

Виражи и развороты самолета

(«Практическая аэродинамика и динамика полета» П.Т. Бехтир, Гл.7)

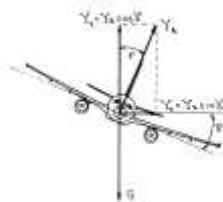


Рисунок 1

Схема сил, действующих на самолет при вираже или в установившемся развороте, изображена на рис.1.

$Y_1 = Y_B \cos \gamma$ – проекция подъемной силы на вертикаль к линии горизонта;

$Y_2 = Y_B \sin \gamma$ – проекция подъемной силы на горизонтальную плоскость.

При выполнении виража или установившегося разворота необходимо:

$P_B = X$ – для выполнения виража с постоянной скоростью;

$Y_1 = Y_B \cos \gamma = G$ – для сохранения высоты полета;

$Y_2 = Y_B \sin \gamma = \text{const}$ – для выполнения виража с постоянным радиусом.

В результате криволинейного движения самолета возникает центробежная сила F_c , условно приложенная к самолету в центре массы, величина которой равна Y_2 .

Подъемная сила на вираже при больших углах крена значительно больше веса самолета. Следовательно, при вираже перегрузка значительно больше единицы.

Величина перегрузки зависит от угла крена:

$$n_y = \frac{Y_B}{G} = \frac{1}{\cos \gamma}$$

причем, при увеличении угла крена величина потребной подъемной силы увеличивается ($\cos \gamma$ уменьшается), а значит, и перегрузка возрастает.

Скорость, потребную при выполнении виража, можно определить из условия:

$$Y_B \cos \gamma = C_y \frac{\rho V^2}{2} S \cdot \cos \gamma = G$$

Решив уравнение относительно скорости виража V_B , получим:

$$V_B = \sqrt{\frac{2G}{C_y \rho S \cdot \cos \gamma}} = V_{zn} \sqrt{\frac{1}{\cos \gamma}} = V_{zn} \sqrt{n_y}$$

Как видно из формулы, скорость, потребная при выполнении виража, так же, как и скорость горизонтального полета, зависит от полетного веса самолета, плотности воздуха и коэффициента подъемной силы. Кроме того, величина скорости зависит от угла крена (перегрузки).

Тягу, потребную при выполнении виража, можно определить из условия:

$$P_B = X_B = C_x \frac{\rho V_B^2}{2} S = C_x \frac{\rho V_{zn}^2}{2} S \cdot n_y = P_{zn} \cdot n_y = \frac{G}{K} n_y$$

Из формулы видно, что тяга, необходимая на вираже, зависит от веса самолета и аэродинамического качества, а также от угла крена (перегрузки). Для выполнения виража с большим углом крена необходима большая скорость, а следовательно, необходима и большая тяга.

Радиус виража можно вычислить из соотношения сил при вираже следующим образом:

$$tg \gamma = \frac{F_y}{G} = \frac{V_B^2}{g \cdot r_B}, \text{ так как } F_y = \frac{G V_B^2}{g \cdot r_B}$$

Зная угол крена и скорость, потребную при выполнении виража, определим радиус виража:

$$r_B = \frac{V_B^2}{g \cdot tg \gamma}$$

Время выполнения виража можно получить следующим образом:

$$t_B = \frac{2\pi r_B}{V_B} = \frac{2\pi V_B}{g \cdot tg \gamma} = \frac{6.28 V_B}{9.8 tg \gamma} \approx 0.64 \frac{V}{tg \gamma}$$

Из формул видно, что радиус и время выполнения виража зависят от скорости и угла крена, причем при большей скорости и меньшем угле крена радиус и время выполнения виража большие.

Выполнение разворотов и других маневров ограничивается:

- минимальной и максимальной скоростями;
- значением максимально допустимой эксплуатационной перегрузки;
- углом атаки в зависимости от числа М;
- началом появления предупредительной тряски;
- углом крена.

Величина радиуса и времени разворота зависит от высоты полета. При увеличении высоты полета истинная скорость, при постоянной приборной, увеличивается, что вызывает увеличение радиуса и времени разворота.

Следует помнить, что чем больше угол крена, тем труднее выполнять координированный разворот, т.е. разворот без скольжения. При нарушении координации разворота появляется скольжение самолета, в результате которого увеличивается его сопротивление и создаются условия для перехода во второй режим полета. Запас отклонения рулей и их эффективность на высоте уменьшаются. Все это вместе взятое требует строгого соблюдения ограничений по углу крена и скорости.

Особая опасность выполнения разворотов с большими углами крена возникает при полете по приборам в неспокойном воздухе и при несимметричной тяге.