

ОСНОВЫ АЭРОДИНАМИКИ И ДИНАМИКИ ПОЛЁТА

Лётная школа Юный Авиатор

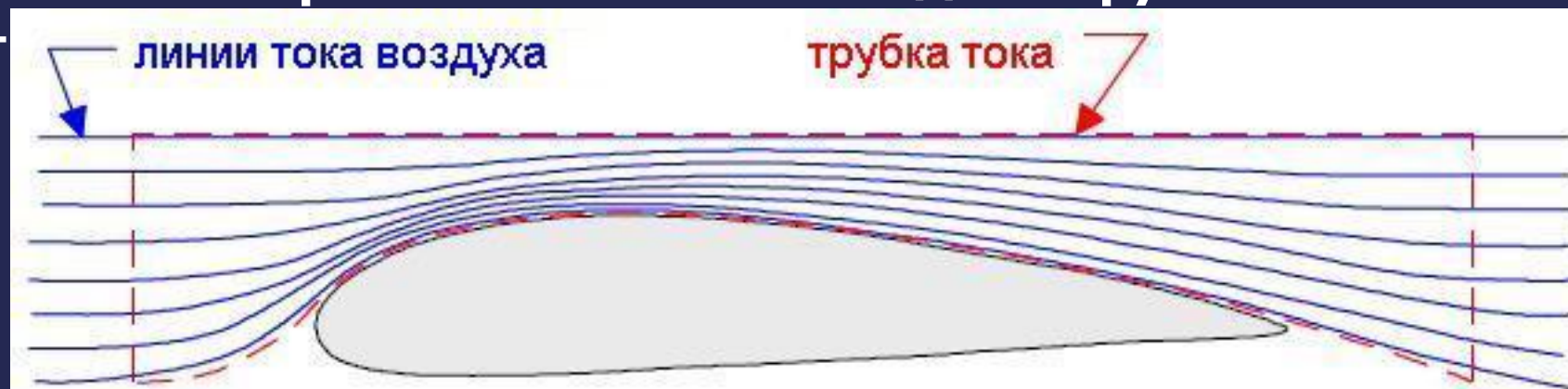
Занятие I



Линия тока воздуха и трубка тока воздуха

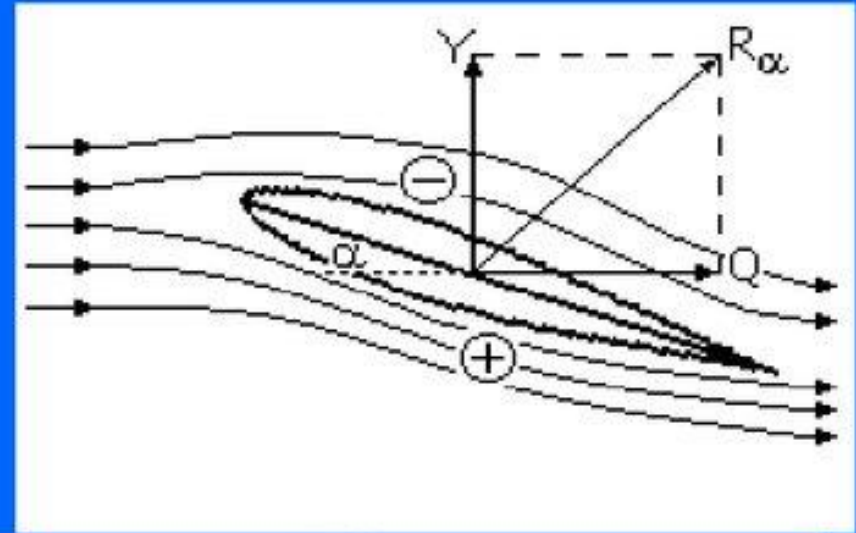
Линии тока воздуха - это траектории движения воздушных частиц при стационарном обтекании. Если расстояние между соседними линиями тока уменьшается, то это говорит о том, что скорость течения в данном месте увеличивается и наоборот.

Трубка тока – это воображаемая труба со стенками из линий тока воздуха. Весь воздух внутри трубки тока перемещается только вдоль трубки и не выходит за её боковые границы.



4.1. Основы аэродинамики и теории полета

Основная задача аэродинамики – изучение аэродинамических сил, определяющих летные данные ВС. Решения этой задачи ведется в двух направлениях: теоретическом (решение уравнений аэродинамики) и экспериментальном (модельные испытания в аэродинамических трубах и летные испытания).



Принцип полета самолета

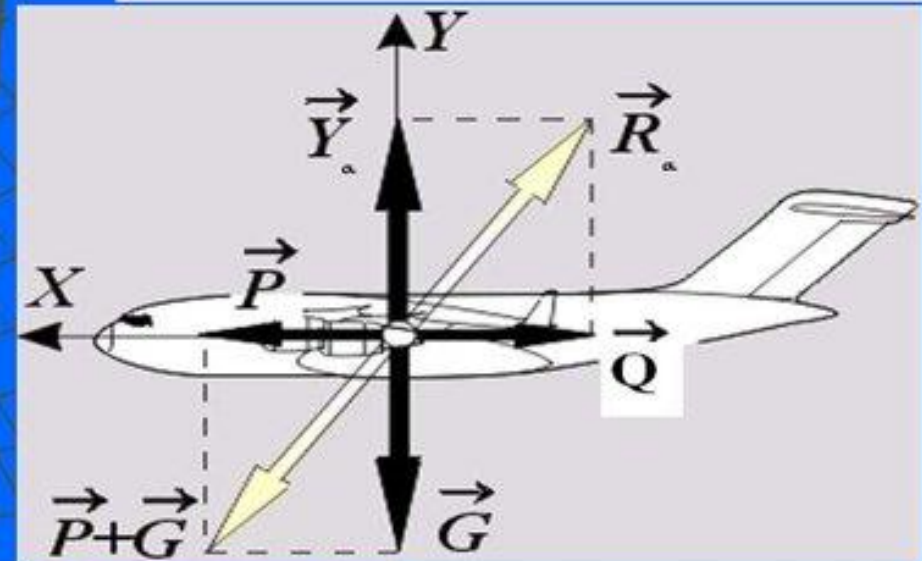
$$\vec{P} + \vec{Y} = \vec{Q} + \vec{G}$$

P – сила тяги двигателей,

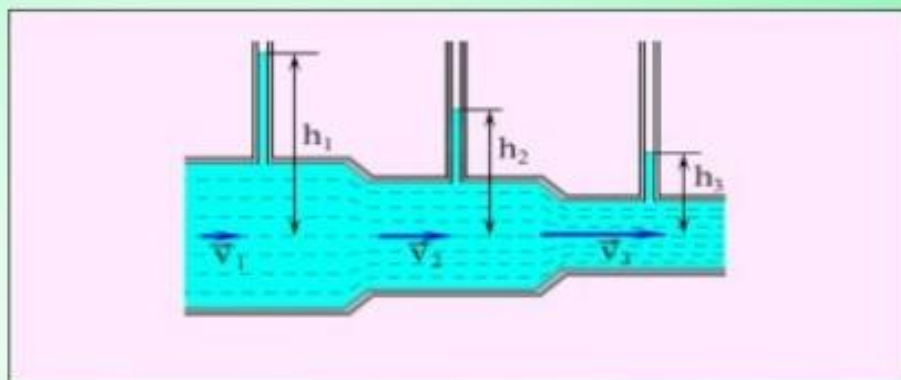
Y – подъемная сила

Q – сила лобового сопротивления,

G – вес самолета



Закон Бернулли



Закон Д.Бернулли (1700-1782г), сформулирован им для жидкостей, но справедлив и для газов, заключается в том, что с увеличением скорости потока давление внутри потока уменьшается.

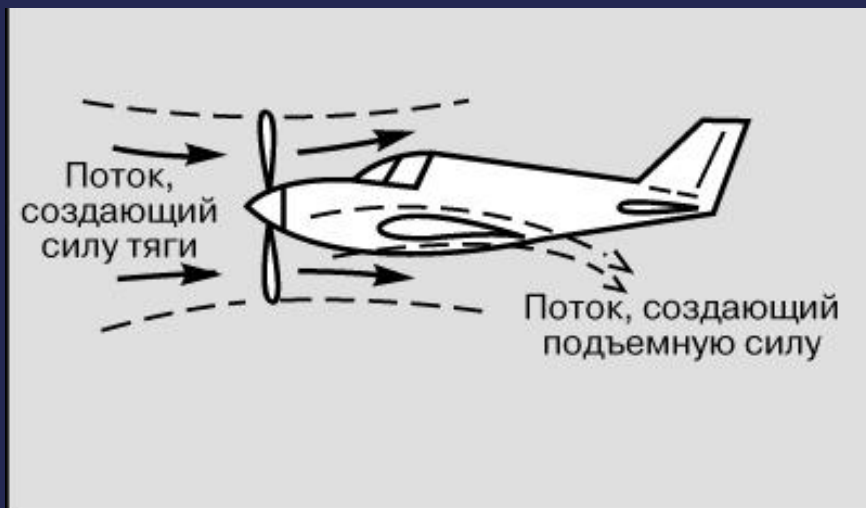
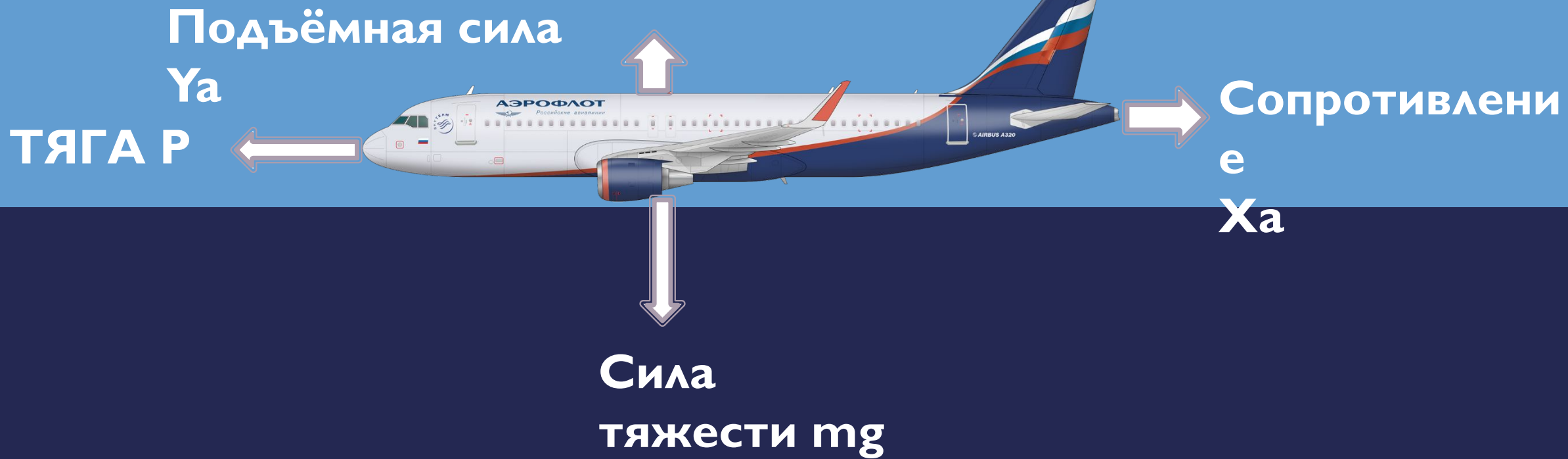
Создание подъёмной силы по закону Бернулли

Воздух поверх крыла совершает
большой путь, поэтому движется
быстрее, чем воздух под крылом.

Увеличение скорости потока приводит
к снижению давления. Над крылом
давление становится ниже атмосферного.



Более высокое давление под крылом
толкает его вверх, а с ним и самолёт





Какие силы действуют на самолет по оси X, которая важна нам для взлета? Используем второй закон Ньютона:

$$F_T - F_{тр} = Ma$$

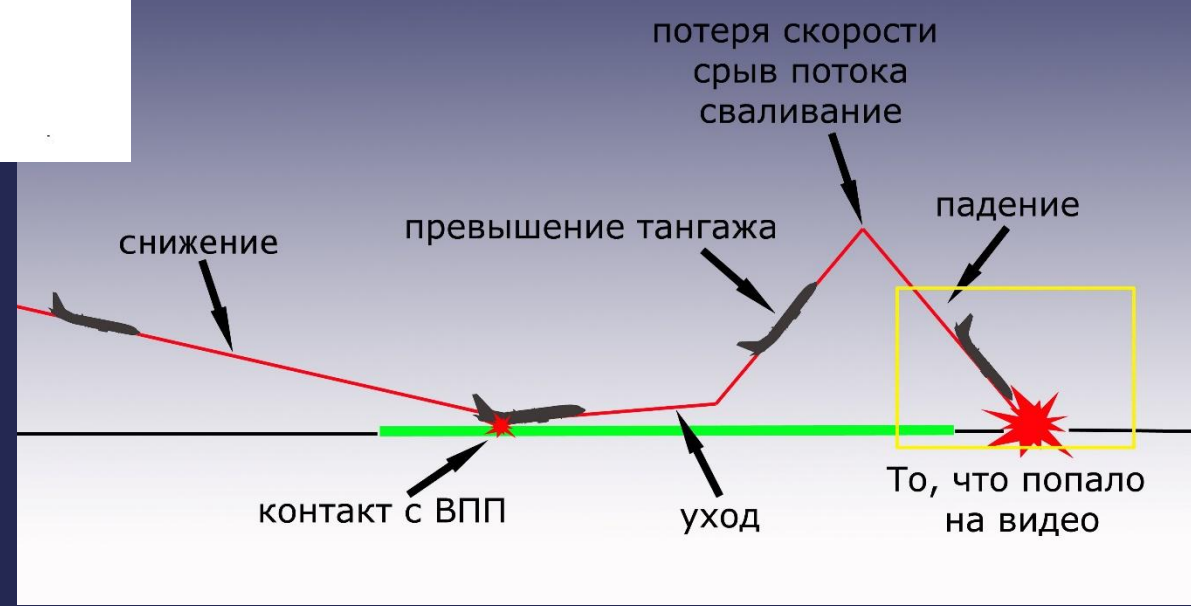
, где a – ускорение самолета относительно земли (не ленты)

Отсюда $a = \frac{F_T - F_{тр}}{M}$. Вы согласны, что a не будет равно нулю?

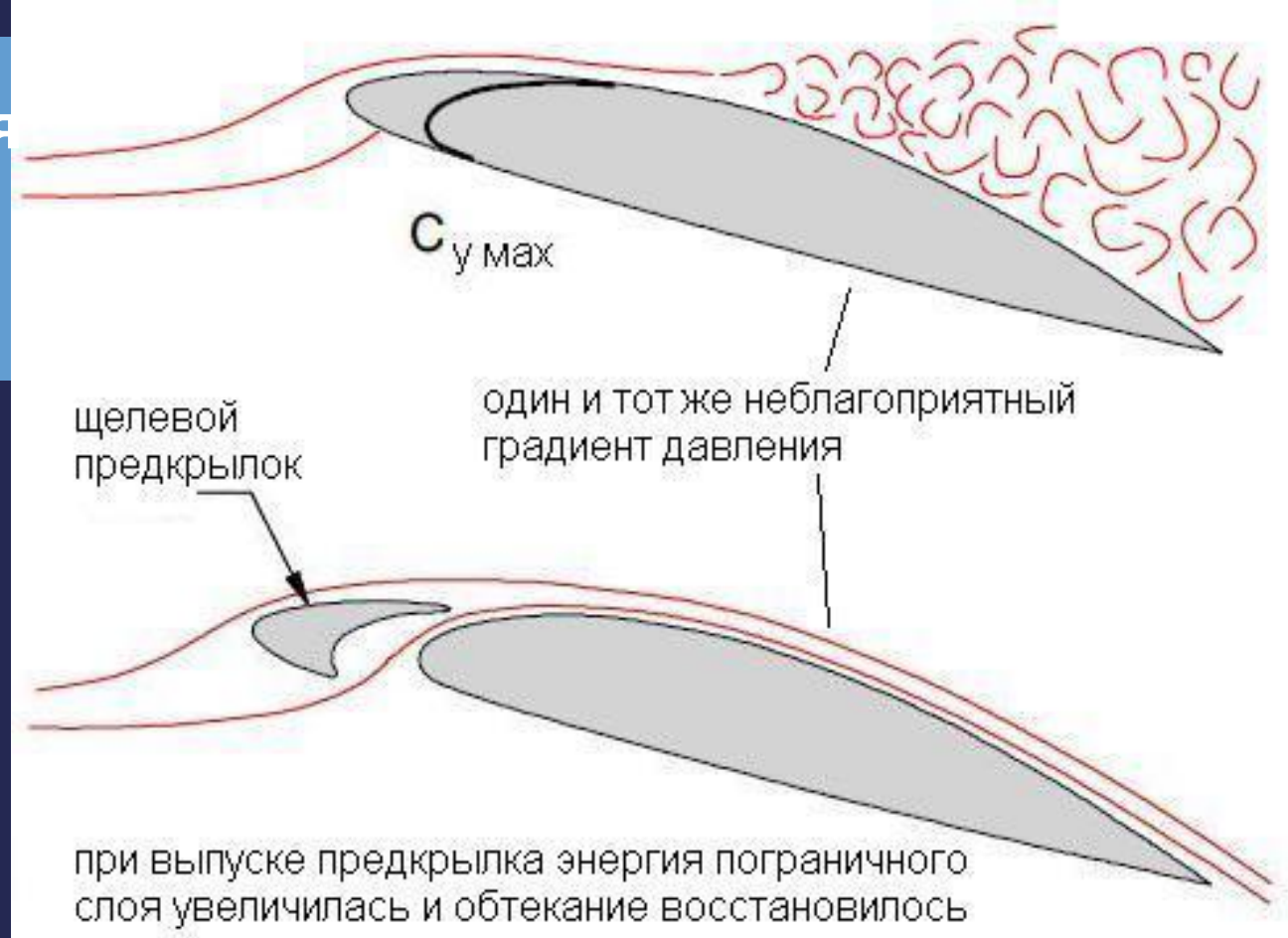




Рис. 6



Процесс сдува пограничного слоя Предкрылки



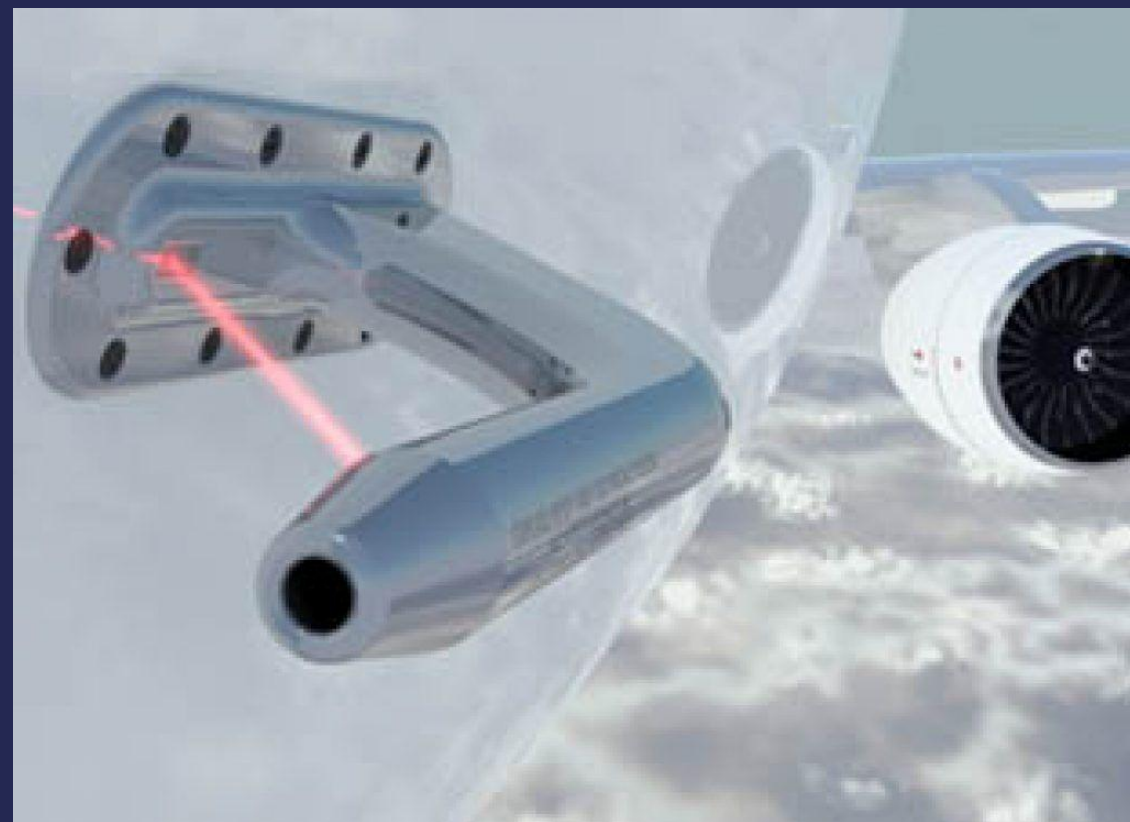
ВИДЫ СКОРОСТЕЙ САМОЛЁТА

Истинной воздушной скоростью называется скорость движения самолета относительно воздушных масс.

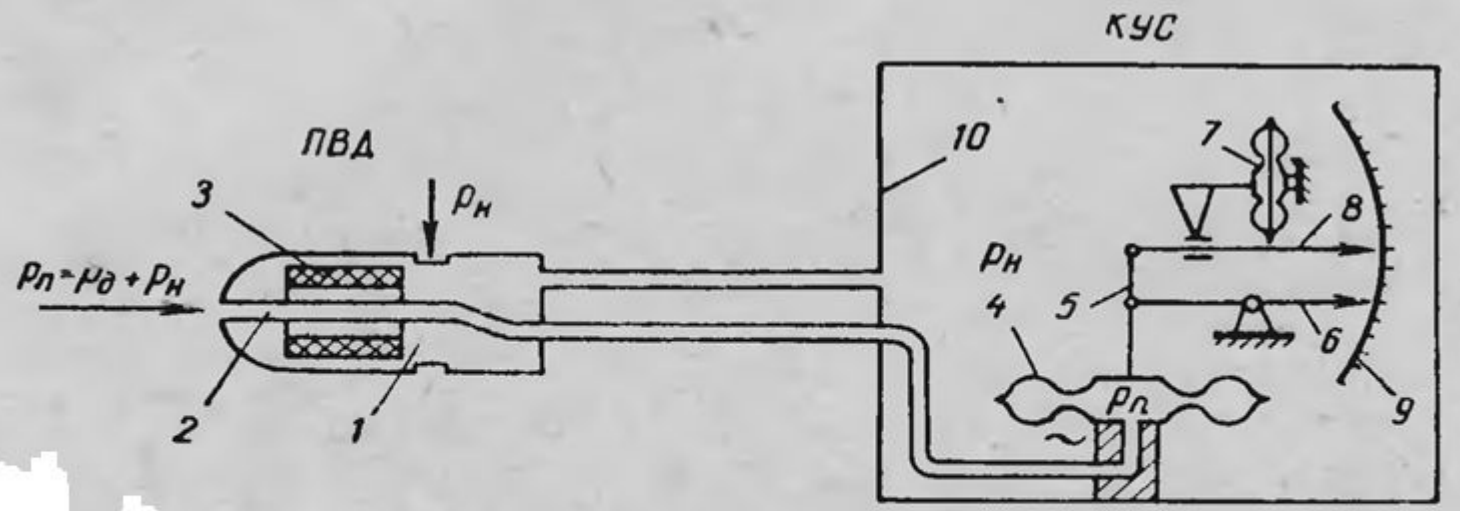
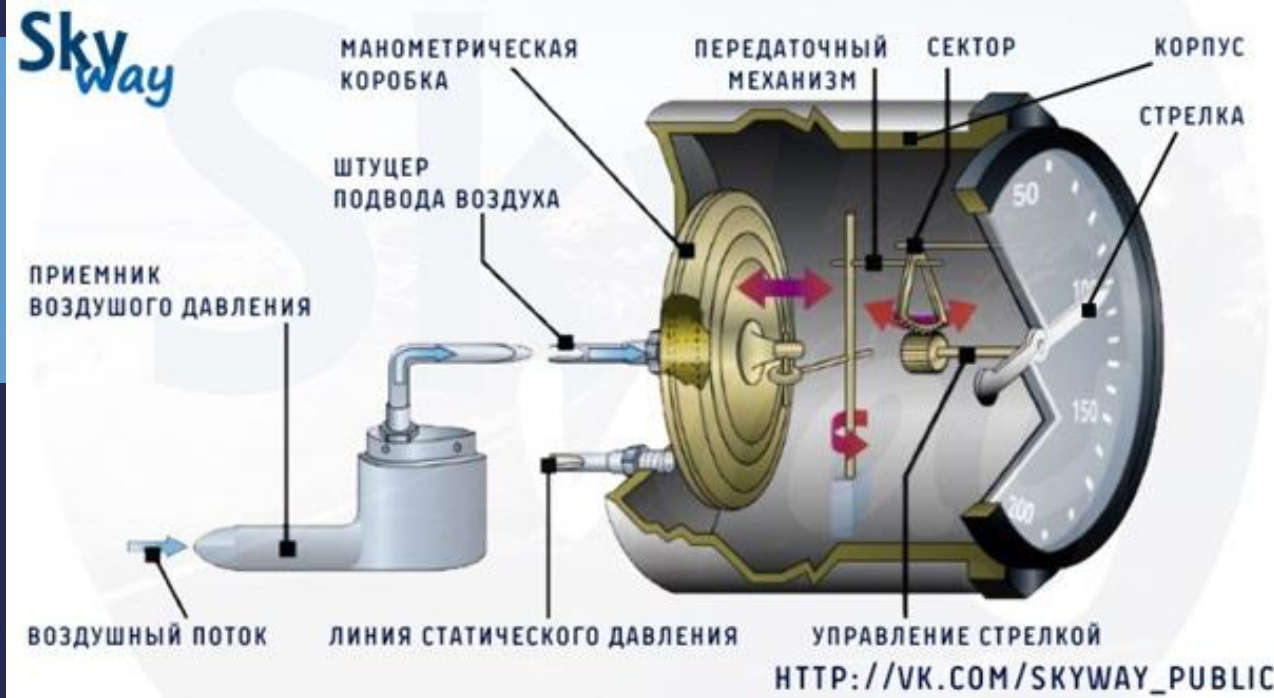
Приборной (индикаторной) скоростью называется истинная воздушная скорость, приведенная к нормальной плотности воздуха. Если полет происходит при нормальной плотности воздуха ($\rho = 1,225 \text{ кг/м}^3$), то приборная скорость совпадает с истинной.

Путевой скоростью называется горизонтальная составляющая скорости движения самолета относительно Земли. Путевая скорость равна геометрической сумме горизонтальных составляющих истинной воздушной скорости и скорости ветра.

Вертикальной скоростью называют вертикальную составляющую скорости движения самолета относительно Земли.



ПВД УКАЗАТЕЛЬ СКОРОСТИ

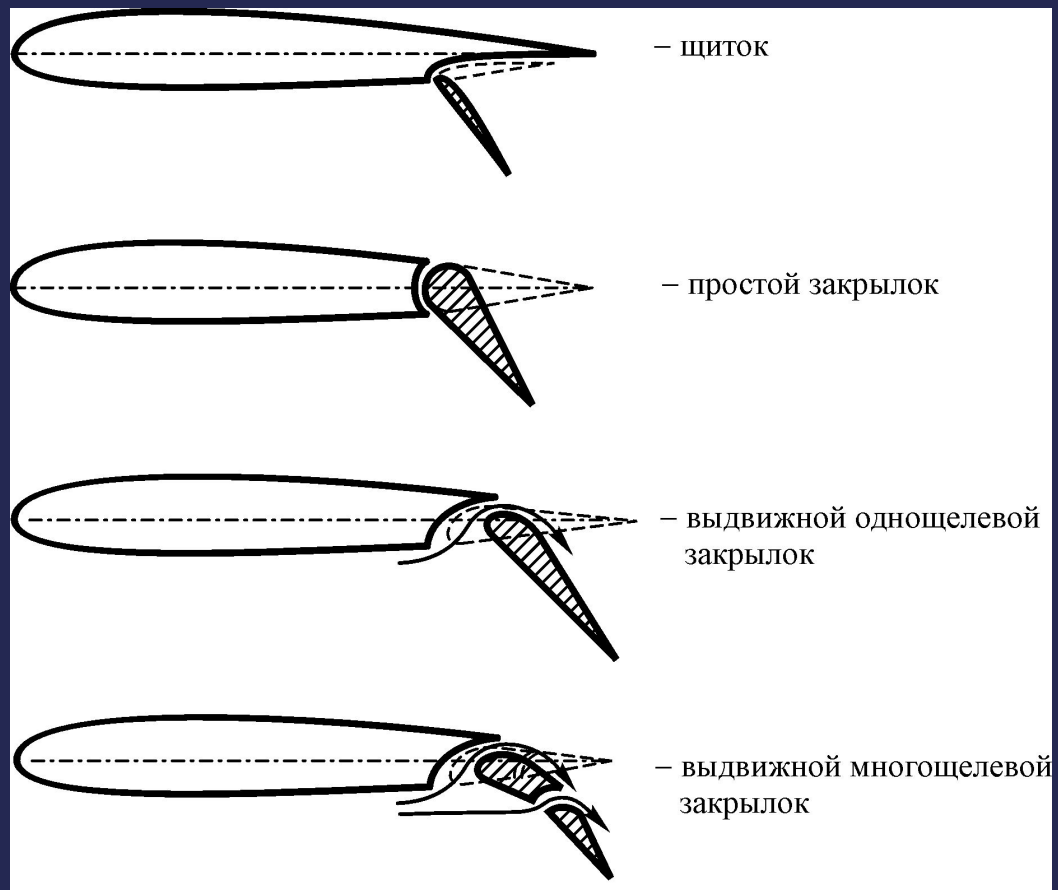


Принципиальная схема комбинированного указателя воздушной скорости КУС:

ПВД — приемник воздушных давлений; 1 — камера статического давления; 2 — камера полного давления; 3 — электрообогревательный элемент; 4 — манометрическая коробка; 5 — передаточный механизм; 6 — стрелка приборной скорости; 7 — анероид; 8 — стрелка истинной скорости; 9 — шкала; 10 — корпус

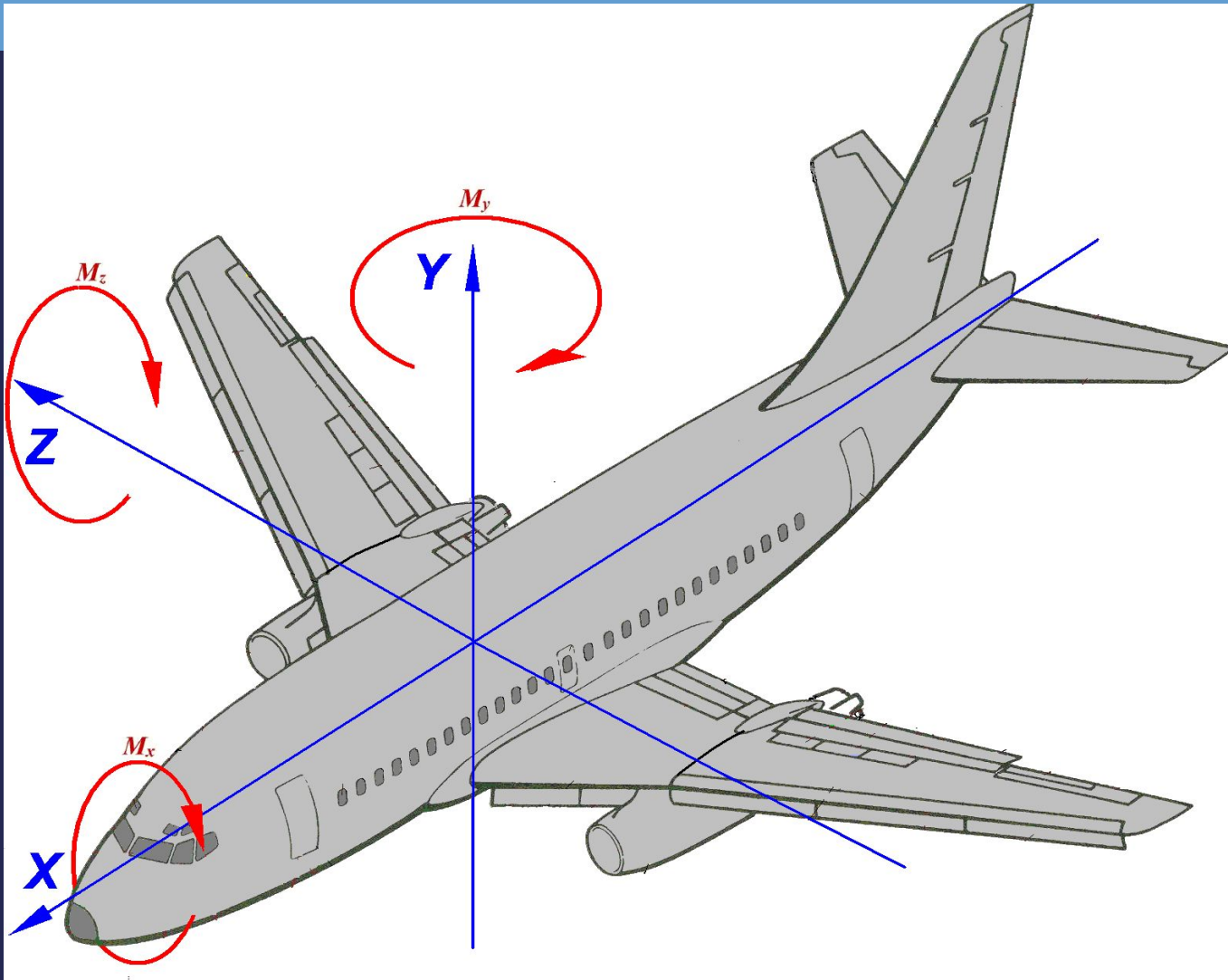


ЗАКРЫЛКИ



Принцип работы закрылков заключается в том, что при их выпуске увеличивается кривизна профиля и площадь поверхности крыла, следовательно, увеличивается и несущая способность крыла, которая позволяет самолетам лететь без сваливания при меньшей скорости.

ОСИ ВРАЩЕНИЯ САМОЛЁТА



Оси :

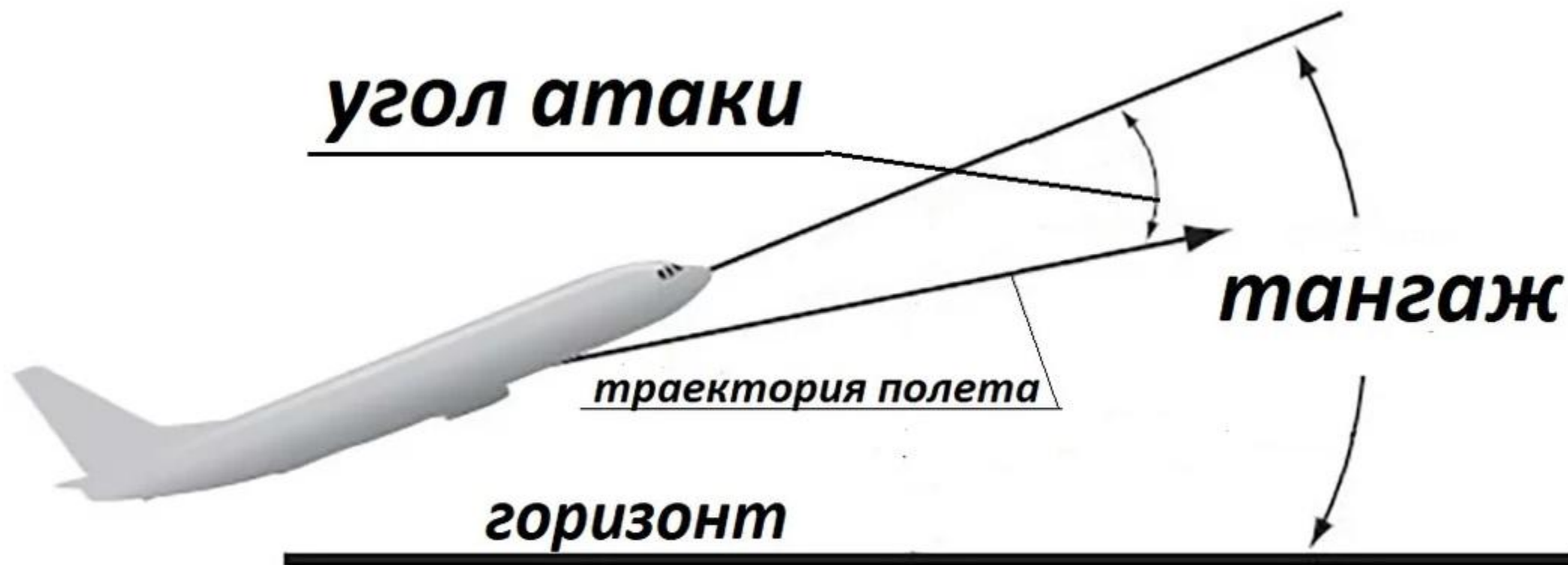
- Вертикальная (рысканье)
- Горизонтальная (крен)
- Поперечная (тангаж)

ОСНОВНОЙ ПИЛОТАЖНЫЙ ПРИБОР - АВИАГОРИЗОНТ



- Угол крена
- Угол тангажа
- Скольжение

УГОЛ АТАКИ И УГОЛ ТАНГАЖА



Угол атаки – угол между вектором воздушной скорости и продольной осью самолёта

Угол тангажа – Угол между горизонтальной плоскостью и продольной осью самолёта

ДАТЧИК УГЛА АТАКИ

Датчик угла атаки представляет собой устройство, имеющее флажок-флюгер, расположенный на фюзеляже снаружи самолета.

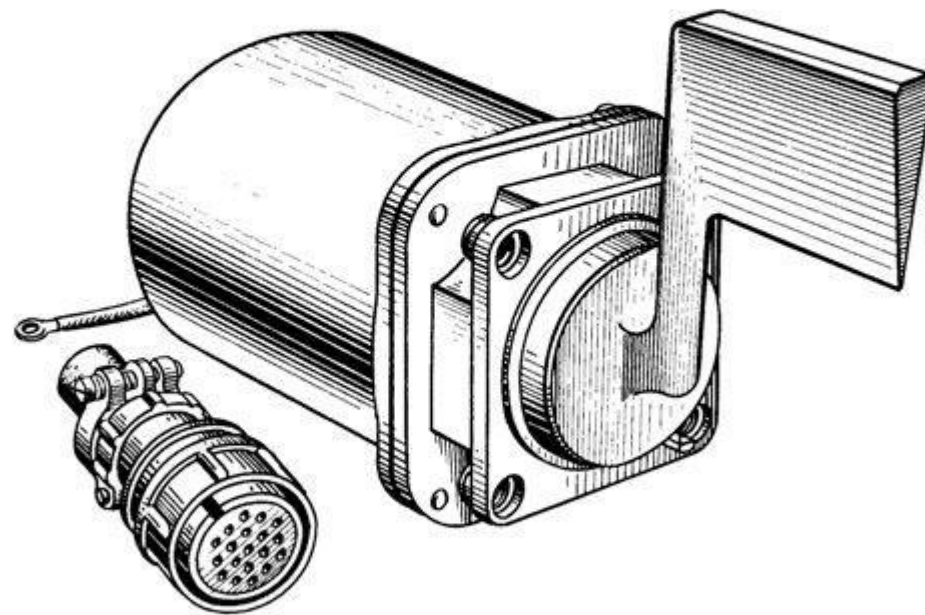
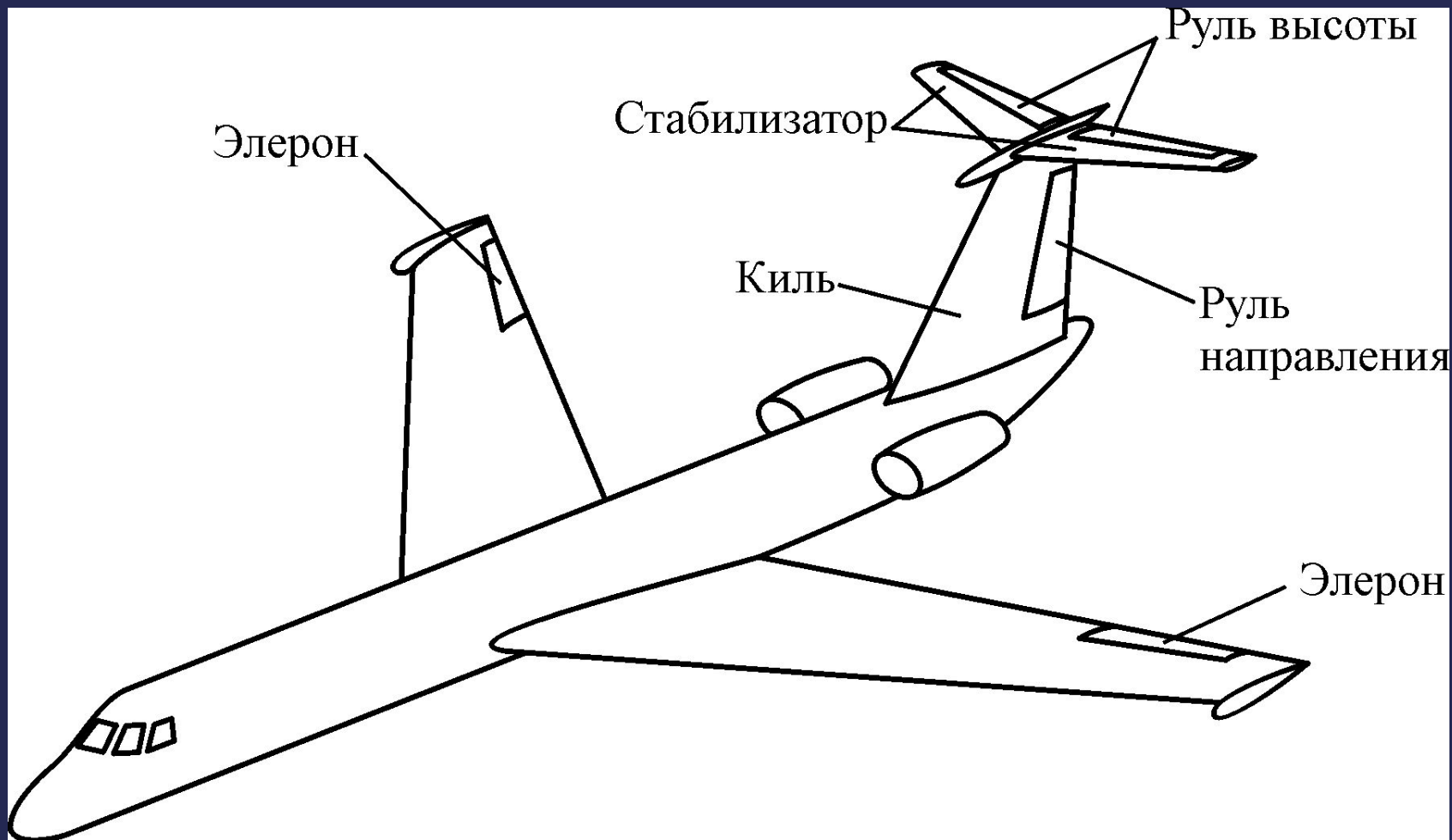


Рис.20. Датчик углов атаки ДУА

УПРАВЛЕНИЕ САМОЛЁТОМ РУЛИ



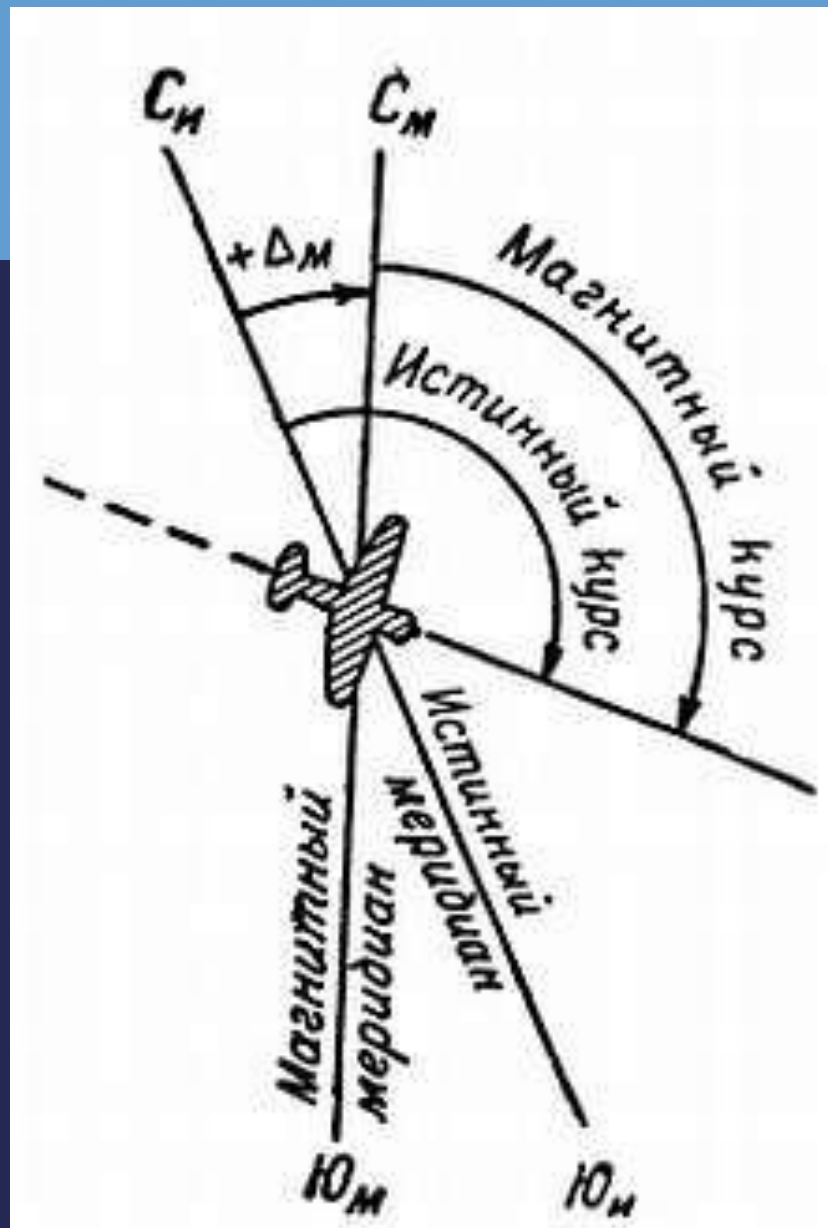
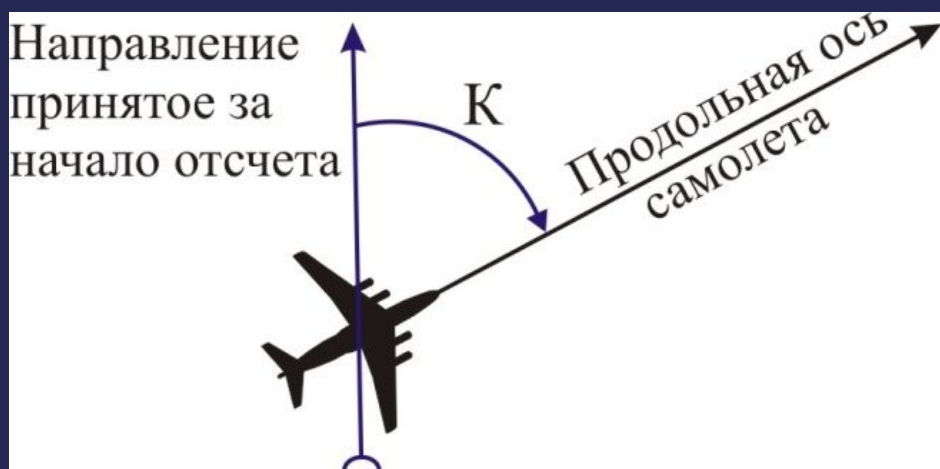
- Руль высоты – изменение угла тангажа
- Руль направления – изменение угла рысканья
- Элероны – изменения угла крена

УСТОЙЧИВОСТЬ И УПРАВЛЯЕМОСТЬ САМОЛЁТА

- Устойчивость характеризует способность самолета без вмешательства летчика сохранять заданный режим полета.
- Управляемость - это способность самолета должным образом реагировать на отклонение летчиком рулей управления (рулей высоты, поворота и элеронов)

ПОНЯТИЕ КУРСА

Курсом самолёта называется угол в горизонтальной плоскости между направлением, принятым за начало отсчёта, и проекцией на эту плоскость продольной оси самолёта. Измеряется от 0° до 360° по часовой стрелке.

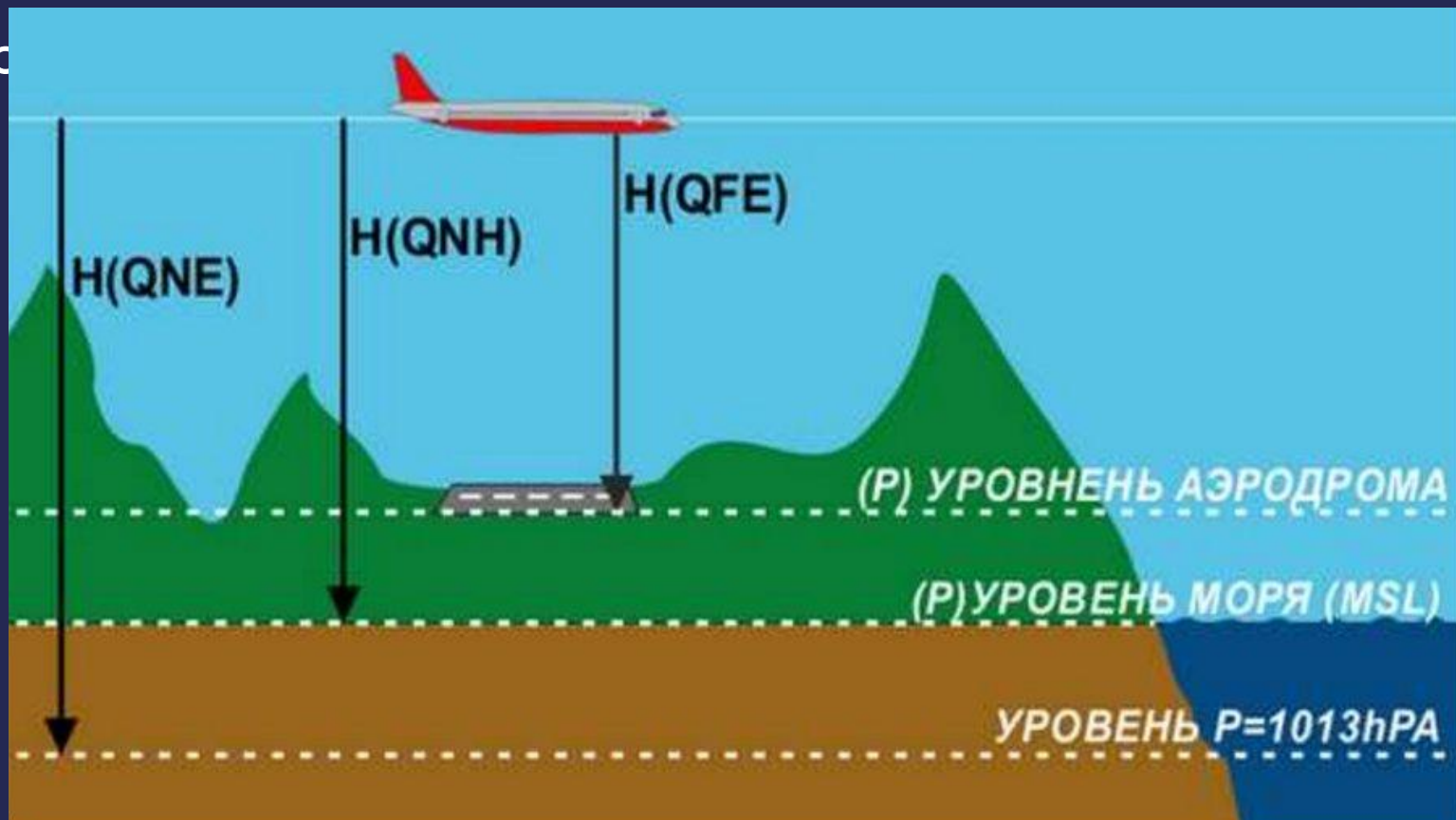


ПОНЯТИЕ ВЫСОТЫ ВС



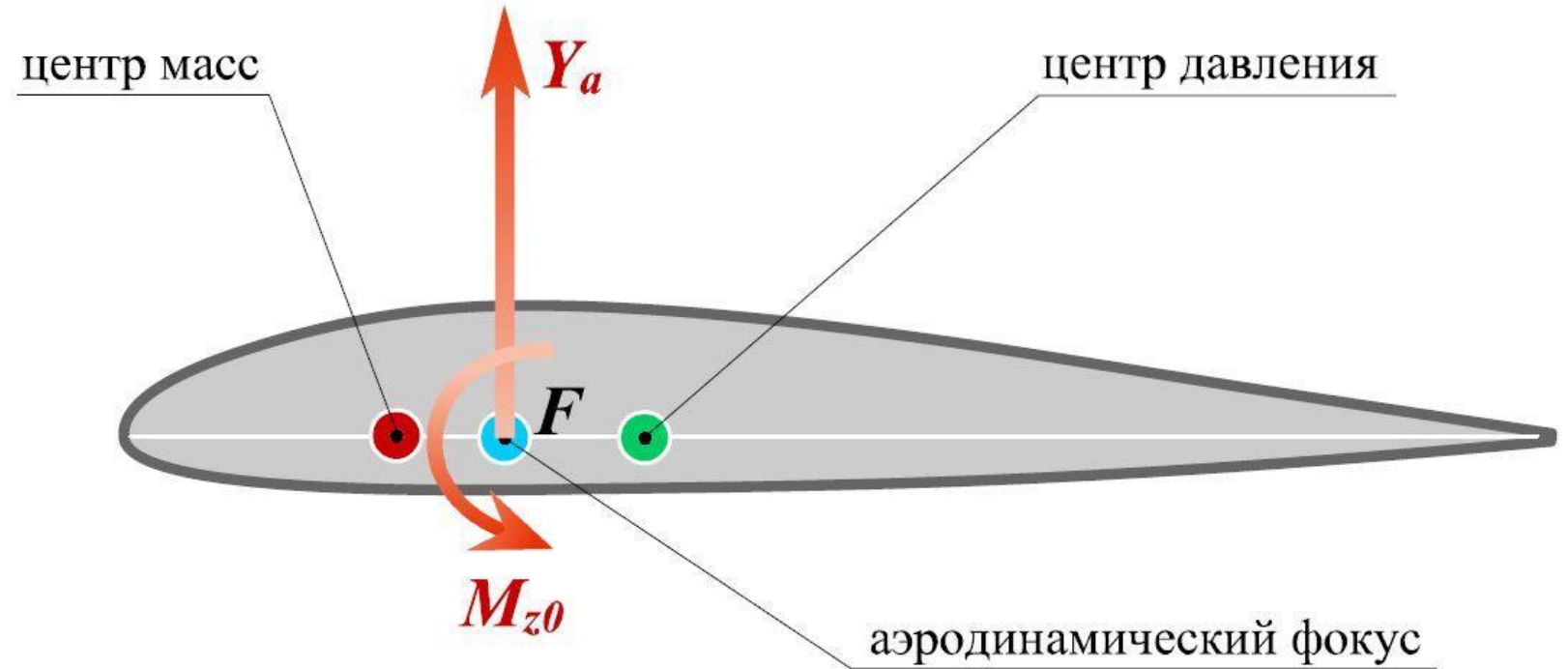
ПОНЯТИЕ ВЫСОТЫ ВС

Высота полёта — расстояние по вертикали от определённого уровня отсчёта до воздушного судна.



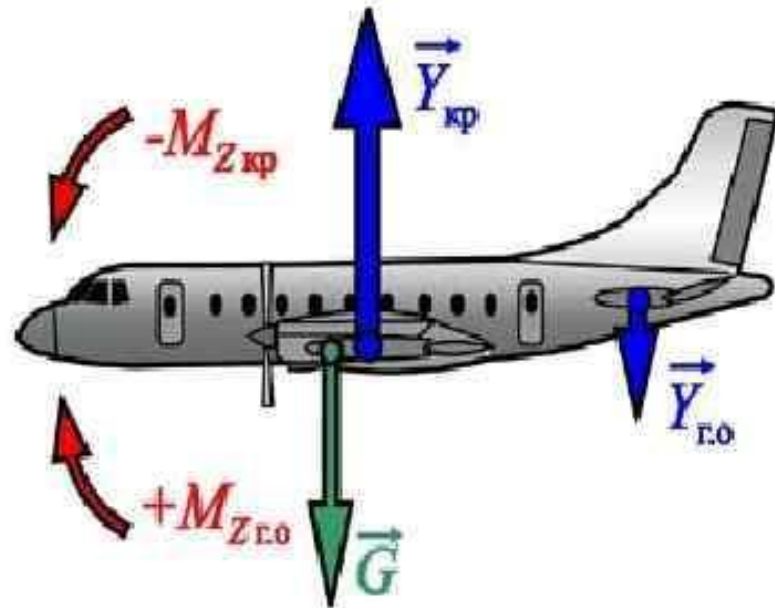
QNH — абсолютная, QFE - относительная

ЦЕНТРОВКА



- Центровка воздушного судна (Center of Gravity) - положение центра тяжести, измеряемое в процентах длины средней аэродинамической хорды - САХ. У каждого самолёта есть свой предельный передний и задний центр тяжести, когда самолёт уже не сможет компенсировать момент центра тяжести рулём высоты. Либо не может поднять нос, либо заваливается на хвост.

- $M_{z_{кр}}$ - пикирующий момент
- + $M_{z_{г.о}}$ - кабрирующий момент



- Крыло самолёта создаёт подъёмную силу, которая вызывает пикирующий момент тангажа. ($-M_z$)
- Горизонтальный стабилизатор создаёт аэродинамическую силу, направленную вниз, которая вызывает кабрирующий момент тангажа. ($+M_z$)

АЭРОДИНАМИЧЕСКОЕ КАЧЕСТВО КРЫЛА

Аэродинамическим качеством крыла называется отношение подъемной силы к силе лобового сопротивления крыла на данном угле атаки

$$K = \frac{Y}{Q},$$

где Y - подъемная сила, кг;

Q - сила лобового сопротивления, кг. Подставив в формулу значения Y и Q , получим

$$K = \frac{C_y}{C_x}.$$

Чем больше аэродинамическое качество крыла, тем оно совершеннее. Величина качества для современных самолетов может достигать **14-15**, а для планеров **45-50**. Это означает, что крыло самолета может создавать подъемную силу, превышающую лобовое сопротивление в **14-15 раз**, а у планеров даже в **50 раз**.

Планирование самолёта



Самолёт Boeing 747 – масса 400 тонн (400 000 кг).
Отказ двигателя на высоте 3000 метров.
Аэродинамическое качество 15



Самолёт Diamond DA42 – масса 1700 кг.
Отказ двигателя на высоте 3000 метров.
Аэродинамическое качество 15

У какого самолёта дальность планирования будет больше ?

Планирование самолёта



Формула дальности планирования

$$L = H * K \pm W * t$$

H – высота

K – аэродинамическое качество

L – дальность планирования

W – Скорость ветра

t – время планирования



У какого самолёта дальность планирования будет больше ?

Планирование самолёта



Формула дальности планирования

$$L = H * K \pm W * t$$



1. В условиях встречного ветра дальность планирования будет зависеть от массы самолёта, для тяжёлого самолёта, у которого время планирования меньше, дальность планирования будет больше. При попутном ветре картина будет обратная.

2. В штиль дальность планирования будет одинаковая, и не будет зависеть от массы.

Планирование самолёта



Максимальное качество зависит от выбранного угла атаки, а угол атаки соответствует определённой скорости.

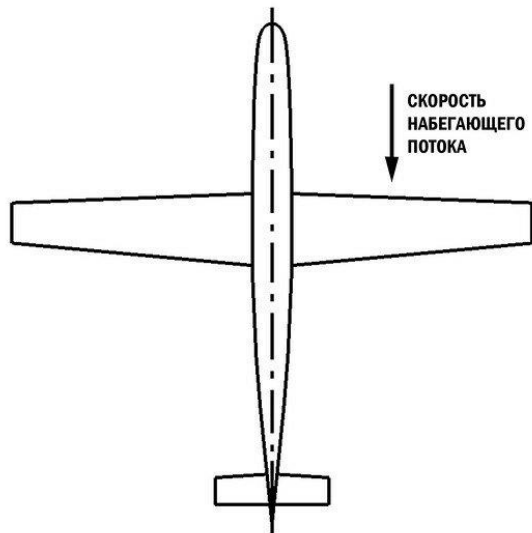


Для этого существует для каждого воздушного судна определённая скорость планирования (наивыгоднейшая скорость), которую пилоты должны строго выдерживать при полной потере тяги в полёте (отказе двигателя).

*наивыгоднейшая скорость — скорость при которой сопротивление минимальное.

УГОЛ СТРЕЛОВИДНОСТИ КРЫЛА

ПРЯМОЕ КРЫЛО



СТРЕЛОВИДНОЕ КРЫЛО



Углом стреловидности крыла называется **угол** между линией передней кромки крыла и поперечной осью самолета.

ГОСКОРПРАЦИЯ ПО ОРВД



ЕС ОРВД — Единая система организации воздушного движения Российской Федерации обеспечивает безопасность использования воздушного пространства и приемлемый уровень безопасности полетов при обслуживании воздушного движения. Имеет стратегическое значение для государства и является важнейшим компонентом сохранения национальной безопасности.

ТИПЫ ДИСПЕТЧЕРОВ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ

- Диспетчер Деливери (Domodedovo Delivery) 121.9
- Диспетчер Руления (Domodedovo Ground) 118.5
- Диспетчер Старта (Domodedovo Tower) 119.7
- Диспетчер Круга (Domodedovo Approach) 120.5
- Диспетчер Контроль (Moscow Control) 120.7