

АЭРОДИНАМИКА САМОЛЕТА

ПОСАДКА САМОЛЕТА

Посадка является завершающим этапом полета и представляет собой замедленное движение самолета с высоты 25 м до полной остановки после пробег по земле. Посадка самолета, как правило, состоит из следующих этапов (Рис. 1):

- планирования (снижения);
- выравнивания;
- выдерживания;
- приземления (парашютирования);
- пробега.

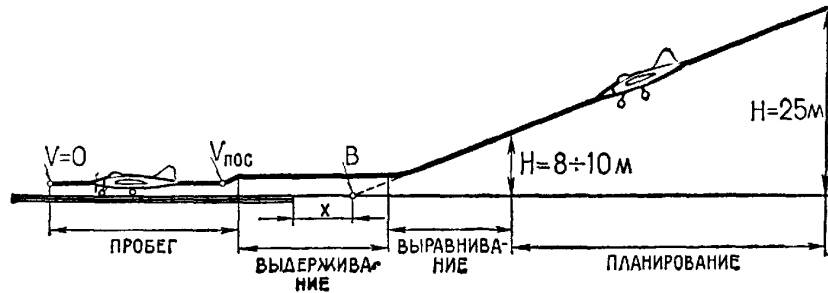


Рис. 1 Схема посадки самолета

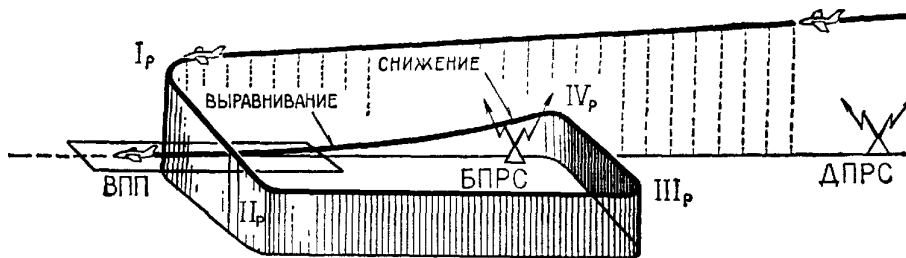


Рис. 2 Схема "круга" над аэродромом перед посадкой

Посадка - сложный и ответственный маневр, завершающий полет. Ему предшествуют выход к аэродрому и заход на посадку.

Маневр захода на посадку производится в непосредственной близости к аэродрому и имеет целью подготовку самолета к выполнению посадки. При визуальном заходе на посадку нормальным является движение самолета по прямоугольному маршруту, представляющему сочетание отрезков прямых и разворотов на 90° - так называемый "круг" ("коробочка"). "Круг" перед посадкой выполняется на определенной для каждого типа летательных аппаратов высоте (Рис. 2).

Расчетными являются 3-й и 4-й развороты, выполняя которые на определенной высоте и точке маршрута, летчик производит предварительный расчет на посадку. Уточнение расчета на посадку, учет ветра производится на участке от 3-го и 4-го разворота. После 4-го разворота самолет должен двигаться вдоль оси взлетно-посадочной полосы (ВПП). До высоты 50 м должны быть выпущены закрылки (щитки), шасси, установлена необходимая скорость по траектории снижения и летчик должен быть убежден в точности расчета. С высоты 30 м летчик переносит взгляд на землю. Начинается выполнение первого этапа посадки - планирование.

ПЛАНИРОВАНИЕ САМОЛЕТА ПРИ ПОСАДКЕ

Посадка самолета начинается со снижения самолета. Угол установившегося планирования определяется по формуле

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{1}{k}. \quad (8.1)$$

Предпосадочное планирование выполняется с выпущенными шасси и закрылками (щитками), поэтому аэродинамическое качество невелико. Угол планирования и вертикальная скорость при этом значительно увеличиваются, что усложняет технику выполнения выравнивания. При наличии тяги угол планирования и вертикальная скорость уменьшаются, поэтому на современных скоростных самолетах

АЭРОДИНАМИКА САМОЛЕТА

планирование осуществляется, как правило, с некоторой тягой, тем более что в этом случае облегчается уход на второй круг.

При планировании летчик рассчитывает место приземления. Для этого сразу же после четвертого разворота летчик устанавливает заданную скорость планирования и наклон траектории планирования. Прямолинейное снижение выводит самолет в точку начала выравнивания (точка A на Рис. 1), находящуюся на высоте 6 - 10 м. Положение прямой AB (траектории снижения) относительно посадочной полосы задается расстоянием x , определяющим удаленность точки B от края ВПП. Для каждого типа самолета, планера величина x связана с их аэродинамическими характеристиками и в первую очередь с аэродинамическим качеством. На планировании перед посадкой желательно, чтобы скорость по траектории и вертикальная скорость снижения были по возможности уменьшены. С этой целью применяются закрылки, щитки или другие виды механизации крыла, которые увеличивают коэффициент подъемной силы и уменьшают потребную скорость планирования. Тем самым упрощается техника выполнения посадки и повышается ее безопасность.

При увеличении веса самолета увеличивается его скорость по траектории. Угол планирования при этом практически остается неизменным.

Планирование самолета до высоты начала выравнивания является одним из ответственных этапов в обеспечении нормальной посадки.

Практикой установлено, что наибольшее количество ошибок в технике пилотирования совершено на этапе предпосадочного планирования и при выходе из него. Основной причиной этих ошибок является то обстоятельство, что летчик, отвлекая внимание от пилотирования самолета для наблюдения за землей, уточнения расчета на посадку и правильности захода по оси посадочной полосы, теряет скорость и нарушает координацию отклонения рулей.

ВЫРАВНИВАНИЕ

Выравнивание представляет собой процесс перехода от прямолинейного равномерного снижения к траектории горизонтального полета в конце выравнивания. При подходе к высоте начала выравнивания (которая определяется визуально и составляет 8-10 м) летчик, отклоняя ручку управления на себя, увеличивает угол атаки самолета, создавая тем самым дополнительную подъемную силу ΔY , которая искривляет траекторию.

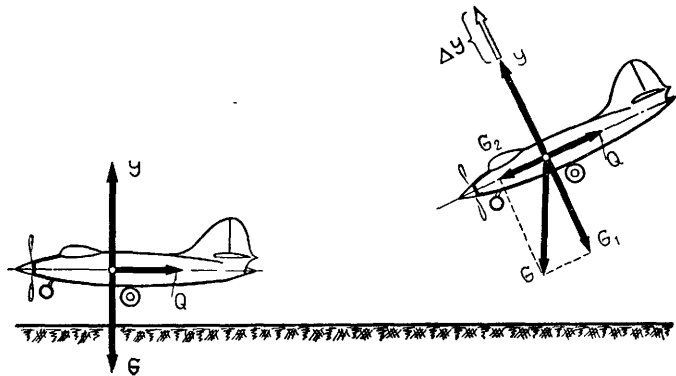


Рис. 3 Схема сил, действующих на самолет при выравнивании и выдерживании

Увеличение угла атаки сопровождается увеличением силы лобового сопротивления, вследствие чего происходит уменьшение поступательной скорости. Другой причиной уменьшения поступательной скорости является уменьшение составляющей силы веса G_2 из-за уменьшения угла наклона траектории θ (Рис. 3).

Выравнивание заканчивается на высоте 0,75-1,0 м. Траектория этого маневра при постоянной подъемной силе ($Y + \Delta Y$) представляет собой кривую, близкую к окружности.

ВЫДЕРЖИВАНИЕ

Выдерживание производится для уменьшения скорости до посадочной и представляет собой торможение самолета в горизонтальном полете (схема сил показана на Рис. 3). При выдерживании самолет летит горизонтально, так как $Y = G$, а скорость полета уменьшается из-за того, что сила лобового сопротивления ничем не уравновешена и тормозит движение. Для поддержания заданной высоты над поверхностью аэродрома по мере падения скорости летчик соразмерно, взятием ручки на себя, увеличивает угол атаки (т. е. α), что позволяет сохранить подъемную силу, а следовательно, и прямолинейность траектории.

АЭРОДИНАМИКА САМОЛЕТА

В момент, когда угол атаки окажется равным посадочному ($\alpha = \alpha_{\text{пос}}$), дальнейшее его увеличение прекращают. Скорость полета при выдерживании, соответствующая этому моменту, называется посадочной. В процессе выдерживания самолет снижается до высоты 0,25-0,30 м. После этого начинается парашютирование, при котором $V < G$, а скорость практически не успевает измениться, так как оно длится малое время и самолет приземляется на посадочную полосу.

В конце выдерживания перед приземлением подъемная сила равна весу самолета, т. е. $Y = G$, а угол атаки равен посадочному, тогда

$$Y = G = C_{y_{\text{пос}}} \frac{\rho v_{\text{пос}}^2}{2} \cdot S \quad \text{откуда} \quad v_{\text{пос}} = \sqrt{\frac{2G}{C_{y_{\text{пос}}} \rho S}}.$$

При приближении к поверхности земли начинает сказываться эффект «воздушной подушки», вследствие чего происходит как бы увеличение плотности воздуха. С учетом этого явления можно записать

$$v_{\text{пос}} = 0,94 \sqrt{\frac{2G}{C_{y_{\text{пос}}} \rho S}}, \quad (8.2)$$

где G - вес самолета при посадке;

$C_{y_{\text{пос}}}$ - коэффициент подъемной силы при посадочном угле атаки;

0,94 - коэффициент, учитывающий близость земли.

Посадочной скоростью называется скорость в момент приземления. Она у всех самолетов меньше скорости отрыва. Это объясняется тем, что посадочный вес самолета меньше веса взлетного, а $C_{y_{\text{пос}}} > C_{y_{\text{отр}}}$, поскольку используется больший угол отклонения закрылков (щитков), а, кроме того, перед самым приземлением нет необходимости иметь запас угла атаки, как после отрыва.

Из формулы (8.2) следует, что зависимость посадочной скорости от веса самолета, атмосферных условий и коэффициента подъемной силы такая же, как и скорости отрыва.

ПРОБЕГ САМОЛЕТА

Пробег самолета является заключительным этапом посадки. После касания земли самолет совершает пробег на основных колесах шасси (для самолетов с носовым колесом), после чего летчик плавно опускает носовое колесо и начинает торможение основных колес. У самолетов с хвостовым колесом посадка совершается на все три точки и торможение основных колес производится с таким расчетом, чтобы не было капотирования самолета.

Главной характеристикой пробега является его длина. Длиной пробега $L_{\text{пр}}$ называется расстояние, проходимое самолетом по земле от момента приземления до полной остановки.

Движение самолета на пробеге является равнозамедленным с некоторым средним замедлением $U_{\text{ср}}$.

На пробеге кроме непрерывно уменьшающихся аэродинамических сил Y и Q на самолет действует сила трения колеса о землю $F = F_1 + F_2$ (Рис. 4).

По мере уменьшения скорости подъемная сила и сила лобового сопротивления уменьшаются, а силы реакции земли N_1 и N_2 увеличиваются.

Уравнение движения самолета при пробеге можно записать

$$\frac{G}{g} i_{\text{пр}} = Q + F, \quad (8.3)$$

где $F = f(N_1 + N_2)$ - сила трения.

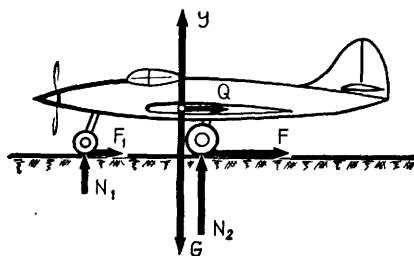


Рис. 4 Схема сил, действующих на самолет при пробеге

Силами, замедляющими движение на пробеге, как следует из формулы (8.3), являются сила трения колес о землю F и сила лобового сопротивления Q . Длина пробега определяется по формуле

АЭРОДИНАМИКА САМОЛЕТА

$$L_{ПП} = \frac{v_{Пос}^2}{2i_{CP}}. \quad (8.4)$$

Из формулы (8.3) можно найти

$$i_{CP} = -g \frac{Q + F}{G}. \quad (8.5)$$

Из анализа формул видно, что для уменьшения длины пробега необходимо уменьшать посадочную скорость ($v_{Пос}$) или увеличивать тормозящие силы Q и F . Увеличение последней производится за счет применения тормозных устройств на колесах шасси. Увеличение силы Q осуществляется применением тормозных посадочных парашютов.