Динамика полёта вертолёта Ми -8

Тема №2.1

Аэродинамика несущего винта

Урок № 1

Общие сведения о несущем винте НВ

- Несущий винт вертолёта – уникальный агрегат современного авиастроения.
- Наибольшее распространение в отечественном и мировом вертолётостроении 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 вертолётом 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 вертолётом.
- 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 вертолёта от крыла самолёта

- Тяга, достаточная для полёта вертолёта, создаётся при любой скорости (**от 0 до Vmax**);
- НВ работает на углах атаки от **0° до +180° , - 180° ;**
- В поступательном полёте НВ имеет неравномерное поле скоростей.

Отличия НВ вертолёта от крыла самолёта

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

Геометрические характеристики НВ

- **Диаметр несущего винта(dн)**

- Чем больше(**dн**), тем больше ометаемая площадь **Fн ($F_н = \pi R^2$).**

- В тоже время возрастают потери НВ из-за волнового кризиса лопастей, поэтому значение (**dн**) выбирается оптимальным **(21,288м); Fн=355м^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 вертолёта.

Геометрические характеристики НВ

Коэффициент заполнения НВ (δ)

$$\delta = K_л \Sigma F_л / F_н$$

- **Показывает:**

- Какую часть ометаемой площади составляет суммарная площадь лопастей.
- **Fл** – площадь лопасти. **Fл =R bср**
- **δ = 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 част лопасти имеет профиль NASA – 230M двояковыпуклый несимметричный модифицированный, с отогнутой задней кромкой, **C = 11,38%**

Профиль лопасти

- **Требование к профилю лопастей**:

- высокое аэродинамическое качество (Kmax = 21);
- большое Мкр;
- 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 **Cy** (более несущий), так как должен работать при малых скоростях обтекания.
- **NASA-230M** имеет перед NASA-230 ряд преимуществ:

- Меньше Cx;
- Рост Cy в б**о**льшем диапазоне углов атаки;
- Более высокие значения **Мкр и** $\alpha_{кр}$ ***;***
- Наименьшее изменение центра *дав*ления 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°40÷15°(**реальное изменение), по указателю шага винта (УШВ) **1°÷14°(**условное изменение, так как УШВ – не угломерный прибор)

Удельная нагрузка на ометаемую площадь

$P = 12000 : 355 = 33{,}6$кгс/м^2

- Характеризует энергетические возможности вертолёта:

- чем больше (р), тем больше тяговооружённость и грузоподъёмность вертолёта.

Удельная нагрузка на ометаемую площадь

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

$$\mathbf{Vy = 3{,}6\sqrt{p}}$$

- Чем больше удельная нагрузка вертолёта, 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

$$r = 0 \div 0{,}3 \quad \varphi = 5°;$$

- для **r =0,3÷ 1,0**

φ линейно уменьшится до 0°

Угол атаки НВ

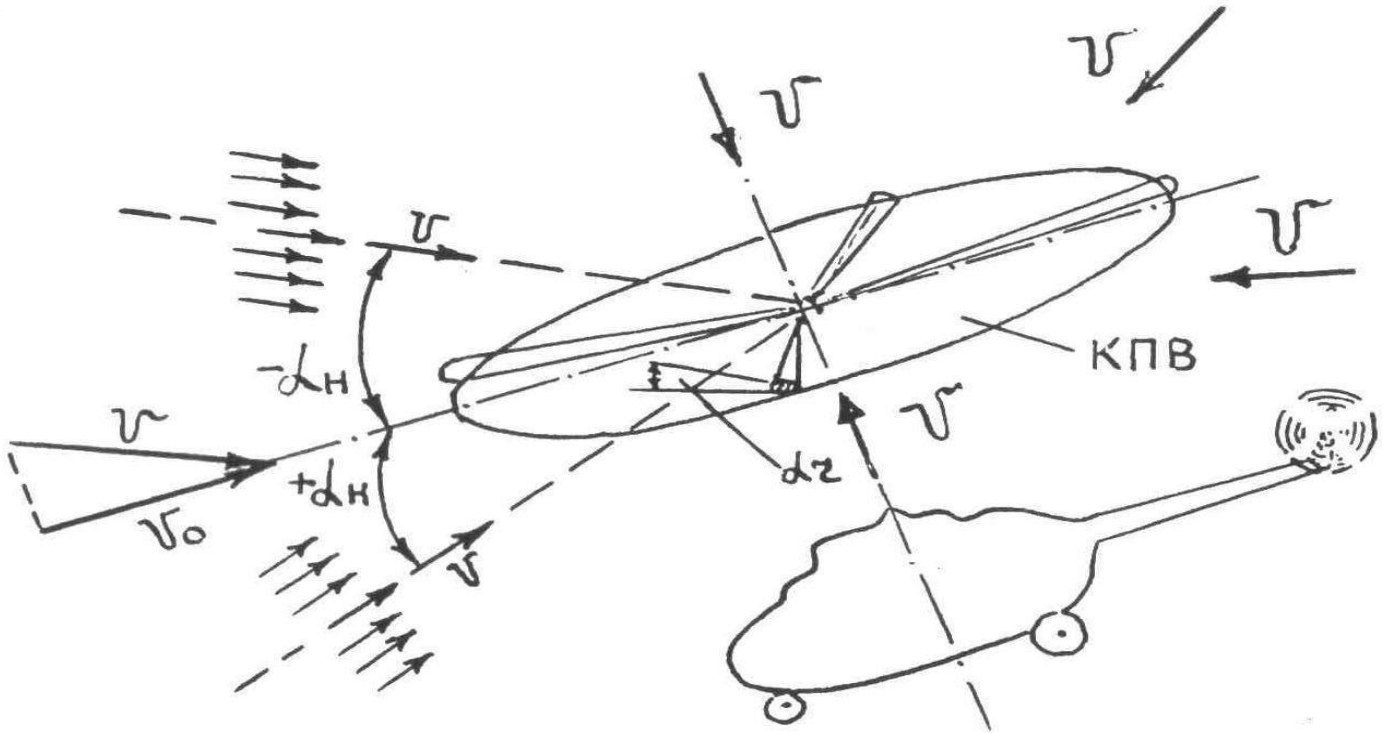
- **Углом атаки НВ называется угол заключённый между вектором воздушной скорости НВ и плоскостью вращения НВ**
- Угол атаки НВ изменяется в полёте под влиянием управляющих воздействий пилота

Угол атаки НВ

- В зависимости от направления воздушного потока НВ может работать в нескольких режимах обтекания:

- осевого;
- косого;
- 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 вертолёта, 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 вертолёта с работающими двигателями на малой поступательной скорости.
- В этом случае воздушный поток проходит через ометаемую площадь НВ сверху вниз и вновь тот же объём 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.