

Динамика полёта вертолёта Ми -8

Тема №2.1

Аэродинамика несущего винта

Урок № 1

Общие сведения о несущем винте НВ

- Несущий винт вертолѐта – уникальный агрегат современного авиастроения.
- Наибольшее распространение в отечественном и мировом вертолѐтостроении получил классический трёхшарнирный НВ с горизонтальным, вертикальным и осевым шарнирами.

Общие сведения о несущем винте НВ

- Лопасти такого НВ совершают при полёте сложное движение:
 - Вращаются вокруг оси НВ;
 - Перемещаются вместе с вертолётom в пространстве;
 - Изменяют своё угловое положение в пространстве, поворачиваясь в указанных шарнирах.

Общие сведения о несущем винте НВ

- Несущий винт предназначен для:
 - создания подъёмной и пропульсивной сил в поступательном движении;
 - обеспечения продольного и поперечного управления вертолётom.
 - НВ преобразует крутящий момент от вала двигателя в аэродинамическую силу

Основные требования, предъявляемые к НВ

- Обеспечения необходимой аэродинамической силы на всех режимах полёта;
- Получения высокого КПД;
- Равномерности распределения сил по ометаемой площади;
- Исключения неустойчивости и опасных явлений;
- Обеспечения минимальных шарнирных моментов;

Отличия НВ вертолѐта от крыла самолѐта

- Тяга, достаточная для полѐта вертолѐта, создаѐтся при любой скорости (от **0** до **V_{max}**);
- НВ работает на углах атаки от **0°** до **$+180^\circ$** , **-180°** ;
- В поступательном полѐте НВ имеет неравномерное поле скоростей.

Отличия НВ вертолётa от крыла самолётa

- Из-за сравнительно малых скоростей полётa НВ создаёт большой индуктивный снос потока по сравнению с крылом (чем меньше скорость, тем больше снос потока), возникают повышенные вибрации несущей системы.

Геометрические характеристики НВ

- Диаметр несущего винта (d_n)

- Чем больше (d_n), тем больше ометаемая площадь F_n ($F_n = \pi R^2$).

- В тоже время возрастают потери НВ из-за волнового кризиса лопастей, поэтому значение (d_n) выбирается оптимальным (**21,288м**);

$F_n = 355 \text{ м}^2$

Геометрические характеристики НВ

- **Количество лопастей (Кл)**
 - Влияет на заполнение НВ, а значит, на тягу и сопротивление НВ.
 - С увеличением количества лопастей каждая из них работает в более возмущённом потоке, возрастают вибрации.
 - Значение **Кл** подбирается оптимальным для данного вертолётa.

Геометрические характеристики НВ

Коэффициент заполнения НВ (δ)

$$\delta = K_{л} \Sigma F_{л} / F_{н}$$

- **Показывает:**

- Какую часть ометаемой площади составляет суммарная площадь лопастей.

- $F_{л}$ – площадь лопасти. $F_{л} = R b_{ср}$

- $\delta = 0,0777$ Такой большой коэффициент заполнения дал возможность создать:

Геометрические характеристики НВ

- большую тягу при умеренном диаметре винта;
- удерживать лопасти на небольших установочных углах, при которых углы атаки ближе к наивыгоднейшим на всех режимах полёта;
- что позволило увеличить КПД винта и отодвинуть срыв потока с концов лопастей на большие скорости.

Геометрические характеристики НВ

Форма лопасти в плане

- **Достоинства** прямоугольной формы в плане:
 - простота изготовления;
 - взаимозаменяемость отсеков;
 - быстрый переход к самовращению.
- **Недостаток** – более низкие, по сравнению с трапециевидной формой, несущие свойства.

Профиль лопасти

- **Тип профиля:**
 - В корневой части лопасть имеет профиль NASA-230 – двояковыпуклый несимметричный.
 - Относительная толщина ступенчато увеличивается к корню от **11,38 до 13%**.
 - Остальная часть лопасти имеет профиль NASA – 230M двояковыпуклый несимметричный модифицированный, с отогнутой задней кромкой, **C = 11,38%**

Профиль лопасти

- **Требование к профилю лопастей:**
 - высокое аэродинамическое качество ($K_{\max} = 21$);
 - большое $M_{кр}$;
 - минимальное перемещение центра давления по хорде;
 - быстрый переход к самовращению;
 - малое профильное сопротивление;
 - исключение флаттера лопастей.

Особенности профилей

- **NASA- 230** имеет большой коэффициент подъёмной силы **C_y** (более несущий), так как должен работать при малых скоростях обтекания.
- **NASA-230M** имеет перед NASA-230 ряд преимуществ:
 - Меньше **C_x** ;
 - Рост **C_y** в большем диапазоне углов атаки;
 - Более высокие значения **$M_{кр}$** и **$\alpha_{кр}$** ;
 - Наименьшее изменение центра давления по хорде.

Угол установки лопасти(шаг винта)

- Угол установки лопасти (φ) в характерном сечении представляет собой угол между плоскостью вращения НВ и хордой профиля лопасти,
- Оказывает влияние на геометрический шаг НВ. Изменяется с помощью рычага «шаг-газ»

Угол установки лопасти(шаг винта)

- Диапазон изменения (φ) в характерном сечении на $r = 0,7$ составляет $2^{\circ}40' \div 15^{\circ}$ (реальное изменение), по указателю шага винта (УШВ) $1^{\circ} \div 14^{\circ}$ (условное изменение, так как УШВ – не угломерный прибор)

Удельная нагрузка на ометаемую площадь

$$P = 12000 : 355 = 33,6 \text{ кгс/м}^2$$

- Характеризует энергетические возможности вертолѐта:
 - чем больше (р), тем больше тяговооружѐнность и грузоподъѐмность вертолѐта.

Удельная нагрузка на ометаемую площадь

- С другой стороны (p) определяет значение вертикальной скорости планирования на режиме самовращения НВ

$$V_y = 3,6 \sqrt{p}$$

- Чем больше удельная нагрузка вертолѐта, тем больше должна быть вертикальная скорость

Геометрическая крутка лопастей

- Представляет собой расположение хорд элементов в разных плоскостях относительно плоскости вращения.
- **Назначение** – выравнивание нагрузок по размаху лопасти;
- Уменьшение момента сопротивления НВ;
- Улучшение срывных характеристик лопасти;

Геометрическая крутка лопастей

- Увеличение аэродинамического качества;
- Повышение авторотационных свойств лопасти
- За счёт крутки получен прирост тяги примерно **4%**.
- **Крутка линейная:**
 - для относительного радиуса
$$r = 0 \div 0,3 \quad \varphi = 5^\circ;$$
 - для $r = 0,3 \div 1,0$
 φ линейно уменьшится до 0°

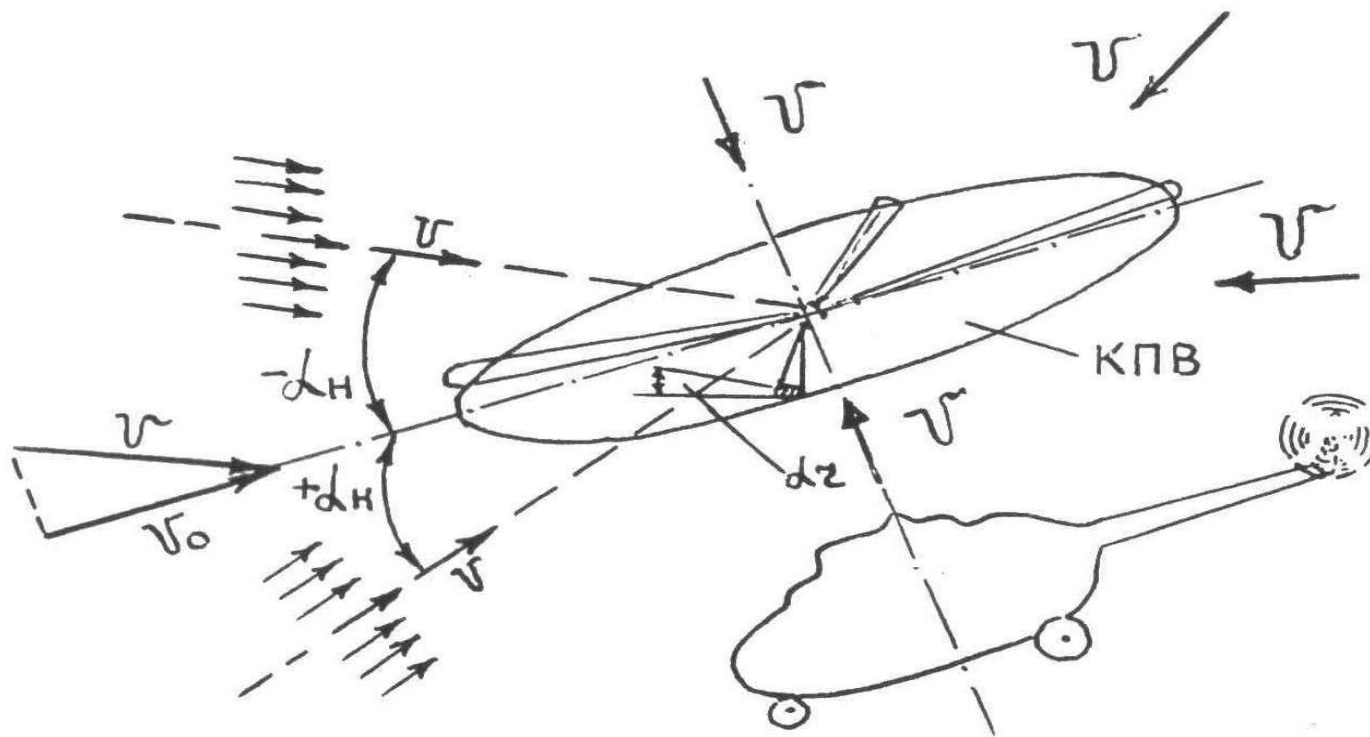
Угол атаки НВ

- Углом атаки НВ называется угол заключённый между вектором воздушной скорости НВ и плоскостью вращения НВ
- Угол атаки НВ изменяется в полёте под влиянием управляющих воздействий пилота

Угол атаки НВ

- В зависимости от направления воздушного потока НВ может работать в нескольких режимах обтекания:
 - осевого;
 - косоуго;
 - плоского;
 - вихревого кольца;
 - РСНВ.

Угол атаки НВ



Угол атаки несущего винта

- Рис 1.16

Режим осевого обтекания

- Режим осевого обтекания НВ отличается тем, что воздушный поток направляется параллельно оси вращения винта.
- Угол атаки НВ при этом составляет 90° .
- На этом режиме НВ работает при:
 - вертикальном подъёме;
 - снижении и на висении.

Режим косого обтекания НВ

- Получается в том случае , если воздушный поток, возникающий при движении вертолѐта, направлен под некоторым углом атаки к плоскости вращения НВ.
- На таком режиме НВ работает при выполнении ГП, снижения или набора высоты по наклонной траектории.

Режим плоского (бокового) обтекания

- Имеет место тогда:
 - Когда воздушный поток направлен параллельно плоскости вращения НВ.
 - Угол атаки НВ при этом равен нулю.

Режим вихревого кольца НВ

- Возникает при снижении вертолѐта с работающими двигателями на малой поступательной скорости.
- В этом случае воздушный поток проходит через ометаемую площадь НВ сверху вниз и вновь тот же объѐм воздуха возвращается во всасывающую часть НВ

Работа НВ в условиях самовращения

- Качественно отличается от других режимов, так как НВ получает энергию для вращения от набегающего потока.
- Воздушный поток подходит снизу к плоскости вращения, и угол атаки НВ является положительным.
- На практике режим самовращения НВ применяется при отказе двигателей, поломке трансмиссии НВ и в других

Работа НВ в условиях самовращения

- **Выводы:**

- Параметры определяющие характеристики НВ, тщательно подбираются в процессе проектирования и испытания НВ, так как от них зависят основные лётно – технические данные вертолёта.