

# **Динамика полёта вертолёта Ми -8**

## **Тема №2.1**

### **Аэродинамика несущего винта**

#### **Урок № 1**

# Общие сведения о несущем винте НВ

- Несущий винт вертолётa – 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

- Лопасты 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  **$0^\circ$**  до  **$+180^\circ$** ,  **$-180^\circ$**  ;
- 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 ( $\delta$ )

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

- **Показывает:**

- Какую часть ометаемой площади составляет суммарная площадь лопастей.

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

- $\delta = 0,0777$  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 – дwoяковыпуклый несимметричный.
  - Относительная толщина ступенчато увеличивается к корню от **11,38 до 13%**.
  - Остальная часть лопасти имеет профиль NASA – 230M дwoяковыпуклый 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 ( $\varphi$ ) 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 ( $\varphi$ ) 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  $r = 0,3 \div 1,0$   
 $\varphi$  линейно уменьшится до  $0^\circ$

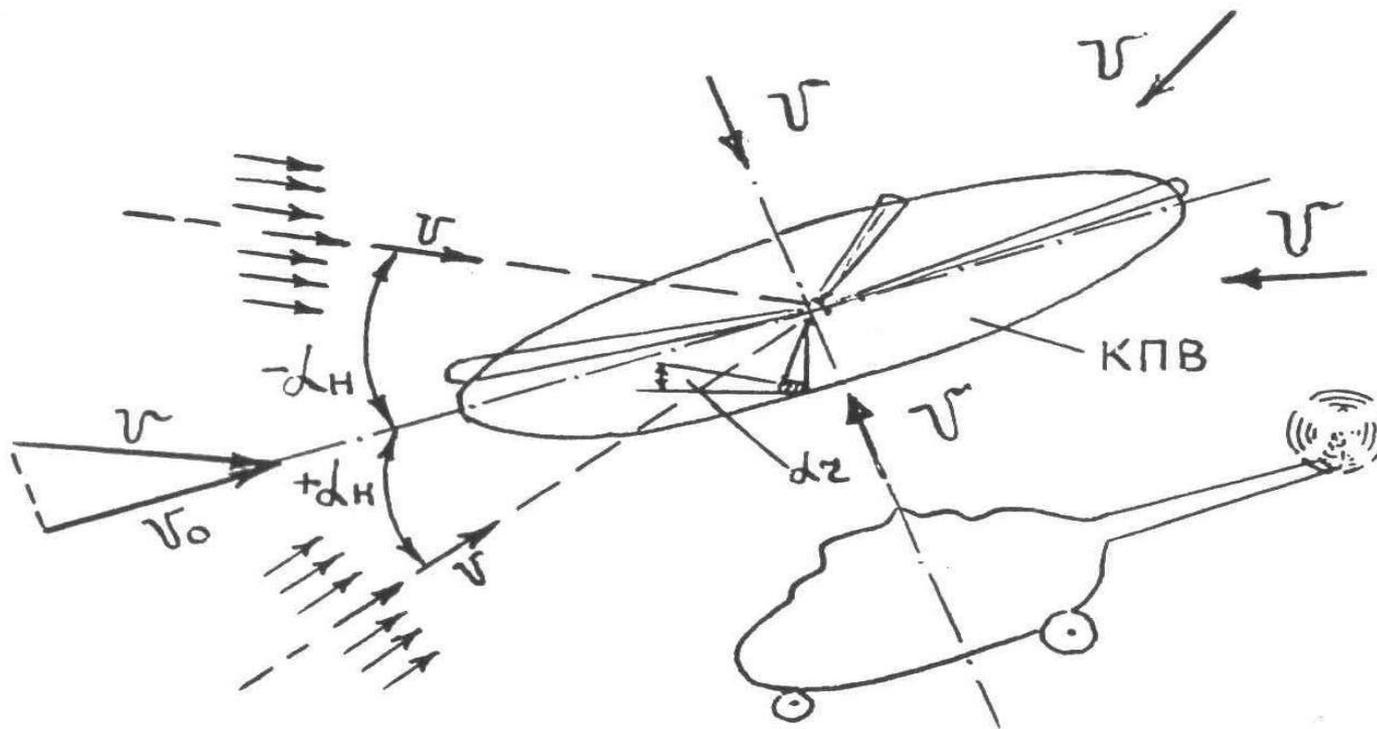
# Угол атаки НВ

- 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  $90^\circ$ .
- 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.