Глава 2

- **Полная аэродинамическая сила**
- **Принцип планирующего полёта**
- **Энергия планера**
- **Сопротивление и аэродинамическое качество**
- **Изменения траектории**
- **Элементы пилотажа**
- **Полёт по прямой**
- **Вираж**
- **Симметрия полёта**

Как летает планер?

Эта фаза теоретической и практической подготовки предназначена для изучения базовых понятий физики полёта, которые позволят Вам понять, откуда берутся силы, позволяющие планерам, самолётам и другим летательным аппаратам тяжелее воздуха совершать планирующий полёт и управляться.

Опыт с рукой

Рис.11 A: вес руки

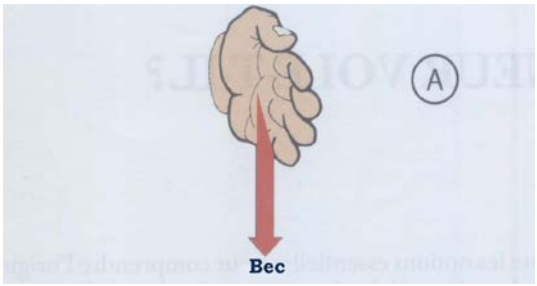


Рис.11 B: полная аэродинамическая сила

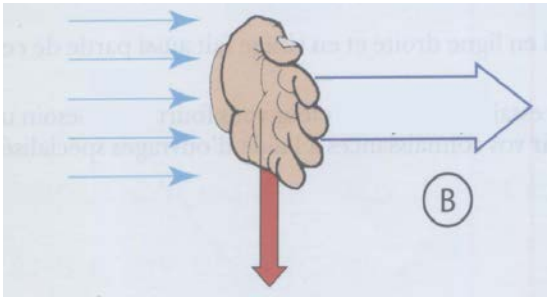


Рис.11 C: плоскость ладони и угол атаки

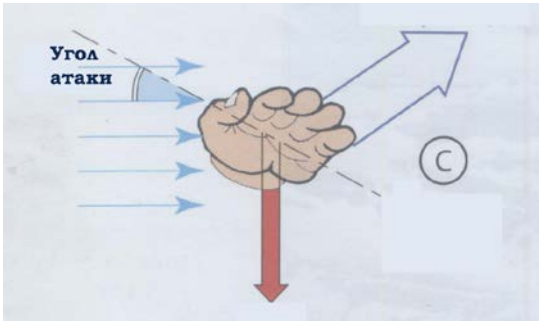
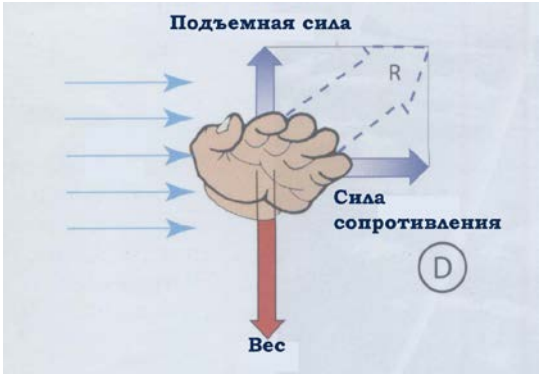


Рис.11 D: сопротивление и подъёмная сила



Планер, как и птица, тяжелее воздуха. Для того, чтобы он полетел, нужна подъёмная сила, достаточная, чтобы противостоять его весу. Чтобы понять, откуда берётся эта сила, проведём опыт с рукой. В безветренный день сядьте в машину и высуньте руку из окна. Если машина не движется, Вы ощутите только вес руки, стремящийся уронить её вниз (рис.11, A).

Если машина начнёт движение, Вы ощутите рукой поток воздуха. Такое же ощущение возникло бы, если высунуть руку из неподвижной машины, когда дует сильный ветер. С точки зрения аэродинамики оба этих случая совершенно одинаковы. Воздействие ветра определённой скорости на руку, высунутую из неподвижной машины, ничем не будет отличаться от воздействия на руку потока воздуха при движении машины с той же скоростью. Любое движение воздуха относительно обтекаемого тела будем называть **потоком**. Теперь повернём выставленную из окна ладонь перпендикулярно потоку. По мере роста скорости машины Вы будете ощущать всё возрастающую силу, отклоняющую ладонь назад по потоку. Это **полная аэродинамическая сила** (рис. 11, B).

Повернём ладонь так, чтобы её передняя часть была чуть выше задней. Угол между плоскостью ладони и набегающим потоком называется **угол атаки** (рис. 11, C). Теперь Вы ощущаете силу, которая отклоняет ладонь не только назад, но и вверх.

При таком угле атаки полную аэродинамическую силу можно разделить на две составляющие (рис. 11, D):

- **силу сопротивления**, действующую вдоль направления набегающего потока
- **подъёмную силу**, перпендикулярную направлению набегающего потока

Если скорость набегающего потока достаточно велика, можно подобрать такой угол атаки ладони, при котором её вес будет полностью скомпенсирован подъёмной силой. При этом силу сопротивления придётся компенсировать усилием мышц руки. Поздравляем! Вы сымитировали и ощутили «полёт» Вашей руки.

Рис.12 : профиль крыла планера

Рис.13 : планер: равновесие сил в буксировочном полёте

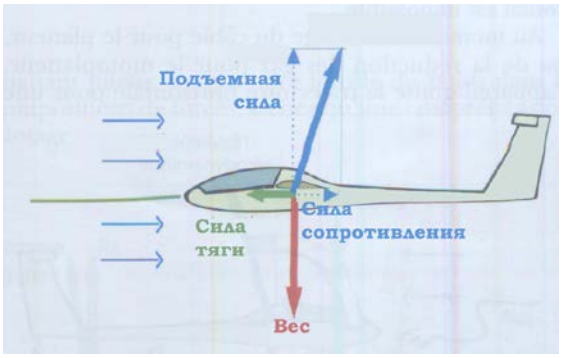


Рис.14 : самолёт: равновесие сил в горизонтальном полете

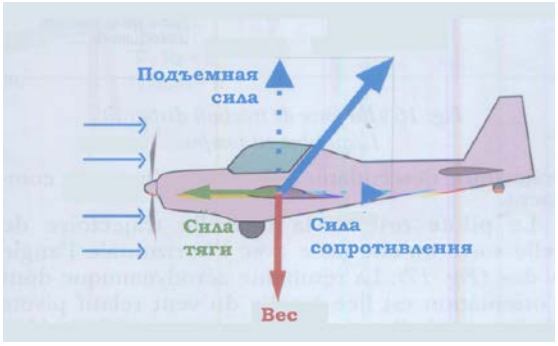
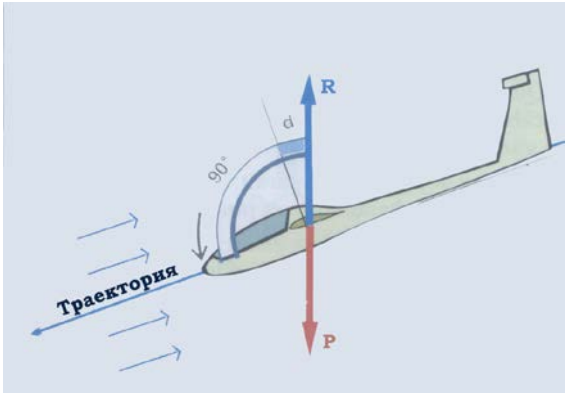


Рис.17 : планер: равновесие сил в планирующем полёте



Конечно, форма ладони – не самая оптимальная для полёта. На заре авиации конструктора создавали формы крыльев, вдохновляясь крыльями птиц. Сейчас, когда аэродинамика стала очень развитой наукой, разработка оптимальной формы крыла – это научная задача. Конструктора стремятся создавать крылья, при заданной подъёмной силе имеющие минимальное сопротивление. Форма сечения типичного современного крыла (**профиль крыла**) показана на рис. 12. При обтекании потоком над верхней поверхностью крыла возникает разрежение, а под нижней давление, наоборот, повышается. Так возникает аэродинамическая сила.

Равновесие действующих на планер сил (полной аэродинамической силы, веса планера и силы тяги) позволяет совершать горизонтальный установившийся полёт с постоянной скоростью. На мотопланере силу тяги создаёт винтомоторная установка. В буксировочном полёте тяга передаётся планеру от самолёта-буксировщика через буксировочный фал. Итак, в горизонтальном полёте вес планера уравновешен подъёмной силой, а сила сопротивления уравновешена силой тяги.

Что происходит, когда пилот планера производит отцепку от самолёта-буксировщика или когда пилота самолёта сбрасывает газ до нуля? Сила тяги исчезает. Остаются полная аэродинамическая сила и вес (сила тяжести). Сила сопротивления остаётся некомпенсированной. **Без силы тяги горизонтальный полёт невозможен**. Скорость аппарата падает, подъёмная сила уменьшается, становясь меньше веса, и аппарат начинает снижаться. Летательный аппарат прекращает горизонтальный полёт и начинает полёт по наклонной траектории. При этом при определённой скорости полёта полная аэродинамическая сила уравновешивается силой тяжести, и летательный аппарат будет совершать прямолинейный установившийся полёт по наклонной траектории.

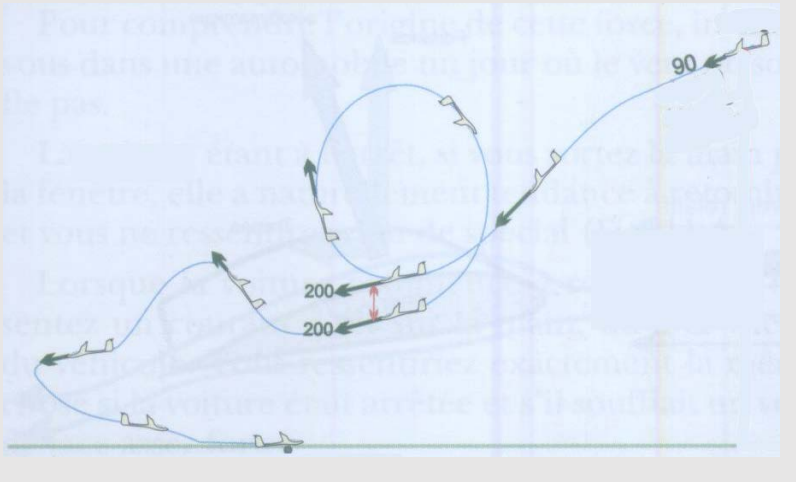
Энергия планера

После буксировки и отцепки на достаточной высоте планер обладает потенциальной энергией, равной произведению его веса на высоту: Ep = Mg * H. Потенциальная энергия – это «горючее», на котором летает планер. Помимо потенциальной энергии, планер в полёте также обладает кинетической энергией, зависящей от скорости планера: Ec = m * V^2/2.

Когда планер разгоняется в пикировании, часть его потенциальной энергии переходит в кинетическую. Бывает и наоборот – при выполнении «горки» часть кинетической энергии планера переходит в потенциальную.
В авиации часто используется понятие «полная энергия» -- это сумма потенциальной и кинетической энергии планера: Et = Ep + Ec.

В установившемся планирующем полёте планер постоянно расходует свою потенциальную энергию – ведь он непрерывно теряет высоту. Как и при движении на машине, потери энергии зависят от скорости движения и присутствуют постоянно, что бы ни делал пилот – при условии, что полёт проходит в спокойном воздухе.

Рис.18: мёртвая петля и полная энергия планера



На рисунке 18 показаны взаимопереходы и потеря энергии. На скорости 90 км/ч планер переходит в пикирование, разгоняясь до 200 км/ч и переводя свою потенциальную энергию в кинетическую. Затем, выполняя мёртвую петлю, планер впечатляюще набирает высоту. Но на выходе из петли, снова разогнавшись до 200 км/ч, планер окажется ниже, чем при первоначальном разгоне. Это объясняется потерями полной энергии, которые непрерывно происходят в процессе полёта планера.

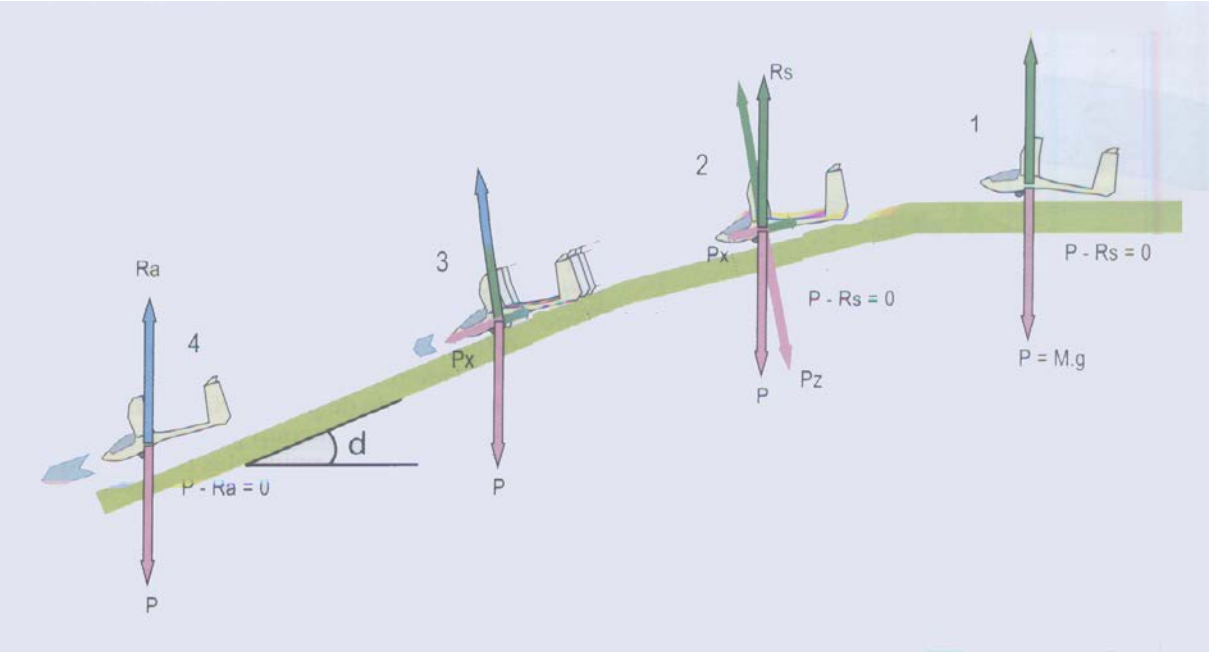
При выполнении «американских горок» (чередующиеся кабрирование и пикирование) планер тоже будет переводить высоту в скорость и обратно – и тоже будет постоянно терять полную энергию, пока она у него есть. Если воздух спокойный, потеря полной энергии у планера заканчивается только с окончанием полёта, когда планер оказывается на нулевой высоте с нулевой скоростью.

«Мотор» планера – это проекция его веса на линию движения планера. Потребляя «горючее» -- потенциальную энергию планера – эта сила компенсирует сопротивление планера.
В дальнейшем вы научитесь «заправляться» в полёте – пополнять запас потенциальной энергии с помощью восходящих потоков.

Сила, приводящая планер в движение

Рисунок ниже предназначен для тех, кто хочет лучше понять, какую роль играет сила веса планера в его движении. Если вы не особенно сильны в анализе сил, можете пропустить эту страницу – она не обязательна для изучения пилотирования планера.

Рис.19 : возникновение и поддержание силы, движущей планер



Для того, чтобы начать и сохранять движение, безмоторный планер нуждается в силе тяги, которая будет компенсировать аэродинамическое сопротивление планера. Обычно взлёт планера производится посредством аэробуксировки или с помощью лебёдки. Но давайте представим планер, который стоит на плато (положение 1). Вес планера **P** при этом скомпенсирован силой реакции опоры **Rs** . Сила тяги к планеру не приложена, и в результате он никуда не движется. Тем не менее планер обладает потенциальной энергией, которая может привести его в движение.

Положение 2: планер находится на пологом склоне. Силу реакции опоры **Rs** можно разложить на две составляющие: «подъёмную силу», перпендикулярную склону, и «сопротивление», направленное параллельно склону и создаваемое силой трения планера о поверхность. Вес планера тоже разложим на две составляющие: сила **Pz**, перпендикулярная склону, и параллельная склону сила **Px**, которая в нашем эксперименте выполняет роль «силы тяги». Если наша «тяга» не превышает «силу сопротивления», планер будет оставаться неподвижным.

Положение 3: планер находится на склоне, настолько крутом, что сила **Px** становится больше «силы сопротивления».

Равновесие утрачивается, и планер начинает двигаться по склону со всё возрастающей скоростью. С началом движения планера и ростом его скорости возникнет и будет увеличиваться полная аэродинамическая сила **Ra**. В какой-то момент она может стать больше веса планера, и тогда он взлетит.

В нашем примере роль силы тяги играла составляющая веса планера. Благодаря этой силе планер смог разогнаться и взлететь. И пока полная аэродинамическая сила равна весу планера, планер будет находиться в полёте с постоянной скоростью и постоянным углом наклона траектории. При этом составляющая веса **Px** будет компенсировать аэродинамическое сопротивление планера. Примерно то же самое происходило на склоне, когда эта сила компенсировала трение планера о склон. Угол наклона траектории (относительно горизонта), при котором наступает равновесие сил у планера, называется углом планирования **d**.

При полёте в спокойном воздухе с постоянной скоростью планер будет продолжать планирующий полёт по наклонной траектории, постепенно расходуя потенциальную энергию, которой он обладал в начале планирующего полёта.

Зависимость аэродинамической силы

Полная аэродинамическая сила прямо пропорциональна плотности воздуха, площади крыла и квадрату скорости набегающего потока. Коэффициент пропорциональности зависит от аэродинамических характеристик планера, в том числе формы профиля крыла. Вариации влияния площади крыла и скорости набегающего потока проиллюстрированы на рис. 24 и рис. 25 соответственно.

Рис.24 : влияние площади крыла на аэродинамическую силу

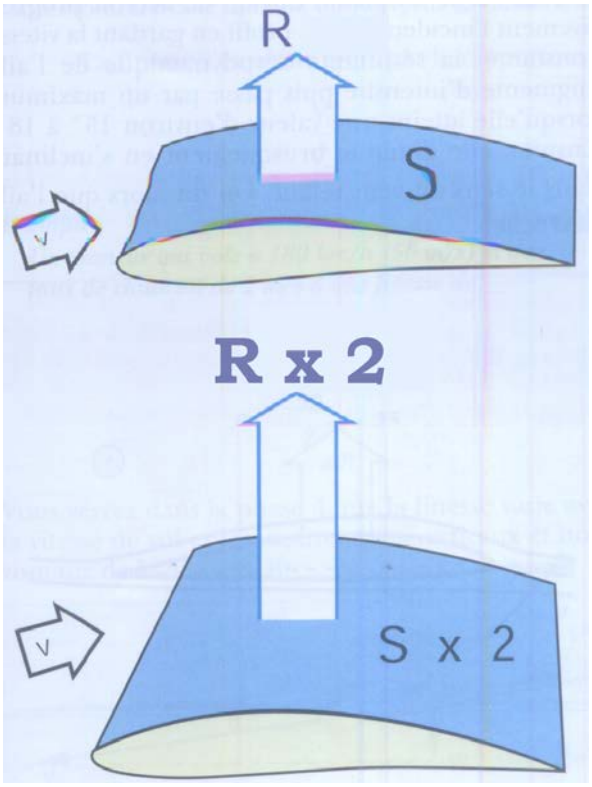
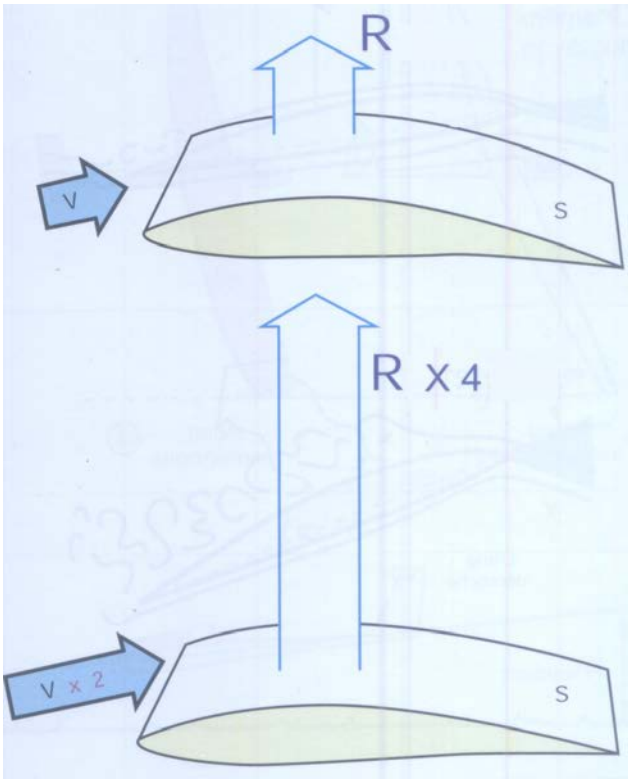


Рис.25 : влияние скорости потока на аэродинамическую силу



Положение профиля относительно набегающего потока

Угол атаки **a** – это угол между скоростью набегающего потока и хордой профиля (линией соединяющей две наиболее удалённые друг от друга точки профиля). Если постепенно увеличивать угол атаки, сохраняя скорость потока постоянной, то полная аэродинамическая сила будет расти и достигнет своего максимума при угле атаки примерно 15…18^0. При дальнейшем увеличении угла атаки полная аэродинамическая сила резко уменьшается и отклоняется назад по потоку. В таком случае говорят, что произошёл срыв потока.

У планера, который находится в установившемся полёте, полная аэродинамическая сила всегда равна весу планера, и обе эти силы действуют вдоль одной прямой. В этом случае изменение (например, увеличения) угла атаки повлечёт за собой изменение (уменьшение для данного примера) воздушной скорости, и наоборот.

Рис.26 : характер обтекания профиля на разных углах атаки

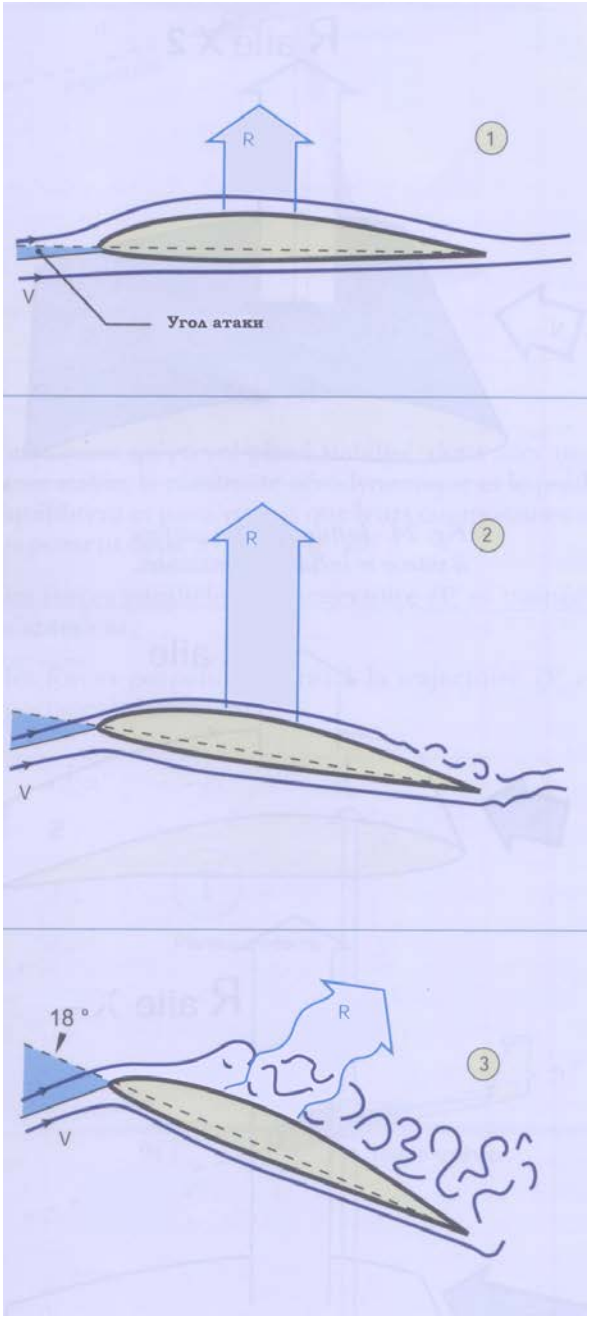
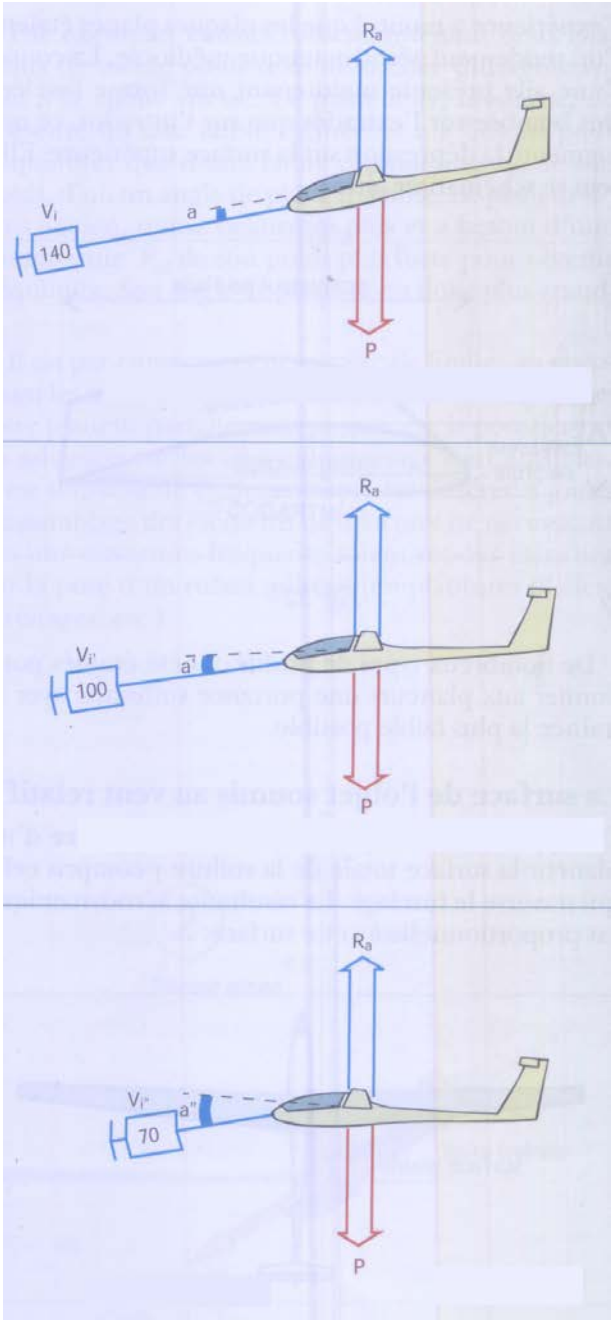
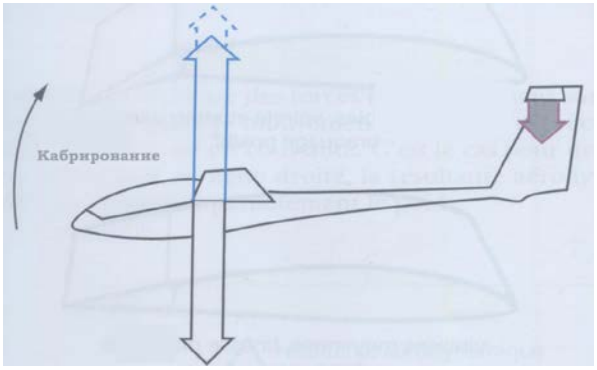


Рис.27 : взаимосвязь скорости планера и угла атаки



Роль горизонтального оперения

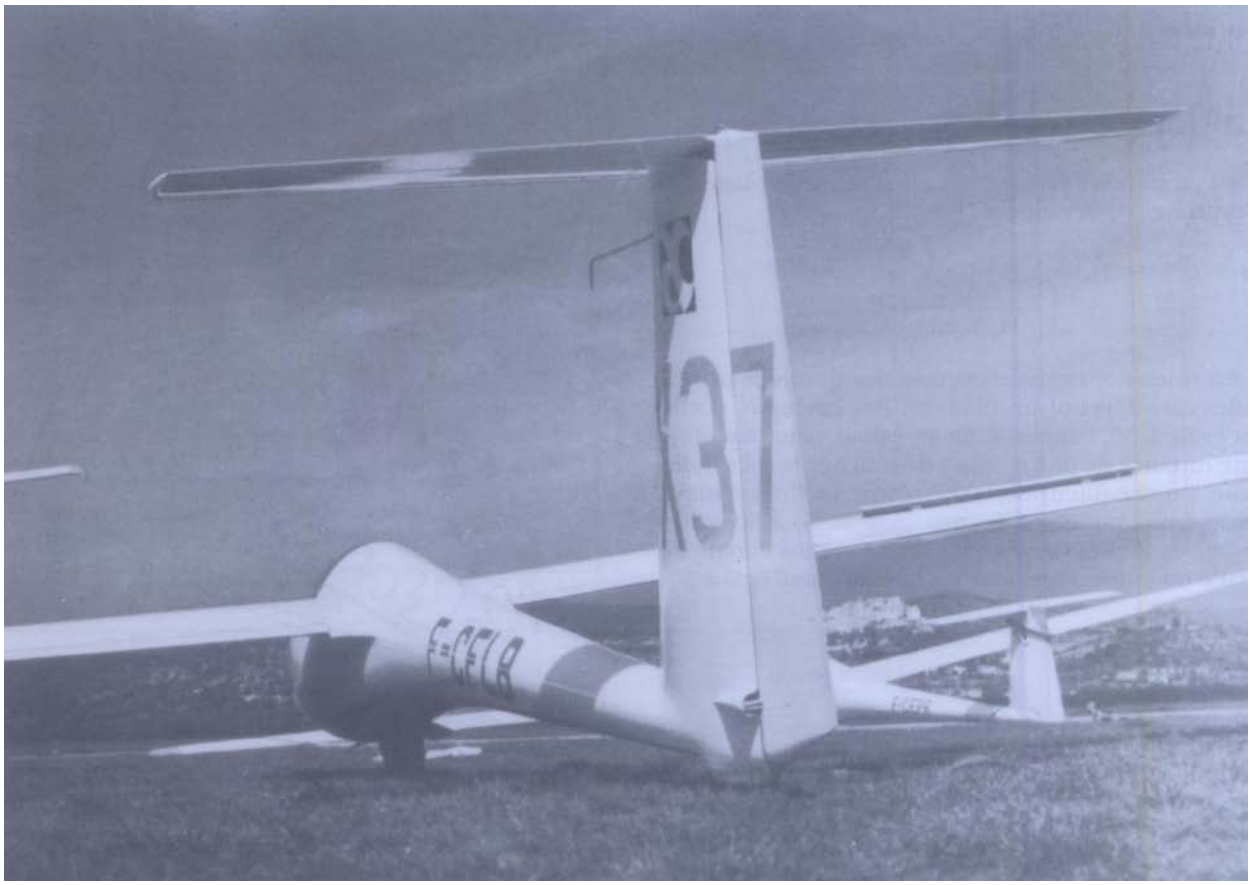
Рис.28 : управление тангажом и углом атаки



Горизонтальное оперение предназначено для управления тангажом и углом атаки.

Работая ручкой вперёд-назад, пилот изменяет угол наклона подвижной части горизонтального оперения (руль высоты) и тем самым влияет на аэродинамические силы, развиваемые горизонтальным оперением. В результате меняются угол атаки крыла и угол тангажа планера.

Движение **ручки от себя** переводит планер в **пикирование** (планер опускает нос) и уменьшает угол атаки крыла. Взятие **ручки на себя** приводит к **кабрированию** (планер поднимает нос) и увеличивает угол атаки крыла.



Аэродинамическое качество, угол планирования и глайд

Аэродинамическое качество – это отношение пройденной планером дистанции к потере высоты при полёте в спокойном воздухе без ветра:

f = D / H

Максимальное аэродинамическое качество – одна из важнейших характеристик планера. При качестве 35 планер, имея запас высоты 1 км, сможет пролететь в спокойном воздухе 35 км. У современных планеров максимальное качество составляет примерно от 35 до 60 в зависимости от модели планера.

Чем выше аэродинамическое качество, тем, при прочих равных условиях, меньше получается угол планирования. В спокойном воздухе без ветра качество 20 обеспечивает угол планирования всего 3^0. При качестве 40 угол планирования уменьшается до $1{,}5^0$.

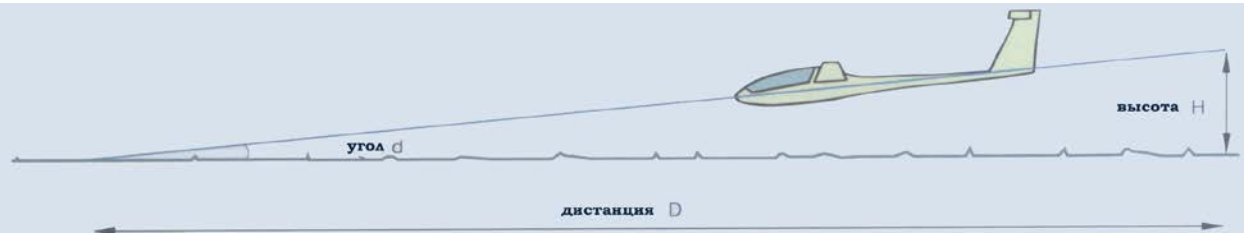
Высокие значения аэродинамического качества достигаются тщательным расчётом формы планера и её безупречным выдерживанием при изготовлении.

В полёте качество можно определить как отношение воздушной скорости к скорости снижения:

f = Vx / Vy

Пример. Планер, имеющий воздушную скорость 180 км/ч (=50 м/с) и снижение 2 м/с, имеет качество 50 / 2 = 25 .

Рис.29 : качество планера

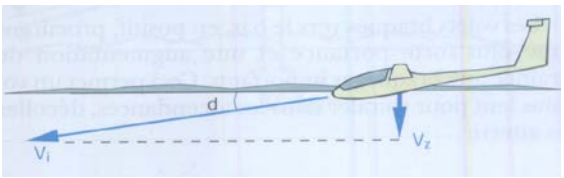


Помимо качества, которое является технической характеристикой планера, в полёте очень важно знать угол наклона траектории и связанный с ним «глайд» – отношение пройденной дистанции к потере высоты с учётом ветра, восходящих и нисходящих потоков.

«Глайд» равен аэродинамическому качеству только при полном штиле и отсутствии вертикальных движений воздуха, что на практике случается очень редко.

Попутный ветер и восходящие потоки повышают глайд и снижают угол наклона траектории; встречный ветер и нисходящие потоки, наоборот, снижают глайд и повышают угол наклона траектории.

Рис.30 : глайд и угол наклона траектории



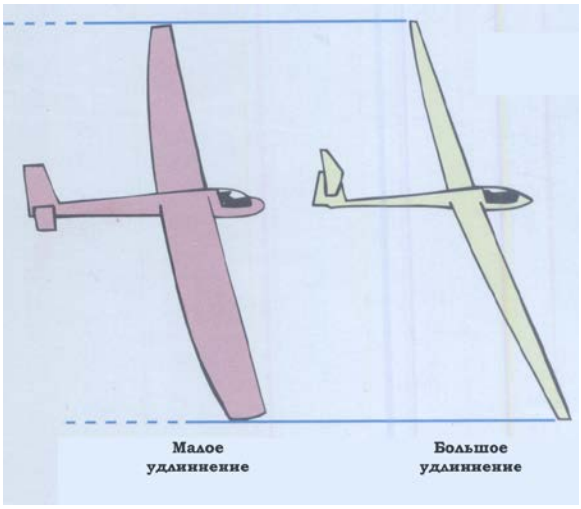
Удлинение

Удлинение крыла – это отношение его размаха к средней хорде:

lambda = L / B

Удлинение – один из важнейших геометрических параметров планера, сильно влияющий на аэродинамическое качество. При одинаковом размахе, но разной хорде будет разным и удлинение.

Рис.31 : удлинение, размах и хорда



Планера с большим удлинением имеют меньшее индуктивное (образуемое сходящими с законцовок крыла вихрями) сопротивление.

На уменьшение индуктивного сопротивления также положительно влияют устанавливаемые на законцовках крыла винглеты, ограничивающие перетекание воздуха с нижней на верхнюю поверхность крыла .

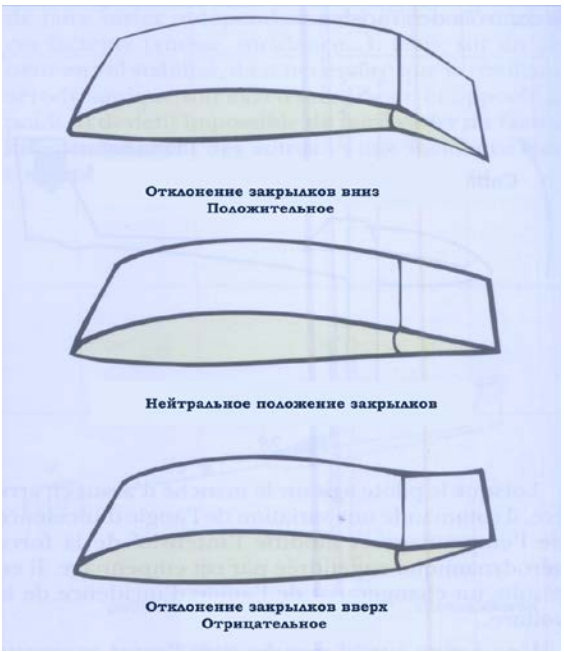
Закрылки

Выбор профиля крыла планера – это всегда компромисс между хорошими аэродинамическими характеристиками крыла как на высоких, так и на малых скоростях полёта. Многие современные планера лучше летают на высоких скоростях. В любом случае планер плохо переносит полёт на очень малых скоростях. Существует техническое решение, которое позволяет увеличить подъёмную силу крыла на малых скоростях путём изменения профиля крыла. Это решение – *закрылки*.

При отклонении вниз закрылки увеличивают подъёмную силу крыла, а при значительном отклонении заметно увеличивается и его сопротивление. Этот режим закрылков используется при работе в восходящих протоках, на взлёте и посадке.

Закрылки, отклонённые вверх, снижают сопротивление крыла на больших скоростях и повышают аэродинамическое качество планера.

Рис.32 : закрылки

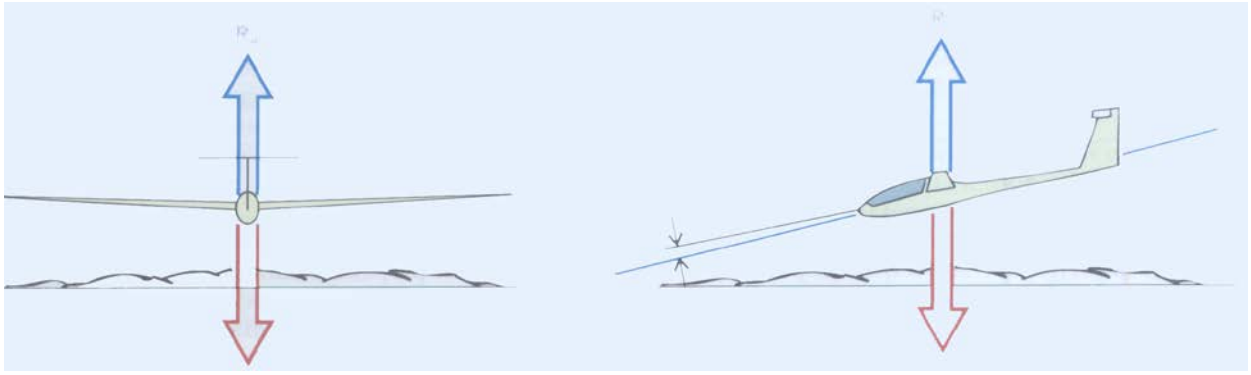


Изменение траектории планера

Если сумма сил, приложенных к телу, равна нулю, тело либо покоится, либо совершает равномерное прямолинейное движение. Таково установившееся планирование, когда вес планера уравновешен полной аэродинамической силой.

Для изменения траектории полёта нужно нарушить равновесие этих сил, приложить к планеру некую силу, которая ничем не будет скомпенсирована. Пилот планера не может изменить вес планера (кроме случая слива балласта в полёте). Зато у него в распоряжении органы управления планером, позволяющие менять величину и направление полной аэродинамической силы.

Рис.33 : планер в установившемся полёте

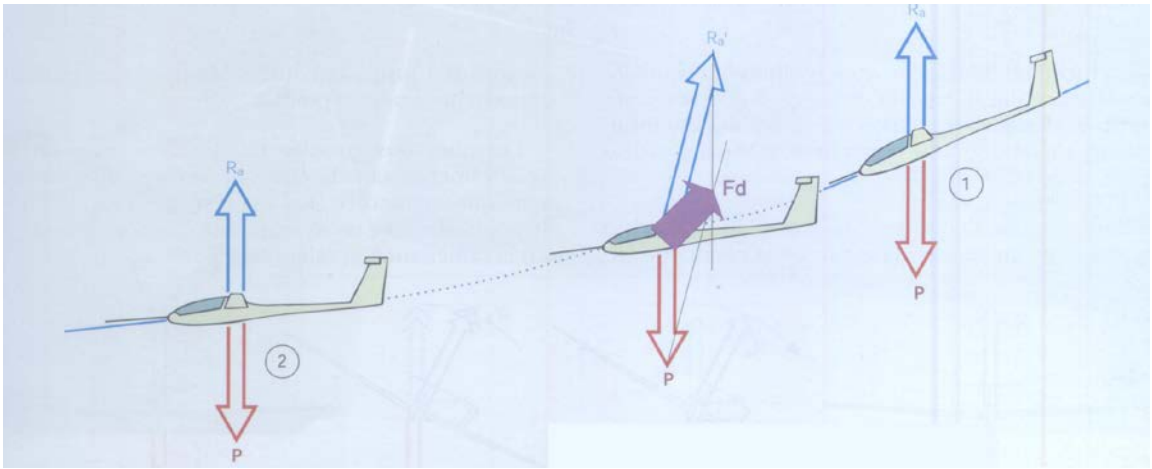


Управление в вертикальной плоскости

Чтобы перейти от полёта с высокой скоростью и крутым углом планирования (1) к полёту с меньшей скоростью и более пологим углом планирования (2), пилот должен изменить тангаж планера в сторону кабрирования, взяв ручку на себя.

Непосредственно после этого управляющего действия полная аэродинамическая сила станет больше веса планера и несколько отклонится назад от вертикали. Возникнет нескомпенсированная сила **Fd**, которая будет отклонять траекторию планера вверх и уменьшать его скорость. Через некоторое время полная аэродинамическая сила **Ra** и вес планера **P** снова придут в равновесие, но угол планирования и скорость при этом будут меньше, чем в начале манёвра.

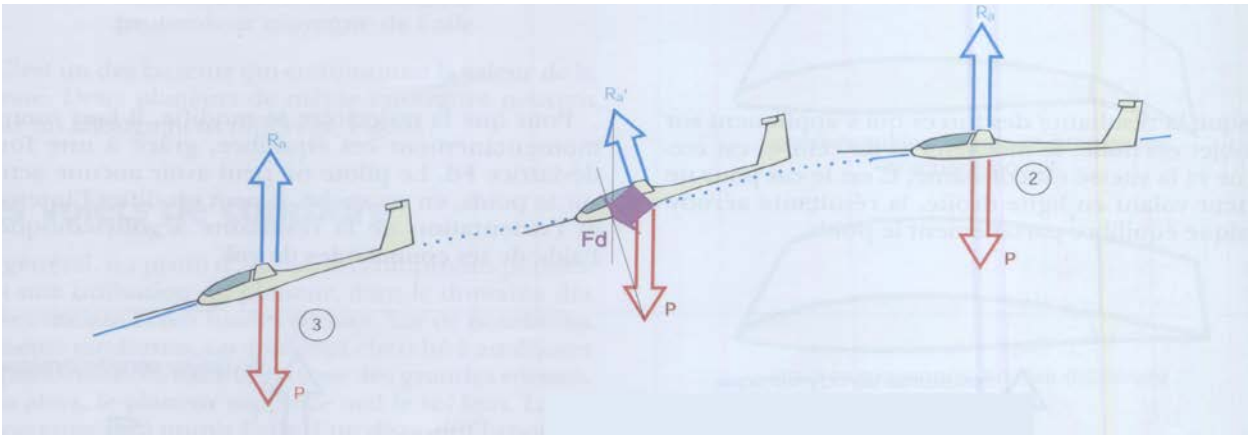
Рис.34 : управление планером в вертикальной плоскости, выход из пикирования



Для увеличения угла наклона траектории пилот, наоборот, должен отдать ручку от себя. В результате угол тангажа и угол атаки уменьшатся, и полная аэродинамическая сила станет меньше веса планера. В результате траектория планера начнёт искривляться вниз.

Скорость планера начнёт расти, и через какое-то время полная аэродинамическая сила **Ra** снова сравняется с весом планера.

Рис.35 : управление планером в вертикальной плоскости, переход в пикирование

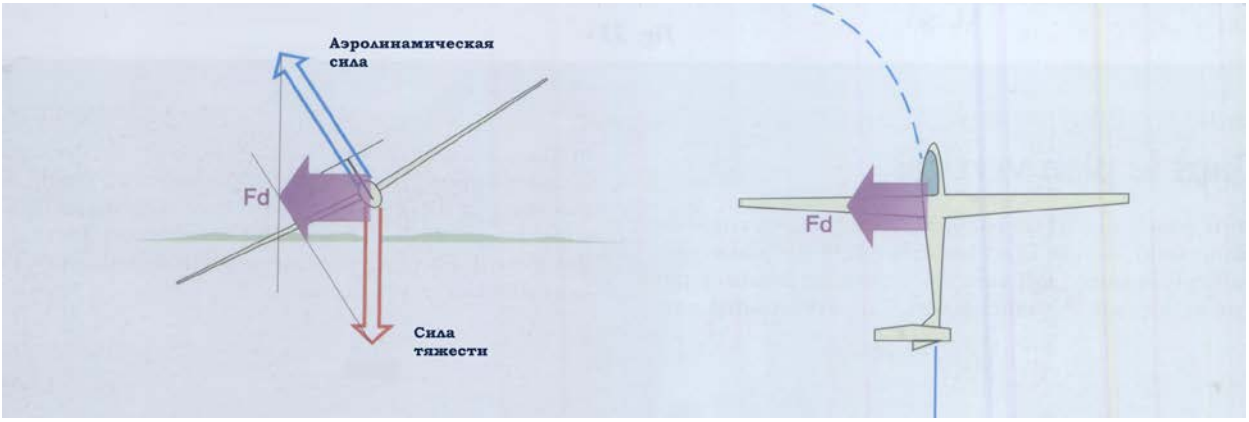


Управление в горизонтальной плоскости

Для ввода планера в вираж необходима сила, направленная вбок, перпендикулярно траектории планера. Получить такую силу можно, накренив планер.

При возникновении крена полная аэродинамическая сила **Ra** остаётся перпендикулярной плоскости крыла, и сумма этой силы и веса (силы тяжести) планера образует боковую силу **Fd**, которая приводит к искривлению траектории планера вбок.

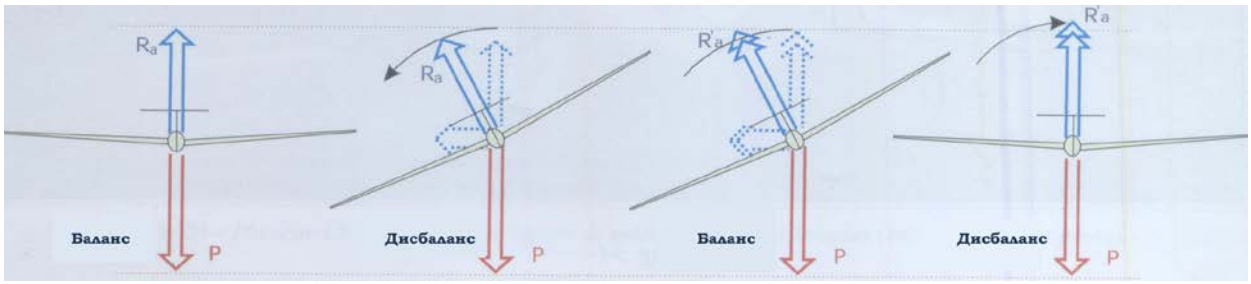
Рис.36 : ввод планера в вираж



Накреняя планер, пилот не изменяет величину силы **Ra**, но изменяет её направление. В результате вертикальная составляющая полной аэродинамической силы становится меньше веса планера, и возникает нежелательный дисбаланс сил в вертикальной плоскости.

Для приведения вертикально действующих сил в равновесие нужно увеличить силу **Ra** настолько, чтобы её вертикальная составляющая снова стала равна весу планера.

Рис.37 : вираж и устранение дисбаланса сил в вертикальной плоскости



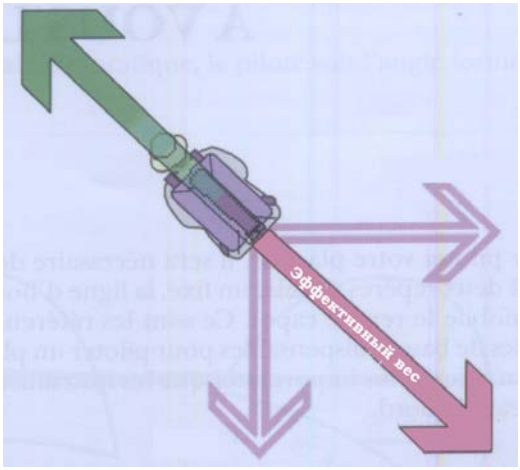
В установившемся вираже сила **Ra** должна быть больше, чем в прямолинейном полёте. Фактически полная аэродинамическая сила должна компенсировать ещё и центробежную силу, возникающую из-за движения по криволинейной траектории. В результате возникает *перегрузка* **n**, равная отношению полной аэродинамической силы к весу планера, находящегося в прямолинейном полёте.

На рисунке 38 показан вираж с креном 45^0. В таком вираже возникает перегрузка примерно 1,4. Обычно перегрузку обозначают буквой **g**, имея в виду отношение силы, действующей на тело, к его весу в поле тяготения Земли. В данном случае можно написать, что перегрузка равна 1,4 g.

Можно сказать, что «эффективный вес» планера в вираже больше, чем его вес на земле.

n = Ra / P
n = «эффективный вес» планера / вес планера

Рис.38 : вираж с креном 45^0



В таком вираже «эффективный вес» пилота массой 75 кг составит 1,4 * 75 = 105 килограммов силы (кГс)..

Приступим к управлению

Для пилотирования планера вам потребуется два визуальных ориентира. Один – неподвижный – линия горизонта. Второй – подвижный – верхняя грань кокпита. В моторной авиации в качестве второго ориентира используют капот двигателя, если двигатель расположен в передней части фюзеляжа; мы тоже будем использовать слова «капот» или «нос планера» для обозначения второго ориентира.

Рис.39 : визуальные ориентиры

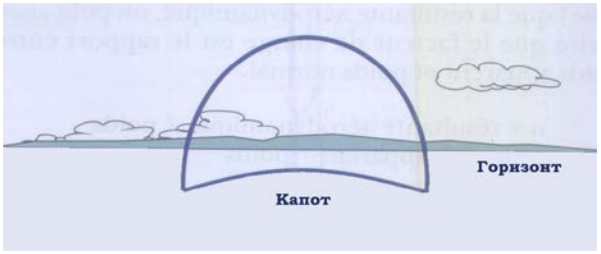
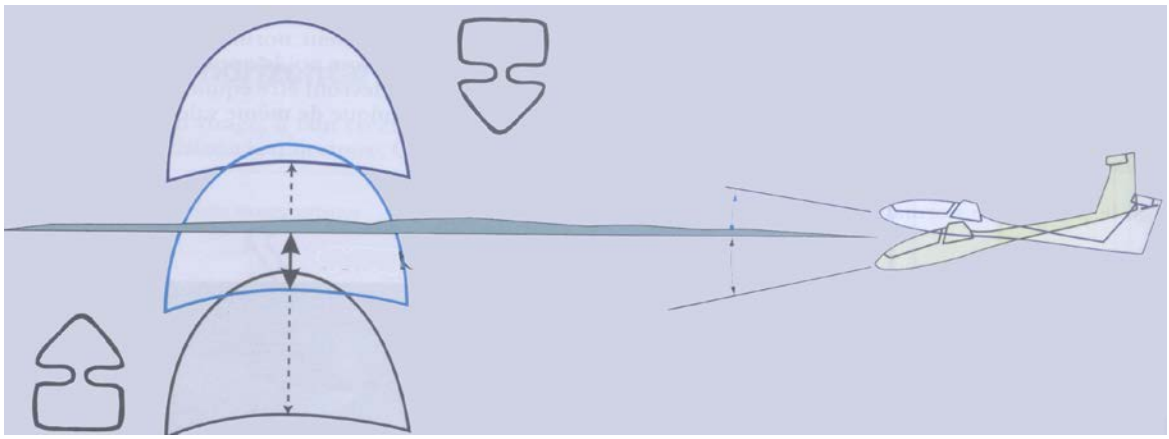


Рис.40: визирование при управлении по тангажу



Тангаж: первый элемент пилотажа

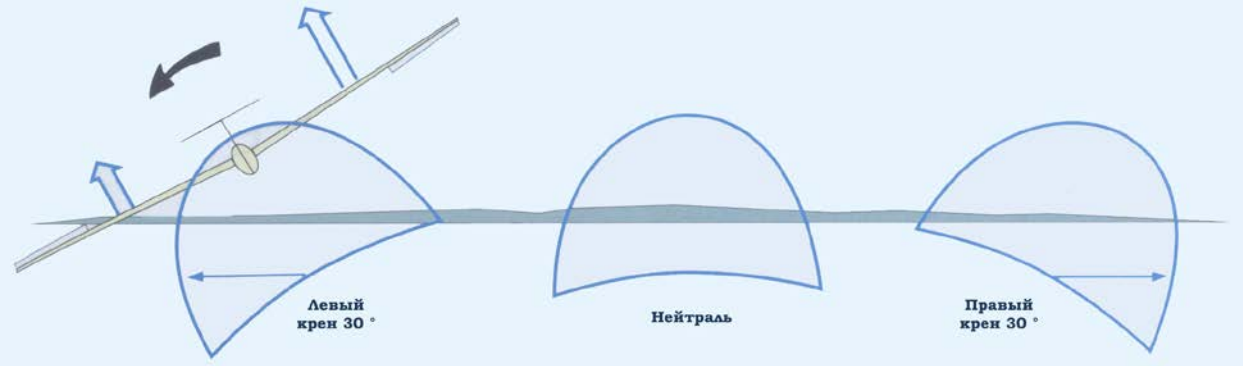
Угол тангажа (или просто *тангаж*) – это угол между осью фюзеляжа и горизонтом. Пилот может визуально оценивать тангаж, наблюдая расстояние между носом планера и горизонтом. Перемещение носа вверх – признак того, что планер кабрирует (увеличивает свой угол тангажа). Достигается это взятием ручки на себя. Перемещение носа вниз – признак уменьшения тангажа. Для этого ручку надо отдать от себя.

Если нос планера не изменяет своего положения относительно горизонта, это означает, что планер летит с постоянным углом тангажа. В спокойном воздухе при этом будет постоянным и угол планирования (он же угол наклона траектории). Ваш инструктор покажет вам тот угол тангажа, при котором планер имеет наилучшие лётные качества. В процессе обучения вы будете стараться выдерживать угол тангажа близким к этой величине.

Крен: второй элемент пилотажа

Крен (угол крена) – это угол между плоскостью крыльев и горизонтом. На практике крен можно наблюдать как угол между горизонтальной плоскостью приборной доски и горизонтом.

Рис.41: визирование при управлении по крену



Мы уже знаем, что возникновение крена приводит к искривлению траектории планера. Это легко проверить в полёте. Отклоним ручку влево. Левый элерон поднимется, правый – опустится. Подъёмные силы на левой и правой консоли теперь неодинаковы, и возникает крен влево. Через небольшое время станет заметно, что нос планера также отклоняется влево: это начало входа в вираж. При отклонении ручки вправо, соответственно, возникнет правый крен, и планер начнёт входить в правый вираж.

Если планер переходит из прямолинейного полёта в незначительный крен, то можно заметить незначительное горизонтальное смещение носа планера. Движение ручкой вбок на исправление крена усиливает смещение носа.

Обратное скольжение или эффект элеронов

Работа элеронами приводит не только к появлению или изменению крена. Возникает также скольжение в направлении, противоположном крену. Этот эффект объясняется разностью в сопротивлении поднятого и опущенного элерона (опущенный элерон создаёт большее сопротивление).

Рис.42 : причины обратного скольжения

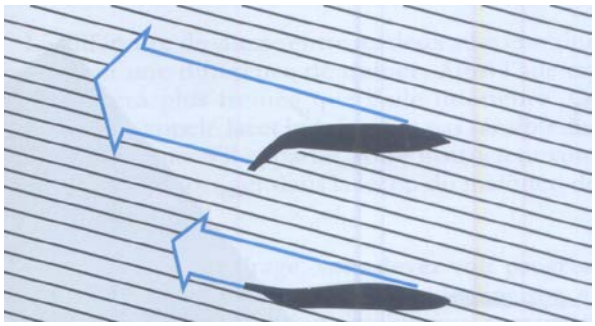
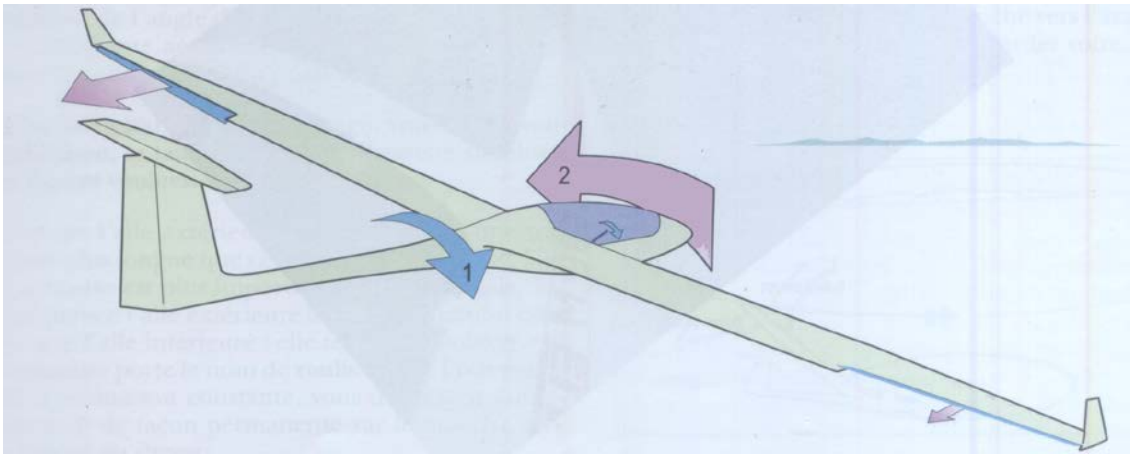
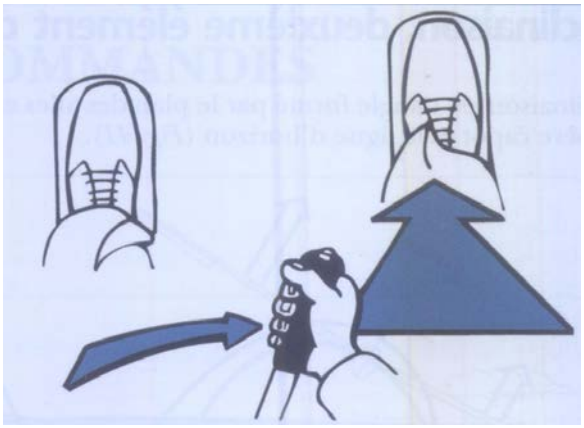


Рис.43: обратное скольжение



Такое «обратное скольжение» нежелательно, но оно возникает каждый раз, когда крен планера изменяется. Для компенсации скольжения пилот должен **выжать педаль с той же стороны, куда он перемещает ручку для устранения крена**. Такое управляющее действие называется *скоординированный вираж*. В прямолинейном полёте, исправляя случайно возникающие крены, пилот должен одновременно работать и педалями так, как описано выше.

Рис.44 : исправление крена, скоординированный вираж



Таким образом, прямолинейный полёт с постоянной скоростью достигается выдерживанием постоянного угла тангажа и нулевого угла крена.

Прямолинейный полёт возможен только при нулевом крене.

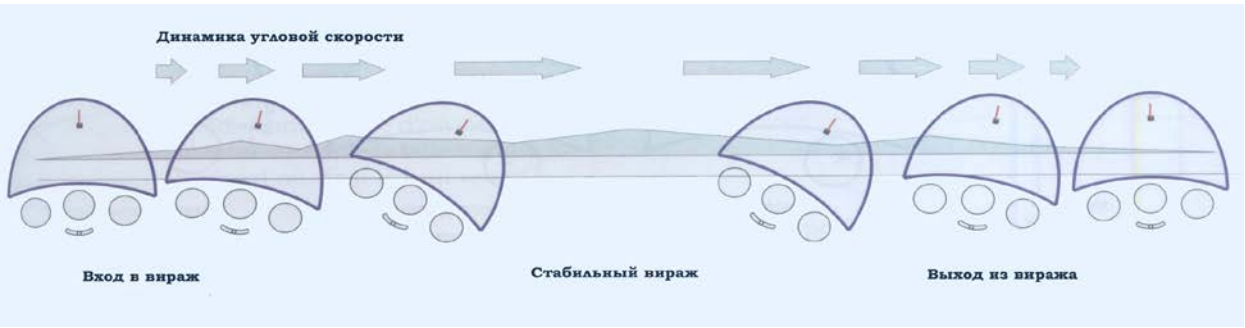
Вираж

Угловая скорость виража (скорость с которой перемещается нос планера относительно неподвижных ориентиров на горизонте) пропорциональна крену: чем он больше, тем больше скорость виража, и наоборот.

Первые «учебные» виражи Вы будете совершать с креном не более 30 градусов, выдерживая при этом заданный инструктором угол тангажа. Изучение виражей с кренами более 30 градусов и/или при разных скоростях полёта будет производиться позже по мере Вашего прогресса в обучении.

Перед началом виража убедитесь в том, что пространство, в котором Вы намереваетесь произвести манёвр, свободно. **Это – безопасность**. Посмотрите в ту сторону, куда Вы намереваетесь произвести вираж, после чего немедленно вернитесь к визуальному контролю положения носа планера относительно горизонта (контроль крена и тангажа).

Рис.45: вираж, вход и выход



Для входа в вираж необходимо создать крен. Вы уже знакомы с тем, как следует выполнять скоординированный вираж движением ручки и ноги в одну и ту же сторону. На вираже Вы должны наблюдать **горизонтальное перемещение носа планера в сторону крена**. И это перемещение должно быть пропорционально крену.

В отсутствие работы ручкой на себя при входе в крен Вы заметите, что тангаж планера изменяется, и возникает пикирование. Прибирая ручку на себя в процессе виража, Вы должны поддерживать такой же угол тангажа, как и в прямолинейном полёте. Взятие ручки на себя на вираже приводит к увеличению угла атаки и, следовательно, полной аэродинамической силы вплоть до полной компенсации «эффективного веса» планера, возросшего из-за центробежной силы.

Выполняя вираж, Вы должны **контролировать крен, угловую скорость виража и угол тангажа, удерживая их необходимые величины**.

Внешняя консоль планера на вираже имеет более высокую скорость, чем внутренняя (рис. 46). В результате подъёмная сила на ней становится больше, чем на внутренней по виражу консоли, и внешняя консоль стремится приподняться. Возникает *индуцированный крен*. Для борьбы с ним и удержания нужного угла крена на вираже нужно незначительно отклонять ручку на внешнюю сторону виража.

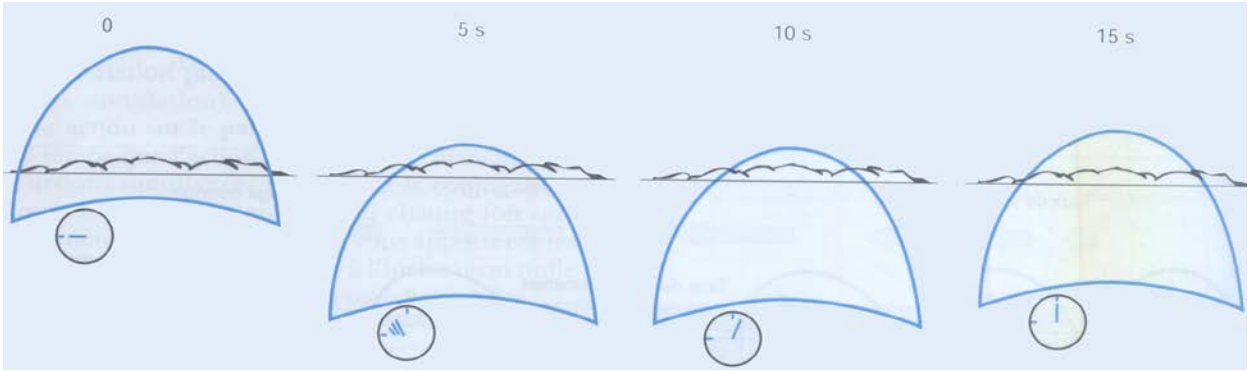
Разница в скоростях консолей приводит к разнице не только в подъёмной силе на них, но и в силе сопротивления консолей. Сопротивление внешней консоли будет больше ввиду её большей скорости, и может возникнуть *индуцированное скольжение*.

Для выхода из виража Вы должны **одновременно и постепенно уменьшить крен и угловую скорость виража до нуля, выдерживая постоянный угол тангажа**. Эффект элеронов вынудит Вас скоординированно работать ручкой и педалями в процессе выхода из виража. Кроме того, Вам придётся слегка отдать ручку от себя, чтобы сохранить угол тангажа неизменным.

Соотношение «тангаж-траектория-скорость»

Теперь Вы знаете, что тангаж, угол наклона траектории и скорость у планера тесно взаимосвязаны. Уменьшение угла тангажа приводит к росту скорости, а увеличение угла тангажа – к уменьшению скорости.

Рис.47: взаимосвязь скорости, угла тангажа и угла наклона траектории



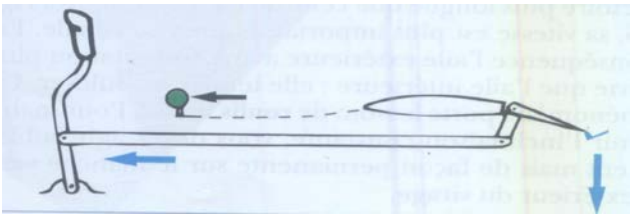
Переведём планер из полёта с установившимися значениями тангажа и скорости к новому углу тангажа, создадим лёгкое пикирование. После перехода потребуется довольно большое время, чтобы у планера установилась новая скорость полёта. Это связано с инерцией планера. Если Вы переведёте планер в кабрирование, Вы заметите примерно такую же задержку в изменении скорости, которая на этот раз станет несколько меньше.

Таким образом, для достижения некоторой постоянной скорости надо сначала установить нужный угол тангажа, после чего подождать, пока показания указателя воздушной скорости не перестанут изменяться. Возможно, после этого Вам придётся слегка подкорректировать достигнутый полётный режим. Типичная ошибка новичка – стремясь стабилизировать планер на нужной скорости, начинающий пилот заставляет планер сильно «гулять» по тангажу, загоняя аппарат то в пикирование, то в кабрирование. Правильный стиль пилотирования заключается в том, чтобы контролировать прежде всего тангаж, обращая не слишком большое внимание на воздушную скорость. Ваш инструктор покажет Вам характерные скорости планера, особенно те, которые соответствуют максимальному аэродинамическому качеству и минимальной скорости снижения.

Очень быстро Вы поймёте, что изменения скорости планера требуют приложения усилий к ручке управления: ручку надо отклонять от себя для поддержания высокой скорости и прибирать к себе для сохранения низкой скорости. Эти постоянные усилия снижают как комфорт пилота, так и точность, с которой он пилотирует. Для уменьшения усилий на ручке до нуля было изобретено такое приспособление, как **триммер руля высоты**. Выглядит он как ручка зелёного цвета. Для нейтрализации усилия на ручке, отданной от себя (сдвинутой вперёд относительно пилота) с сохранением заданного угла тангажа триммер надо двигать в том же направлении, что и ручку – вперёд. Для нейтрализации усилия на ручке, взятой на себя, и сохранения выбранного пилотом угла тангажа триммер руля высоты надо сдвинуть назад.

Триммер – это небольшая рулевая поверхность, располагаемая за задней кромкой руля высоты и отклоняемая в противофазе с ним. Например, если Вы сдвигаете ручку триммера вперёд (на пикирование), эта рулевая поверхность отклонится вверх, как показано на рисунке.

Рис.49 : аэродинамический триммер



В результате на рулевой поверхности компенсатора возникает направленная вниз аэродинамическая сила, которая частично или даже полностью ослабляет усилие на ручке управления.

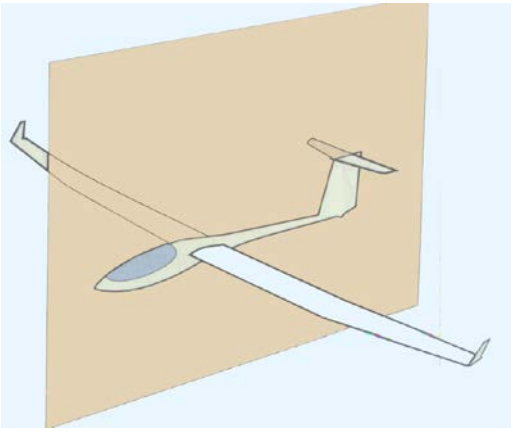
Симметрия полёта

Полёт считается симметричным, если набегающий на планер поток воздуха параллелен плоскости симметрии фюзеляжа. Планера созданы для симметричного полёта: при этом их лётные характеристики являются наилучшими. Пилот может контролировать симметрию полёта, используя тонкую шерстяную нить, наклеенной на фонарь кабины, и показания указателя крена и скольжения на приборной доске.

Если поток набегает на планер под углом к его плоскости симметрии, возникает **скольжение**. В результате сопротивление планера существенно вырастает, и его лётные характеристики в целом снижаются.

Шерстяная нить на фонаре кабины ведёт себя как флаг или флюгер, показывая, под каким углом набегает на планер поток обтекания.

Рис.50 : плоскость симметрии планера



Восстановление симметрии полёта

Можно сказать, что руль направления – это «руль симметрии», управляющий скольжением, то есть углом между скоростью набегающего потока и плоскостью симметрии фюзеляжа. И в прямом полёте, и на вираже величину скольжения легко можно определить с помощью шерстяной нити на фонаре кабины. Скольжение устраняется в основном работой ног – нужно выжать педаль с той стороны, с которой поток набегает на фюзеляж. Также полезно бывает чуть дать ручку в сторону, чтобы удержать желаемый крен.

В результате противодействия скольжению планер слегка повернётся вокруг оси скольжения и изменит свой крен; консоль, приподнятая в результате скольжения, слегка опустится. Для компенсации этого изменения крена достаточно небольшого движения ручки.

Замечания

Любое вращение вокруг оси скольжения приводит к изменению крена, вызванному скольжением и разностью скоростей потока на консолях. Компенсируя скольжение амплитудными движениями педалей, Вы также должны будете работать ручкой, чтобы сохранять требуемый крен – нулевой в прямом полёте или тот, который нужен Вам на вираже.

Рис.51 : полёт без скольжения

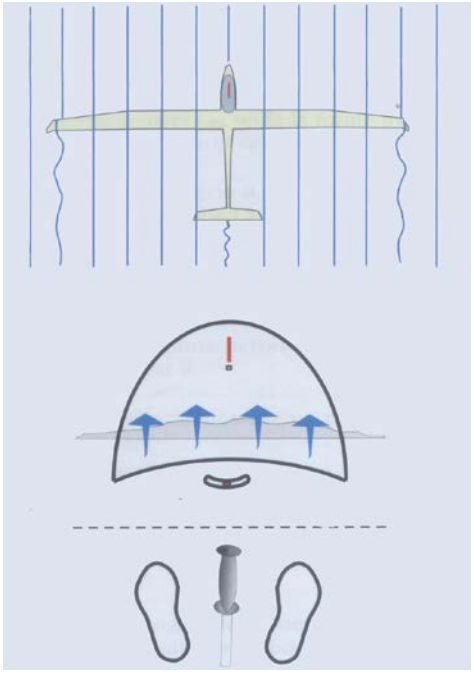


Рис.52 : коррекция скольжения

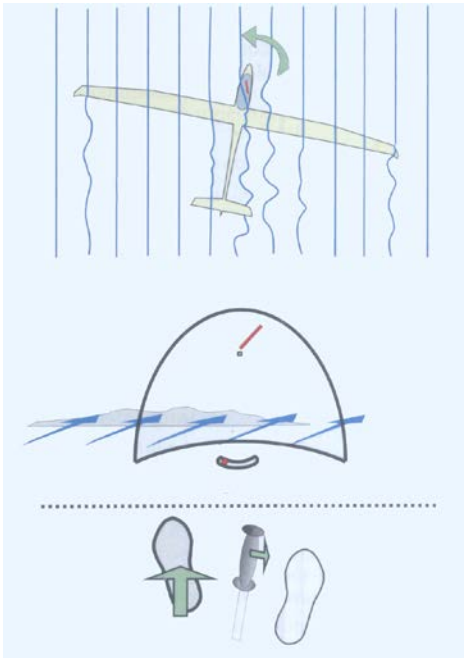


Рис.53 : вираж, коррекция скольжения внутрь виража

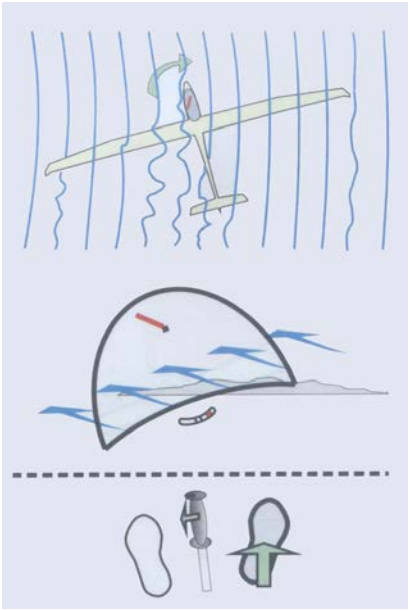


Рис.54 : выполнение виража без скольжения

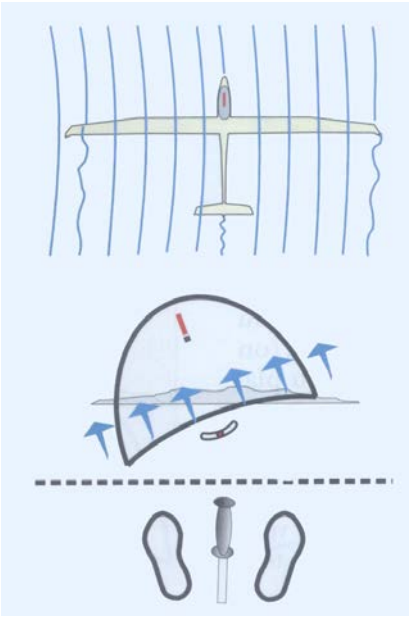
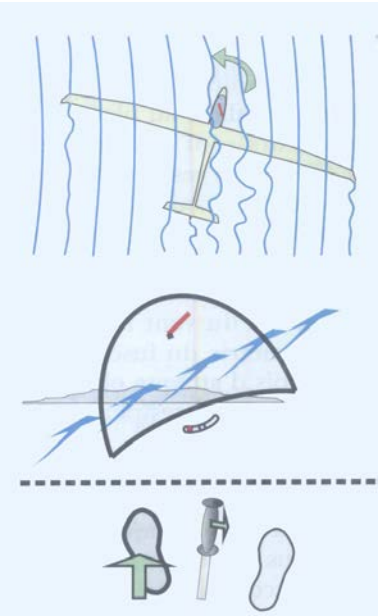


Рис.55 : вираж, коррекция скольжения наружу виража



Скольжение на вираже называется внешним, если поток набегает на фюзеляж с внешней стороны виража (или, что то же самое, со стороны той консоли, которая выше, рис. 53). Скольжение считается внутренним, если поток набегает на фюзеляж со внутренней стороны виража (или, что то же самое, со стороны той консоли, которая ниже, рис. 55). В обоих случаях корректировать скольжение надо воздействием на педаль с той стороны, откуда набегает поток. Внешнее скольжение опасно сваливанием планера ы штопор!