Как и почему летают планеры

Лекция «Как и почему летают планера» рассчитаны для занятий школьников 1-6 классов.

Продолжительность:

1 академический час (45 минут)

Состав группы:

10 -15 обучающихся, 1 лектор

Рабочая зона:

столы из расчета 1 стол на 2 учащихся

Теоретическая подготовка

История авиации

Мальчишки и девчонки, наша лекция по истории авиации будет не совсем обычная. Я не собираюсь рассказывать вам в очередной раз миф про Икара, про то, как более чем двести лет назад двое французов впервые полетели на воздушном шаре, наполнив его теплым воздухом, а сто лет назад двое братьев американцев впервые полетели на устройстве тяжелее воздуха с двигателем – самолете.

Начнем мы с того, что между этими двумя событиями немецкий инженер Отто Лилиенталь изобрел планер. Надеюсь, вы все знаете, что планер это летательный аппарат с крыльями, но без двигателя. Вот это изобретение и послужило началом полетов человечества по воздуху, опираясь исключительно на подъемную силу крыльев. Конечно, его аппарат бы не совершенным, а полеты осуществлялись с холма. Его планер не мог набирать высоту, а лишь снижался в пологом полете вдоль склона холма, но и этого было достаточно чтобы Отто Лилиенталь понял насколько важна не вычурность конструкции, не абсолютная его схожесть с птицей, а точный инженерный расчет. Вы можете подумать, ну какой еще такой инженерный расчет для такой простой конструкции, но Отто был настоящим, как в те времена говорили «дипломированным инженером». Он прежде тем как сам полетел на своем планере строил маленькие модели и изучал, что же удерживает планер в горизонтальном полете и не дает ему либо резко спикировать к земле, или наоборот резко набрать высоту, замереть на мгновение и рухнуть камнем вниз.

Отто одним из первых догадался, что важным элементом конструкции планера является хвостовое оперение, состоящее из горизонтального стабилизатора и вертикального киля. Он использовал эффект перемещения своего тела относительно конструкции планера для изменения положения центра тяжести аппарата, и именно изменением положения центра тяжести он заставлял свои планера менять траекторию полета – пикировать плавнее или круче, поворачивать вправо и влево.

Со временем конструкция планера совершенствовалась, вместо перепончатых крыльев, напоминающих крылья птеродактилей или летучей мыши, появились нервюры и лонжероны. На концах крыльев рулевые поверхности – элероны. Фюзеляж вытянулся. Хвостовое оперение приобрело свои рулевые поверхности: руль высоты и руль направления. Вместо изменения балансировки планера перемещением тела пилота появилась ручка управления, связанная посредством тяг с рулевыми поверхностями.

Теоретическая подготовка

История авиации – продолжение

20-е и 30-е годы прошлого века были золотым веком планеризма, во всех странах открывались планерные клубы. Пилоты осваивали новые методы управления полетом планера. И в какой-то момент пилотами было совершено удивительное открытие – оказывается, в атмосфере Земли существуют восходящие и нисходящие потоки воздуха. Самые опытные пилоты научились определять места возникновения восходящих потоков и направляли туда свои крылатые машины. Теперь полет планера перестал быть зависим только от высоты холма, откуда он стартовал. Теперь полет мог длиться многие часы, и все это без помощи двигателя, только используя аэродинамику крыла и силу восходящих потоков. В те годы были поставлены многие мировые рекорды по продолжительности полета, по дальности полета, по скорости пролета по замкнутому маршруту.

В 40-е и 50-е годы в конструкции планеров стали применять металлы и в первую очередь алюминий. Прочность крыльев возросла и появились планера, способные выполнять фигуры высшего пилотажа – бочки, мертвые петли, штопор. Конструктора стали придумывать специализированные пилотажные планера, рассчтинатнные на полет с повышенными перегрузками.

Как только в авиации и космонавтике стали применяться прочные и легкие композитные материалы, пластики так сразу же их стали использовать и при строительстве планеров. Современные планера практически все изготавливаются из карбона, что делает их еще прочнее и легче.

Совершенство конструкций планеров позволило самым дерзким планеристам посягнуть на святое святых природы - заставить взлетать планер используя только силу мышц пилота. Так появились мускулолеты. Конечно, на мускулолете есть воздушный винт, но в движение он приводится пилотом, который изо всех сил крутит велосипедные предали. А конструкция такого летательного аппарата больше похожа на классический планер, чем на реактивный истребитель.

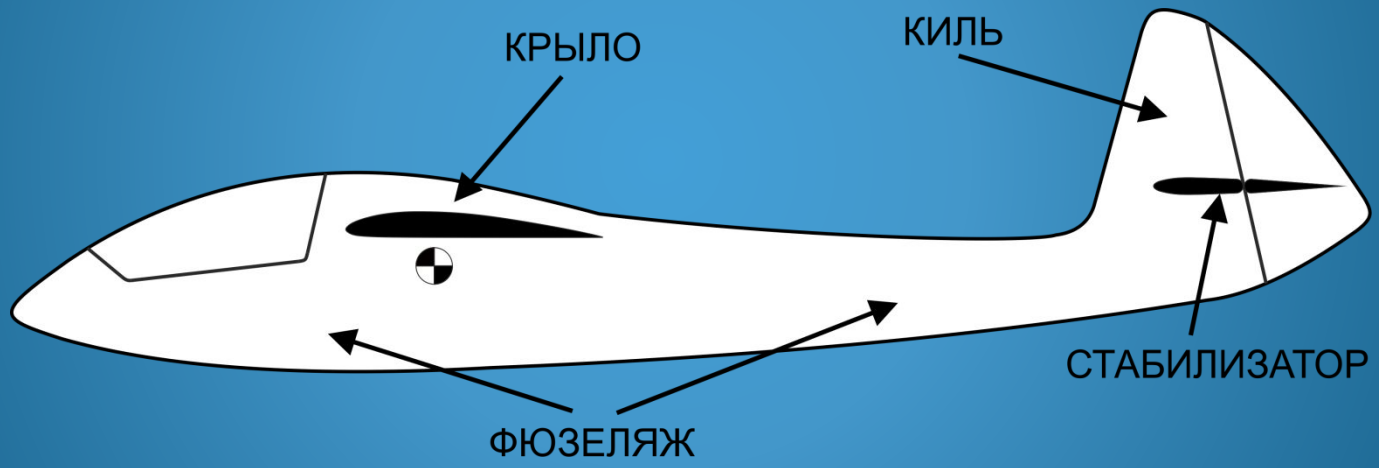
Надеюсь, что я не утомил вас своей лекцией про историю развития планеризма. А теперь пора переходить к следующему пункту нашего занятия – теории полета планеров. Именно теорией и практикой полета безмоторных летательных аппаратов, называемых планерами мы и будем заниматься следующие полтора часа в течение нашего занятия.

Основы аэродинамики полета планера

Друзья, прежде чем мы приступим к сборке моделей планеров, полетам, соревнованиям нам очень важно именно сейчас вникнуть в суть того, какие физические законы, какие силы заставляют планер держаться в воздухе, менять высоту и направление полета.

Вы видите у меня в руках планер классической конструкции:

- Крыло
- Фюзеляж
- Киль
- Стабилизатор



Все эти части необходимы планеру для полета. Вообще-то в мире существуют такие конструкции планера, у которых может отсутствовать и киль и стабилизатор и даже фюзеляж, но никто в мире еще не изобрел планера без крыла. Поэтому мы будем считать, что крыло это, то что отличает планер от всех других аппаратов, на которых научился перемещаться человек : от мотоцикла, от автомобиля, от корабля или ракеты.

Основы аэродинамики полета планера

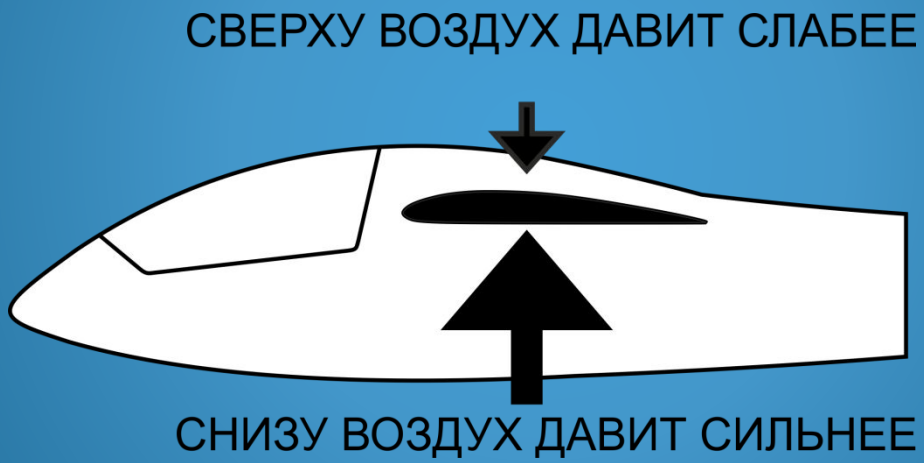
Вопрос. А зачем нужно крыло? Каким таким волшебным свойством обладает крыло? Оно что, легче воздуха? Нет, тяжелее. Если мы его просто отпустим, оно будет беспорядочно падать вниз. Почему же тогда, прикрепив крыло к фюзеляжу вдруг возникает такое чудо природы как ПОДЪЕМНАЯ СИЛА?

Вы помните, что планер изобрел Отто Лилиенталь и он догадался – если крыло двигать в воздухе параллельно поверхности крыла, то в какой-то момент, начиная с какой-то скорости движения на крыло начинает действовать сила, тянущая его вверх! А почему вверх, а не вниз, и как эта сила понимает что тянуть надо вверх, не вниз, не в бок, а именно вверх? Отгадка была простая – если мы разрежем крыло, то оно оказывается не симметричным. Та поверхность которая более «горбатая» будет верхом, а та, которая плоская «низом». И если мы перевернем крыло вверх ногами, то аэродинамическая сила будет «горбатую» поверхность тянуть вниз. Можно, конечно, именно сейчас на лекции написать сложные физические уравнения и показать, что так и должно быть. Но мы объясним феномен возникновения подъемной силы несколько по-другому. Ученые физики, наверно, поставят нам двойку за такое объяснение, но по большому счету оно верное и нагляднее других объяснений. Его поймет даже первоклассник.

Основы аэродинамики полета планера

Продолжение .Часть 2. «Подъемная сила крыла»

Нарисуем наше крыло в виде вот такой горки. И двух мальчишек - велосипедистов. Каждому из них надо одновременно стартовать у одного края горки и приехать к другому тоже одновременно. Но, один едет по ровной дороге а второй по горке. Вопрос? Кто должен ехать быстрее, чтобы одновременно встретиться в точке В? Все верно, тот, который объезжает гору поверху. А теперь еще один вопрос – кто из вас любит гонятся на велосипеде по трамплинам? Что происходит с вами, когда вы на бешенной скорости въезжаете на трамплин? О, вы в верхней точке трамплина отрываетесь от его поверхности и… колеса вашего велосипеда НЕ ДАВЯТ на трамплин. Запомним этот факт.



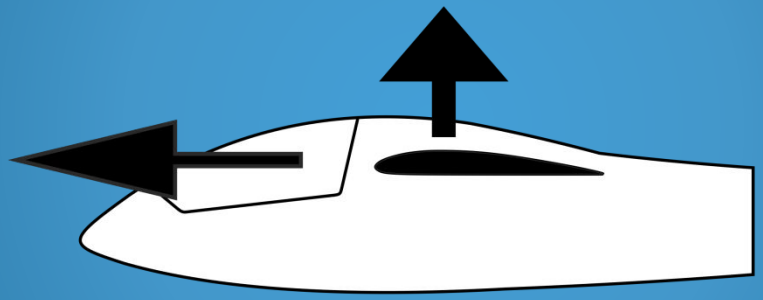
А теперь представьте, что вас уменьшили до размера крохотного муравья и посадили на вершину «горба крыла», Да уменьшили настолько, что вы стали видеть, как навстречу вам несутся молекулы воздуха и, огибая наш трамплин, отрываются как велосипедисты и не давят на поверхность крыла, а вот те молекулы воздуха, которые летят снизу давят. Разница этих давлений и есть то чудо физики, которое называется подъемной силой крыла.

Основы аэродинамики полета планера

Продолжение .Часть 2. «Подъемная сила крыла»

Итак, что надо запомнить про подъемную силу?

- Первое – крыло должно быть не симметричным!
- Второе – та сторона, которая выпуклая, это верх крыла!
- Третье - чтобы возникла подъемная сила крыло должно двигаться в воздухе!



ПОДЪЕМНАЯ СИЛА = СКОРОСТЬ + ВЫПУКЛОЕ КРЫЛО

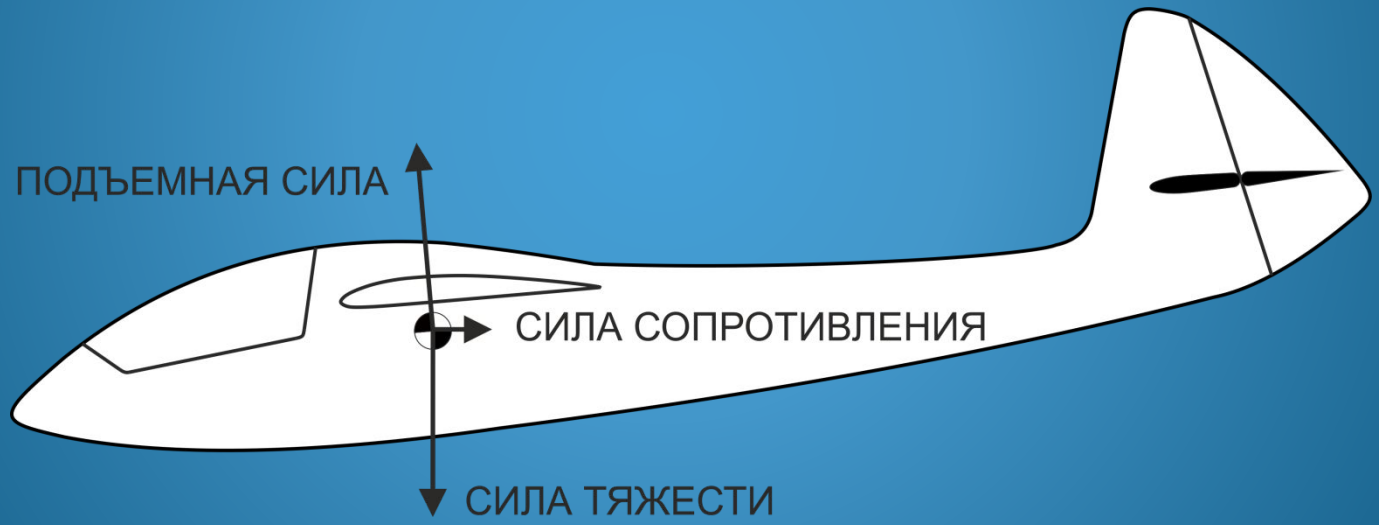
Неужели все так просто! Конечно, я сильно упростил то, что происходит с молекулами воздуха во время полета. И очень важную роль играет в этом то, что мы называем профиль крыла. Чтобы определить оптимальный профиль крыла люди экспериментировали много-много лет. Да и сейчас продолжают ставить такие эксперименты в аэродинамических трубах или моделируют движение потоков воздуха с помощью дорогих суперкомпьютеров.

Ну вот подъемная сила у нас есть, но почему же наше крыло не летит, а беспорядочно кувыркается в воздухе?
Для ответа на этот вопрос перейдем к следующей теме – Силы действующие на планер в полете.

Основы аэродинамики полета планера

Продолжение. Часть 3. «Силы, действующие на планер в полете»

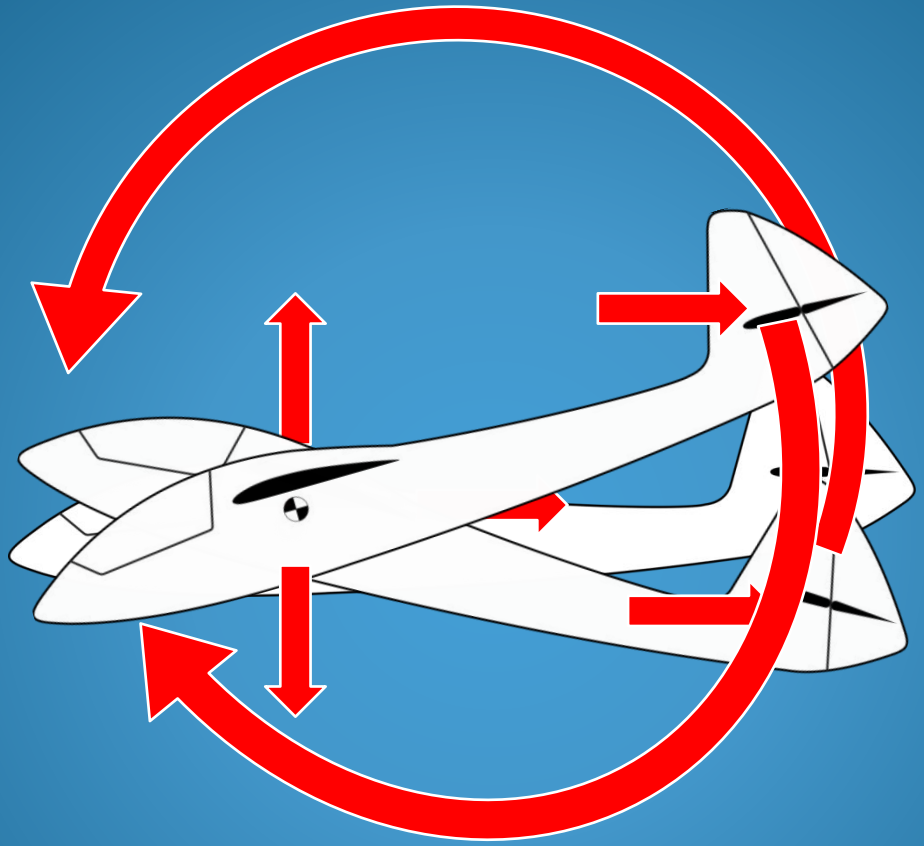
С одной из сил, которая действует на планер в полете мы разобрались – это подъёмная сила крыла. А еще какие силы действуют на нашу модель? Здесь тоже все очень просто – одна из них эта сила притяжения Земли. От этой силы не может уберечься ни один предмет на Земле, ни одна молекула, всех и всё Земля притягивает к себе. Что интересно, Земля притягивает к себе предметы с разной силой, и для каждого предмета мы говорим : Его вес 5 килограмм, или его вес 10 грамм. Это не совсем точно с точки зрения настоящей физики - измерять вес в килограммах, но мы привыкли так говорить. И третья основная сила это сила сопротивления воздуха. Эту силу мы тоже ощущаем гоняясь на велосипедах. Ведь чем быстрее едешь, тем сильнее воздух давит в лицо, да иногда так сильно, что приходится сгибаться к самому рулю, чтобы уменьшить силу сопротивления воздуха.



Но, кроме трех основных сил еще есть небольшие силы, которые действуют на управляющие поверхности планера: Стабилизатор, Киль, Руль высоты, руль направления и элероны. Они возникают только в те моменты, когда управляющие поверхности посредством тяг и тросов отгибаются в ту или иную сторону.

Когда мы перечислили, силы действующие на планер нам следует внимательно посмотреть, а как в полете взаимодействуют эти силы, понять зачем нужен стабилизатор, и какова его решающая роль в том, чтобы самолеты и планера летели прямо, а не кувыркались, как наше крыло. Давайте еще раз продемонстрируем крутящееся крыло.

Основы аэродинамики полета планера



А теперь внимательно смотрим на планер. Подъемная сила крыла в горизонтальном полете уравновешивается силой тяжести, а если скорость планера чуть-чуть больше? Значит и подъемная сила становится больше силы тяжести и наш планер пытается задрать нос вверх, но тут же набегающий поток воздуха начинает давить на стабилизатор снизу, заставляя стабилизатор подниматься вверх, а он из-за этого движения, используя фюзеляж как рычаг Архимеда, заставляет нос планера опуститься вниз. Ого! Движение выровнялось. А если нос планера по какой-то причине опустится вниз? А произойдет все тоже самое но наоборот. При опускании носа вниз, стаблизатор поднимается вверх и аэродинамический поток воздуха уже давит сверху вниз на стабилизатор. Таким образом это небольшое крылышко на хвосте планера выполняет роль своеобразного флюгера не давая планеру самопроизвольно задирать или опускать нос а, следовательно, лететь прямо.

Основы аэродинамики полета планера

Продолжение. Часть 4. «Силы, действующие на планер в полете»

Вот теперь зная, какую роль играет стабилизатор для выравнивания полета, вы уже сами сможете сказать, а для чего нужен киль? Его роль аналогична, только он выравнивает направление полета, не позволяет планеру как мы говорим «рыскать» вправо или влево.

Ухх… Сложно?

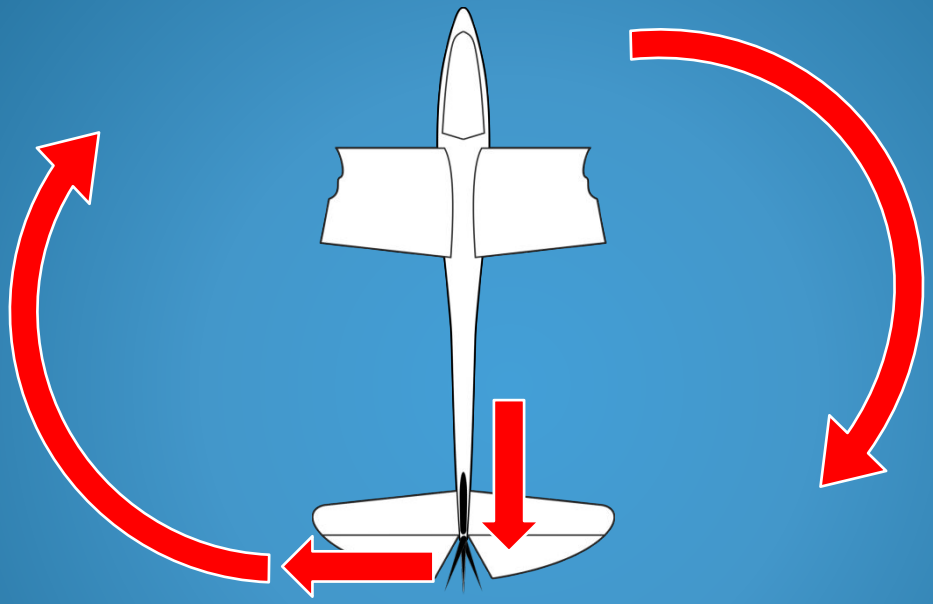
Вы спросите, а что разве планеру не нужно изменять направление полета? Он, что так все время и будет лететь прямо? Не торопитесь. Это трудно сейчас осознать, но люди построили сотни несовершенных планеров, совершили тысячи неудачных полетов, и все это только для того выяснить какова должна быть конструкция планера, чтобы заставить его лететь прямо а не совершать беспорядочные кульбиты в воздухе. Выдохнули? Осознали? Продолжаем!

Управляющие поверхности – Руль высоты и Руль направления полета.

Если присмотреться внимательно к стабилизатору и килю, то мы увидим что эти две аэродинамические поверхности почему-то делятся на две примерно равные части: одна неподвижно крепится к фюзеляжу а вторая может крутиться. На стабилизаторе вверх-вниз, а на киле вправо-влево. Несколько минут назад мы выяснили, какую роль играет стабилизатор для выпрямления полета, и чтобы не было скучно (а то все стабилизатор, да стабилизатор) разберем какую роль играет Руль направления полета, который крепится к килю.

Основы аэродинамики полета планера

Продолжение. Часть 4. «Силы, действующие на планер в полете»



Предположим, что нашему пилоту надоело скользить вдоль склона все прямо да прямо, или на его пути появилось внезапное препятствие в виде коровы жующей траву. Что делать? Наш замечательный киль, работая как флюгер ведет планер прямо к катастрофе! И тут пилот вспоминает что он может управлять Рулем направления полета. Пилот, посредством управляющих тяг заставляет руль отогнуться вправо. Тут же аэродинамическая сила потока воздуха давит на поверхность руля и разворачивает хвост планера влево. Нос планера идет в противоположную сторону – вправо! Ура! Мы облетели эту корову. И корова и пилот планера живы и невредимы. Продолжаем полет!

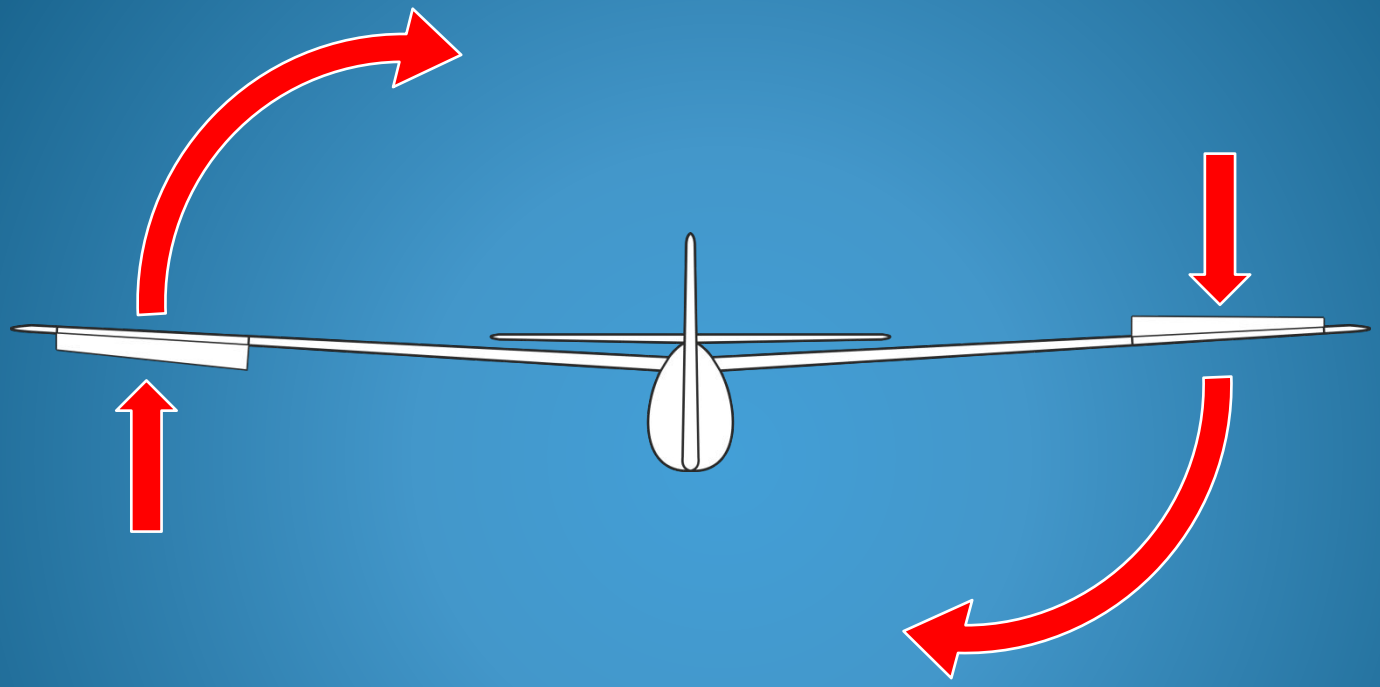
Основы аэродинамики полета планера

Продолжение. Часть 5. «Силы, действующие на планер в полете»

Я думаю, что вам уже хочется проверить свои знания и приступить к полетам? Так? Пожалуйста, не торопитесь. Всему свое время. Нам остается изучить еще два важных вопроса. Первый из них - как предотвратить или наоборот заставить планер выполнять полет с креном. Вспоминаем езду на велосипеде. Если вы хотите сделать резкий поворот, то вы не только поворачиваете руль, но и весом всего тела наклоняете велосипед внутрь поворота. И в этом случае совершаете крутой вираж. А как такой трюк проделать на планере? Руль поворота у нас есть, а как заставить планер наклониться? Перемещать вес тела, как на велосипеде? Отто Лилиенталь так и делал. А как нам поступать, ведь пилот современного планера сидит в кабине, привязанный ремнями безопасности к креслу. Вот тут–то конструкторы вспомнили, что у птиц на концах крыльев есть какие-то особенные длинные перья, которые могут отклоняться то вверх, то вниз. Сначала они пытались на крыло планера прикрепить такие перья – ничего не получалось, тогда кто-то догадался к концу крыла привязать веревку и натягивая её из кабины планера отгибать кончик крыла вверх и вниз. Этот кто-то был на половине пути решения вопроса. Следующий конструктор придумал что не надо отгибать все крыло, а достаточно на задней кромке крыла разместить специальный длинный и узкий руль – элерон и с помощью тросов, проходящих внутри крыла отгибать только элерон. Посмотрим на картинке, как работает элерон в полете. Кстати, крылья наших учебных планеров не имеют элеронов и нам придется вернуться на машине времени назад и для регулировки полета сгибать все крыло.

Основы аэродинамики полета планера

Продолжение. Часть 5. «Силы, действующие на планер в полете»



Вы видите, что на правой консоли крыла элерон отогнут вверх, а на левой – вниз. Воздушный поток, натыкаясь на элерон правой консоли толкает его вниз, и наоборот левую вверх. В результате воздействия сил, приложенных к элеронам планер наклоняется вправо и совершает резкий вираж, а спортивный планер сможет сделать даже фигуру высшего пилотажа Бочку.

А что делать если наша модель не желает лететь прямо а все время пытается уйти на вираж влево. Вспоминаем то, что мы только что изучили. Это происходит из-за того, что крыло планера по каким-то причинам перекосилось так что кончик левой консоли крыла смотрит вниз. Исправить это очень просто: два-три раза закручиваем левое консоль крыла модели, так чтобы передняя кромка закрутилась вверх, а нижняя вниз. Проверяем в полете… Планер перестал делать вираж влево и летит прямо.

Основы аэродинамики полета планера

Продолжение. Часть 6. «Центр тяжести, что же это такое?»

Теперь мы в одном шаге до начала сборки наших моделей. А пока изучим еще одно важное понятие, не учитывая которое легко свалиться в штопор или в крутое пике. Это понятие называется Центр Тяжести планера.

Попробуем подвесить нашу модель на веревочке. Мы видим, что иногда модель задирает нос вверх, а иногда вниз. А есть ли такая точка, подвесив за которую модель будет висеть горизонтально? Пробуем, еще раз пробуем, нашли! Как видите планер висит горизонтально. Вот эта условная точка и называется Центром тяжести планера. Отметим её маркером. Как видим она расположена примерно на расстоянии в одну треть от передней кромки крыла. А что будет если центр тяжести перенести вперед или назад от этой точки?

Передняя центровка. Если конструктор ошибется в расчетах и сделает переднюю часть самолета тяжелой, то центр тяжести переместится ближе к передней кромке крыла. Горизонтальный полет самолета с передней центровкой почти невозможен. Наш самолет будет стремиться войти в пике и врезаться в землю. В некоторых случаях пикирования можно избежать за счет большей скорости, но такой трюк не всегда помогает.

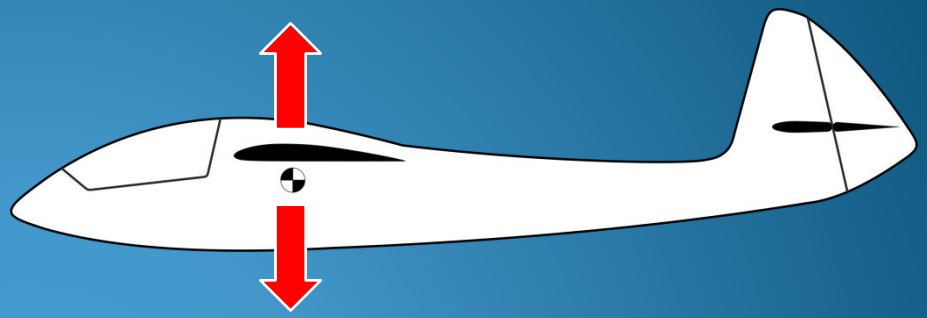
Задняя центровка. Если ошибка конструктора кроется в слишком тяжелом хвостовом оперении самолета, или крыло самолета было установлено слишком близко к носу самолета, то центр тяжести наоборот переместится за первую треть крыла. Задняя центровка ведет к тому, что в полете самолет резко задирает нос вверх, теряет скорость и сваливается в штопор.

На наших моделях снизу фюзеляжа есть отверстия, в которые мы можем устанавливать грузики и таким образом менять расположение центра тяжести. Когда вы приступите к полетам, то можете взять из коробки грузики и самостоятельно изучить, как влияет изменение Центра тяжести на полет вашей модели.

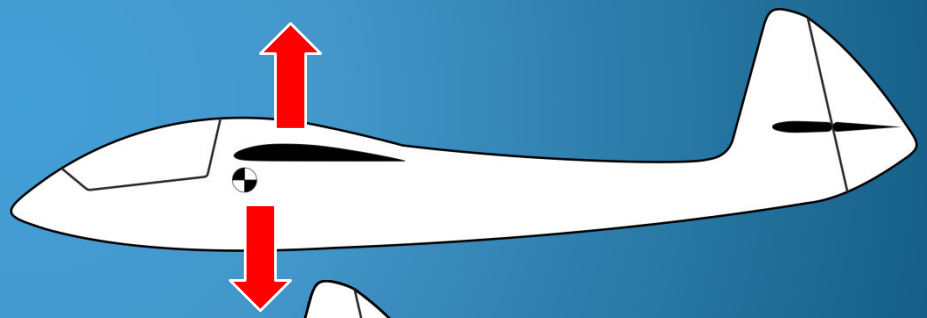
Основы аэродинамики полета планера

Продолжение. Часть 6. «Центр тяжести, что же это такое?»

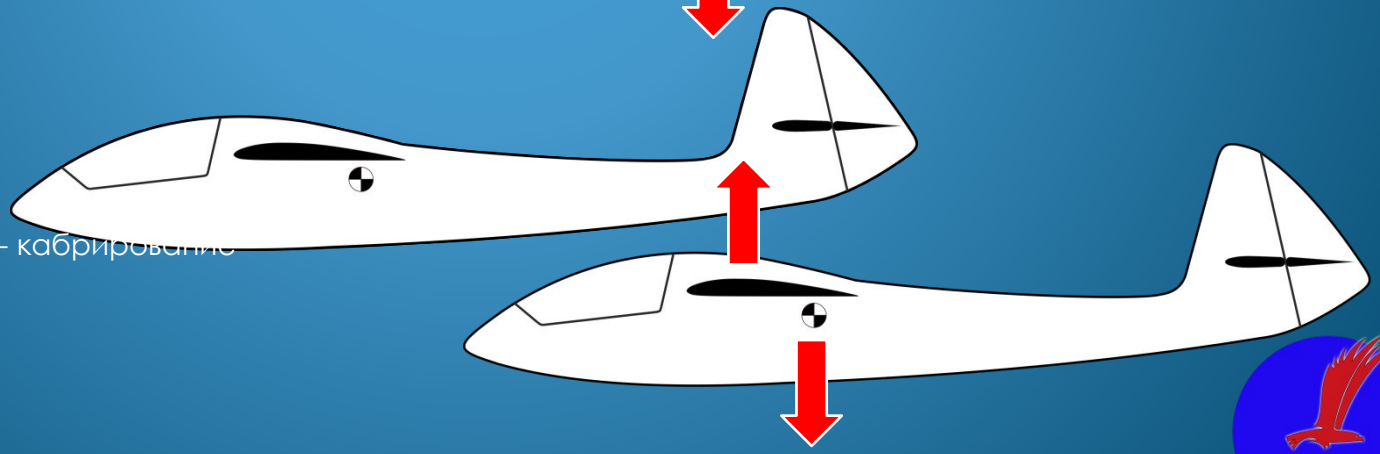
Нормальная центровка - планирование



Передняя центровка - пикирование



Задняя центровка - кабрирование



Первые полеты модели

ВАЖНО! В первых полетах вы должны стараться запускать самолетик строго горизонтально, без набора высоты. Чем ровнее к горизонту будет начало полета модели, тем более дальний и красивый полет она совершит.

Для этого следуйте нашим рекомендациям по запуску модели:

Возьмите модель в руку. Держите её большим и указательным пальцем. Ваш большой палец должен находиться строго под передней кромки крыла планера.

Вытяните руку, держащую самолетик, вертикально вверх.

Сделайте два-три маховых движения рукой вперед, не сгибая руку в локте и не выпуская планер из руки.

Зафиксируйте движение руки в положении, когда она будет горизонтальна. В этом положении планер будет наклонен немого носом вниз. Это так и должно быть.

Верните руку в вертикальное положение.

Сделайте резкий мах рукой из вертикального положения в горизонтальное. В тот момент, когда рука будет проходить на линии ваших глаз, выпустите планер в полет!

Меры безопасности. Не направляйте модель в других людей, а главное, в лицо человека. Убедитесь, что рядом с вами и на траектории полета модели нет маленьких детей.

Спасибо за внимание!

Учебное пособие
«Как и почему летают планера»

© Дрожановский Евгений, 2019
+7(950)610 8813
e.drozhanovsky@yandex.ru
МБУ ДО «ЦВР «Перспектива»
e-mail: cvrshah@mail.ru
8(83152)2 67 13