**Тема №4: Установившиеся режимы полёта. Планирование. Анализ поляры скоростей крыла дельтаплана.**

## Установившееся планирование. Силы, действующие на СЛА в установившемся планировании.

В прошлой теме мы уже разбирали установившееся планирование дельтаплана и силы, действующие в этот момент на крыло. Итак, на дельтаплан в общем случае действует две силы - сила тяжести G и полная аэродинамическая сила R. При планировании сила R направлена вертикально вверх и равна полётному весу дельтаплана R = G. Разложим эти силы по оси Х, направленной вдоль вектора скорости дельтаплана, и по оси Y, направленной перпендикулярно к вектору скорости из центра тяжести системы (рис. 1).

|  |
| --- |
| http://deltaplan.kz/public/upload/content/images/549befea09c57.jpg |
| Рис. 1. Схема сил, действующих на дельтаплан при планировании, где θ - угол планирования, Н - высота планирования, L - дальность планирования. |

Силу тяжести G разложим на две составляющие: в направлении, перпендикулярном траектории движения G\*cosθ, и в направлении вдоль движения дельтаплана G\*sinθ.

Полную аэродинамическую силу R разложим на подъемную силу Y, уравновешивающую силу G\*cosθ (это обеспечивает прямолинейность движения), и силу лобового сопротивления Q, уравновешивающую силу G\*sinθ (это обеспечивает постоянство скорости по траектории).

Исходя из вышесказанного, получаем, что **планирование дельтаплана** – это прямолинейное и равномерное движение дельтаплана, при котором его масса полностью уравновешена полной аэродинамической силой.

Угол, образованный траекторией планирования и линией горизонта, называется **углом планирования**.

При данном угле планирования θ и с данной высоты H дельтаплан улетит на определенное расстояние. Это расстояние, проходимое дельтапланом относительно земли с заданной высоты, называется **дальностью планирования**.

**Понятие качества крыла.**

**Аэродинамическим качеством дельтаплана** называют отношение подъемной силы к силе лобового сопротивления или отношение коэффициента подъемной силы к коэффициенту лобового сопротивления.



На одной из первых лекций по аэродинамике мы разбирали зависимость подъемной силы и силы лобового сопротивления от угла атаки. И находили на поляре Лилиенталя 1-го рода точки, соответствующие определенным углам атаки. Одним из этих углов был наивыгоднейший угол атаки - угол, при котором отношение коэффициентов подъемной силы и сопротивления Cy/Cx максимально. Это соотношение и назвали максимальным аэродинамическим качеством крыла дельтаплана.

И мы также говорили, что при установке крыла на наивыгоднейший угол атаки оно полетит дальше всего. Соответственно, дальность планирования дельтаплана тесно связана с понятием аэродинамического качества крыла.

Рассмотрим это утверждение подробнее. Угол, между подъемной силой Y и полной аэродинамической силой R, равен углу планирования θ (рис. 1). Отсюда следует, что ctgθ = Y/Q. Но Y/Q = К, таким образом



Отсюда следует, что угол планирования θ зависит только от аэродинамического качества дельтаплана и совершенно не зависит от его массы.

Из теоремы Пифагора (рис. 1) очевидно, что



Но, как мы уже выяснили, ctgθ = К, соответственно



Следовательно, дальность планирования дельтаплана увеличивается с увеличением аэродинамического качества и высоты полёта. Наибольшая дальность планирования при заданной высоте может быть достигнута при полёте на наивыгоднейшем угле атаки, так как при этом соотношение Cу и Cх, а соответственно и качество, максимально.

Стоит заметить, что опять же масса дельтаплана не имеет никакого влияние на аэродинамическое качество крыла.

Аэродинамическое качество крыла дельтаплана зависит от параметров, влияющих на коэффициент подъемной силы Cу и коэффициент лобового сопротивления Cх, а именно:

* форма профиля;
* шероховатость поверхности крыла;
* наличие неудобообтекаемых элементов на крыле, создающих дополнительное индуктивное сопротивление (троса, фал подцепа, мачта);
* положение пилота;
* удлинение крыла;
* распределение нагрузки по размаху крыла.

## Влияние удельной нагрузки, силы и направление ветра на характеристики планирования.

Всё вышесказанное справедливо при полёте в штиль. При наличии ветра дальность полёта изменяется в зависимости от того, встречный или попутный ветер сопровождает наш полёт.

Движение дельтаплана при наличии ветра состоит из его собственного движения относительно воздуха H\*K и перемещение его воздухом относительно земли за определенное время W\*t, где W – скорость ветра.

Дальность планирования в этом случае определяется по формулам:





где Н – заданная высота планирования (м), К – аэродинамическое качество дельтаплана, W – скорость ветра (м/с), t – время планирования с данной высоты (с).

При наличии ветра масса пилота оказывает некоторое влияние на дальность планирования дельтаплана.

При попутном ветре дальность планирования дельтаплана с увеличением полётного веса дельтаплана уменьшается, т.к. вследствие увеличения скорости планирования уменьшается время планирования и, соответственно, воздействия попутного ветра на крыло.

При встречном ветре, наоборот, с увеличением полётного веса дальность планирования дальность планирования будет увеличиваться, т.к. с увеличением скорости планирования и уменьшением время планирования уменьшается время воздействия на крыло встречного ветра.

## Поляра скоростей. Анализ поляры скоростей для крыла дельтаплана.

## Высота, которую дельтаплан теряет при планировании за единицу времени, называется вертикальной скоростью планирования или скоростью снижения Vy.

## Расстояние, которое дельтаплан проходит параллельно земле за единицу времени, называется горизонтальной скоростью планирования или поступательной скоростью Vx.

## График, показывающий зависимость вертикальной скорости снижения Vy от поступательной скорости Vx на различных углах атаки, называется полярой скоростей планирования (или полярой скоростей).

## Поляра скоростей строится следующим образом: из начала координат проводится прямая, соответствующая траектории движения дельтаплана при данном режиме планирования, составляющая с горизонтальной осью угол θ (угол планирования).

## По каждой траектории движения откладывается величина скорости планирования V, соответствующая данному режиму планирования. Получается, каждой скорости планирования (V1, V2, V3 и т.д.) соответствует свой угол планирования (θ1, θ2, θ3 и т.д.). Соединив концы векторов скоростей планирования плавной кривой, получим поляру скоростей планирования (рис. 2).

|  |
| --- |
|  |
| *Рис. 2. Поляра скоростей.* |

## Перпендикуляр, опущенный из конца вектора скорости планирования на горизонтальную ось, укажет значение поступательной скорости Vx, а перпендикуляр на вертикальную ось – значение скорости снижения Vу. Горизонтальная и вертикальная скорости будут также характеризовать данный режим планирования.

## Рассмотрим характерные точки поляры скоростей, соответствующие определенным режимам планирования (рис. 3).

|  |
| --- |
|  |
| *Рис. 3. Режимы планирования по точкам поляры скоростей.* |

## Область 1-2 соответствует режиму крутого пикирования: полёт на больших скоростях со значительным углом планирования.

## Область 2-3-4-5 соответствует эксплуатационным режимам полёта: средние скорости, средние углы планирования.

## Точка 3, образованная касательной к поляре, проведенной из начала координат, соответствует скорости, при которой угол планирования наименьший и качество наибольшее – наивыгоднейшей скорости Vнаив.

## Точка 4, образованная касательной к поляре, проведенной параллельно горизонтальной оси, соответствует той скорости планирования, при которой скорость снижения Vy минимальна – экономической скорости планирования Vэк. Экономическую скорость выбирают при обработке восходящих потоков или при полёте с максимальной продолжительностью.

## Область вблизи точки 5 соответствует режиму парашютирования, используемому при посадке.

## Область 5-6 соответствует режиму, при котором дельтаплан начинает «сыпаться» (скорость снижения быстро увеличивается), что в дальнейшем может привести к сваливанию на крыло.

## Изменение нагрузки на крыло p=G/S приводит к тому, что поляра скоростей смещается относительно исходной кривой в сторону больших или меньших скоростей в зависимости от того, увеличивается или уменьшается нагрузка (рис. 3, пунктирная линия).

## Стоит отметить, что значение максимального качества при этом практически не меняется (точки 3 и 3’, рис. 3).