

Дано:

$$R=400 \text{ м}$$

$$v=100 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$g=10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

Решение:

На летчика действуют две силы: сила тяжести и сила реакции опоры со стороны кресла.

При движении тела по окружности равнодействующая сил равна

$$F_N = m a_u = m \frac{v^2}{R} \quad \text{и направлена по радиусу к центру.}$$

Найдём центростремительное ускорение самолёта:

$$a_u = \frac{v^2}{R} = \frac{100^2}{400} = 25 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$\text{В нижней точке петли } F_{N1} - mg = m \frac{v^2}{R}$$

$F_{N1} = mg + m \frac{v^2}{R}$ $F_{N1} = P_1$ (по третьему закону Ньютона), где P_1 - вес летчика в нижней части петли Нестерова. Вес тела больше силы тяжести, т.е. больше веса покоящегося тела. Если тело (вместе с опорой или подвесом) движется с ускорением, направленным противоположно ускорению свободного падения, то его вес больше веса покоящегося тела. Летчик, выводящий самолёт из пикирования, в нижней части траектории подвергается перегрузке. Пебрегрузка – это увеличение веса, вызванное ускоренным движением. Вес летчика больше нормального веса mg на величину $m \frac{v^2}{R}$.

$$\text{В верхней точке петли } -F_{N2} - mg = -m \frac{v^2}{R} \quad F_{N2} + mg = m \frac{v^2}{R}$$

$$F_{N2} = m \frac{v^2}{R} - mg$$

С какой силой сиденье действует на летчика, с такой же силой и летчик действует на сиденье по третьему закону Ньютона: $F_{N2} = P_2$.

P_2 - вес летчика в верхней части петли Нестерова

Коэффициент перегрузки определяется как отношения веса тела к силе тяжести, действующей на тело:

$$\kappa_1 = \frac{P_1}{mg} = \frac{m(g + \frac{v^2}{R})}{mg} = \frac{g + \frac{v^2}{R}}{g} = 1 + \frac{v^2}{gR} = 1 + \frac{100\text{м/c}^2 \cdot 100\text{м/c}}{400\text{м}^2 \cdot 10\text{м/c}} = 1 + 2,5 = 3,5$$

$$\kappa_2 = \frac{P_2}{mg} = \frac{m(\frac{v^2}{R} - g)}{mg} = \frac{\frac{v^2}{R} - g}{g} = \frac{v^2}{gR} - 1 = \frac{100\text{м/c}^2 \cdot 100\text{м/c}}{400\text{м}^2 \cdot 10\text{м/c}} - 1 = 2,5 - 1 = 1,5$$

Таким образом, в верхней точке петли коэффициент перегрузки: $\kappa_2 = 1,5$

В нижней точке петли коэффициент перегрузки: $\kappa_1 = 3,5$

Ответ: коэффициент перегрузки в верхней точке петли составляет 1,5 g, а в нижней точке — 3,5 g. Это означает, что в верхней точке пилот испытывает перегрузку, в 1,5 раза превышающую силу тяжести, а в нижней точке — в 3,5 раза. Такие значения перегрузок являются типичными при выполнении фигуры «мёртвая петля» и находятся в пределах допустимых для тренированных пилотов.

При выполнении петли действуют следующие физические явления:

- **центробежная сила**, прижимающая пилота к сиденью в верхней точке траектории;
- **подъёмная сила крыла**, обеспечивающая маневрирование в вертикальной плоскости;
- **перегрузки**, возникающие при движении по криволинейной траектории.

Ознакомившись с понятием коэффициента перегрузки, остановим внимание на их значениях в различных областях авиации и на особенностях переносимости перегрузок.

Допустимые перегрузки для лётчиков зависят от типа авиации и их подготовки:

В гражданской авиации при взлёте и посадке пилоты испытывают перегрузку около 1,5g. Максимально допустимая по международным нормам — 2,5g.

В военной авиации пилоты истребителей могут испытывать перегрузки до 12g при выполнении фигур высшего пилотажа.

Тренированные пилоты в специальных противоперегрузочных костюмах способны переносить перегрузки в диапазоне от -3g до +12g. При положительной перегрузке 7–8g у человека обычно темнеет в глазах и пропадает зрение из-за оттока крови от головы.

Важно отметить, что именно Пётр Нестеров первым использовал подъёмную силу крыла для маневрирования в горизонтальной и вертикальной плоскостях, что стало революционным открытием в авиации.

Домашнее задание творческого характера.

Автомобиль массой 6000кг проходит закругление горизонтальной дороги радиусом 500м с максимальной скоростью 36 км/ч. Определите коэффициент трения шин, а также силу трения.

Задача на анализ:

1. Почему при повороте автомобиля на мокрой дороге увеличивается риск заноса?
2. Как зависит минимальный радиус поворота от коэффициента трения?
3. Предложите способ измерения скорости вращения колеса без прямого контакта
4. Какие физические величины нужно измерить?

Литература

1. П.Г. Саенко, Москва «Просвещение» , 1999
2. В.Г. Разумовский. Творческие задачи «Академия педагогических наук РСФСР», 1966.