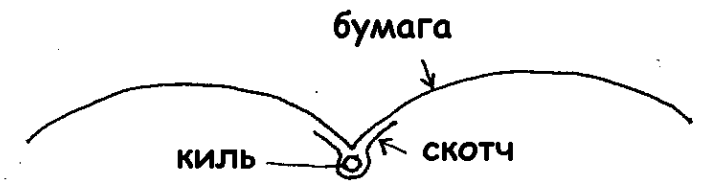
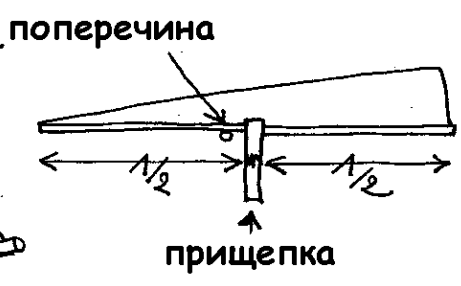
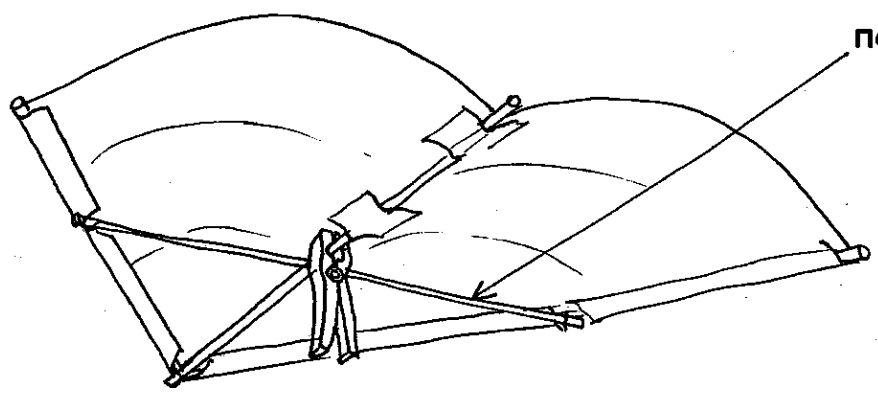


Создают эту несущую конструкцию из спагетти, соединённых при помощи скотча и узелков из ниток

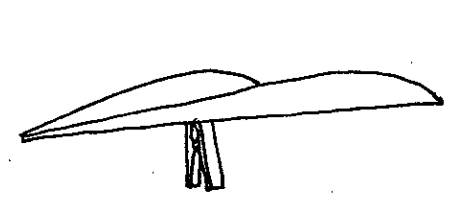




Сборка "купола" на трубчатой несущей конструкции



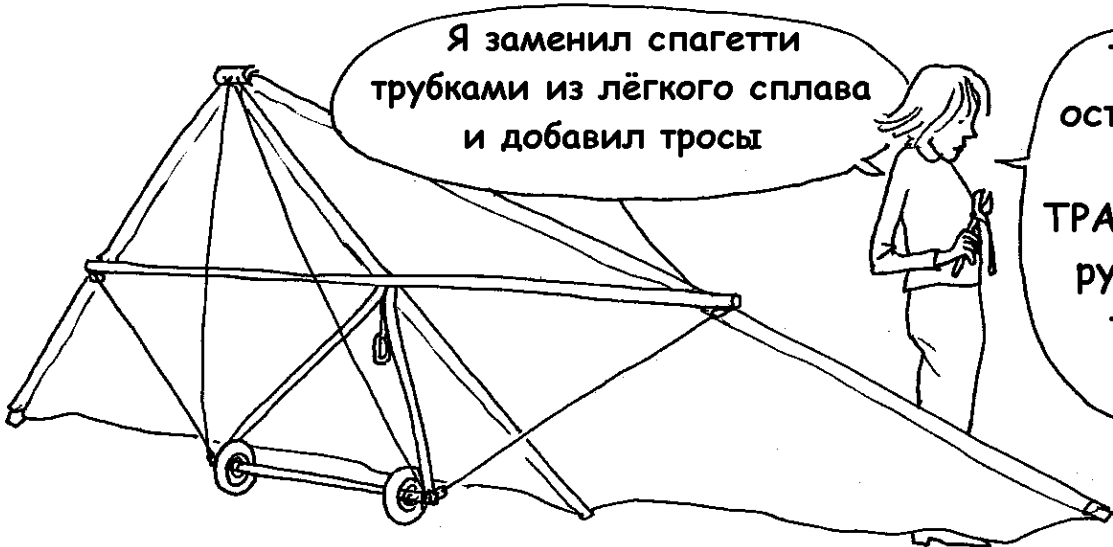
Летит!



Ты выверяешь ЦЕНТРОВКУ, продвигая вперёд или отодвигая назад прищепку



# ДЕЛЬТАПЛАН



Я заменил спагетти  
трубками из лёгкого сплава  
и добавил тросы

Так как эта штуковина летает, ничего не  
остаётся, как заменить прищепку. Я соорудил  
трубчатую конструкцию из  
ТРАПЕЦИИ, за которую буду держаться обеими  
руками. Вот так я смогу перемещать балласт,  
т.е. свой собственный вес, вперёд, назад,  
направо, налево, куда угодно

Разве не стоило бы лучше ...  
подождать мнения Софи?

Боже мой, он вполне способен  
прицепиться под этим ужасным хламом



Бедняга ...

В чём и проблема.  
Так же, как и со спагетти  
и прищепкой

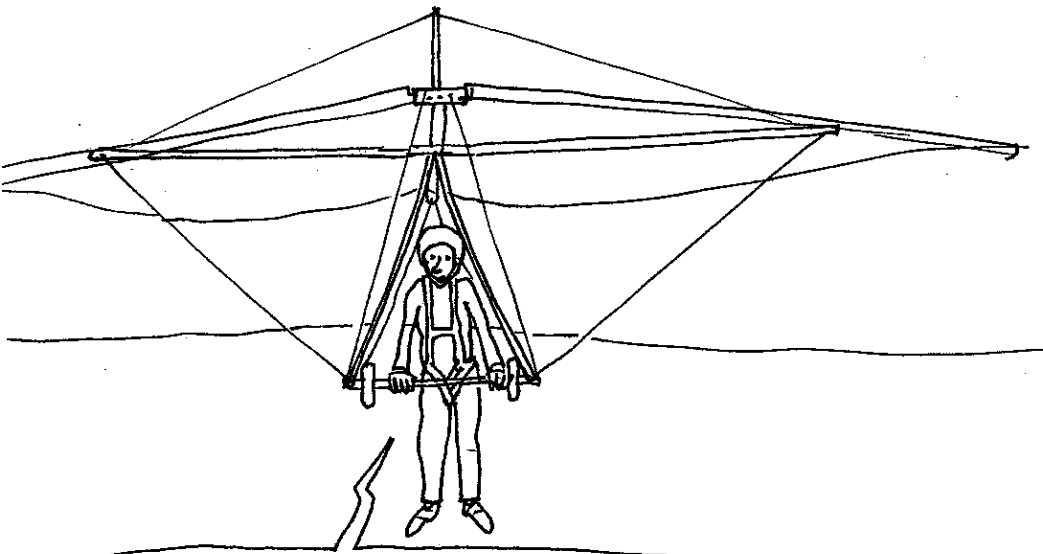


Исключив прищепку,  
остаюсь я

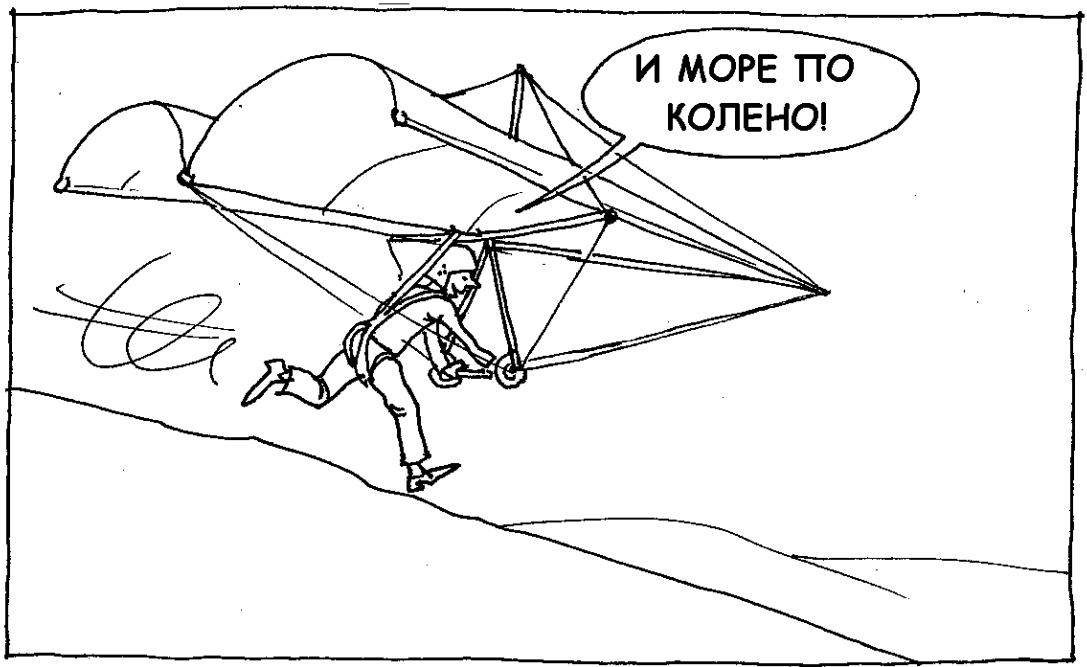


Я прицепляюсь к киллю  
этим крюком с защёлкой

Я предусмотрел ролики  
для посадки

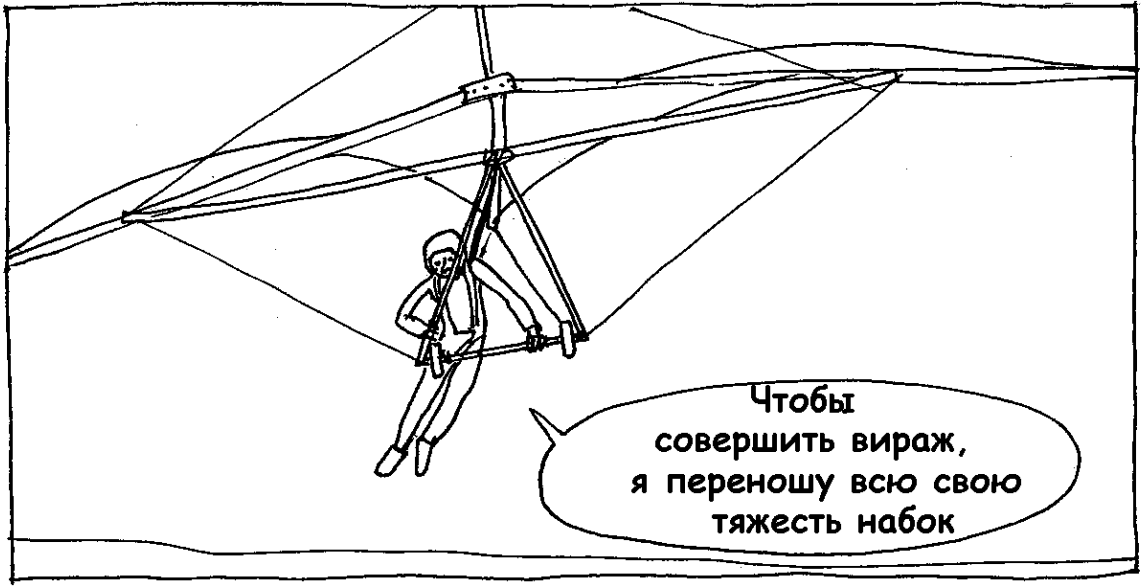
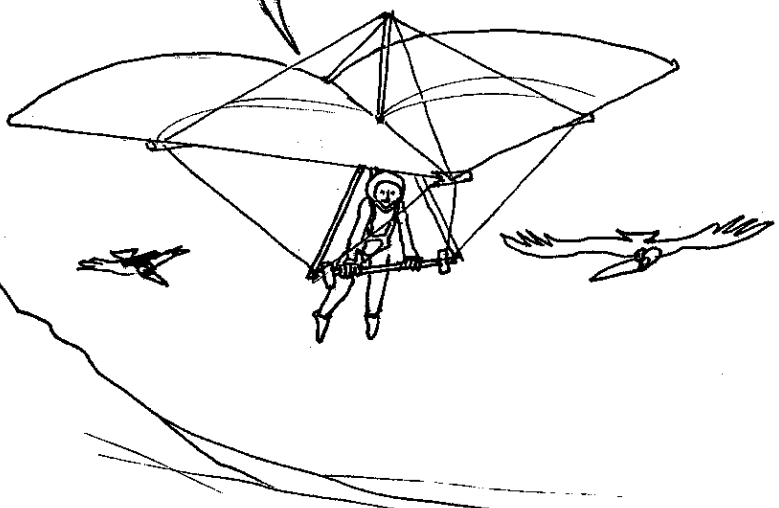


Годится, ... симпатичный вид у этого склона,  
ничего не остаётся, как туда направиться



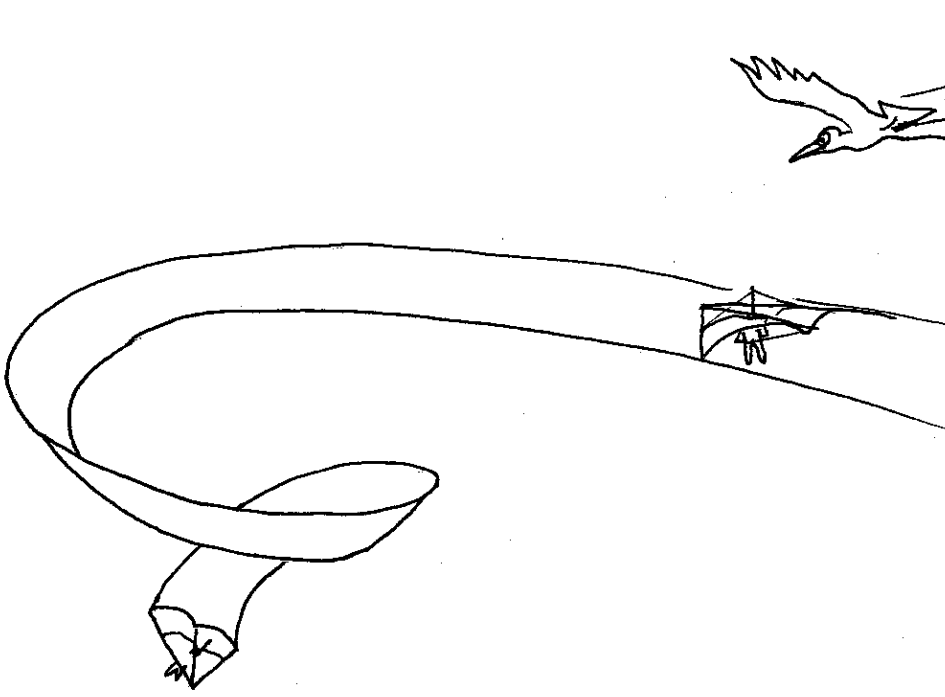
И МОРЕ ПТО  
КОЛЕНО!

Всё в порядке!!!



Чтобы совершить вираж, я переношу всю свою тяжесть набок

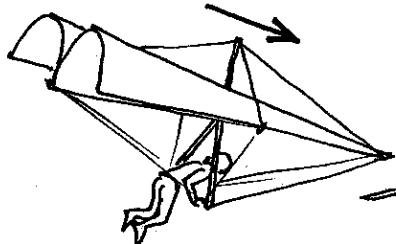
Прямо по курсу: величина скорости падения 2,5 м/сек. На вираже - сильный занос на внутренний конец крыла и скорость падения 3,5 м/сек



Неплохо!  
Будто гладит утюгом!

# АВТОУСТОЙЧИВОСТЬ

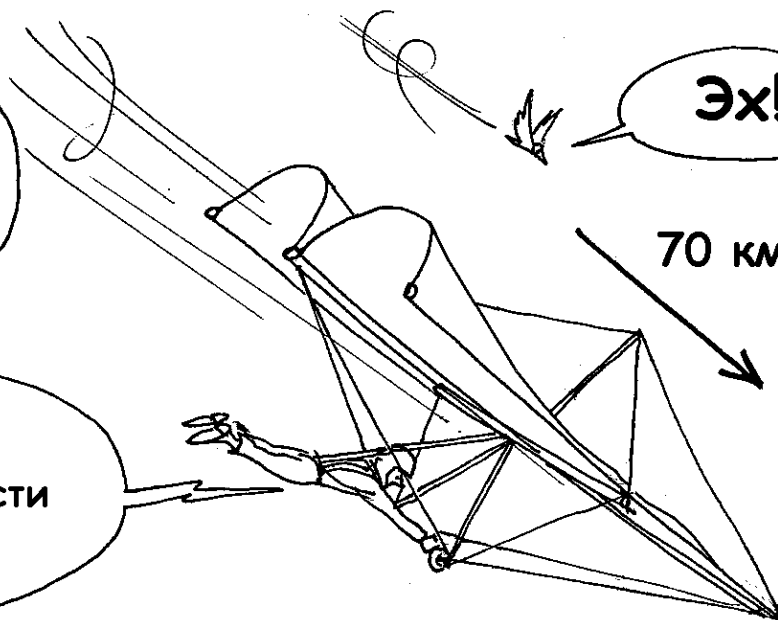
50 км/ч



Всей тяжестью вперёд.  
Я набираю скорость.  
Увидим, как энергична  
эта машина!

Эх!

70 км/ч

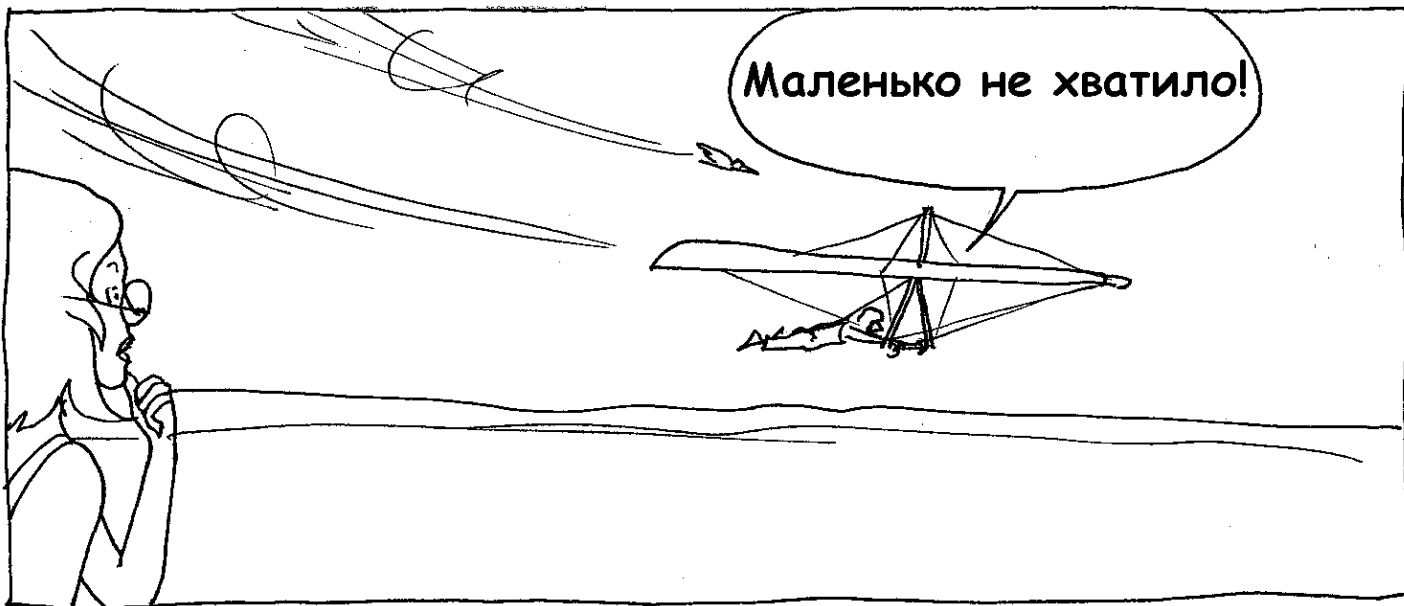


ЧЁРТ ВОЗЬМИ!  
Я набираю скорость,  
и невозможно произвести  
выравнивание!

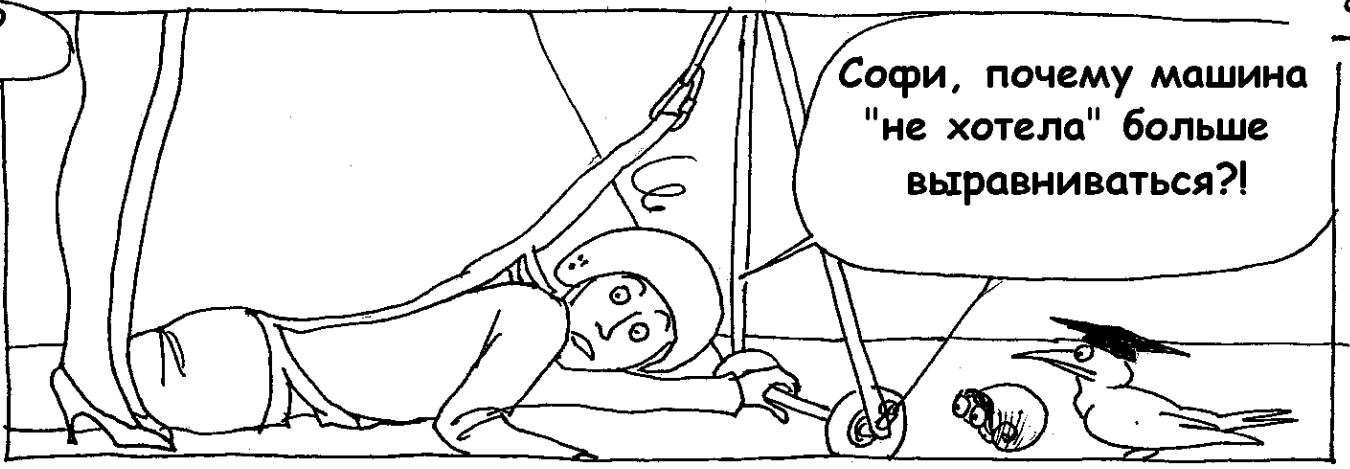
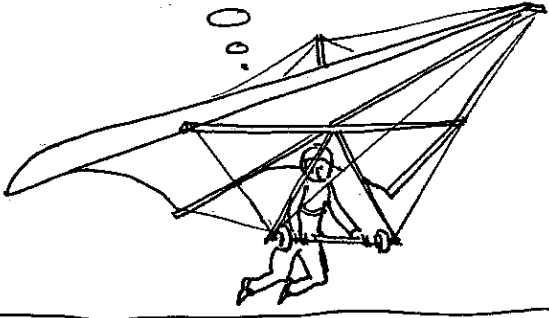


Всей тяжестью я подаюсь  
назад, руки вытянуты,  
но это не выравнивает!!

Маленько не хватило!

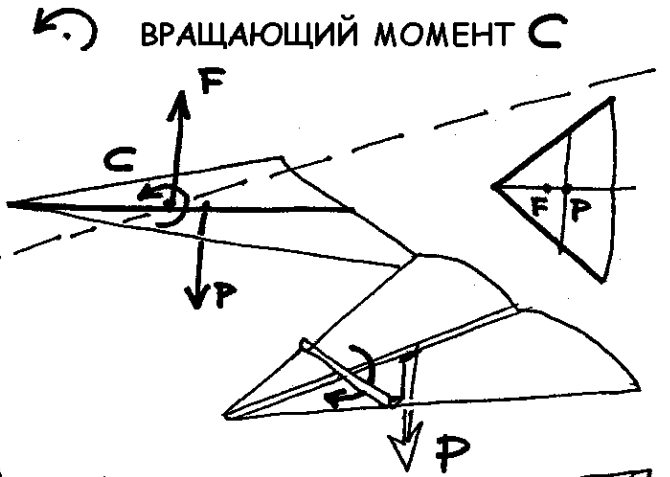


Чтобы снизить скорость, нужно кабрировать



Софи, почему машина "не хотела" больше выравниваться?!

Ансельм, вспомни первую часть этого альбома. Подъёмная сила могла быть достигнута только ценой **ВРАЩАЮЩЕГО МОМЕНТА С**. То же самое с твоим **ТРЕУГОЛЬНЫМ КРЫЛОМ**. Это именно твой вес  $P$  в полёте уравнивает вращающий момент. Ты прикрепился к середине твоего киля, т.е. позади **ЦЕНТРА** твоего крыла, которое в треугольном крыле составляет 40% от его **ПРОФИЛЯ (\*)**



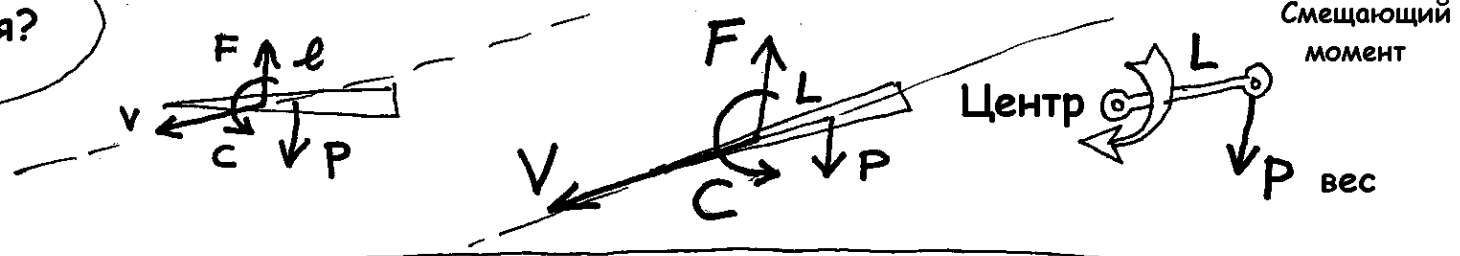
А я-то был уверен, что здесь бы прошёл

Смещение веса  $P$  назад создаёт смещающий момент, который противостоит вращающему моменту аэродинамического происхождения

(\*) На **ПРЯМОМ** крыле  аэродинамическая сила  $F$  действует на 25% профиля



Но почему моя машина отказывалась выравниваться?



Подумай, смещающий момент обязан своим появлением смещению твоего веса. Это  $P \times l$ . Он приводит в равновесие вращающий момент  $C$ , который, как и все аэродинамические составляющие: **ПОДЪЁМНАЯ СИЛА, ЛОБОВОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ** в итоге составляют **АЭРОДИНАМИЧЕСКУЮ СИЛУ  $F$  (\*)**, которая действует на **ЦЕНТР** крыла, изменяются как квадрат  $V^2$  скорости. Если ты пикируешь со своим Дельтапланом и увеличиваешь скорость, ты придашь вращающему моменту  $C$ , который сам тоже изменяется как  $V^2$ , значение, которому ты не сможешь больше сопротивляться при твоём **КАБРИРУЮЩЕМ МОМЕНТЕ  $P \times L$  (\*\*)**

Немного не хватило, чтобы Ансельм вышел из своей **ЗОНЫ ТПОЛЁТА**, и чтобы машина стала **НЕУПРАВЛЯЕМОЙ!**

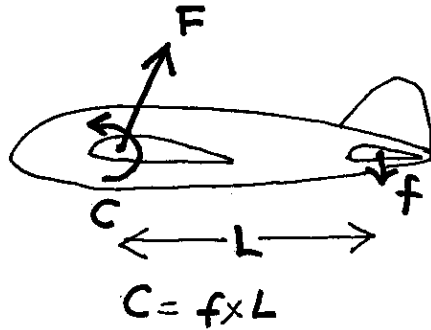
Но это ужасная вещь! Каково же решение?



\*) В учебниках это называют РЕЗУЛЬТИРУЮЩЕЙ АЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ СИЛОЙ, которую обозначают **R**

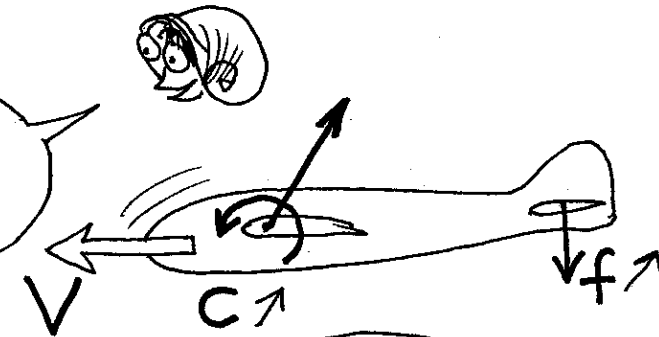
\*\*) Незнание этого явления явилось причиной многочисленных несчастных случаев со смертельным исходом в семидесятых годах

Для аэродинамической проблемы нужно найти решение аэродинамического происхождения. Это то самое, что Софи подсказала Ансельму относительно ХВОСТОВОГО ОТПЕРЕНИЯ в первой части работы



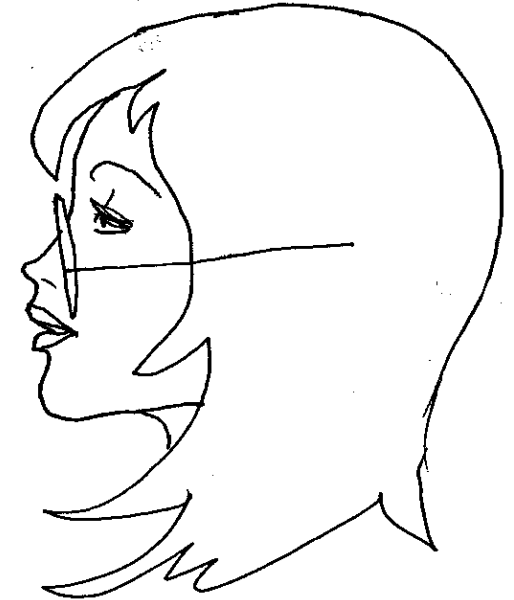
Горизонтальное хвостовое оперение с небольшой отрицательной подъёмной силой легко выравнивает вращающий момент крыла действием широкой рукоятки рычага, составляющей части фюзеляжа

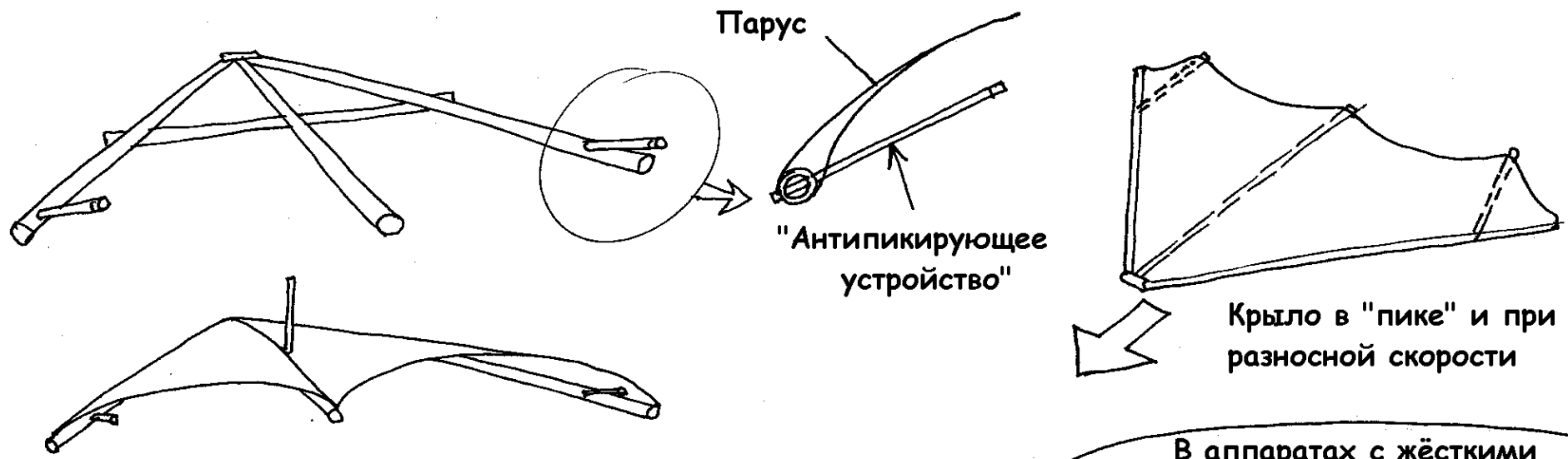
Сверх того, эта система с АВТОМАТИЧЕСКОЙ БАЛАНСИРОВКОЙ. Если скорость увеличивается, машина "пытается" опрокинуться вперёд из-за возрастания вращающего момента  $C$ , который изменяется как  $V^2$ . Но это сразу же компенсируется увеличением МОМЕНТА КРЕНА  $f$ .



Итак, мне ничего не остаётся, как разместить хвостовое оперение на моём Дельтаплане?

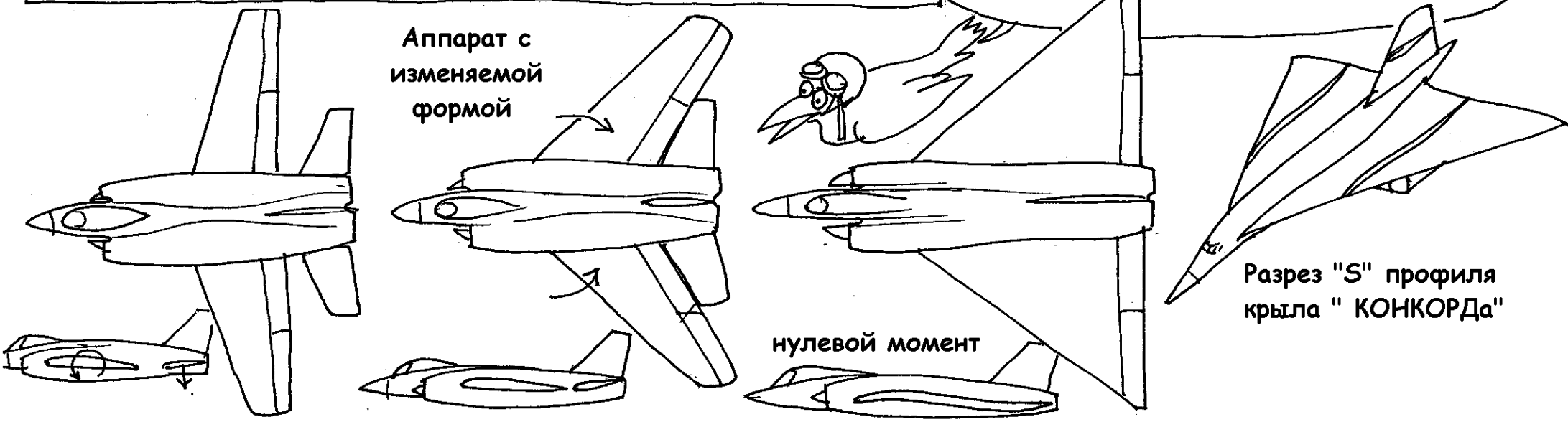
Ты мог бы на самом деле так сделать. Но обеспечить твою безопасность можно намного проще



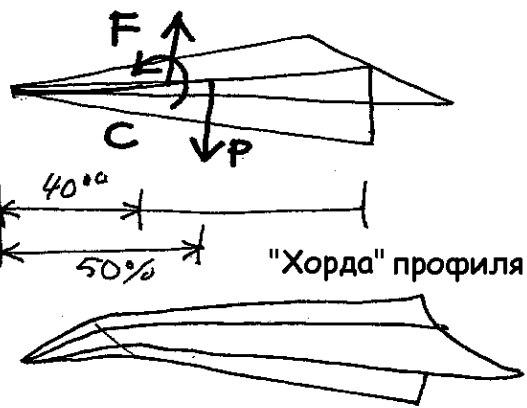


Эти устройства, называемые "АНТИПИКИРУЮЩИМИ", не задевают купол при нормальном полёте, а при опасных случаях разносной скорости и входа в пике они поддерживают приподнятой заднюю часть несущей поверхности купола и "заставляют" автоматически выпрямляться \*

В аппаратах с жёсткими треугольными крыльями их приводят в состояние автоматической балансировки (полёт при нулевом вращающем моменте), "вводя" хвостовое оперение купола, придав его профилю форму "S"







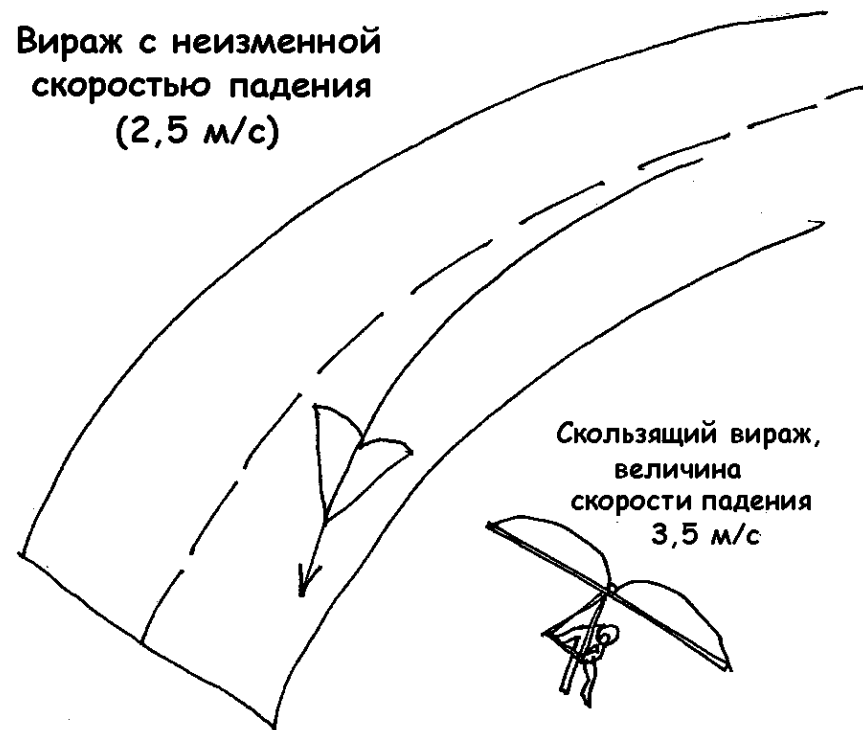
Классическая бумажная галочка летает как дельтаплан. Центр тяжести, очевидно, посередине, тогда как ЦЕНТР находится в 40% от ХОРДЫ профиля.

Смещающий момент, обязанный своим появлением весу, компенсирует вращающий момент, связанный с подъемной силой. В явном пике она не производит выравнивание.

Можно перейти к профилю с автоматической балансировкой, слегка согнув "нос" и удалив у него (тоже совсем слегка) заднюю часть. Затем галочке придают профиль в виде "S", который, между прочим, позволяет ей летать более медленно

УПРАВЛЕНИЕ

Виращ с неизменной  
скоростью падения  
(2,5 м/с)



Но в твоей машине есть большой недостаток. Чтобы совершить вираж, тебе нужно будет направить весь свой вес к внутренней зоне виража. Она достигает сильного ОТКЛОНЕНИЯ ВО ВНУТРЕННЮЮ СТОРОНУ РАЗВОРОТА. Величина скорости падения доходит до 3,5 м/с

(\* ) Эти простые приспособления незамедлительно проявили себя очень эффективно.

# КАК ПТИЦАМ УДАЁТСЯ ДЕЛАТЬ ПОВОРОТ ?



Можно было бы разместить  
мобильное вертикальное хвостовое оперение.  
Но у птиц и летучих мышей этого нет. И всё же,  
все они ухитряются очень резко совершать вираж.  
Как они это делают?

Птеродактиль, летучая мышь, гриф  
и воробей не нуждаются в вертикальном  
хвостовом оперении чтобы совершить вираж



При расправлении крыла и складывании другого наблюдаются два эффекта:

Поверхности крыльев изменены.

Крыло, которое вытянуто, видит, что его задняя кромка опустилась.

Обратный процесс - для крыла, которое складывается

Вид сзади летящего по прямой линии птеродактиля



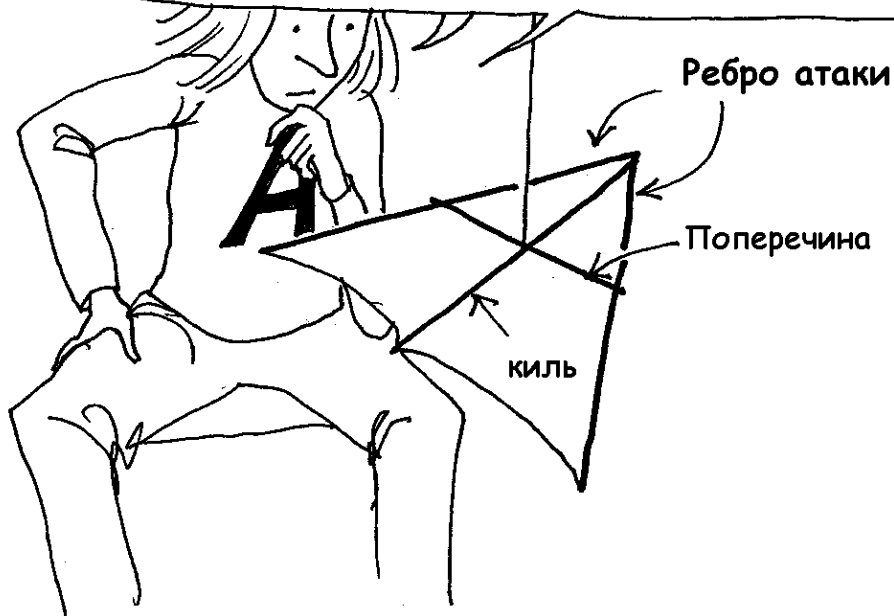
Справа никого. Я совершаю вираж



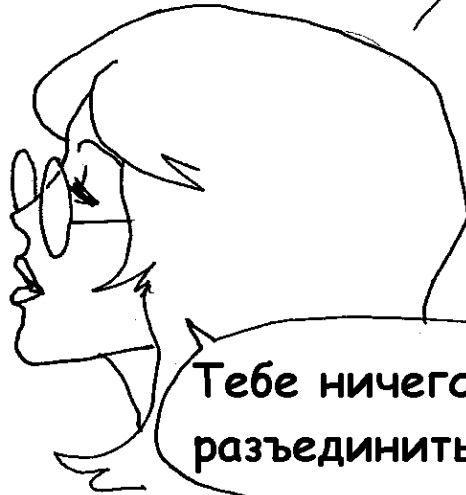
Безопасно

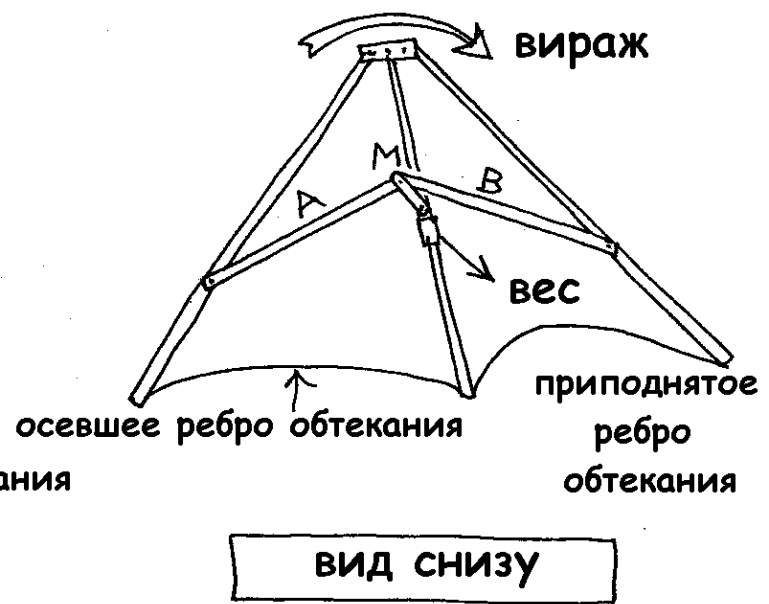
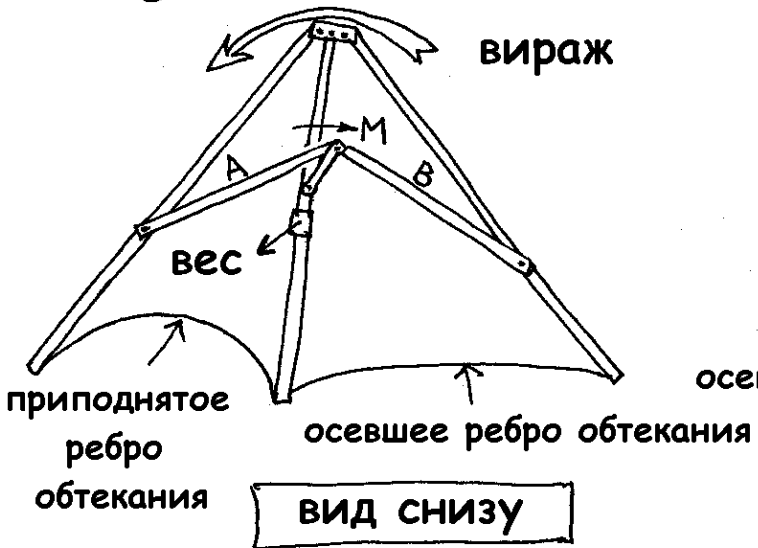
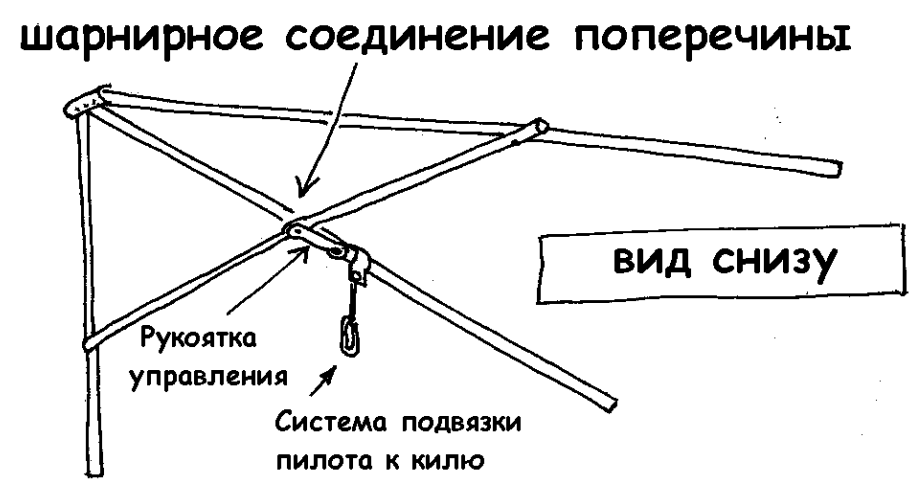
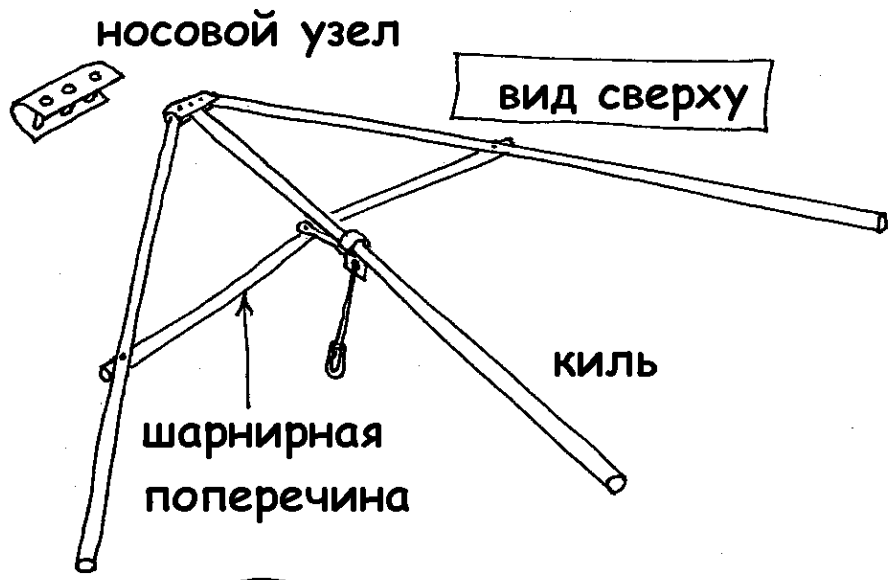


Очень мило, но что делать, чтобы вытянуть крыло, сложив также легко другое?



Тебе ничего не остаётся, как разъединить киль и поперечину



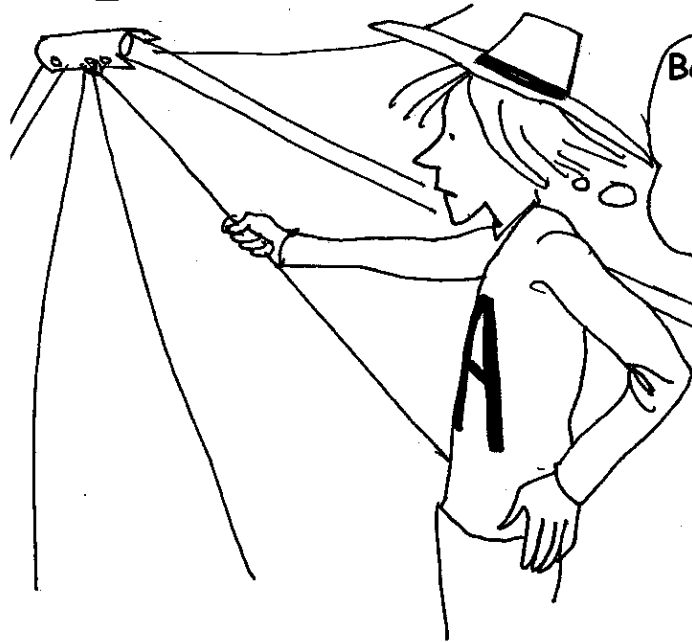


Эта система, называемая "плавающей поперечиной", чрезвычайно изобретательно позволяет пилоту, перемещая свой вес, смещать киль относительно шарнирного соединения М двух полупоперечин А и В, равной длины. Перемещения на несколько сантиметров позволяют выполнять крутые виражи

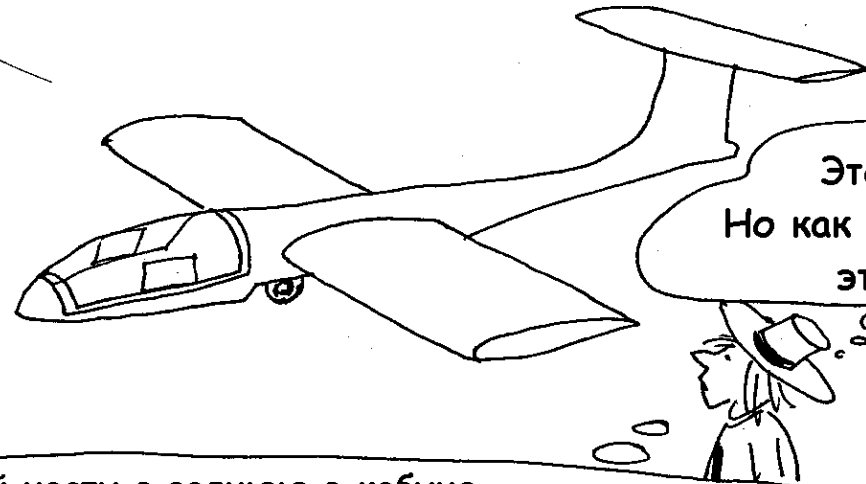
УПРАВЛЕНИЕ



Если же я хочу представить себе конкурентноспособный ПЛАНЕР, мне нужно исключить всё, что является причиной потери энергии. Значит, в первую очередь, ТУРБУЛЕНТНОСТЬ. Если мой планер оставляет позади себя массы воздуха, приведённые в движение своим перелётом, это растроченная впустую энергия

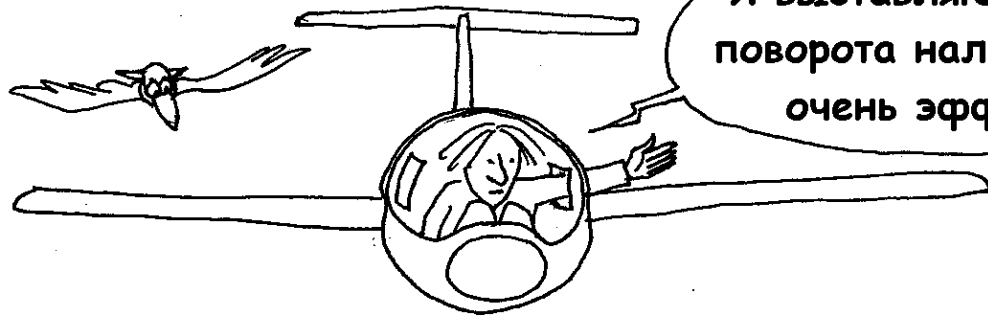


Все эти тросы являются причиной значительного ЛОБОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ: снять.  
Пилот: внутри конструкции.  
Перегородки гладкие, без шероховатостей.  
Нужно всё пересмотреть.



Это неплохо.  
Но как пилотировать  
эту машину?

Я могу перемещаться из передней части в заднюю в кабине, чтобы кабрировать или пикировать. С каждой стороны я расположил окна, и, выставив из них руку, можно сделать поворот. Но это менее эффективно и создаёт турбулентность. То, чего я именно хочу избежать любой ценой.

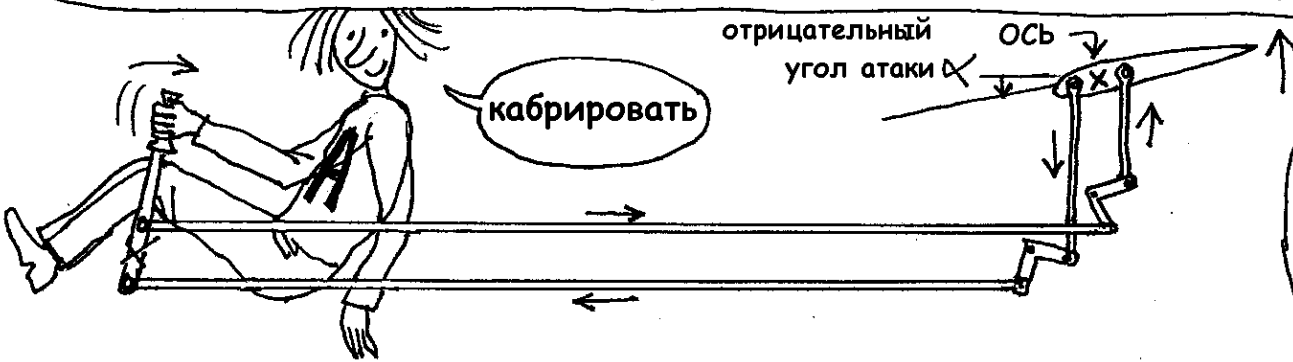


Я выставляю руку для поворота налево. Гм, не очень эффективно!

Между прочим ...



Смотри-ка, интересный трюк. Когда я вот так располагаю руку, как бы в виде крыла, и изменяю УГОЛ АТАКИ  $\alpha$ , сила меняется пропорционально ему. Я смастерю горизонтальное хвостовое оперение с изменяемым по желанию углом атаки  $\alpha$

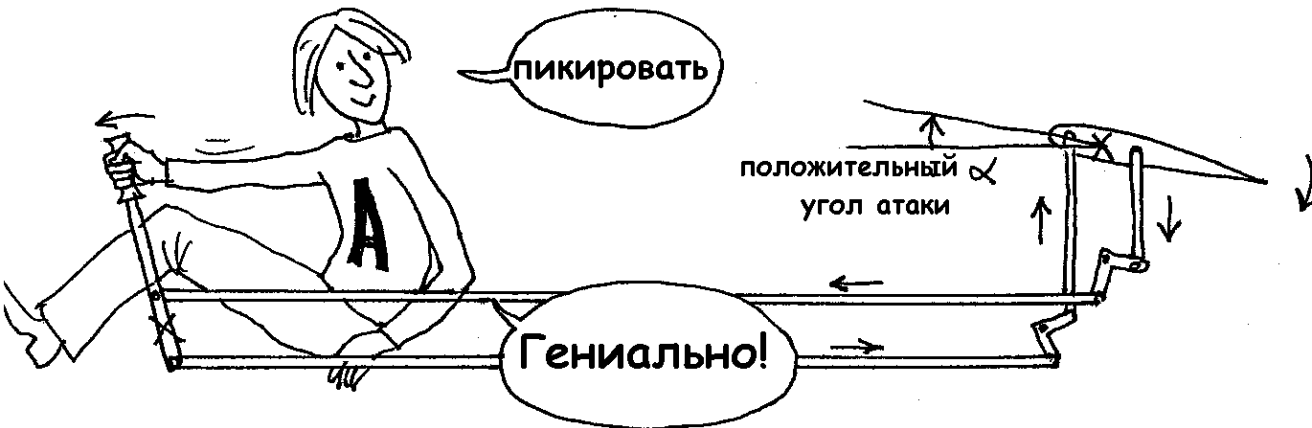


кабрировать

отрицательный  
угол атаки  $\alpha$

Ось

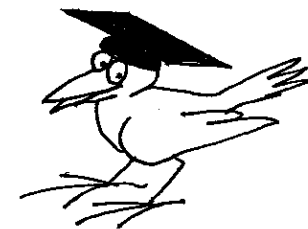
Благодаря этой СИСТЕМЕ РАСТЯЖЕК Ансельм может маневрировать на расстоянии горизонтальной плоскостью своей летающей машины благодаря РУЧКЕ УПРАВЛЕНИЯ



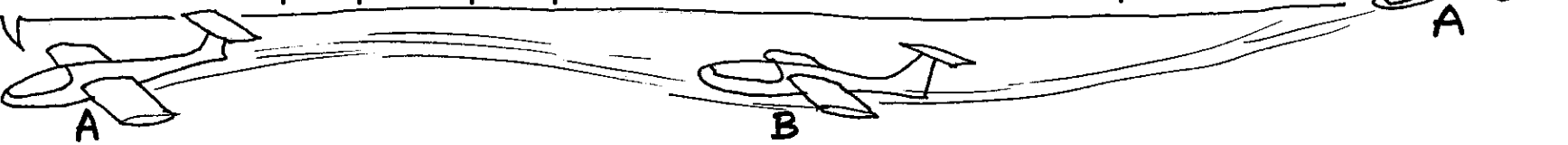
пикировать

положительный  $\alpha$   
угол атаки

Гениально!



Потрясающе! Я могу пикировать или кабрировать, когда захочу, управляя РУКОЯТКОЙ. Таким образом, я могу быстро проконтролировать ПОЛОЖЕНИЕ моего планера



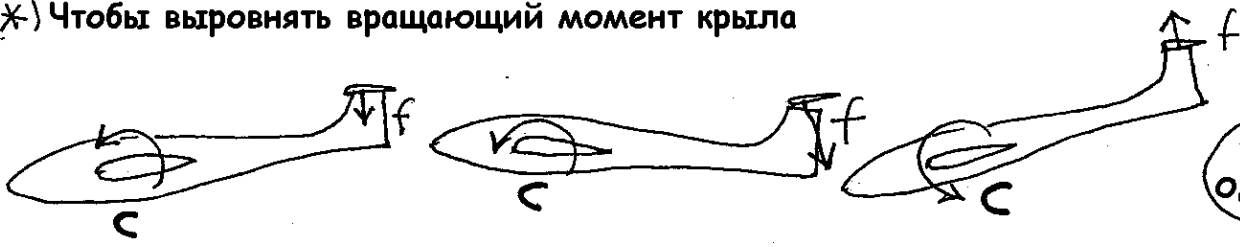
<p>Обычный спуск. Рукоятка на "нулевой" отметке. Хвостовое оперение слегка смещено (*)</p>	<p>Ансельм пикирует, давя на рукоятку: Горизонт "поднимается", и скорость увеличивается</p>	<p>Ансельм кабрирует, потянув за рукоятку. Горизонт "опускается", и скорость понижается</p>

Мне ничего не остаётся, как послужить капотом моего планера, чтобы проконтролировать его ПОЛОЖЕНИЕ. Если горизонт поднимается, это значит, что я пытаюсь пикировать. Если горизонт опускается, это значит, что я пытаюсь кабрировать. Соответственно реагирует скорость планера: Положение при пикировании: она возрастает. Положение при кабрировании: она уменьшается.



Этот ОРИЕНТИР "КАПОТ" - один из самых полезных указателей

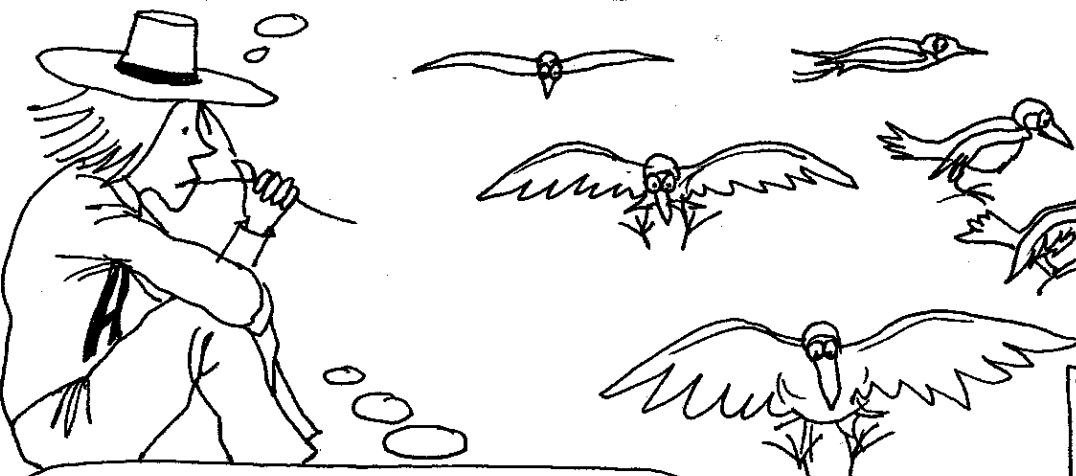
(\*) Чтобы выровнять вращающий момент крыла



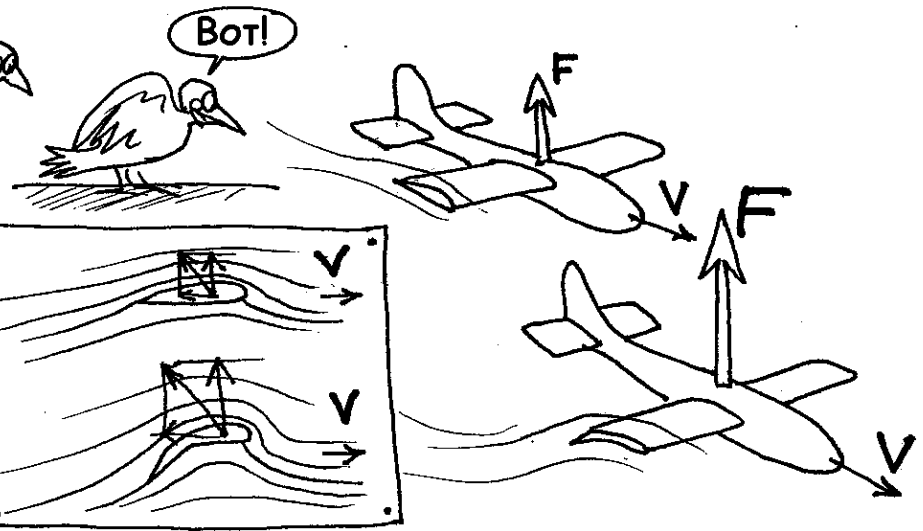
Чем быстрее летит планер, и тем больше становится слышимым, усиливается шум, происходящий от трения крыла. Когда ещё не были изобретены приборы, измеряющие скорость, пилоты планера узнавали друг друга, потому что их уши были удлинёнными вследствие адаптации

Хорошо, для контроля КИЛЕВОЙ КАЧКИ это подходит. Но на вираже это совсем не то. Пока что я буду наблюдать птиц, как они летают

# ЗАКРЫЛКИ ДЛЯ ИЗМЕНЕНИЯ КРИВИЗНЫ ТРАЕКТОРИИ



В момент своего приземления они сгибают свои крылья, воздействуя на перья с помощью мышц



Увеличение кривизны моего ПРОФИЛЯ КРЫЛА приводит к появлению бóльшей аэродинамической силы при той же скорости  $V$ . И наоборот, придав таким способом форму своим крыльям, птицы могут ПРОЯВИТЬ СЕБЯ на меньшей скорости



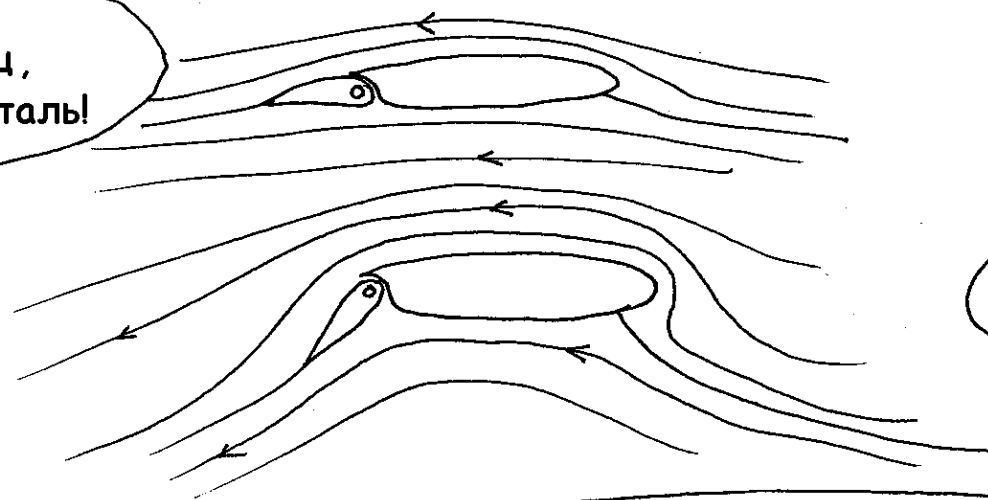
Я не могу сложить эти крылья. Зато, я могу сделать сгибаемой их заднюю часть.

Крылья ... шарнирные!?!

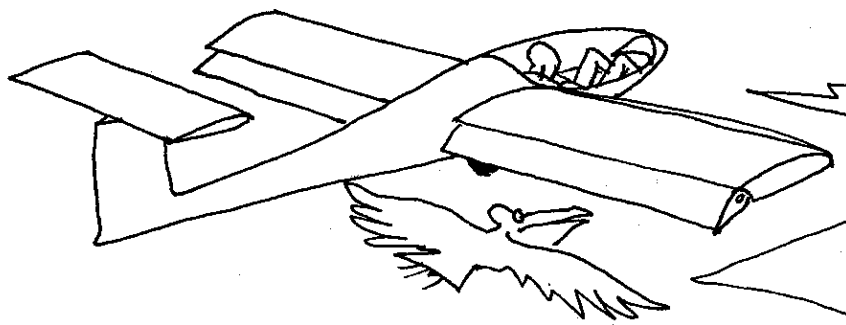




Смотрите!  
Ансельм заменил перья птиц,  
установив на крыле шарнирную деталь!

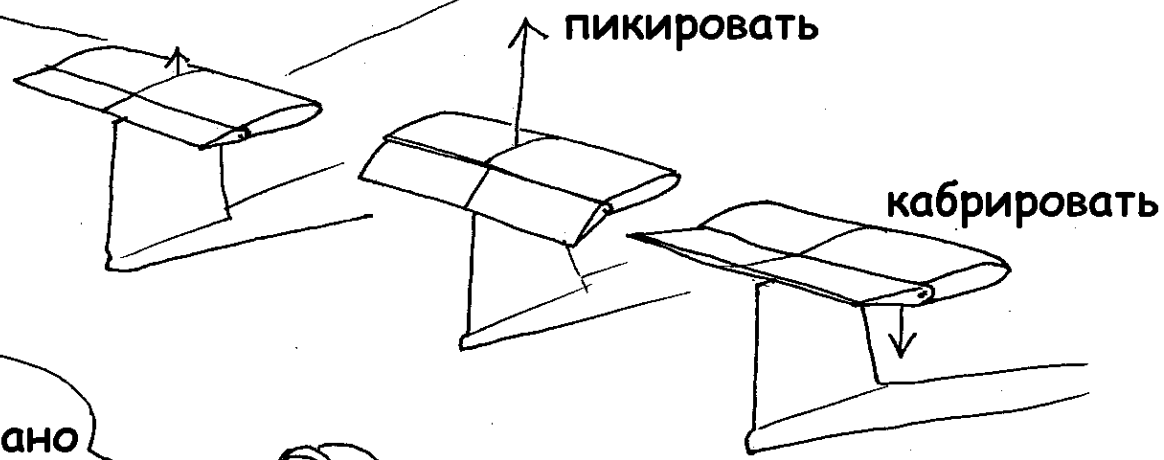


Это воздушные  
струи



КОНТАКТ С ЗЕМЛЁЙ при приземлении -  
это теперь гораздо менее рискованная затея

Но почему бы не сделать всеобщей  
эту шарнирную систему, снабдив её моим  
горизонтальным оперением?

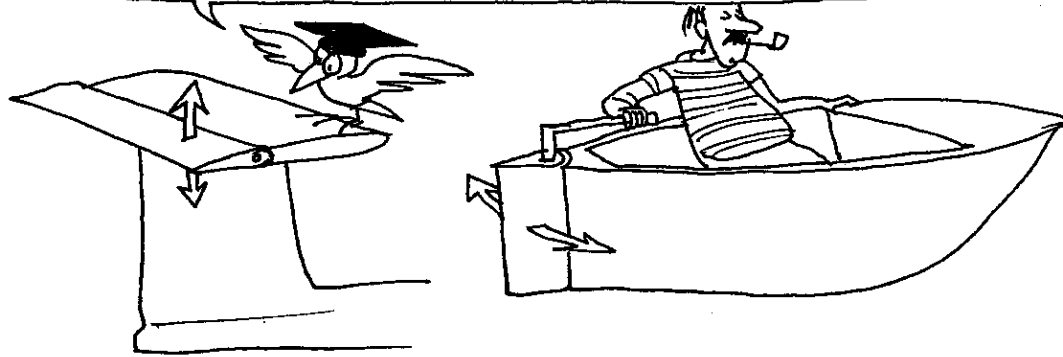


Сказано - сделано



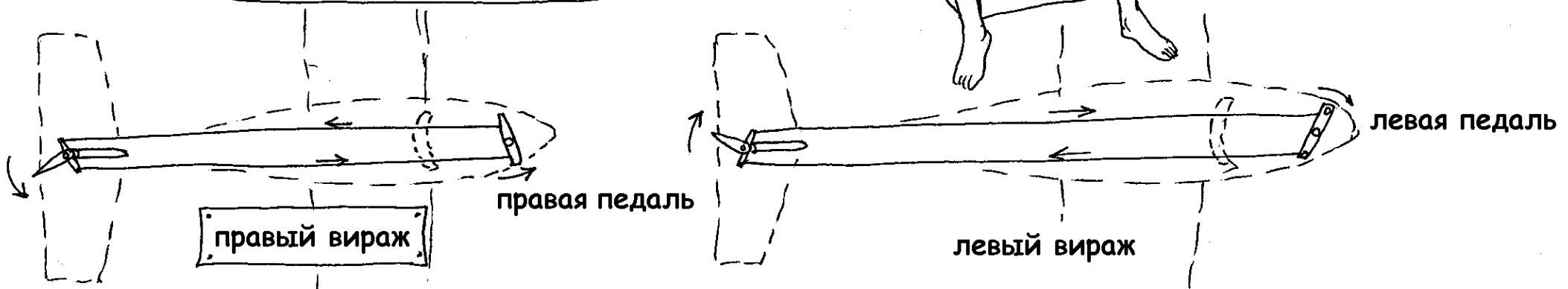
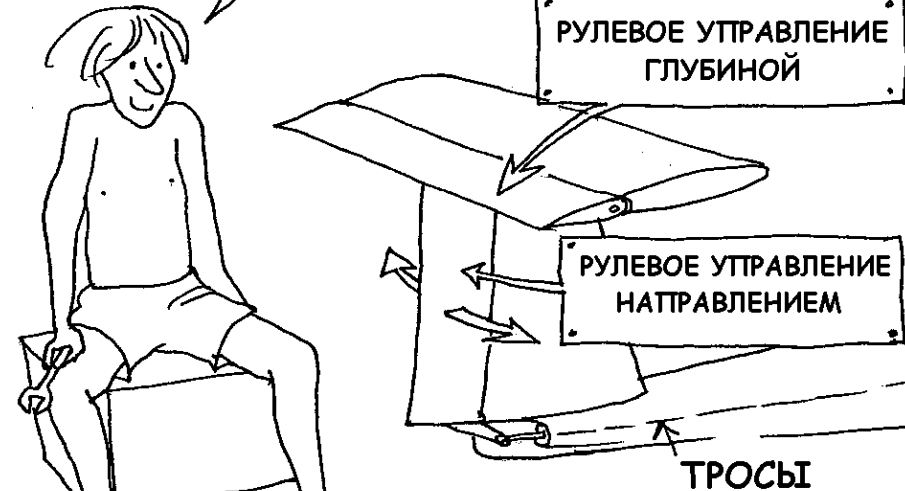
# РУЛЕВОЕ УПРАВЛЕНИЕ

В конце концов, это работает как РУЛЬ СУДНА, если не брать в расчёт, что вместо того, чтобы править "направо-налево", правят "вверх-вниз"



Но вот оно, решение!  
Мне надоело поворачивать, выставляя то правую руку, то левую. Мне ничего не остаётся, как оборудовать мой планер РУЛЕВЫМ УПРАВЛЕНИЕМ!

которым я буду управлять из моей КАБИНЫ ЛЁТЧИКА своими ногами, соединив тросами РУЛЬ УПРАВЛЕНИЯ НАПРАВЛЕНИЕМ с РЫЧАГОМ НОЖНОГО УПРАВЛЕНИЯ



Итак, как себя чувствует мой любимый лётчик?

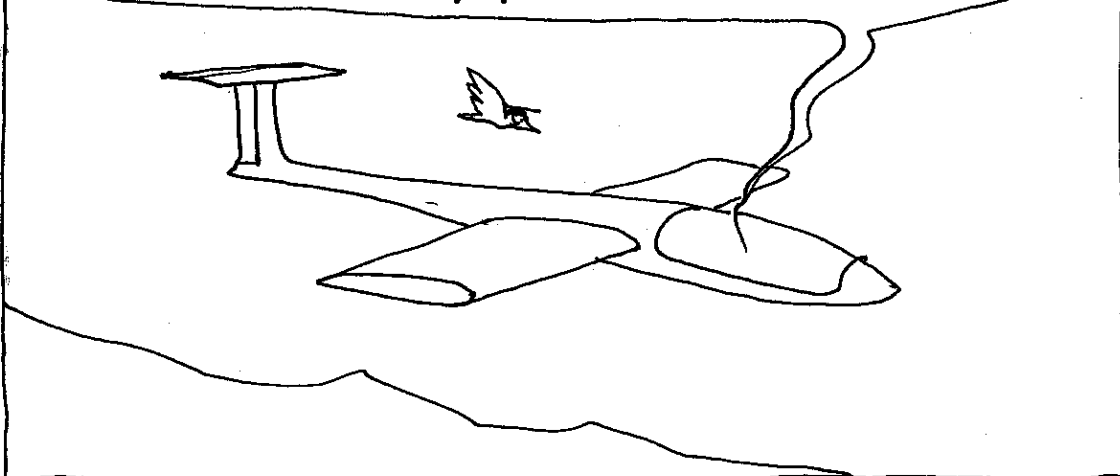
Чудесно, Софи. МЕХАНИКА ПОЛЁТА не имеет больше от меня секретов. Достаточно установить рули на удачные места, чтобы подниматься, спускаться, поворачивать направо или налево

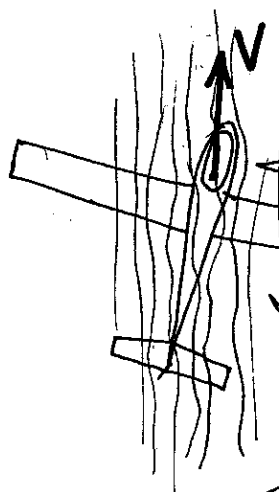
Я даже сконструировал двухместный планер, и если ты хочешь, я возьму тебя с собой

Вот. Со склона отрываются от земли. С этой ручкой управления я могу подниматься или спускаться по желанию, и обычно пользуюсь ножным управлением

Чёрт возьми, я давлю ногой на полную мощность, и я не поворачиваю! Планер идёт боком, и это всё!?!

Но, в конце концов!





Подумай: своим рулём ты просто сбиваешь с пути свой фюзеляж. И так как он не подхватывается ветром, то ИДЁТ БОКОМ, и это всё...

Не понимаю ...



Попробуйте управлять судном с плоским дном обычным рулём: оно - без движения

Нужно ли будет придать фюзеляжу планера форму корпуса лодки, чтобы он, наконец, принялся поворачиваться?!?



Да, это выход, но есть более простой.

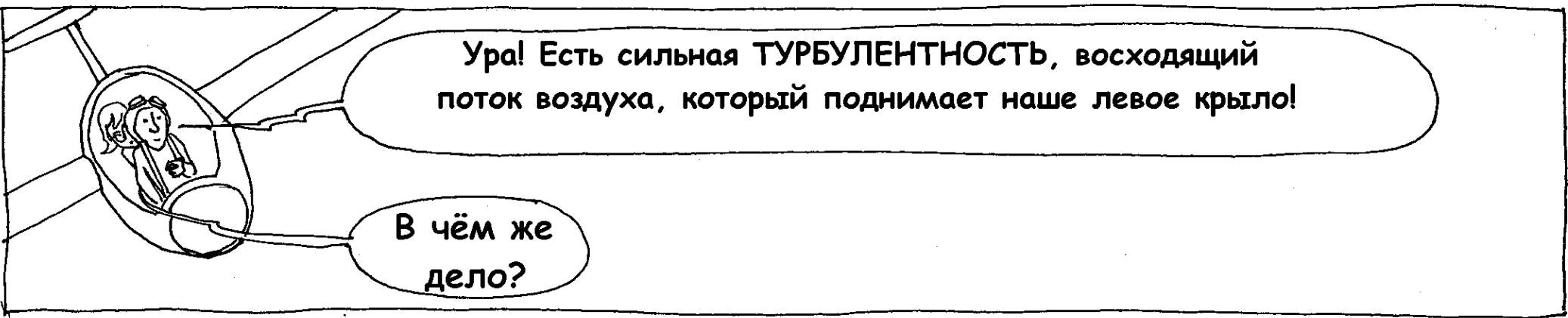
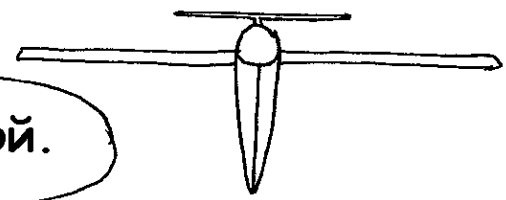


Я налегаю на румпель

И...ничего!?



Я всего лишь выполняю скольжение на воде, то плашмя, а то вкривь и вкось. Мне были бы необходимы: РУЛЬ КРЕНА, КИЛЬ



Ура! Есть сильная ТУРБУЛЕНТНОСТЬ, восходящий поток воздуха, который поднимает наше левое крыло!

В чём же дело?

Это вынуждает нас повернуть направо. Поворачивают, в то время как рычаг ножного управления в нейтральном положении?

Всё это заслуживает объяснения. Но начни с того, что легонько потяни за рукоятку, чтобы помешать ему спикировать "носом".

Это твоё вертикальное хвостовое оперение, которое вынуждает тебя повернуть

Я не понимаю, он ведь в плоскости симметрии аппарата

# КРЕН

Представь, что твой планер не имел бы вертикальной плоскости. Восходящий воздушный поток приподнимает левое крыло. Твой планер будет идти с ОТКЛОНЕНИЕМ ВО ВНУТРЕННЮЮ СТОРОНУ РАЗВОРОТА, но без ПОЛЁТА "ЗМЕЙКОЙ". Напротив, если ты размещаешь вертикальное воздушное оперение, ЭФФЕКТ "ФЛЮГЕРА" будет стремиться выровнять фюзеляж в направлении скорости:

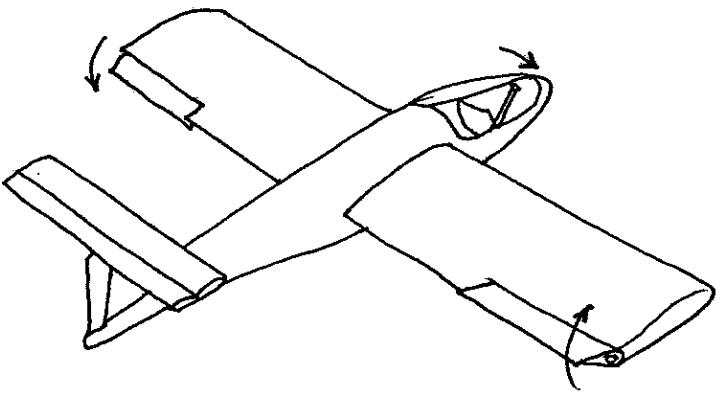
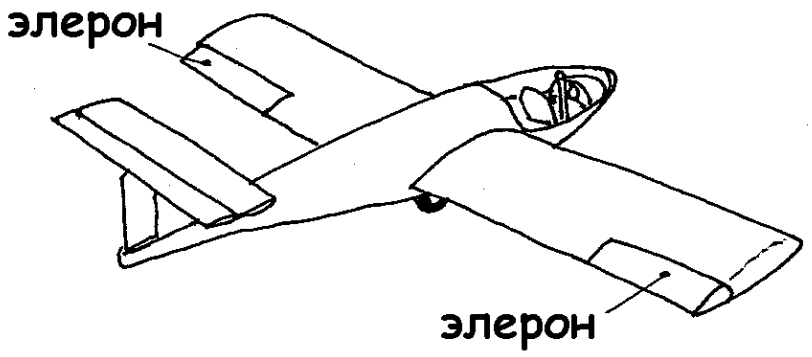


ЭФФЕКТ "ФЛЮГЕРА"

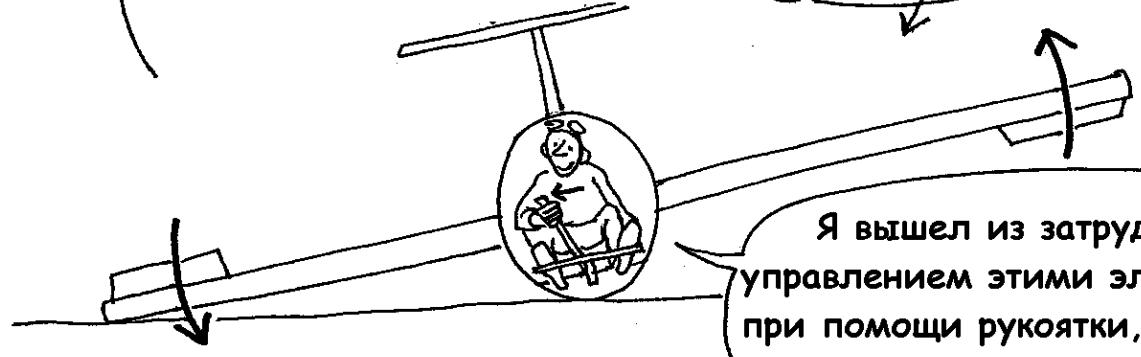
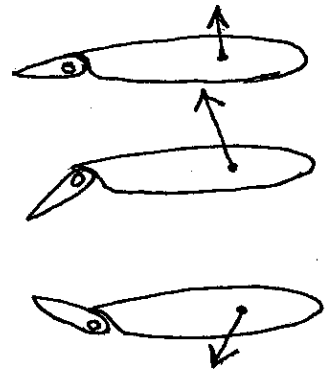
ПОЛЁТ "ЗМЕЙКОЙ"

# ЭЛЕРОНЫ

Если КРЕН - это то, что вынуждает планер совершить вираж, в таком случае я могу спровоцировать его, изменяя кривизну профиля крыла закрылками: ЭЛЕРОНАМИ с разными углами отклонения



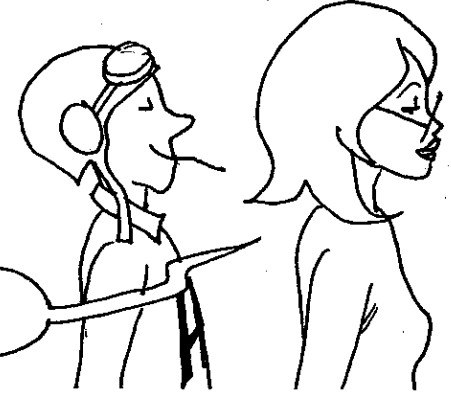
Подъёмная сила, элерон без угла отклонения  
Возрастающая подъёмная сила, положительный угол отклонения  
Смещение, отрицательный угол отклонения



Я вышел из затруднения с управлением этими элеронами при помощи рукоятки, отклоняя её вправо или влево

Хорошо, я смогу наклонить моё крыло, направляя эти элероны при помощи рукоятки. Потом из-за эффекта "флюгера" моя вертикальная плоскость "запустит" вираж, и я потихоньку буду тянуть за рукоятку, чтобы убереечь мою ПОСАДКУ, чтобы помешать моему планеру "врубиться", спирировать носом

А пока, нажми тихонько ногой, чтобы начать вираж, это поможет



И гоп! Двигается. Начался вираж



И потом ты видишь, твой планер совершает вираж почти совсем один. Ты пользуешься своим управлением только для выравнивания своего виража

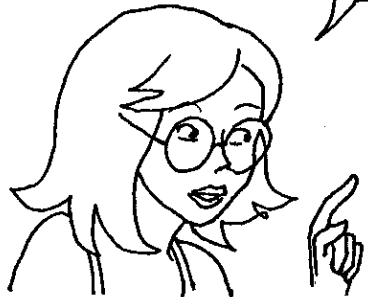
Если вираж правильно приведён в равновесие, планер должен скользить как шарик по жёлобу, закрученному в спираль, или как сани, которые бы мчались по льду без заноса ни вправо, ни влево

Но как узнать, есть ли отклонение во внешнюю или внутреннюю сторону разворота относительно чего-то невидимого: воздуха



# КОНТРОЛЬ ВИРАЖА

Первое средство, это ТУЛОВИЩЕ, которое очень хорошо "чувствует" движение БОКОВОГО СНОСА



На самом деле, это намного легче, и необходим определённый навык, чтобы ПИЛОТИРОВАТЬ ЯГОДИЦАМИ



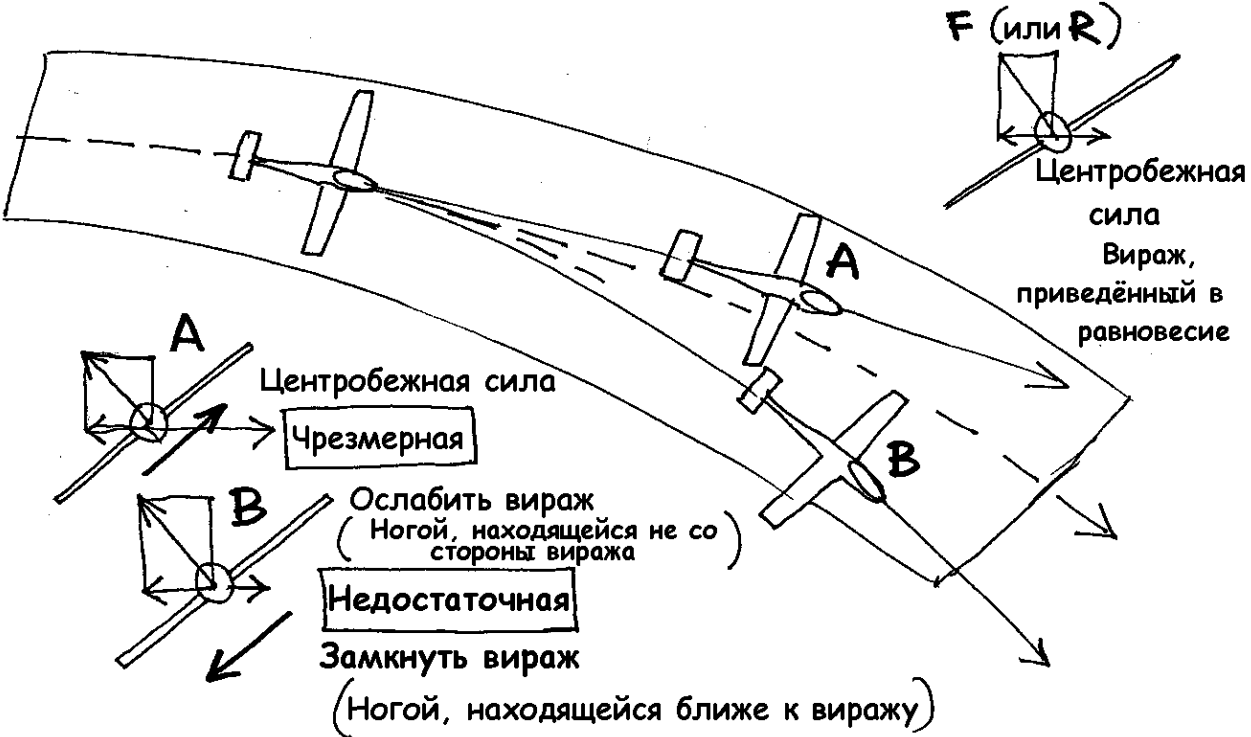
Первый инструмент: ШАРИК



Речь идёт о трубке из гнутого стекла, наполненной маслом, внутри которой помещают шарик

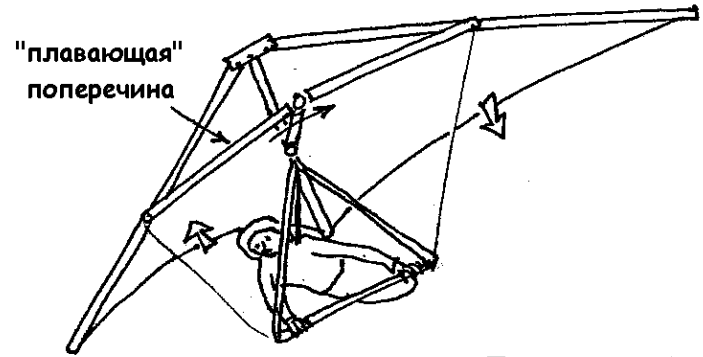


Шарик скользит в сторону, где происходит БОКОВОЙ СНОС

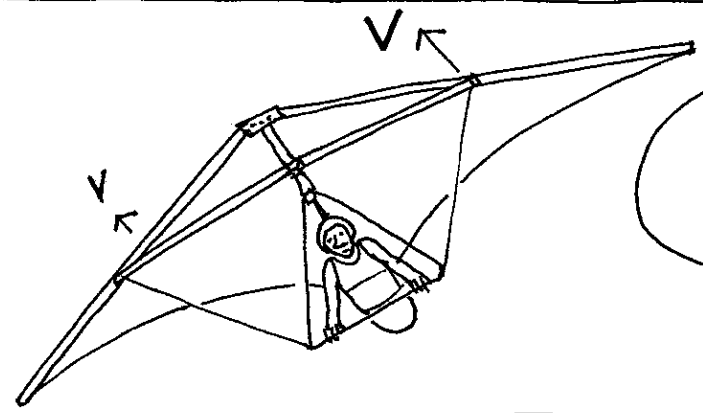




Небольшое отступление, касающееся треугольных крыльев (СМ. СТР. 16)



Пилот дельтаплана переносит свой вес для входа в вираж

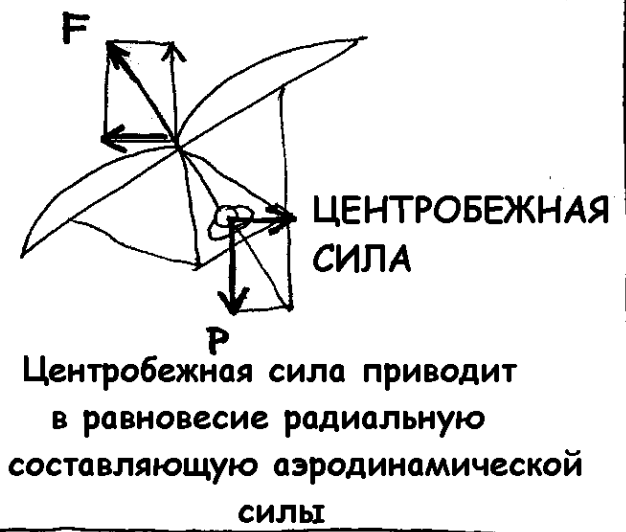


Раз вираж начался, свою роль играет крен. Он удерживается, потому что внешнее крыло перемещается немного быстрее

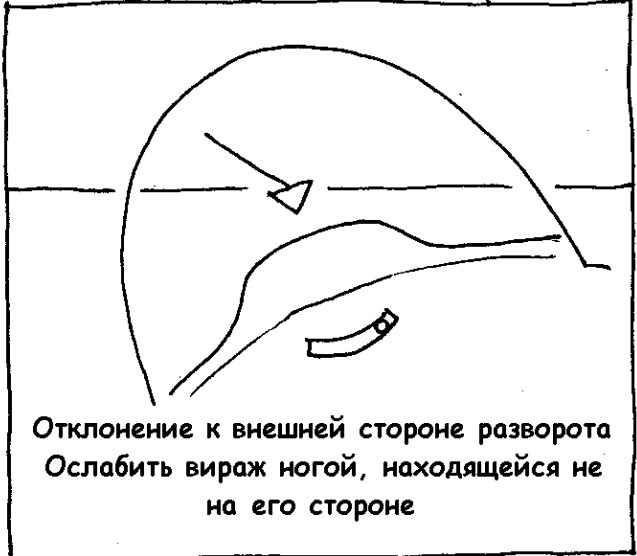
Но как он контролирует свой вираж? Разве у него есть ... шарик?



Пилот дельтаплана не нуждается в шарике, ПТОМУ ЧТО ШАРИК ... ЭТО ОН САМ!...  
 Вираж усиливается до тех пор, пока центробежная сила "поместит" туловище пилота в плоскость симметрии машины, где система "плавающей" поперечины поддерживает его автоматически



# ШЕРСТЯНАЯ ПРЯЖА

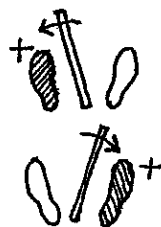


# ОБЪЕДИНЕНИЕ КОМАНД

Когда закладывают вираж, будь то в прямолинейном установившемся движении, при входе ли, или при выходе из виража, нужно действовать одновременно на педаль и на ручку управления

\* Ручка налево, педаль налево

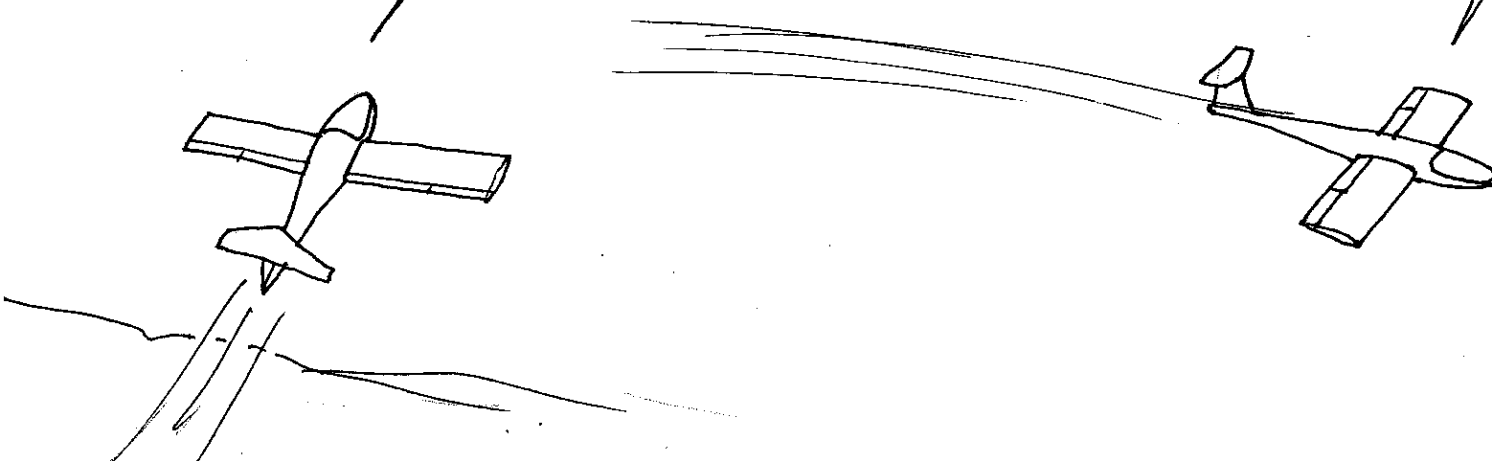
\* Ручка направо, педаль направо



Это называется объединять команды

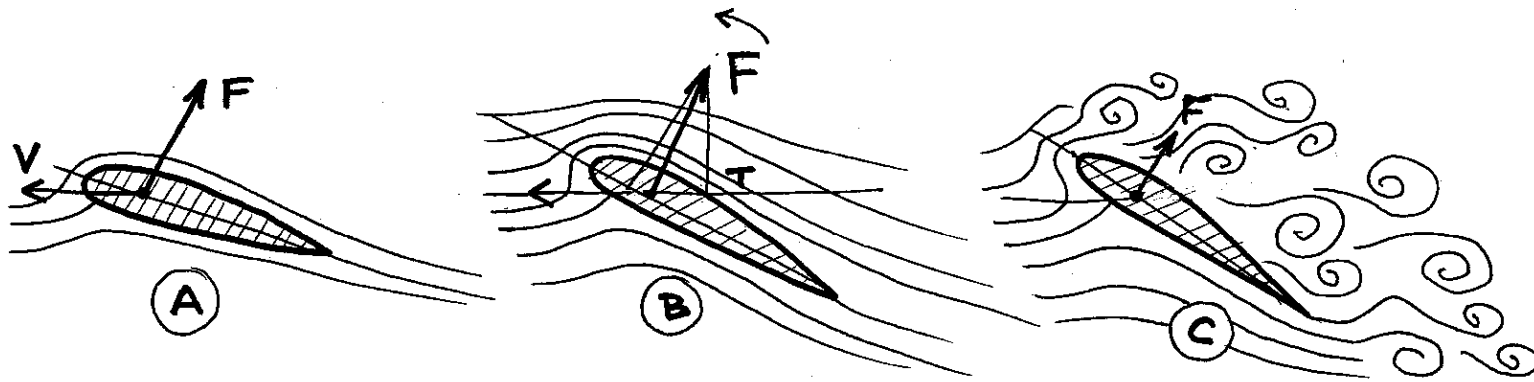
Благодаря этому управлению планер подчиняется мне беспрекословно

Я двигаю вперед ручку.  
Я набираю скорость.

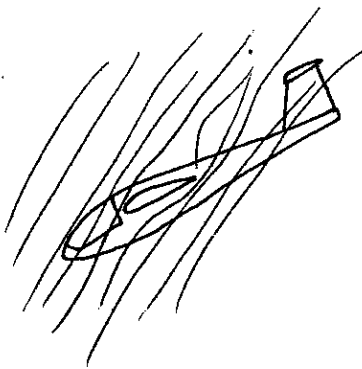


# СРЫВ В ШТОПОР



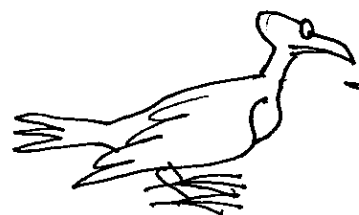


- На рис. А - конфигурация обычного полёта
- На рис. В - полёт под большими углами. Аэродинамическая сила всегда проецируется по направлению скорости  $V$ , образуя лобовое сопротивление  $T$ , но изменение этой силы  $F$  по направлению вперёд делает то, что она проецируется впереди плоскости крыла.
- На рис. С - воздух больше не обтекает переднюю часть профиля крыла. Под действием центробежной силы поток СРЫВАЕТСЯ В ШТОПОР. Подъёмная сила стремительно падает. Планер "машет ручкой", пикирует носом

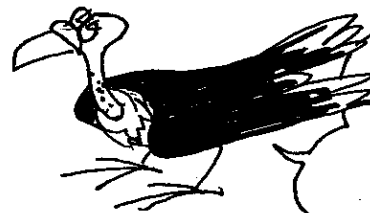


После КЛЕВКА планер легко заново набирает скорость. Поток ОБТЕКАЕТ профиль. Вновь резко появляется подъёмная сила из-за действия коэффициента усиления скорости  $V$ . Когда пилот чувствует, что его планер срывается в штопор, "врубается", он может ускорить этот возврат к обычной форме, слегка пикируя, налегая на ручку, "ОТПУСТИВ ПОВОДЬЯ".

УПРАВЛЕНИЕ



С тобой такое уже случилось - СРЫВ В ШТОПОР?



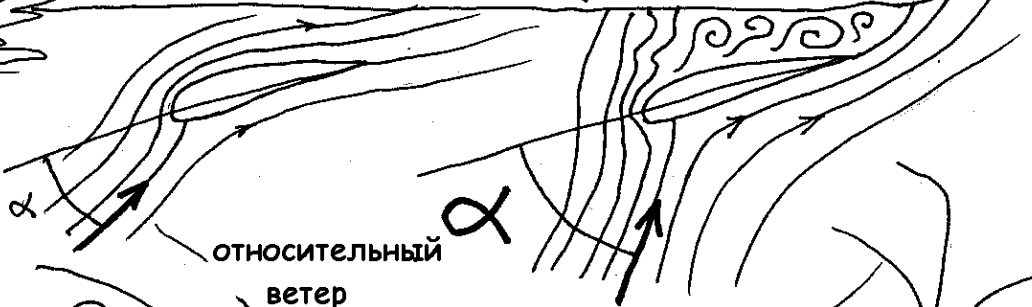
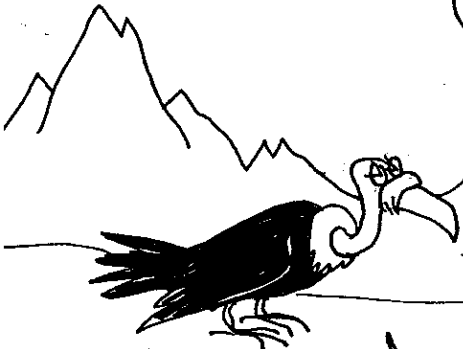
Угу! На вершинах Анд я попал в восходящий поток воздуха, который вызвал МГНОВЕННЫЙ СРЫВ В ШТОПОР

# САМОВРАЩЕНИЕ



Я спокойно закручивался в спираль, подыскивая трюк посимпатичнее, чтобы свернуть хребет. Чтобы всё как бы одним махом, ну что я тебе рассказываю!!

Ты сорвался в штопор, потому что изменился ОТНОСИТЕЛЬНЫЙ ВЕТЕР, что и увеличило угол атаки?



Угу. Но так как внутреннее к виражу крыло движется медленнее, это именно оно и сорвало в штопор. Потом всё перевернулось. На моё несчастье, вращалось всё!

Дёрнуть за ручку? **КОНЕЧНО, НЕТ!**



Внешнее крыло работает под большими углами. Сила  $F$  притягивает это крыло и поддерживает это САМОВРАЩЕНИЕ

Внутреннее крыло сорвалось в штопор

Нужно, чтобы я что-нибудь сделал, но что?

За один оборот теряют 100 метров!

Сопротивляться сразу же,  
надавив до отказа на педаль, и  
пикировать, чтобы вновь набрать  
скорость

слишком кренит,  
слишком  
медлительный

Начало  
самовращения

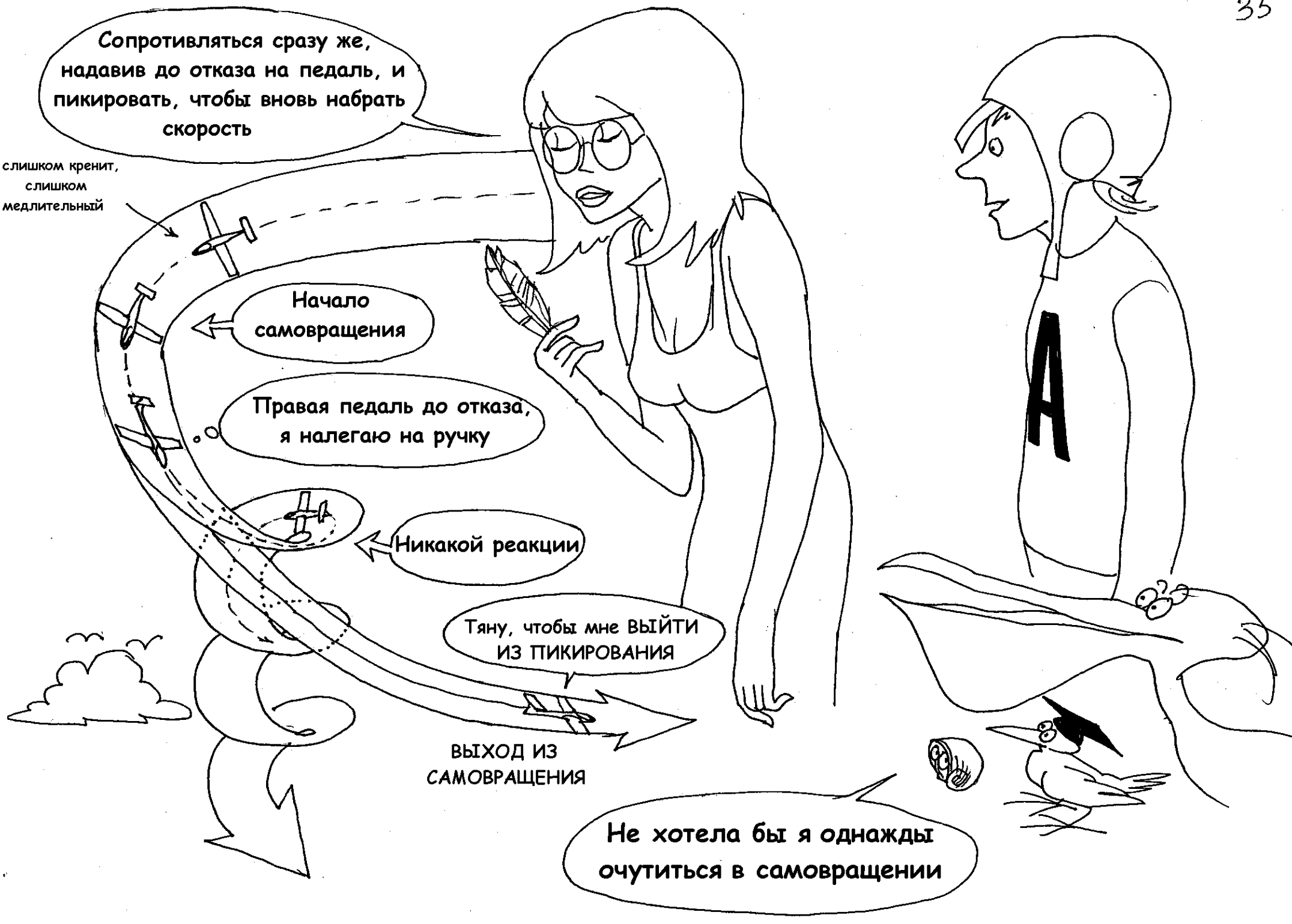
Правая педаль до отказа,  
я налегаю на ручку

Никакой реакции

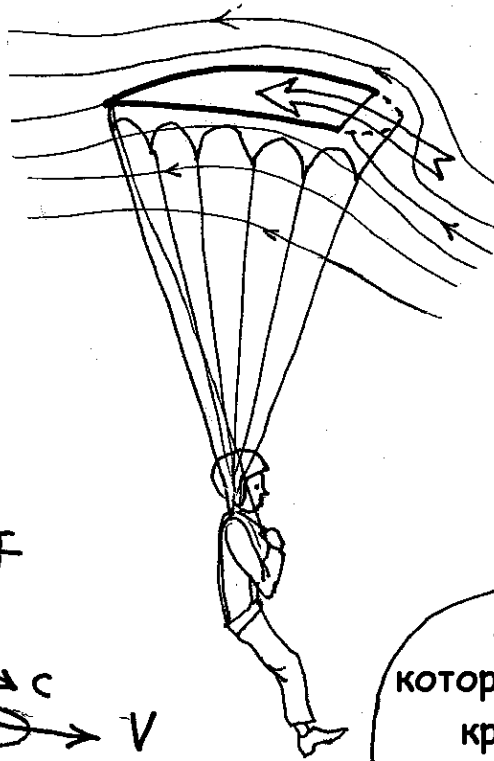
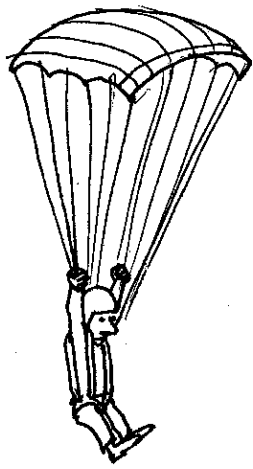
Тяну, чтобы мне ВЫЙТИ  
ИЗ ПИКИРОВАНИЯ

ВЫХОД ИЗ  
САМОВРАЩЕНИЯ

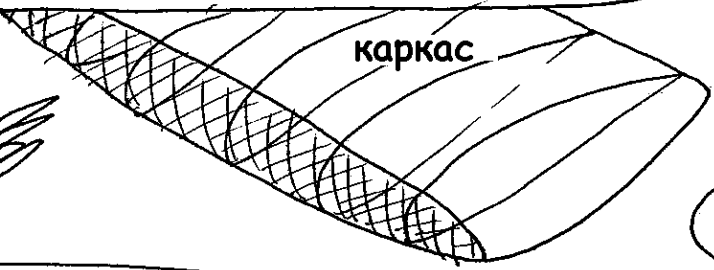
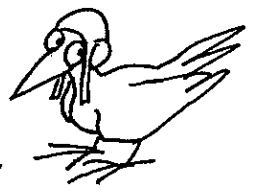
Не хотела бы я однажды  
очутиться в самовращении



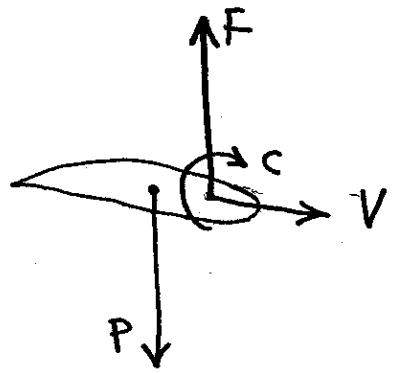
# ПАРАПЛАН: КОГДА КРЫЛО МОЖЕТ СТАТЬ САВАНОМ



Параплан - это развитие ПАРАШЮТА С КАРКАСОМ, который заменил древний полусферический парашют (\*), который сегодня используется только в качестве запасного парашюта



Это средняя центровка пилота, которая выравнивает вращающий момент крыла. Обеспечивается раздувание профиля из-за избыточного давления в передней части крыла, сделанной из сетки с широкими ячейками

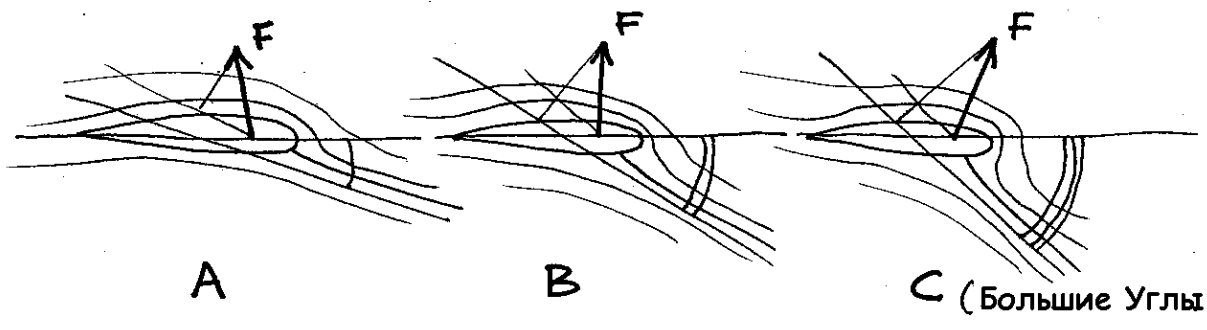


Обязательно наличие парашюта в планерах столкновение планеров



(\* ) Вертикальный спуск со скоростью 6 м/с. Скорость спуска парашютов с каркасом: 2,5 м/с

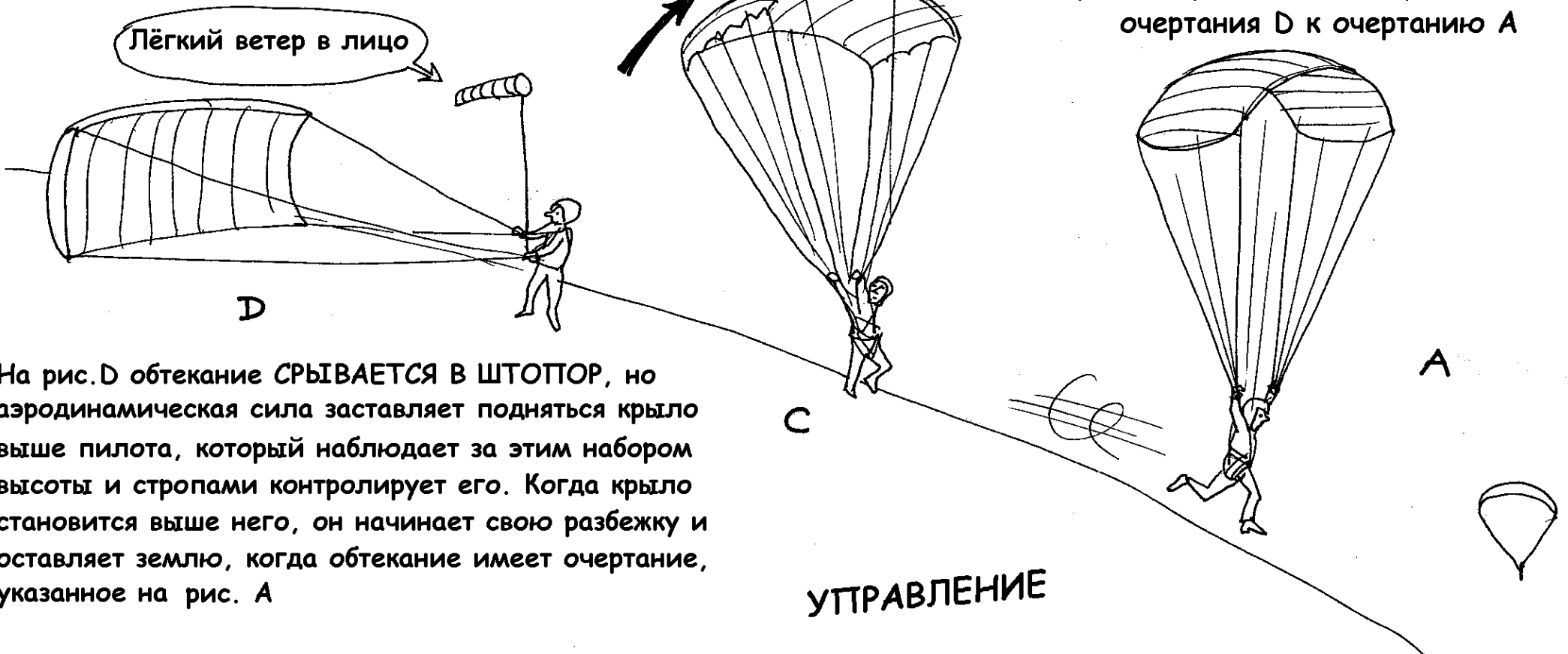




Известно, что когда угол атаки (направление ОТНОСИТЕЛЬНОГО ВЕТРА) увеличивается, аэродинамическая сила, действуя на ЦЕНТР крыла, на 25% от его ХОРДЫ резко меняет направление вперёд. Обтекание завершается СРЫВОМ В ШТОПОР. Сила уменьшается, но ОСТАЁТСЯ НАПРАВЛЕННОЙ К ПЕРЕДНЕЙ ЧАСТИ ПРОФИЛЯ.

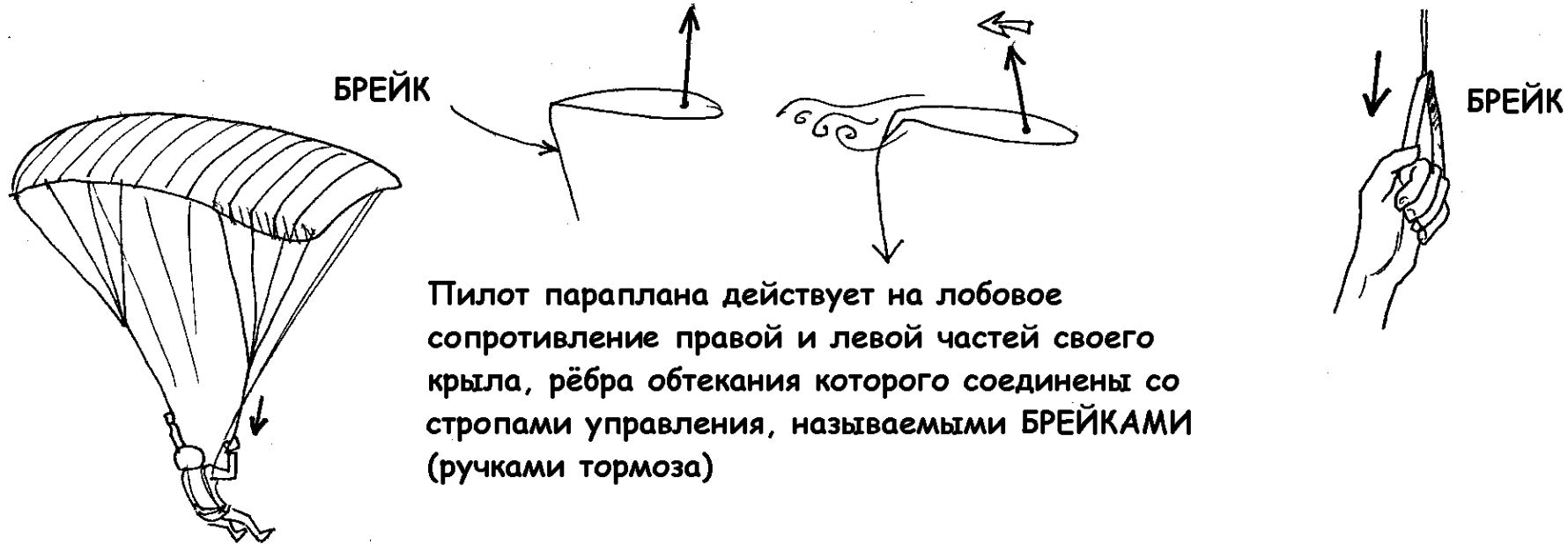
## ВЗЛЁТ НА ПАРАПЛАНЕ

Крыло стремительно переходит от очертания D к очертанию A



На рис. D обтекание СРЫВАЕТСЯ В ШТОПОР, но аэродинамическая сила заставляет подняться крыло выше пилота, который наблюдает за этим набором высоты и стропами контролирует его. Когда крыло становится выше него, он начинает свою разбежку и оставляет землю, когда обтекание имеет очертание, указанное на рис. A

УПРАВЛЕНИЕ

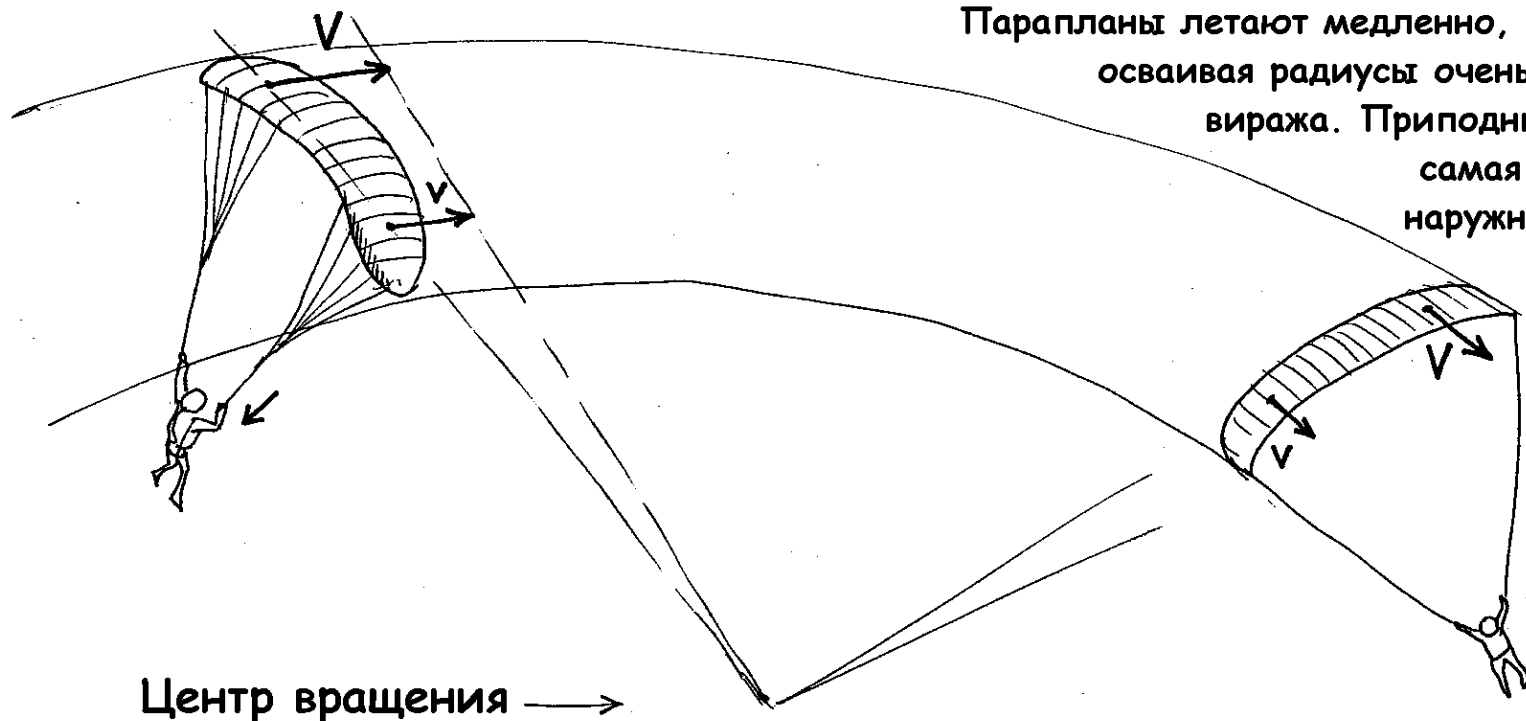


Пилот парашюта действует на лобовое сопротивление правой и левой частей своего крыла, рёбра обтекания которого соединены со стропами управления, называемыми БРЕЙКАМИ (ручками тормоза)

Здесь пилот тянет за свой правый брейк. Он увеличивает **ЛОБОВОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ** правой части своего купола. Это приводит к очень успешному началу виража.

Парашютаны летают медленно, свободно осваивая радиусы очень слабого виража. Приподнимается самая быстрая наружная часть крыла

(ПОЛЁТ "ЗМЕЙКОЙ")



Центр вращения →

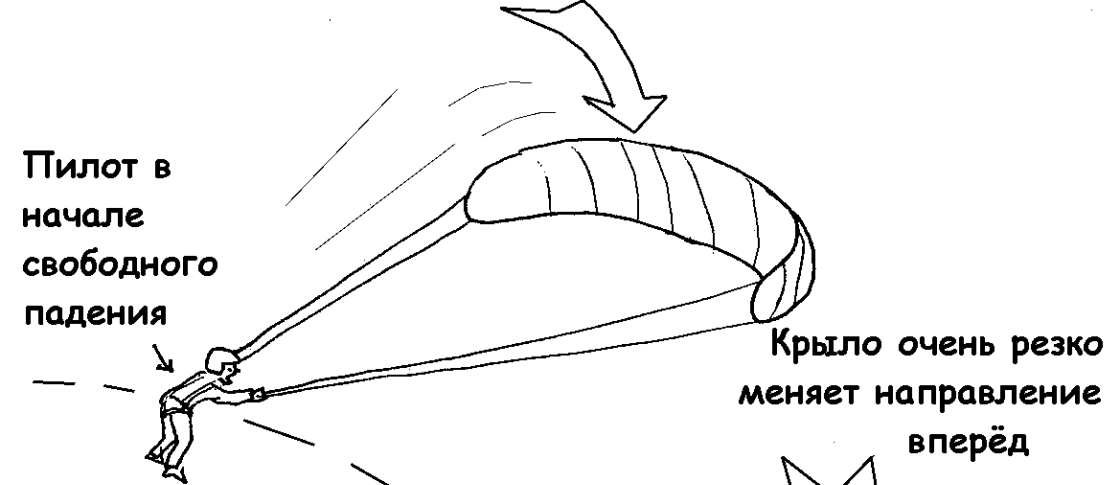
Потянув одновременно за два брейка, он сможет замедлить своё крыло до его СКОРОСТИ СРЫВА В ШТОПОР. Это манёвр, который он выполнит точно перед тем, как коснуться земли при ПРИБЛИЖЕНИИ, чтобы убрать свою скорость



Но помимо этого, этот манёвр **ОЧЕНЬ ОПАСЕН**. Причём, он может случиться неожиданно под действием мощного **ВОСХОДЯЩЕГО ШКВАЛА**, вызывающего **МГНОВЕННЫЙ СРЫВ В ШТОПОР**

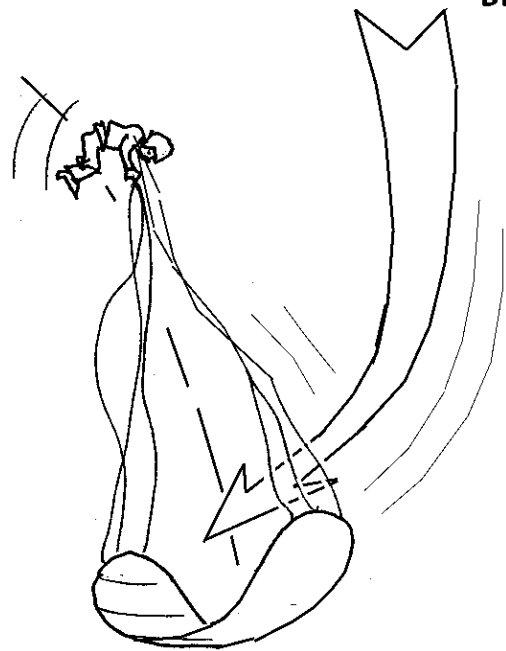


Мгновенный срыв в штопор при полёте в **ТУРБУЛЕНТНОЙ АТМОСФЕРЕ** в полдень



Поворот аэродинамической силы к передней части профиля приводит в движение крыло чуть ли не при нулевой инерции очень быстро вперёд.

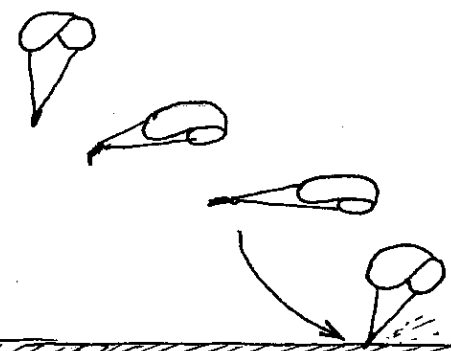
Если пилот не сопротивляется этому движению (\*), тормозя немедленно свой купол, вот что происходит под ним.





**ОН "ВРЕЗАЕТСЯ" И ПОГИБАЕТ**

(\*). Наоборот, неопытный новичок имел намерение ... всё отпустить!

Если инцидент происходит около земли, и если пилот парашюта имеет шанс не очутиться в своём куполе, очень резкий выход из пикирования сможет при большом усилии помочь ему увернуться от контакта с землёй



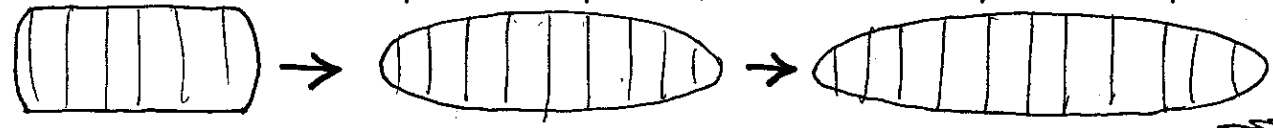
Разорванные лодыжки, колени, разбитые позвонки

В воздушных видах спорта должен быть достигнут компромисс между СПОРТИВНЫМИ ДОСТИЖЕНИЯМИ и БЕЗОПАСНОСТЬЮ. Плоский профиль   $\rightarrow$   допускает самые высокие скорости, то, к чему будут стремиться для покорения одной высоты за другой. Но чем более плоский профиль, ... тем более жёсткий срыв в штопор. Также специалисты стремятся повысить АЭРОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ (\*). ( что будет вопросом далёкого будущего), и чтобы сделать это, увеличивают ОТНОСИТЕЛЬНОЕ УДЛИНЕНИЕ КРЫЛА парашютов, оставляя их уязвимыми в СКЛАДКАХ КУПОЛА при ТУРБУЛЕНТНЫХ ПОТОКАХ, которые выражаются потерей высоты минимум на 50 метров перед ВОЗОБНОВЛЕНИЕМ ВИРАЖА



Парашют с каркасом

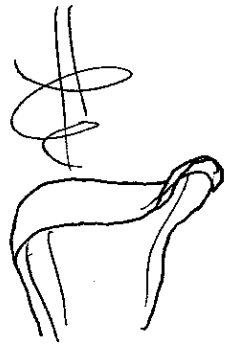
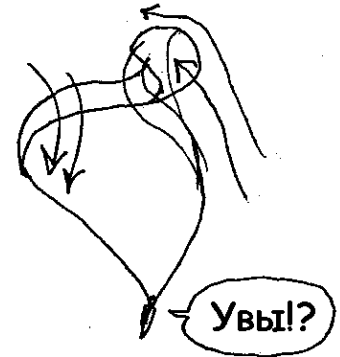
парашют с возрастающим относительным удлинением крыла









Мои аэродинамические характеристики? Э-э-э ...

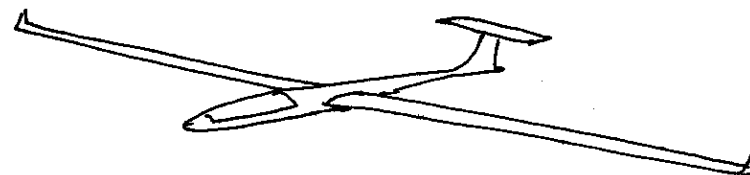


Полдень, прекрасное голубое небо без неожиданностей



• (\*) Начиная с высоты  $h$ , можно преодолеть расстояние  $d = fh$ , где  $f$  - АЭРОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ •

		
1975	1985	Настоящее время
		
одинарная поверхность		двойная поверхность (с рейками)
25 км/час Аэродинамические характеристики 3 ↓ 2,5 м/сек	35-70 км/час Аэродинамические характеристики 7 ↓ 1,8 м/сек	40-100 км/час Аэродинамические характеристики 10 ↓ 1 м/сек

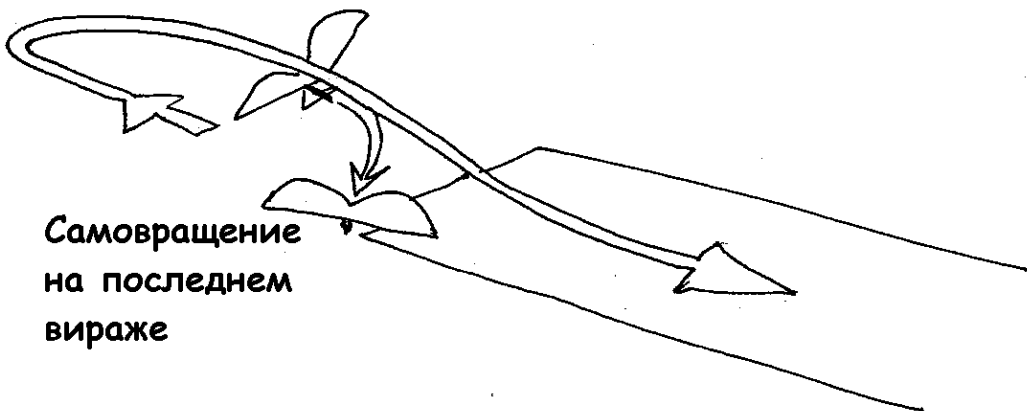


Современные планеры  
65-90-170 км/час  
Аэродинамические характеристики от 20 до 60  
↓ 0,5 м/сек  
Относительное удлинение крыла от 20 до 35



Хороший компромисс должен быть найден между спортивными достижениями и безопасностью. Первые дельтапланы не могли асимметрично входить в штопор. Современные дельтапланы со значительным относительным удлинением крыла и двояковыпуклыми профилями "ведут себя" как классические дельта-крылья и при срыве в штопор на вираже могут таким образом перейти в САМОВРАЩЕНИЕ

"Заключительный" вираж



Самовращение на последнем вираже

6 м/сек  
парашютный спуск



Первые дельтапланы могли парашютировать, спускаться вертикально

# ЗОНА ПОЛЁТА



Включает три составные части:

- 1 - Аэрологические условия
- 2 - Машина
- 3 - Пилот

Существуют аэрологические условия, которые исключают взлёт некоторых летательных аппаратов

Я не знаю, что ты об этом думаешь, но что касается меня, то я предпочитаю ходить пешком

Параплан - это спорт для беззаботного отдыха, в часы затишья, ранним утром, к примеру, когда нет ни ветра, ни турбулентных потоков. В турбулентном потоке риск неизбежен.

Внешне похожие машины могут иметь совершенно разные зоны полёта. Одни - "щадят", другие - нет. Погоня за спортивными результатами, болезнь современного мира, создаёт степени риска.

В мире авиации существует классическая поговорка:  
**ХОРОШИЙ ПИЛОТ - ЭТО ОПЫТНЫЙ ПИЛОТ**





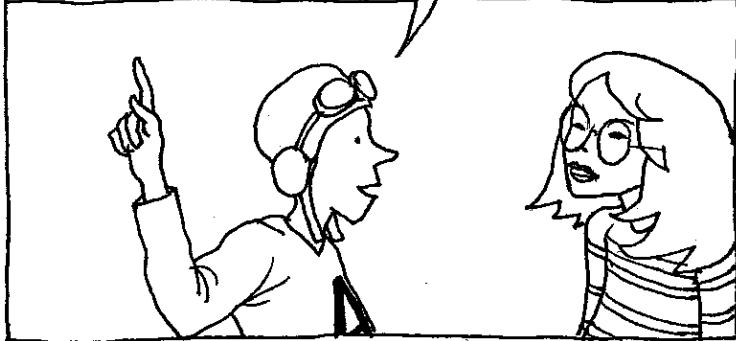
Всё-таки, это неплохо. По этой дороге можно провезти планер на высоту 500 метров над равниной.

Ручка управления, шерстяная пряжа, всё это мещанские штучки

Хорошо, вот мы на вершине. Но с какой стороны нужно взлетать?

Лицом к ветру. Это всегда будет преимуществом для набора скорости

Направление ветра? Существует классический приём с мокрым пальцем



Подожди, у меня идея. При такой жаре мне будет лучше с короткими рукавами. Пойди поищи мне деревяшку



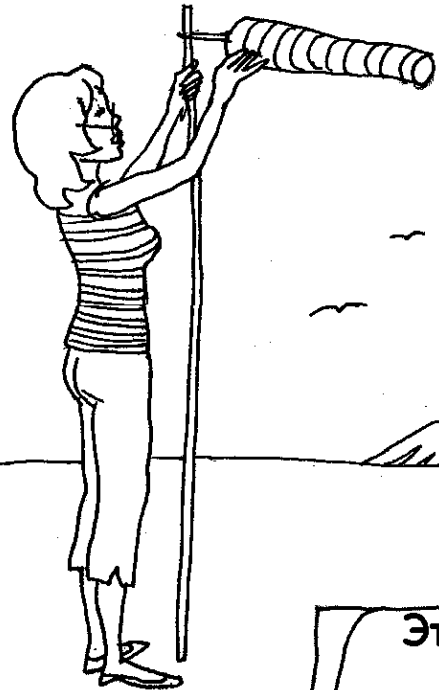
Леон, не утрируете ли вы немного?





# РУКАВ - ВЕТРОУКАЗАТЕЛЬ

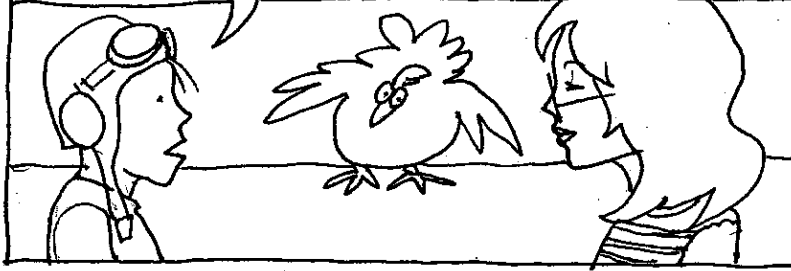
Смотри-ка, что я говорил!



Подойдите, здесь утряслось



Все птицы не созданы по единому образцу. Есть такие, которые, похоже, летают без взмаха крыльев. Наоборот, другие, такие, как курица .....



Это потому что у вас большие крылья, так что их надо отводить. Если бы внизу существовало пространство, то были бы способны действовать не хуже вас



Как бы не так, ещё чего ...

Вот утёс, ниже вы сможете нам это продемонстрировать

Иди сюда, покажи им,  
этим оперённым чайкам,  
на что способен

Мне-то, по крайней  
мере, десять лет,  
смотрите-ка!

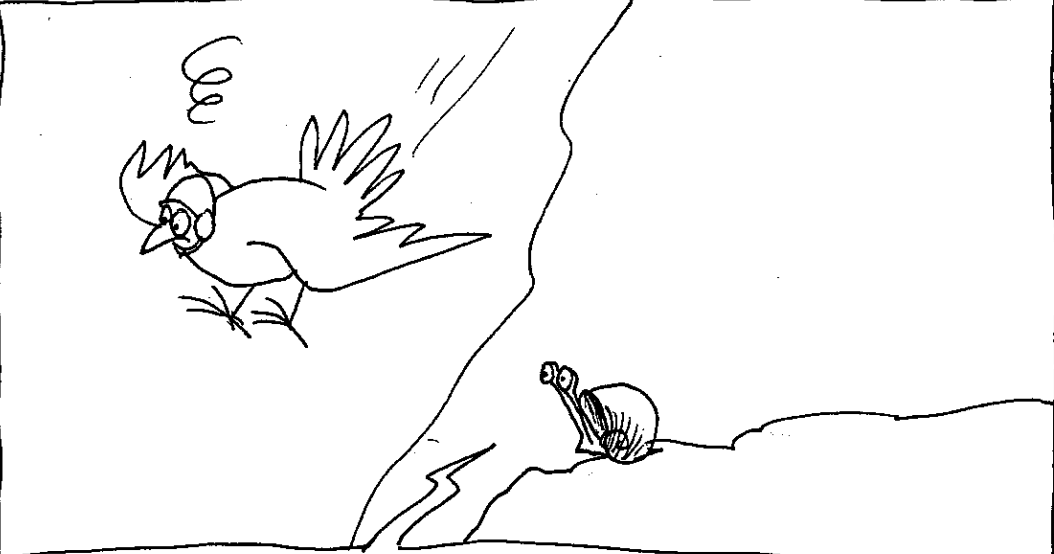
На карту поставлена  
честь кур

Увы, куры с биноклярным  
зрением определяют  
дистанции на глаз

Как улитки

Вдали от земли она  
полностью утрачивает свои  
ориентиры, как лётчик,  
затерянный в облаках или в  
лёгком тумане. Это, как  
если бы она стала ...  
слепой

Во имя  
пингвина! Где  
верх и низ? Я  
больше ничего  
не узнаю!..



Как только она удаляется от РЕЛЬЕФНОЙ  
МЕСТНОСТИ, она становится неспособной  
определять расстояния



# ЗАЛОЖЕННЫЙ ВИРАЖ

Не понимаю.  
 Моя шерстяная ниточка посередине, мой шарик сцентрирован, моё управление на нулевой отметке (...), и моя скорость не прекращает увеличиваться

Попав в облако, Ансельм не отдаёт себе отчёта в том, что он больше не летит прямо. На самом деле, без **АВИАГОРИЗОНТА**, уравновешенного гироскопом, он не имеет никакой возможности определить на глаз свой угол атаки и свою посадку. Он также может оказаться в опасной фигуре: в **заложенном вираже**

Сброшенная с высоты 200 метров, курица оказывается неспособной обработать свою зрительную информацию, чтобы составить себе мысленное трёхмерное представление о мире, в котором она движется. И поэтому она входит в **заложенный вираж**, из которого она больше не сможет выйти (\*)

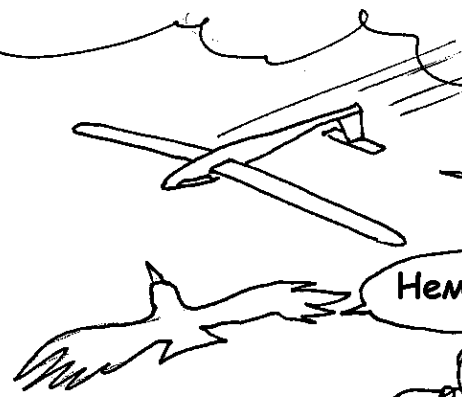


Наружное крыло, приведённое в движение более высокой скоростью по отношению к массе воздуха, вызывает **ПОЛЁТ "ЗМЕЙКОЙ"**



Помогите!

Как! Я на спине!?!



Немыслимо!

Тебе ничего не остаётся, как пролететь две минуты с закрытыми глазами, ты увидишь

(\*) Достоверно

(\*) Достоверно.

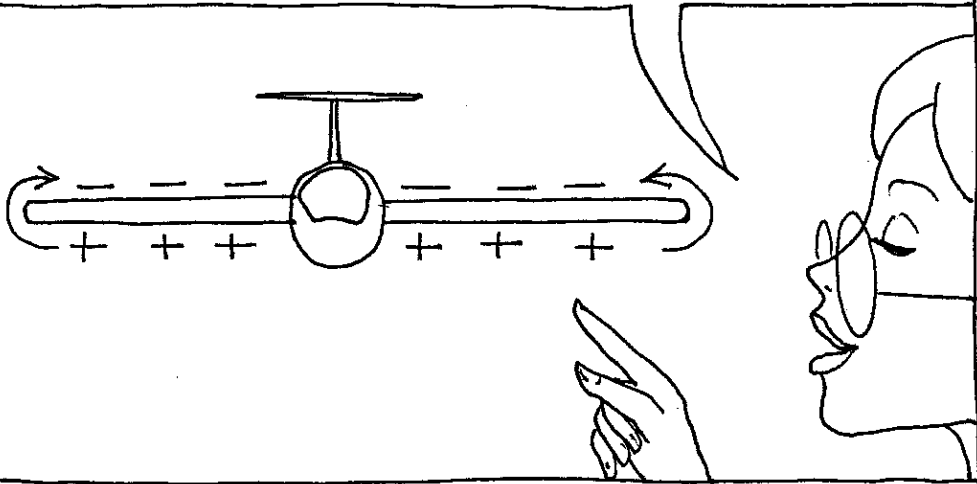
Птицы, которые, похоже, летают без сильной усталости, всегда имеют очень удлинённые крылья: хищные птицы, альбатросы

Ты перешёл от дельтаплана к планеру с кабиной пилота, с более гладкими поверхностями, способного до максимума сократить потери энергии, связанные с турбулентностью, которую твоя машина создаёт своим перелётом. Но у него имеется кое-что, о чём ты забыл

Почему?

Что же?

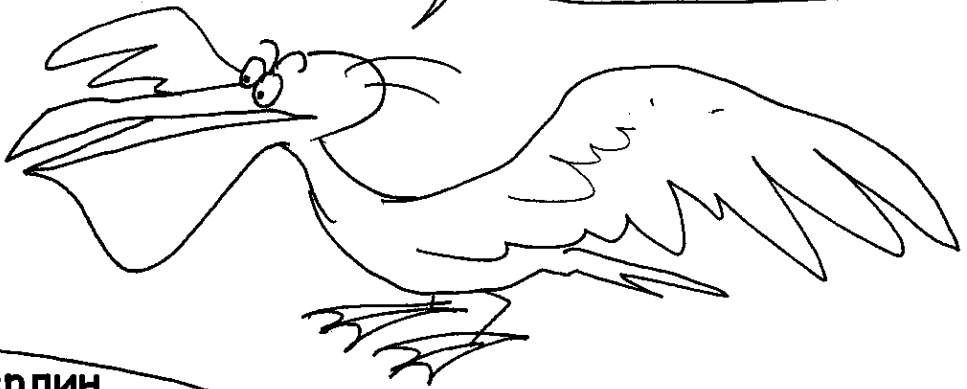
Работа твоего крыла предполагает, что ты создаёшь избыточное давление внизу, на НИЖНЮЮ ПОВЕРХНОСТЬ КРЫЛА, и область пониженного давления на ВЕРХНЮЮ ПОВЕРХНОСТЬ КРЫЛА. И поэтому такое происходит:



КОНЦЕВЫЕ ВИХРИ являются источником рассеяния ЭНЕРГИИ

Поскольку кромки являются источником потери энергии, достаточно их удалить, сделать крыло без кромки

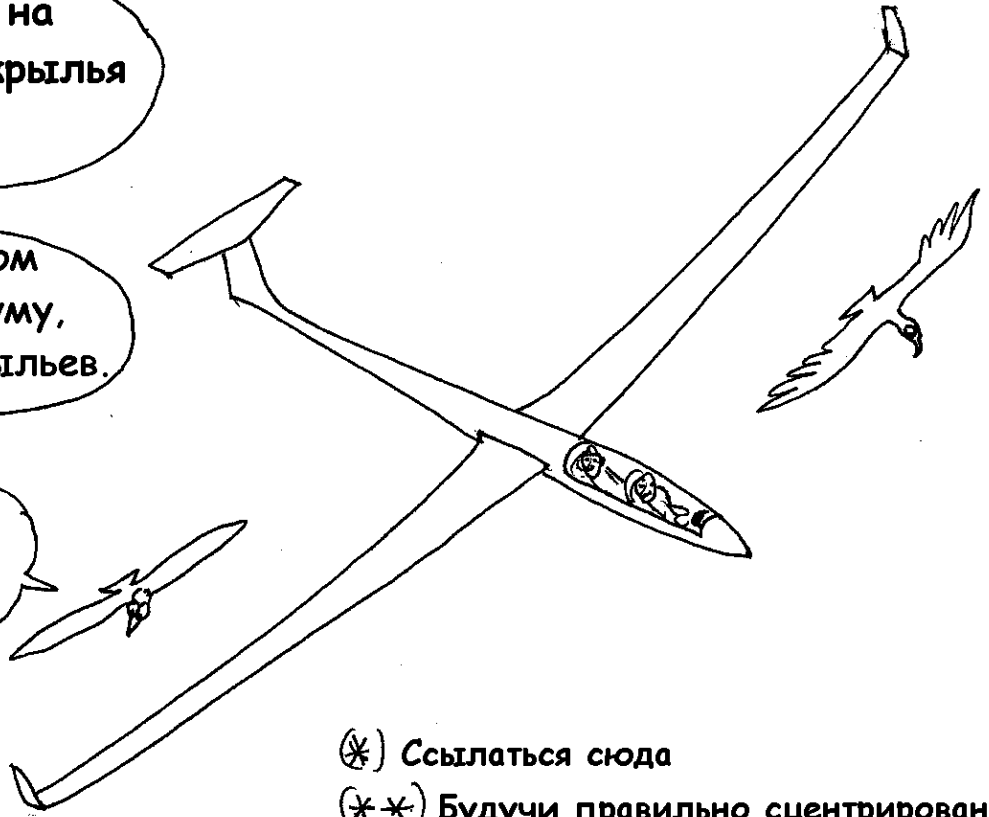
Тирезия, не говорите глупостей. Крыло без кромок, такое не существует!!!



Да, есть такое. И волшебник Мерлин это описывает в альбоме "ЗОЛУШКА 2000" на страницах 33 и 34 (\*). Между прочим, эти крылья очень хорошо планируют (\*\*)

Другое решение заключается в максимальном удлинении крыльев, чтобы свести к минимуму, практически до нуля эти потери на кромке крыльев.

Почему кромки крыльев повернуты вверх?!?



(\*) Ссылаться сюда  
(\*\*) Будучи правильно сцентрированы

# ВЕРТИКАЛЬНЫЕ ЗАКОНЦОВКИ

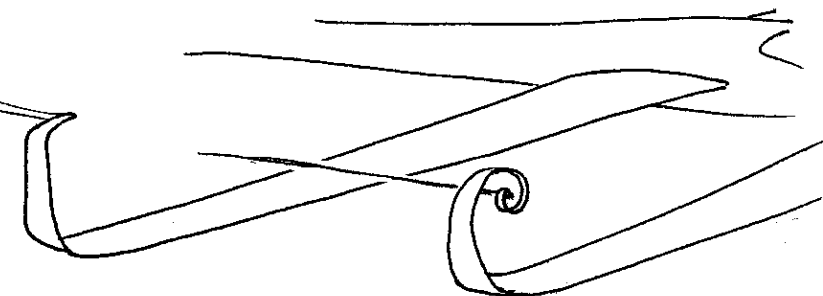
Схематически



Скорость, вызываемая  
ВЕРТИКАЛЬНОЙ ЗАКОНЦОВКОЙ,  
противостоит огибанию крыла

Схематически, ВЕРТИКАЛЬНЫЕ ЗАКОНЦОВКИ являются мини-крыльями, расположенными перпендикулярно к основному крылу, такими, что их профиль создаёт (слабую) НАВЕДЁННУЮ СКОРОСТЬ, которая противостоит огибанию кромки крыла, обязанную своим появлением разнице давления между нижней и верхней поверхностями крыла, вертикальная законцовка создаёт свой собственный концевой вихрь, но преимущество настолько ярко выражено, что эта идея, которая могла бы проявить себя век назад, постепенно распространяется сегодня на весь мир авиации

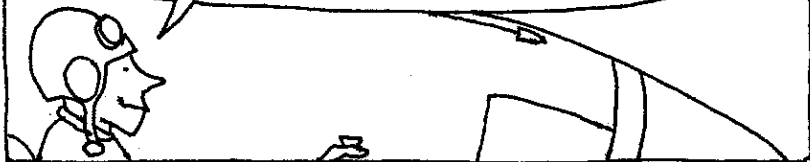
А я, я изобрела  
(ВЕРТИКАЛЬНУЮ ЗАКОНЦОВКУ)<sup>2</sup>



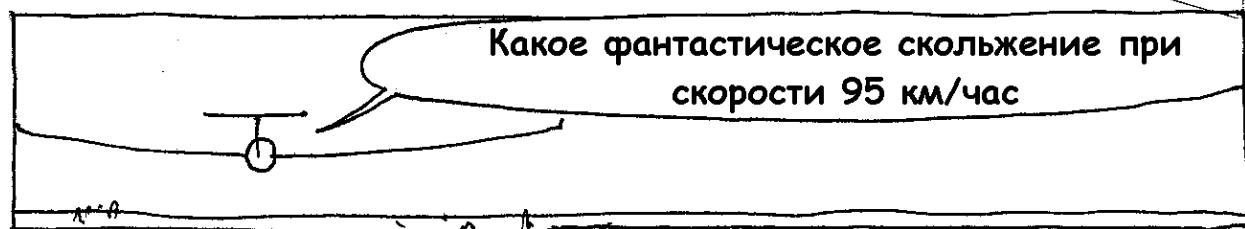
Согласно испытаниям, которые я произвёл на макетах, этот новый планер с разностью уровней  $h=500$  метров должен бы нам позволить достигнуть того обширного поля, которое виднеется вдаль на горизонте, на расстоянии  $d=20$  километров (\* )



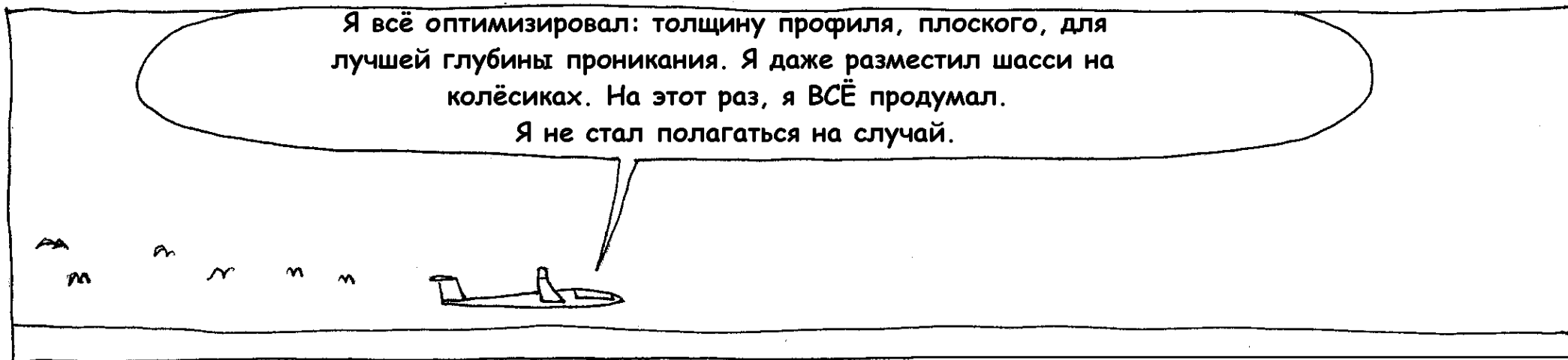
Вперёд! Шерстяная ниточка ровно посередине, скорость оптимальна для получения МАКСИМАЛЬНЫХ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК



Какое фантастическое скольжение при скорости 95 км/час

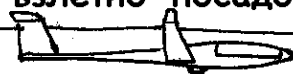


Я всё оптимизировал: толщину профиля, плоского, для лучшей глубины проникания. Я даже разместил шасси на колёсиках. На этот раз, я ВСЁ продумал. Я не стал полагаться на случай.



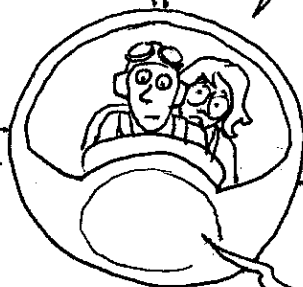
(\* ) То, что соответствует АЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКЕ  $\frac{d}{h}=40$ . Но некоторые планеры превышают 60 (уклон: 1 градус)

Великолепный, или почти что великолепный заход на посадку. Я уклонился от деревьев при заходе на взлётно-посадочную полосу ловким взмахом крыла.



Они едва виднелись издалека

Софи, что происходит? Черты местности будут сейчас совершенно размыты!

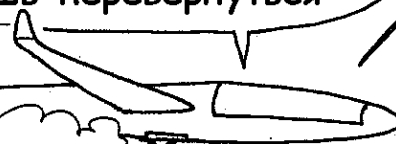


До твоих деревьев было десять метров. Твой курс следования удлинится на 400 метров

О, да, ты права. Ни за что не удастся приземлиться!

И всё-таки!  
Я торможу до отказа

Не слишком сильно, если не хочешь перевернуться



**МУ!**

Чутьочку не дотянули!



Я был вполне уверен, что не обойдётся без неприятностей



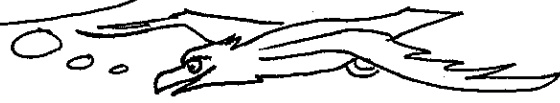
# ВОЗДУШНЫЕ ТОРМОЗА

Я не понимаю. Орлы обладают прекрасными аэродинамическими характеристиками. И всё же они ухитряются очень резко приземляться



Ничего не остаётся, как понаблюдать за ними

Смотри-ка, кровавые останки



Я прерываю свои аэродинамические качества



Аэродинамическое торможение

Немедленный повторный взлёт



Мама, ты опять ошиблась. Это спагетти с томатным соусом (\*)



Хищная птица совершает двойной манёвр: она сокращает свою несущую поверхность и тормозит своими перьями

(\*) Реально пережитое автором в кемпинге "Симба" у кратера Нгоро-Нгоро в Танзании, когда он был гидом тура "Сафари" по Африке



Я смог бы это сделать(\*)

Есть способ лучше и намного проще

Гаситель подъёмной силы + воздушный тормоз

Ты можешь применить систему, которая выпускается из крыла, гасит подъёмную силу (СПОЙЛЕР) на несущей поверхности крыла и создаёт очень сильное лобовое сопротивление, которое тормозит машину. Таким образом, от 100 км/час ты можешь спуститься до 4 м/сек, что сокращает твои аэродинамические характеристики до значения  $\frac{28 \text{ м/сек}}{4 \text{ м/сек}} = 7$  (\*\*)

(\*\*) Вместо 0,5 до 1 м/сек при обычном полёте (относительно массы воздуха)

Речь идёт о скоростях относительно массы воздуха.

При встречном ветре угол наклона более выражен



Я могу контролировать мой спуск, делая их сильнее или слабее, и к концу курса следования это оказывает влияние на торможение

• Приблизительные цифры лётно-технических данных современного (\*\*\*) "планера среднего класса", без закрылков, чьи аэродинамические характеристики  $f \approx 30$

(\*) Это было испытано на самолётах в тридцатых годах без особого успеха