

1. Назначение воздушного винта

Воздушный винт – лопастный агрегат, вращаемый валом двигателя, создающий тягу в воздухе, необходимую для движения самолета. Воздушный винт преобразует крутящий момент на валу двигателя в аэродинамическую силу тяги. Идея применения воздушного винта на летательном аппарате возникла давно. Еще в XV веке Леонардо да Винчи создал проект летательного аппарата с несущим винтом, который приводился в действие мускульной силой человека. В 1754г. М.В. Ломоносовым была построена модель вертолета, названная им «аэродинамической машинкой», на которой использовались так называемые соосные винты, приводимые в действие часовой пружиной. Теория воздушного винта разработана Н. Е. Жуковским и его учениками. В настоящее время воздушные винты на многих самолетах заменены реактивными двигателями, создающими тягу непосредственно, без помощи винта. Однако для полетов на дозвуковых скоростях воздушные винты, работающие от поршневых и газотурбинных двигателей, продолжают широко применяться.

Винты классифицируются:

по числу лопастей: на двух-, трех-, четырех- и многолопастные;

по материалу изготовления: на деревянные, металлические;

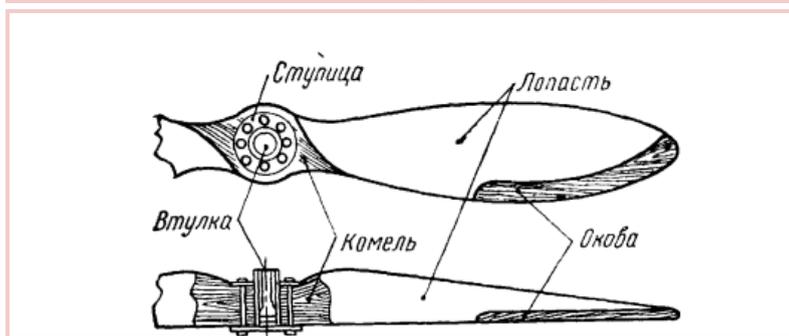
по направлению вращения: левого и правого вращения;

по расположению относительно двигателя: на тянущие и толкающие;

по форме лопастей: на обычные, саблевидные, веслообразные;

по типам: на фиксированные, неизменяемого и изменяемого шага.

Воздушный винт состоит из ступицы, лопастей и укрепляется на валу двигателя с помощью специальной втулки (Рисунок4.1) .



Винт неизменяемого шага имеет лопасти, которые не могут вращаться вокруг своих осей. Лопасти со ступицей выполнены как единое целое.

Винт фиксированного шага имеет лопасти, которые устанавливаются на земле перед полетом под любым углом к плоскости вращения и фиксируются.

В полете угол установки не меняется.

Винт изменяемого шага имеет лопасти, которые во время работы могут при помощи гидравлического или электрического управления вращаться вокруг своих осей и устанавливаться под нужным углом к плоскости вращения.

По диапазону углов установки лопастей воздушные винты подразделяются:

на обычные, у которых угол установки изменяется от 13° до 50° , они устанавливаются на легкомоторных самолетах;

на флюгерные, у которых угол установки меняется от 0° до 90° ;

на тормозные или реверсные винты, которые имеют изменяемый угол установки от -15° до $+90^\circ$. Таким винтом создают отрицательную тягу и сокращают длину пробега самолета.

Работа воздушного винта основана на тех же принципах, что и крыло самолета: по третьему закону Ньютона винт, вращаясь, отбрасывает массу воздуха назад вдоль своей оси. Реакцией движущейся массы воздуха является тяга винта. Чем больше масса и скорость отбрасываемого воздуха, тем больше развиваемая винтом тяга.

2. Силы, действующие на лопасть

При работе пропеллера на его лопасти действуют аэродинамические и центробежные силы, которые стремятся развернуть лопасть вокруг ее продольной оси. Эти силы являются физическим результатом функционирования лопасти как устройства, преобразующего крутящий момент двигателя в тягу. Устранить эти силы невозможно. Но можно повлиять на их величину изменяя геометрические и весовые характеристики лопасти.

При вращении пропеллера силы, действующие на лопасть, вызывают напряжение растяжения, кручения и изгиба (растягивают, скручивают и изгибают лопасть).

Лопасть материальна и обладает некоторой массой, поэтому при ее вращении в составе пропеллера возникает центробежная сила. Эта сила вызывает самое большое напряжение растяжения лопасти. Центробежная сила лучше всего может быть представлена как сила, стремящаяся вытащить лопасть из втулки или разорвать ее.

Изгибающая сила, возникающая вследствие вращения пропеллера, изгибает лопасть в сторону, противоположную вращению.

Момент аэродинамических сил стремится повернуть лопасть на больший угол установки. Момент возникает вследствие того, что ось поворота лопасти расположена посередине хорды, а подъемная сила приложена

вперед оси (1/4 хорды от передней кромки профиля). Поворачивающий момент аэродинамических сил используется для управления пропеллером.

Если в конструкции пропеллера используются тяжелые металлические лопасти, у которых момент поперечных центробежных сил, стремящийся поворачивать лопасти на малые углы установки, превосходит по величине момент аэродинамических сил, стремящийся поворачивать лопасти на большие углы установки, то в состав конструкции механизма изменения положения лопастей обязательно должно входить устройство, удерживающее лопасти от перехода на малые углы, что важно для предотвращения появления отрицательной тяги вследствие перехода на малые углы установки лопастей.

У пропеллеров с легкими, например, композитными лопастями моменты центробежных и аэродинамических примерно одинаковы по величине. Следовательно, они взаимно компенсируются и не оказывают существенного влияния на положение лопастей, а для управления положением лопастей необходимо использование специальных силовых устройств, одно из которых обеспечиваем перевод лопастей на малые углы, а второе - на большие углы.

3. Найти коэффициент сопротивления β воздушного винта диаметром $D = 150\text{ мм}$, при мощности двигателя $N = 0,75$ л.с. при $n_s = 25.000$ оборотах в минуту. Принять плотность воздуха равную $1,2754$ кг/м³.

Ответ : $B = N \cdot 75 \sqrt{\rho \cdot n_s^3 \cdot D^5}$

$B = 0.75 \cdot 75 \sqrt{1.2754 \cdot 416^3 \cdot 0.150^5} = 56.25 \sqrt{71991296 \cdot 1.2754 \cdot 0.00007594} = 0.008$

4. Угол атаки лопасти относительно набегающего потока

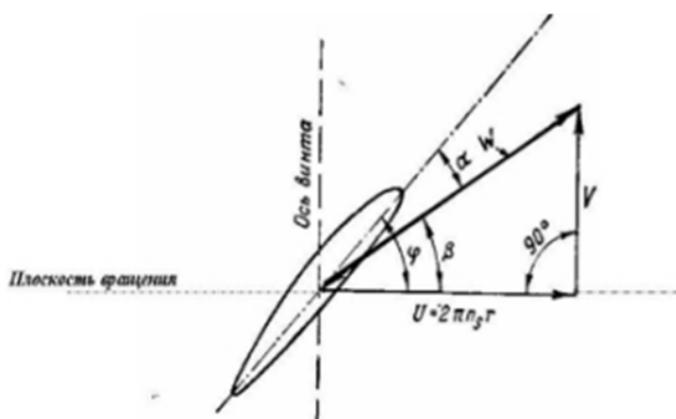
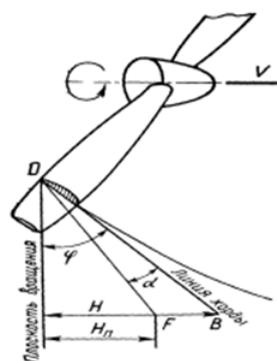


Рис.17А.1.31. Треугольник скоростей сечения лопасти



Углом атаки элемента лопасти винта называется угол между хордой элемента и направлением его результирующей скорости движения W . Поступательная скорость равна нулю ($V=0$), воздушный винт вращается на месте. В этом случае каждый элемент лопасти винта имеет угол атаки,

равный углу установки элемента лопасти: $\alpha = \varphi$, т.е. имеет максимальное значение.

Угол атаки будет больше, чем больше угол установки элемента лопасти винта; -При поступательном движении воздушного винта угол атаки элемента лопасти становится меньше его угла установки. Чем больше скорость полета, тем меньше становится угол атаки лопасти воздушного винта. При большой скорости полета углы атаки лопастей могут стать отрицательными. -При увеличении числа оборотов винта увеличиваются окружные скорости элементов лопасти U , тем больше становятся углы атаки элемента лопасти воздушного винта. Если скорость полета неизменна и обороты двигателя уменьшаются, то углы атаки уменьшаются и могут стать отрицательными. Эти выводы относятся к работе винтов неизменяемого шага при изменении скорости полета и числа оборотов. Они позволяют объяснить, как изменяется сила тяги винта при изменении скорости полета и числа оборотов.

5. Треугольник скоростей



Кинематическими характеристиками пропеллера являются окружная U , поступательная V и результирующая скорости W сечения лопасти, углы атаки α

и притекания струй β , коэффициент скорости .

В полете сечение лопасти пропеллера совершает сложное движение

- вращается с окружной скоростью

$$= \omega \cdot r = 2 \cdot \pi \cdot n \cdot r ,$$

где : - линейная окружная скорость движения сечения лопасти, [м/с];

ω - окружная скорость вращения пропеллера, [1/с];

r - радиус сечения лопасти, [м];

n - частота вращения пропеллера [об/ мин, об/сек, 1/с];

- движется поступательно со скоростью полета V , [км/ч, м/с].

Окружная скорость U_r зависит от частоты вращения пропеллера ω и положения сечения по радиусу лопасти

Чем дальше элемент лопасти находится от центра вращения воздушного винта, тем больше окружная скорость U_r . Вектор скорости U_r лежит в плоскости вращения и совпадает с направлением вращения лопасти.

Поступательная скорость V – это скорость самолета. Вектор скорости V совпадает с направлением движения самолета.

Результирующая скорость вращения элемента лопасти винта W равна геометрической сумме поступательной и окружной скоростей движения элемента лопасти и находится по правилу прямоугольного треугольника:

$W_r = \sqrt{U_r^2 + V^2}$. В действительности картина получается сложнее. Так как винт засасывает воздух и отбрасывает назад, ему сообщается дополнительная скорость ΔV , которую называют скоростью подсосывания. В результате истинная скорость W' и угол атаки будут отличаться от своих теоретических значений.

6. Найти шаг H сечения лопасти $r = 90$ мм, при угле установки в 45°

$$H = 2\pi r \cdot \operatorname{tg} \alpha = 6.28 * 0.09 * 1 = 0.5652 \text{ м}$$

7. Изгибающие силы лопасти

Изгибающая сила, возникающая вследствие вращения пропеллера, изгибает лопасть в сторону, противоположную вращению (рис.17А.1.22) (природа этих сил: сопротивление воздуха, инерционные силы при разгоне пропеллера).

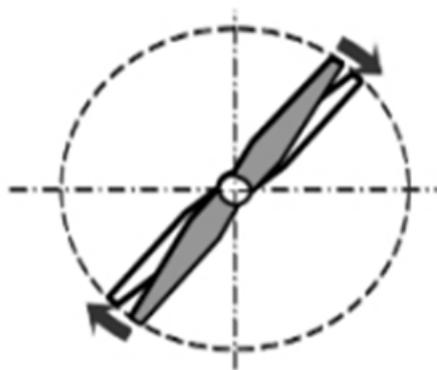


Рис.17А.1.22. Изгибающие силы, возникающие при вращении пропеллера

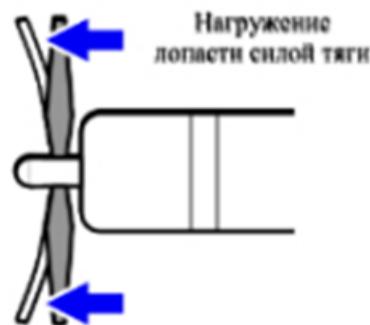


Рис.17А.1.23. Изгиб лопасти под действием тяги

8. Геометрические характеристики лопасти.

Лопастей при вращении создают такие же аэродинамические силы, что и крыло самолета. На аэродинамику винта влияют его геометрические характеристики.

Параметры, характеризующие размеры и форму винтов, определяются: диаметром винта, числом и формой лопастей. Перечислим основные геометрические характеристики:

Диаметр винта D - это диаметр окружности, описываемой концами лопастей при вращении винта (Рисунок 4.3). На тяжелых самолетах диаметр винта может достигать 5 – 6 м.

Число лопастей. В зависимости от передаваемой мощности число лопастей винта может быть от 2 до 4. При большем числе лопастей эффективность винта снижается вследствие вредной интерференции между лопастями. При числе лопастей более 4-х лопасти придает особая форма.

Форма лопасти в плане: наиболее распространенная – симметричная и саблевидная (Рисунок 4.2)

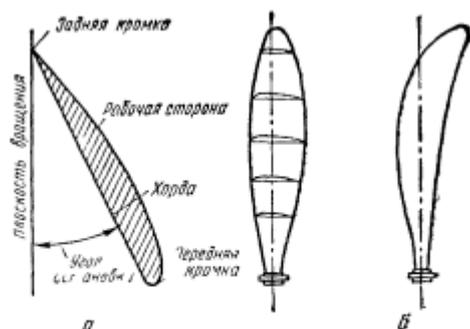


Рисунок 4.2 *Формы воздушного винта: а - профиль лопасти, б - формы лопастей в плане*

Профиль лопасти. Сечения рабочей части лопасти имеют крыльевые профили. Профиль лопасти характеризуется хордой, относительной толщиной и относительной кривизной. Для большей прочности применяют лопасти с переменной толщиной – с постепенным утолщением к корню. Хорды сечений лежат не в одной плоскости, так как лопасть выполнена закрученной. Ребро лопасти, рассекающее воздух, называется передней кромкой, а заднее – задней кромкой. Плоскость, перпендикулярная оси вращения винта, называется **плоскостью вращения винта** (Рисунок 4.2).

Геометрический шаг винта - это расстояние, которое движущийся поступательно винт должен пройти за один свой полный оборот, если бы он двигался в воздухе как в твердой среде.

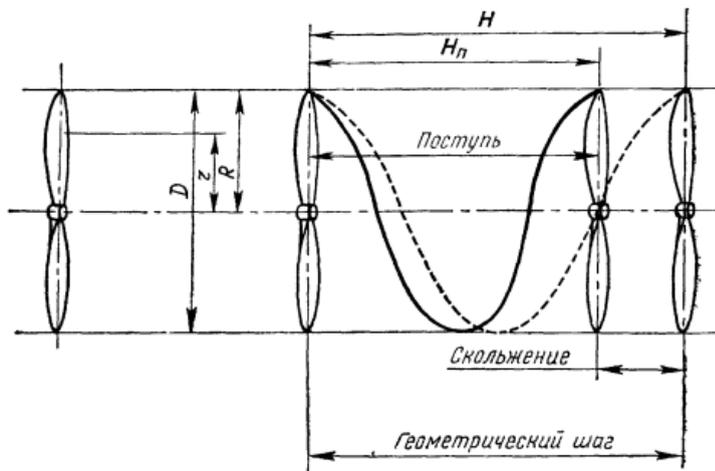


Рисунок 4.3,а Диаметр, радиус, геометрический шаг воздушного винта

Шаг винта

находится по формуле: $H = 2 \pi r \operatorname{tg} \varphi$.

9. Рассчитать тягу P винта с КПД = 80%, при мощности двигателя 0,8 л.с.

Ответ: $P = 75 \cdot 80 \cdot 0.8 / 1 = 4800$

10. Вибрация и резонанс

При работе пропеллера, когда он создает тягу, присутствуют аэродинамические и центробежные силы, которые, из-за несимметричности их приложения к оси вращения, вызывают вибрации (колебания) лопасти. Если это не учтено при разработке (проектировании) пропеллера, то эти вибрации могут привести к чрезмерному изгибу и нагартовке (наклепу) материала в отдельных местах. Что, в свою очередь, может привести к разрушению лопасти в полете.

На концах лопастей могут возникать сверхзвуковые зоны обтекания, в которых могут возникнуть сверхзвуковые удары и вибрации.

Механические вибрации вызываются также пульсациями мощности в поршневых двигателях из-за последовательности срабатывания цилиндров. Эти вибрации, как полагают, являются более разрушительными, чем аэродинамические вибрации. Пульсации мощности вызывают вибрации лопастей пропеллера, формируя постоянные волны, которые вызывают явления усталости материала лопастей и приводят к отказам пропеллеров (рис. 17А.1.33²³). Местоположение накопления повреждений и число циклов напряжения изменяются с изменением частоты вращения. Но самое критическое место концентрации напряжений находится приблизительно в 150 мм () от конца лопасти. При анализе причин возникновения вибрации силовой установки необходимо определить возможные ее источники,

учитывая в первую очередь то, что частота вибрации пропорциональна частоте вращения.

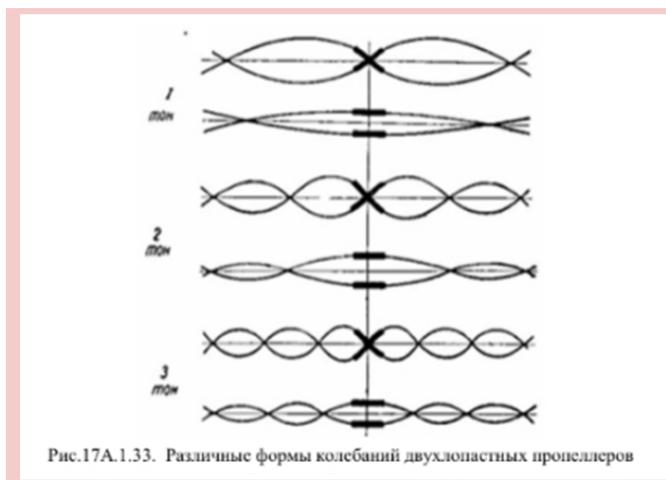


Рис.17А.1.33. Различные формы колебаний двухлопастных пропеллеров

11. Деревянные лопасти

Для изготовления моноблочных пропеллеров чаще всего используются твердые породы дерева: ясень, дуб, бук, вяз клен, береза, лиственница, ель. Названные породы дерева гигроскопичны, поэтому сыреют и коробятся. Менее гигроскопичной является древесина смолистых пород дерева, например сосна, которая также широко применяется для изготовления пропеллеров. Хотя следует отметить, что хвойные породы дерева менее долговечны.

Деревянный пропеллер имеет преимущество благодаря малому весу. Дерево пригодно для изготовления пропеллеров любого размера.

Недостатками дерева являются легкая поломка, склонность к деформациям (изгибам) и гигроскопичность. Кроме того, легкость деревянного пропеллера может быть проблемой 4-х тактного поршневого двигателя, которому для обеспечения равномерной (безударной) работы предпочтительнее более тяжелый пропеллер в качестве маховика, или включение в конструкцию двигателя специального устройства – маховика.

Для предохранения от абразивного износа передняя кромка лопасти защищается металлической оковкой. Наиболее подходящим материалом для нее является латунь, нержавеющая сталь или титановый сплав. Особой заботой у деревянных лопастей является обеспечение прочности тонкой концевой части лопасти. Деревянные пропеллеры легче и менее подвержены вибрациям, но намного сложнее при ручном изготовлении, особенно из тонких профилей и не могут легко дублироваться. При изготовлении многолопастных пропеллеров находит применение дельта- древесина (измельченная до размера мелких опилок и скрепленная эпоксидной смолой). Материал очень твердый и

используется у комля лопасти для соединения лопасти с резьбовым стаканом. Деревянные лопасти обладают недостаточной твердостью, быстро изнашиваются до шероховатости поверхности, получают многочисленные механические повреждения в виде забоин от попадания твердых предметов, сыреют и коробятся, поэтому требуют сложной защиты кромок и рабочих поверхностей. Деревянные лопасти сильно деформируются во время работы пропеллера, при этом их форма может измениться настолько, что значительно изменяются их аэродинамические характеристики. Для мощных двигателей деревянные пропеллеры применяются сравнительно редко, так как не удовлетворяют требованиям прочности. В настоящее время деревянные пропеллеры применяют на СЛА, мотодельтапланах и легких самолетах.

12. Найти относительную поступь винта диаметром $D = 150$ мм, при $n_s = 25\,000$ оборотах в минуту со скоростью 220 км/ч.

Ответ:

$$\lambda = \frac{V}{n_s \cdot D} ;$$

$$\lambda = 220 / (25 \cdot 0.150) = 220 / 3.75 = 58.67$$

13. Центробежные силы лопасти

При работе пропеллера на его лопасти действуют аэродинамические и центробежные силы, которые стремятся развернуть лопасть вокруг ее продольной оси. Эти силы являются физическим результатом функционирования лопасти как устройства, преобразующего крутящий момент двигателя в тягу. Устранить эти силы невозможно. Но можно повлиять на их величину изменяя геометрические и весовые характеристики лопасти.

Лопасть материальна и обладает некоторой массой, поэтому при ее вращении в составе пропеллера возникает центробежная сила. Эта сила вызывает самое большое напряжение растяжения лопасти. Центробежная сила лучше всего может быть представлена как сила, стремящаяся вытащить лопасть из втулки или разорвать ее. Центробежные силы играют большую роль в работе винтов изменяемого шага, поэтому требуют к себе более пристального внимания

Величина центробежной силы любого элемента лопасти

$$\Delta P_{Ц} = \omega^2 \cdot r \cdot \Delta m,$$

где Δm - масса элемента лопасти.

Интегрируя (суммируя) уравнение по всей длине лопасти в пределах от r_0 до R , получим величину центробежной силы всей лопасти

$$P_{Ц} = \rho_m \cdot \int_{r_0}^R \omega^2 \cdot S \cdot r \cdot dr$$

где ρ_m - плотность материала лопасти.

НИЯ.

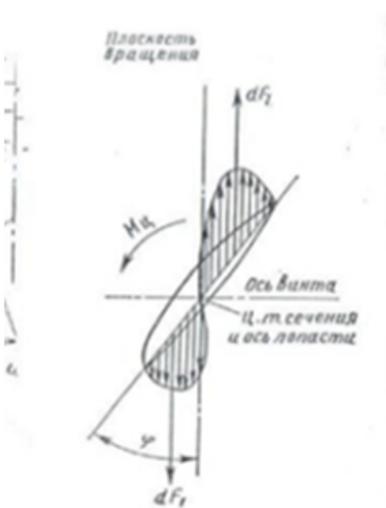


Рис.17А.1.21. Эюра поперечных составляющих центробежных сил в сечении лопасти

Если разложить векторы центробежных сил для других таких же частей элемента, расположенных между передней и задней кромками на том же сечении лопасти, то получим эюру поперечных составляющих центробежных сил.

14. Металлические лопасти

Постоянно ведется поиск новых решений, что выражается в многообразии материалов, используемых для изготовления лопастей пропеллеров. Но весь комплекс материалов можно объединить в три группы:

- дерево;

-металл;

-композитные материалы (сложные, неоднородные материалы). Композиты

- это сочетание материалов с различными свойствами.

Как нам известно, изначально воздушные винты изготавливались из дерева. Но,

увеличение скорости полета и мощности двигателей в процессе развития авиации потребовало перехода на более прочные металлические лопасти.

Производились опыты по конструированию полых и сплошных стальных лопастей. Сплошные лопасти оказались чрезмерно тяжелыми, а

полые - подверженными колебаниям и вибрациям. Наиболее приемлемыми оказались двух-, трех- и четырехлопастные пропеллеры со сплошными дюралюминиевыми лопастями, Для изготовления лопастей широко используется алюминиевый сплав Д1.

Металлические пропеллеры вследствие меньшей толщины лопастей, по сравнению с деревянными, дают лучший КПД, в особенности при больших окружных скоростях конца лопасти. Например, применение алюминиевых лопастей даст повышение КПД на 2-3%, а при больших окружных скоростях - на 15%.

Алюминиевые лопасти более долговечны, чем деревянные. Они не гигроскопичны, но подвержены коррозии под атмосферным воздействием, из-за чего требуют тщательного ухода в эксплуатации. Но они так же, как и деревянные подвержены вмятинам и царапинам, которые могут явиться очагами возникновения усталостных трещин.

Может показаться, что металл является прекрасным материалом, но он склонен к усталости и остаточным деформациям, не возвращаясь к исходному состоянию, Но, несмотря на это, металлические лопасти нашли широкое применение. Они достаточно удобны при техническом обслуживании, так как позволяют устранять ряд дефектов (забоины, изгиб) в условиях эксплуатационного предприятия, но тем не менее требуют тщательного контроля возникновения усталостных трещин. Литые пропеллеры не могут выдерживать большие нагрузки, что делает их ненадежными и опасными. Моноблочные металлические пропеллеры практически не применяются из-за их дороговизны. Находят применение двухлопастные пропеллеры фиксированного шага благодаря универсализации лопастей. Достаточно широкое распространение получили алюминиевые цельные лопасти, но они получаются достаточно тяжелыми, дорогими в производстве. В настоящее время они вытесняются композитными лопастями.

15. Найти коэффициент сопротивления β воздушного винта диаметром $D = 140$ мм, при мощности двигателя $N = 0,8$ л.с. при $n, 22'000$ оборотах в минуту. Принять плотность воздуха равную $1,2754$ кг/м³.

16. Композитные лопасти

Постоянно ведется поиск новых решений, что выражается в многообразии материалов, используемых для изготовления лопастей пропеллеров. Но весь комплекс материалов можно объединить в три группы:

- дерево;

- металл;

- композитные материалы (сложные, неоднородные материалы). Композиты - это сочетание материалов с различными свойствами.

Достаточно широкое распространение получили алюминиевые цельные лопасти, но они получают достаточно тяжелыми, дорогими в производстве. В настоящее время они вытесняются композитными лопастями.

В настоящее время при изготовлении лопастей широкое применение нашли композиционные материалы в составе наполнителя - эпоксидной смолы и армирующих волокон из различных материалов. Армирующие волокна изготавливаются в виде нитей молекулярной толщины. В поперечных сечениях нитей практически отсутствуют дефекты, характерные монолитным заготовкам из того же материала (нарушения связей между молекулами, обрывы цепочек и т.д.), и поэтому нить может воспринимать значительные нагрузки, приходящиеся на единицу площади, чем монолиты, и, следовательно, нити оказываются значительно прочнее.

То есть, если соответствующим образом собрать пучок нитей, то при небольшом весе можно получить высокую прочность, что очень важно в авиастроении.

Успехи химической промышленности позволяют получить очень широкую гамму материалов для производства волокон и, соответственно, композиционных материалов. Рассмотрим некоторые из них.

Когда пропеллер изготавливается из композитных материалов (эпоксидного наполнителя и углеродных/стеклянных/кевларовых нитей), то используются кокили (пресс-формы), которые позволяют очень точное воспроизведение пропеллера оригинала.

Пропеллер из углеродных волокон меньше сгибается под нагрузкой, сохраняя эффективность при изменении частоты вращения, и уменьшает шум винта. Некоторые изготовители считают пропеллер со стеклянными волокнами более тихим, чем пропеллер с углеродными волокнами, из-за более "мягкого" звука, но в основе углерод более тих в метровом диапазоне.

Большая прочность углеродных волокон позволяет уменьшить толщину профиля и, соответственно, уменьшить тон (звук) пропеллера. Более тонкий пропеллер всегда выполняет свои функции лучше.

Перспективным и интересным материалом для пропеллеров является кевлар, но он очень гибкий, чтобы получить хороший твердый пропеллер.

Кевлар - торговое название аранид-полипарафенилен-терафталамид - синтетическое вещество, обладающее высокой прочностью

17. Винты неизменяемого шага

Воздушный винт – лопастный агрегат, вращаемый валом двигателя, создающий тягу в воздухе, необходимую для движения самолета. Воздушный винт преобразует крутящий момент на валу двигателя в аэродинамическую силу тяги. Винты классифицируются:

по числу лопастей: на двух-, трех-, четырех- и многолопастные;

по материалу изготовления: на деревянные, металлические;

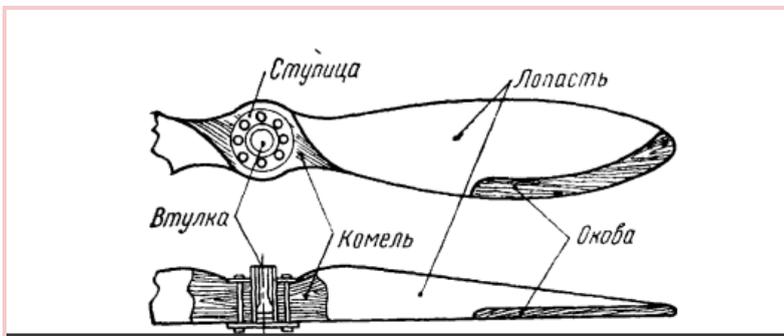
по направлению вращения: левого и правого вращения;

по расположению относительно двигателя: на тянущие и толкающие;

по форме лопастей: на обычные, саблевидные, веслообразные;

по типам: на фиксированные, неизменяемого и изменяемого шага.

Воздушный винт состоит из ступицы, лопастей и укрепляется на валу двигателя с помощью специальной втулки (Рисунок 4.1).



Винт неизменяемого шага имеет лопасти, которые не могут вращаться вокруг своих осей. Лопасти со ступицей выполнены как единое целое.

Следовательно, не могут изменять своего положения относительно ступицы ни на земле, при подготовке самолета к полету, ни тем более, в полете. Винты неизменяемого шага являются однорежимными, то есть они могут эффективно работать на каком-то одном режиме полета самолета, для которого они проектировались. В том случае, если требуется получить эффективные характеристики полета самолета на другом режиме, то для достижения этой цели требуется замена винта на другой, соответствующий требуемым параметрам полета.

18. Найти шаг Нсечения лопасти $r = 85\text{мм}$, при угле установки в 30°

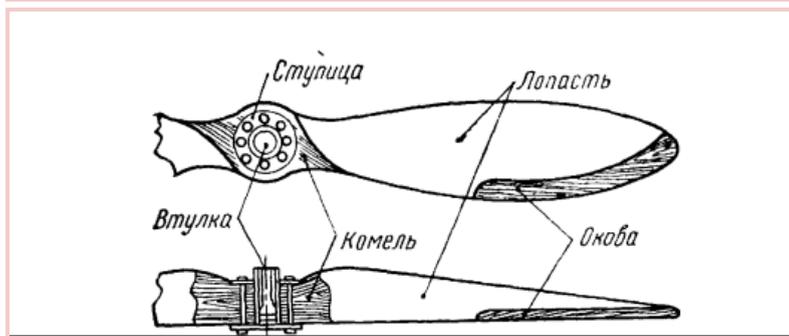
19. Винты изменяемого шага

Воздушный винт – лопастный агрегат, вращаемый валом двигателя, создающий тягу в воздухе, необходимую для движения самолета. Воздушный винт преобразует крутящий момент на валу двигателя в аэродинамическую силу тяги. Винты классифицируются:

по числу лопастей: на двух-, трех-, четырех- и многолопастные;

по материалу изготовления: на деревянные, металлические;
по направлению вращения: левого и правого вращения;
по расположению относительно двигателя: на тянущие и толкающие;
по форме лопастей: на обычные, саблевидные, веслообразные;
по типам: на фиксированные, неизменяемого и изменяемого шага.

Воздушный винт состоит из ступицы, лопастей и укрепляется на валу двигателя с помощью специальной втулки (Рисунок 4.1).



Винт изменяемого шага имеет лопасти, которые во время работы могут при помощи гидравлического или электрического управления вращаться вокруг своих осей и устанавливаться под нужным углом к плоскости вращения.

По диапазону углов установки лопастей воздушные винты подразделяются: **на обычные**, у которых угол установки изменяется от 13° до 50° , они устанавливаются на легкомоторных самолетах;

на флюгерные, у которых угол установки меняется от 0 до 90° ;

на тормозные или реверсные винты, которые имеют изменяемый угол установки от -15° до $+90^\circ$. Таким винтом создают отрицательную тягу и сокращают длину пробега самолета.

ВИШ должен устанавливать на всех режимах полета наивыгоднейшие углы атаки лопастей; снимать с двигателя номинальную мощность на всем рабочем диапазоне скоростей и высот; сохранять максимальное значение коэффициента полезного действия на возможно большем диапазоне скоростей. Лопасти ВИШ либо управляются специальным механизмом, либо устанавливаются в нужное положение под влиянием сил, действующих на воздушный винт. В первом случае это гидравлические и электрические воздушные винты, во втором - аэродинамические.

Гидравлический винт - воздушный винт, у которого изменение угла установки лопастей производится давлением масла подаваемого в механизм, находящийся во втулке винта.

Электрический винт - воздушный винт, у которого изменение угла установки лопастей производится электродвигателем, соединенным с лопастями механической передачей.

Аэромеханический винт - воздушный винт, у которого изменение угла установки лопастей производится автоматически - аэродинамическими и центробежными силами. Наибольшее распространение получили гидравлические ВИШ.

Основоположником теории ВИШ является Ветчинкин.

20. Установка воздушного винта/ обтекателя

Узел крепления пропеллера к выходному валу двигателя является очень ответственным элементом конструкции втулки пропеллера. Он должен удовлетворять целому ряду требований:

-конструкция узла крепления должна обеспечивать точное однозначное совмещение осей вращения пропеллера и вала двигателя (центрирование пропеллера по оси двигателя) при установке пропеллера полевых условиях без использования специального дорогостоящего оборудования и выполнения специальных центровочных работ;

-конструкция должна быть удобной для выполнения работ по обслуживанию узла;

-конструкция узла должна обеспечивать легкость снятия и установки пропеллера в условиях эксплуатации.

Конструктивное решение узла крепления пропеллера к коленчатому валу поршневого двигателя или выходному валу редуктора турбовинтового двигателя зависит от особенностей конструкции этого вала.

В основном используются три типа концевых частей коленчатых валов авиационных двигателей:

-коленчатый вал с фланцем;

-конический вал;

-шлицевой вал.

21. Рассчитать тягу Р винта с КПД = 82%, при мощности двигателя 0,85 л.с.

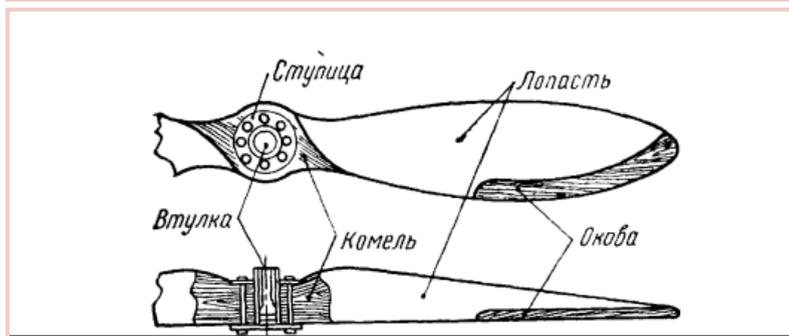
22. Винты фиксированного шага

Воздушный винт – лопастный агрегат, вращаемый валом двигателя, создающий тягу в воздухе, необходимую для движения самолета. Воздушный винт преобразует крутящий момент на валу двигателя в аэродинамическую силу тяги. Винты классифицируются:

по числу лопастей: на двух-, трех-, четырех- и многолопастные;

по материалу изготовления: на деревянные, металлические;
по направлению вращения: левого и правого вращения;
по расположению относительно двигателя: на тянущие и толкающие;
по форме лопастей: на обычные, саблевидные, веслообразные;
по типам: на фиксированные, неизменяемого и изменяемого шага.

Воздушный винт состоит из ступицы, лопастей и укрепляется на валу двигателя с помощью специальной втулки (Рисунок 4.1).



Винт фиксированного шага имеет лопасти, которые устанавливаются на земле перед полетом под любым углом к плоскости вращения и фиксируются. В полете угол установки не меняется.

По диапазону углов установки лопастей воздушные винты подразделяются:

на обычные, у которых угол установки изменяется от 13° до 50° , они устанавливаются на легкомоторных самолетах;

на флюгерные, у которых угол установки меняется от 0° до 90° ;

на тормозные или реверсные винты, которые имеют изменяемый угол установки от -15° до $+90^\circ$. Таким винтом создают отрицательную тягу и сокращают длину пробега самолета.

Работа воздушного винта основана на тех же принципах, что и крыло самолета: по третьему закону Ньютона винт, вращаясь, отбрасывает массу воздуха назад вдоль своей оси. Реакцией движущейся массы воздуха является тяга винта. Чем больше масса и скорость отбрасываемого воздуха, тем больше развиваемая винтом тяга.

23. Фланцевое крепление пропеллера

Конструктивное решение узла крепления пропеллера к коленчатому валу поршневого двигателя или выходному валу редуктора турбовинтового двигателя зависит от особенностей конструкции этого вала.

В основном используются три типа концевых частей коленчатых валов авиационных двигателей:

- коленчатый вал с фланцем;

- конический вал;
- шлицевой вал.

Фланцевые крепления (рис. 17.2.23) используются на горизонтально расположенных поршневых двигателях и на некоторых турбовинтовых двигателях. Передняя часть коленчатого вала сформирована в виде фланца от 4" до 8" (приблизительно от 100 до 200 мм), расположенного поперечно и перпендикулярно к осевой линии коленчатого вала.

Перед установкой пропеллера фланец должен быть осмотрен на предмет отсутствия коррозии, забоин, вспучивания лакокрасочного покрытия и др. Любые дефекты должны быть устранены в соответствии с рекомендациями производителей двигателя.

Когда поверхность фланца чиста и гладка, нанести легкий слой смазки или антикоррозионного компаунда, чтобы предотвратить коррозию и сделать съём пропеллера легким.

Перед установкой винта необходимо проверить чистоту контактируемых поверхностей винта и фланца двигателя или редуктора. При необходимости надо очистить их. Установить винт на фланец и динамометрическим ключом затянуть крепежные болты с усилием 1 кгм. При этом необходимо следить за тем, чтобы не сминался материал винта. После этого следует проверить осевое биение относительно двух осей

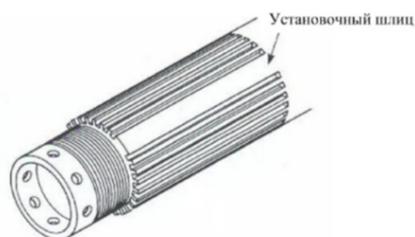
24. Найти относительную поступь винта диаметром $D = 140$ мм, при $n, 22'000$ оборотах в минуту со скоростью 210 км/ч

Конструктивное решение узла крепления пропеллера к коленчатому валу поршневого двигателя или выходному валу редуктора турбовинтового двигателя зависит от особенностей конструкции этого вала.

В основном используются три типа концевых частей коленчатых валов авиационных двигателей:

- коленчатый вал с фланцем;
- конический вал;
- шлицевой вал.

Шлицевые коленчатые валы применяются на звездообразных двигателях, некоторых оппозитных, V-образных двигателях и ТВД. Шлицевой вал имеет шлицы одинаковой ширины и один шлицевой выступ двойной ширины обеспечивающий установку втулки только в одной позиции.



Проверка шлицевого вала перед установкой Коленчатый вал должен быть осмотрен на предмет отсутствия трещин, поверхностных дефектов и коррозии. Любые дефекты должны быть устранены в соответствии с инструкциями изготовителя двигателя. Шлицы на коленчатом валу и втулке должны быть проверены на изнашивание с помощью предельного проходного калибра, который на 0,002" (0,05мм) больше, чем ширина впадины между шлицами. Если шаблон входит более чем на 20% длины шлицов вала или втулки, то отбракованная деталь должна быть заменена.

26. Регулирование шага воздушного винта

27. Найти коэффициент сопротивления β воздушного винта диаметром $D = 160$ мм, при мощности двигателя $N = 0,75$ л.с. при $n, 23'000$ оборотах в минуту. Принять плотность воздуха равную $1,2754$ кг/м³.

28. Конусное крепление пропеллера

Конструктивное решение узла крепления пропеллера к коленчатому валу поршневого двигателя или выходному валу редуктора турбовинтового двигателя зависит от особенностей конструкции этого вала.

В основном используются три типа концевых частей коленчатых валов авиационных двигателей:

- коленчатый вал с фланцем;
- конический вал;
- шлицевой вал.

Коленчатые валы с конусным креплением пропеллера использовались на старых двигателях малой мощности. Ответная конусная втулка имеется на пропеллере.

Проверка вала перед установкой пропеллера

Прежде чем будет установлен пропеллер, конусная часть вала должна быть осмотрена на отсутствие коррозии и износа конуса, на отсутствие повреждений резьбы, и трещин в районе шпоночной канавки. Шпоночная канавка критична, так как трещины могут развиваться в углах шпоночной канавки и приводить к разрушению коленчатого вала. Если обнаружены дефекты, то поверхность должна быть сглажена до соответствия. Для этого снимается шпонка с коленчатого вала и, надевая втулку на конус и используя полирующий состав, вращательными движениями добиваются, как минимум 70% контакта по поверхности.

Установка пропеллера

Покрывать коленчатый вал тонким слоем масла или антизахватного состава. Для нанесения защитного покрытия поворот коленчатого вала производится ключом. Пропеллер и втулка устанавливаются на вал. Перед установкой проверить чистоту и отсутствие масла на резьбе вала и гайки. После этого гайка устанавливается и затягивается в соответствии с установленными требованиями для данного двигателя.

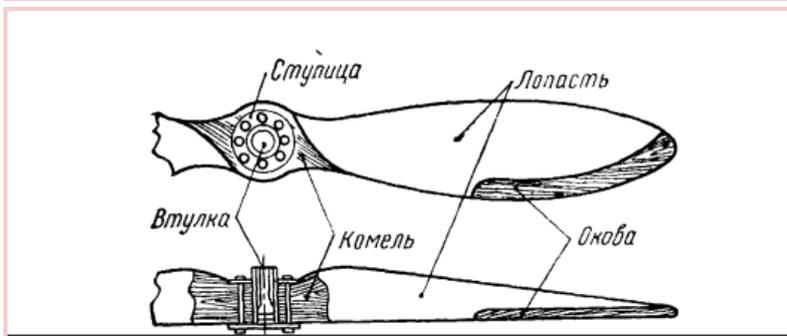
Снятие пропеллера

Чтобы снять пропеллер с коленчатого вала, необходимо, используя вороток, медленно отворачивать крепежную гайку. Стопорное кольцо установлено таким образом, чтобы затяжная гайка работала как съемник, чтобы стянуть втулку с вала при отвинчивании гайки. Если стопорное кольцо не установлено, то для снятия винта надо использовать деревянный брусок как выколотку после частичного отпускания гайки.

29. ВИШ. Механический

Воздушный винт – лопастный агрегат, вращаемый валом двигателя, создающий тягу в воздухе, необходимую для движения самолета. Воздушный винт преобразует крутящий момент на валу двигателя в аэродинамическую силу тяги.

Воздушный винт состоит из ступицы, лопастей и укрепляется на валу двигателя с помощью специальной втулки (Рисунок 4.1).



Винт изменяемого шага имеет лопасти, которые во время работы могут при помощи гидравлического или электрического управления вращаться вокруг своих осей и устанавливаться под нужным углом к плоскости вращения.

По диапазону углов установки лопастей воздушные винты подразделяются: **на обычные**, у которых угол установки изменяется от 13° до 50° , они устанавливаются на легкомоторных самолетах;

на флюгерные, у которых угол установки меняется от 0 до 90° ;

на тормозные или реверсные винты, которые имеют изменяемый угол установки от -15° до $+90^\circ$. Таким винтом создают отрицательную тягу и сокращают длину пробега самолета.

ВИШ должен устанавливать на всех режимах полета наивыгоднейшие углы атаки лопастей; снимать с двигателя номинальную мощность на всем рабочем диапазоне скоростей и высот; сохранять максимальное значение коэффициента полезного действия на возможно большем диапазоне скоростей. Лопасти ВИШ либо управляются специальным механизмом, либо устанавливаются в нужное положение под влиянием сил, действующих на воздушный винт. В первом случае это гидравлические и электрические воздушные винты, во втором - аэродинамические.

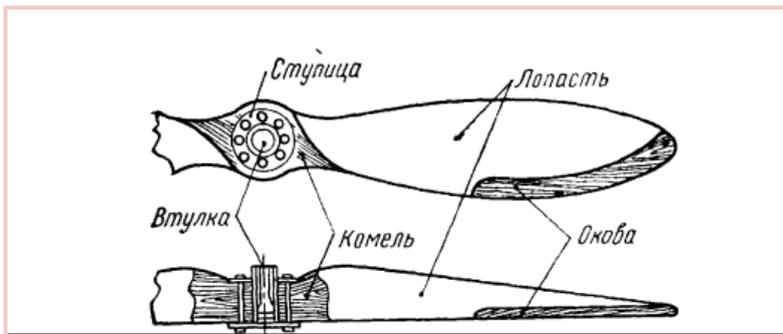
Аэромеханический винт - воздушный винт, у которого изменение угла установки лопастей производится автоматически - аэродинамическими и центробежными силами. В механических винтах передача силы для поворота вращающейся лопасти может быть произведена или посредством муфты сцепления или с помощью дифференциального механизма.

30. Найти шаг Нсечения лопасти $r = 75\text{мм}$, при угле установки в 40°

31.ВИШ. Электрический

Воздушный винт – лопастный агрегат, вращаемый валом двигателя, создающий тягу в воздухе, необходимую для движения самолета. Воздушный винт преобразует крутящий момент на валу двигателя в аэродинамическую силу тяги.

Воздушный винт состоит из ступицы, лопастей и укрепляется на валу двигателя с помощью специальной втулки (Рисунок4.1) .



Винт изменяемого шага имеет лопасти, которые во время работы могут при помощи гидравлического или электрического управления вращаться вокруг своих осей и устанавливаться под нужным углом к плоскости вращения.

По диапазону углов установки лопастей воздушные винты подразделяются: **на обычные**, у которых угол установки изменяется от 13° до 50° , они устанавливаются на легкомоторных самолетах;

на флюгерные, у которых угол установки меняется от 0 до 90° ;

на тормозные или реверсные винты, которые имеют изменяемый угол установки от -15° до $+90^\circ$. Таким винтом создают отрицательную тягу и сокращают длину пробега самолета.

ВИШ должен устанавливать на всех режимах полета наивыгоднейшие углы атаки лопастей; снимать с двигателя номинальную мощность на всем рабочем диапазоне скоростей и высот; сохранять максимальное значение коэффициента полезного действия на возможно большем диапазоне скоростей. Лопасты ВИШ либо управляются специальным механизмом, либо устанавливаются в нужное положение под влиянием сил, действующих на воздушный винт. В первом случае это гидравлические и электрические воздушные винты, во втором - аэродинамические.

Электрический винт - воздушный винт, у которого изменение угла установки лопастей производится электродвигателем, соединенным с лопастями механической передачей. Электродвигатель может быть один, или несколько (в зависимости от числа лопастей). Электродвигатели всегда реверсивные (чтобы лопасти поворачивались в обе стороны). Питание электрическим током двигателя получают от общей сети самолета.

32. Управление шагом пропеллера

Так как при изменении угла установки лопасти происходит изменение мощности, потребляемой пропеллером, а это вызывает изменение частоты вращения вала двигателя, то типичным чувствительным элементом к изменению частоты вращения является центробежный регулятор, который обычно устанавливается на двигателе. Работа регулятора постоянных оборотов основана на принципе равенства усилия пружины и центробежных сил грузиков.

Регулятор, управляющий системой пропеллер/двигатель, настроен на заданную постоянную частоту вращения и поддерживает ее, уменьшая или увеличивая подачу масла из маслосистемы двигателя в исполнительный цилиндр изменения угла установки лопастей пропеллера.

Регулятор может работать на двух принципах. Во-первых, регулятор может быть конструктивно устроен так, что он на всех режимах полета будет поддерживать постоянные обороты двигателя $n = \text{const}$. Эти постоянные обороты называются равновесными оборотами.

Во-вторых, на самолетах с турбовинтовыми и поршневыми двигателями малой мощности используется несколько иной принцип постоянства оборотов. Сущность его состоит в том, что пилот посредством органов управления из кабины задает определенные обороты, которые регулятор

поддерживает постоянными, до задания пилотом нового значения оборотов. Безусловно, очень важно, чтобы установленные на двигателе регулятор и система управления были должным образом согласованы с пропеллером для обеспечения своевременной реакции на изменение частоты вращения вала двигателя и выдачи надлежащего воздействия на пропеллер для изменения шага лопастей. При отказе регулятора постоянных оборотов может давать команду на уменьшение углов установки лопастей, а следовательно, на увеличение оборотов двигателя из-за разбаланса мощностей двигателя и пропеллера. Мощность, потребляемая пропеллером, уменьшается, мощность двигателя остается постоянной.

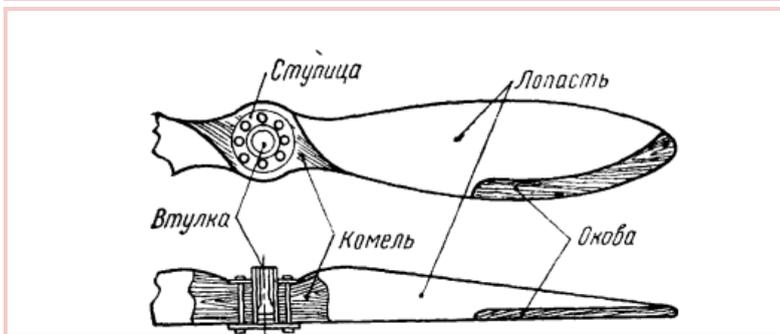
Пропеллеры, у которых в изменении углов установки участвует давление масла, называются гидравлическими.

33. Рассчитать тягу P винта с КПД = 84%, при мощности двигателя 0,75 л.с.

34. ВИШ. Гидравлический

Воздушный винт – лопастный агрегат, вращаемый валом двигателя, создающий тягу в воздухе, необходимую для движения самолета. Воздушный винт преобразует крутящий момент на валу двигателя в аэродинамическую силу тяги.

Воздушный винт состоит из ступицы, лопастей и укрепляется на валу двигателя с помощью специальной



ой втулки (Рисунок 4.1).

Винт изменяемого шага имеет лопасти, которые во время работы могут при помощи гидравлического или электрического управления вращаться вокруг своих осей и устанавливаться под нужным углом к плоскости вращения.

По диапазону углов установки лопастей воздушные винты подразделяются: **на обычные**, у которых угол установки изменяется от 13° до 50° , они устанавливаются на легкомоторных самолетах;

на флюгерные, у которых угол установки меняется от 0 до 90° ;

на тормозные или реверсные винты, которые имеют изменяемый угол установки от -15° до $+90^\circ$. Таким винтом создают отрицательную тягу и сокращают длину пробега самолета.

ВИШ должен устанавливать на всех режимах полета наивыгоднейшие углы атаки лопастей; снимать с двигателя номинальную мощность на всем рабочем диапазоне скоростей и высот; сохранять максимальное значение коэффициента полезного действия на возможно большем диапазоне скоростей. Лопастя ВИШ либо управляются специальным механизмом, либо устанавливаются в нужное положение под влиянием сил, действующих на воздушный винт. В первом случае это гидравлические и электрические воздушные винты, во втором - аэродинамические.

Гидравлический винт - воздушный винт, у которого изменение угла установки лопастей производится давлением масла подаваемого в механизм, находящийся во втулке винта.

35. Синхронизация пропеллеров

Синхронизация пропеллеров - это процесс ручной или автоматической регулировки пропеллеров многомоторного винтового самолета, чтобы все они вращались с одинаковой скоростью.

Когда пропеллеры многомоторного самолета вращаются с разной скоростью, возникает слышимая вибрация или "бит". Хотя это не влияет на эксплуатацию или эффективность воздушного судна, это может сильно раздражать пассажиров и экипаж. Синхронизация пропеллеров в основном служит для улучшения комфорта пассажиров.

Рассмотрим работу системы синхронизации частоты вращения на примере двухдвигательного самолета. Суть системы синхронизации по частоте вращения пропеллеров состоит в следующем. Обоим двигателям устанавливается одинаковый режим работы (рычагами управления двигателями), а оба пропеллера рычагом управления пропеллером устанавливаются на один угол установки лопастей.

Но вследствие некоторых индивидуальных особенностей регулировки двигателей и пропеллеров, степени износа систем управления и исполнительных механизмов, возможных особенностей обтекания набегающим потоком профилей лопастей пропеллеров фактическая частота вращения может отличаться на некоторую величину, что будет вызывать увеличение шума и вибраций при работе силовой установки. Компенсировать ручной регулировкой режим работы пропеллера и двигателя, как правило, не удается.

Один из двигателей (произвольный) выбирается за эталонный, а частота вращения пропеллера второго двигателя подгоняется к эталонному. Эталонный двигатель определяется при конструировании системы, затем

после монтажа системы синхронизации на самолете однозначно определяется, какой двигатель является ведущим, а какой ведомым.

Синхронизация и оборудование, необходимое для ее выполнения

В состав системы (рис. 17А.4.1.) входят:

- регуляторы пропеллеров обоих двигателей (рис. 17А.4.2; 17А.4.3);
- блок управления синхронизацией;
- силовой привод;
- ручной выключатель системы;
- гибкий валик управления регулятором ведомого двигателя.

В большинстве установок синхронизация пропеллера должна быть отключена для взлёта, посадки, во время работы одиночного двигателя и при преднамеренном изменении частоты вращения пропеллера в полете (например, от частоты вращения взлета к крейсерской).

Подводя итог, можно сказать, что система синхронизации пропеллеров используется пропеллерам самолета одинаковой частоты вращения (об/мин) с целью устранения лишнего шума и вибраций. Система синхронизации пропеллеров самолета может использоваться на всех режимах полета, кроме взлета и посадки.

36.Найти относительную поступь винта диаметром $D = 155\text{мм}$, при n_s , $25'000$ оборотах в минуту со скоростью 225 км/ч .

$$\lambda = \frac{V}{n_s \cdot D} ;$$

$$225/416 \cdot 0.155$$

37.Электротермические ПОС

Лёд на винте может иметь катастрофические последствия для пилотов и пассажиров. Он накапливается на лопастях вертолётного ротора и воздушных винтов, что приводит к весовому и аэродинамическому дисбалансу, который усиливается из-за их вращения.

Обледенение происходит при определенных метеорологических условиях, а именно высокой влажности (водности) воздуха и температуре окружающей среды от -50°C до -150°C , когда переохлажденные капельки воды находятся в воздухе во взвешенном состоянии в виде шариков незамерзшей жидкости.

При работе пропеллера переохлажденные капельки попадают на лопасть и мгновенно замерзают. Больше всего капелек попадает на переднюю кромку, и от нее начинается обледенение лопастей.

Образование льда на лопастях весьма опасно, так как кроме ухудшения аэродинамических свойств пропеллера лёд вызывает неуравновешенность пропеллера, что ведет к тряске всей силовой установки, величина которой часто вынуждает прерывать полет с целью избежания более тяжелых последствий.

Для борьбы со льдом на пропеллерах существуют два вида противообледенительных систем:

- Химические ПОС(противообледенительные системы)
- Электротермические ПОС(противообледенительные системы).

На многих современных пропеллерах, используемых на самолетах с ТВД, лед с лопастей удаляют электротермической противообледенительной системой. К носку лопасти, начиная от ее комля, на некоторой длине лопасти клеевым способом прикреплена накладка.

Внутри накладки находится нагревательный элемент. Через элементы пропускается электрический ток для нагревания накладки и таяния льда, который сформировался на передней кромке лопасти. Нагревательный элемент каждой лопасти может состоять из двух секций, обогреваемых поочередно. При таянии лед теряет сцепление с накладкой и далее центробежная сила и набегающий поток уносят лед. Отбрасываемый центробежной силой лед, двигаясь вдоль передней кромки к концу лопасти, сбивает лед, образовавшийся на необогреваемой части передней кромки лопасти.

38. Техническое обслуживание воздушного винта

Пропеллер работает в сложных условиях окружающей среды. Он подвержен воздействию влаги, пыли, кислотных осадков, переменных нагрузок из-за изменения режима и условий полета, режима работы двигателя. При движении самолета по земле и при работе пропеллера на месте возможно попадание в элементы пропеллера - лопасти, втулку, обтекатель втулки твердых предметов, подхваченных с поверхности земли потоком воздуха, притекающего к пропеллеру.

При осмотре лопастей воздушных винтов нужно обращать внимание на возможные механические повреждения, отклеивание защитных накладок, пробой и прогар нагревательных элементов, коррозию лопастей и установку

их на угол ϕ перед запуском двигателя. На лопастях не допустимы трещины, прогнутости конца лопасти более 10-12 мм, коррозия на 10 участках, требующая зачистки на площади более 4-5см² каждого из них; забоины на передней кромке глубиной более 5 мм, по задней кромке глубиной более 8 мм и на конце пера лопасти глубиной более 10 мм; попе-речные забоины более 0,3-0,4 мм от корня лопасти до контрольного сечения и 0,5-0,6 мм на участке от контрольного сечения до конца лопасти.

Механические повреждения лопастей, менее указанных выше пределов, устраняются зачисткой или опиловкой их с восстановлением плавного контура лопасти и лакокрасочного покрытия. Нагревательные накладки, имеющие прогар, сквозные механические пробоины, отклеивание более 5 лепестков, подлежат ремонту.

Могут возникнуть трещины внутри лопастей или зоны отслаивания; отклеивание нагревательных элементов и накладок от композиционного материала лопасти.

Трещины определяют методами неразрушающего контроля, например, акустическим методом. Он является одним из лучших. Таким прибором создаются электромеханические ударные возбуждения, по которым прибором или индикатором определяют наличие трещин, это акустические спектральные дефектоскопы АД-64М.

Лопасты всех воздушных винтов, находящихся в эксплуатации, подвергаются контролю ультразвуковым дефектоскопом УДМ-3 или средствами низкочастотной акустики (НЧ) при выявлении усталостных микротрещин, скрытой коррозии и раковин. При обнаружении дефектов воздушные винты подлежат снятию с самолета и ремонту на заводе.

39.Найти коэффициент сопротивления β воздушного винта диаметром $D = 125$ мм, при мощности двигателя $N = 0,8$ л.с. при $n, 22'000$ оборотах в минуту. Принять плотность воздуха равную $1,2754$ кг/м³

40.Химические ПОС

Лёд на винте может иметь катастрофические последствия для пилотов и пассажиров. Он накапливается на лопастях вертолётного ротора и воздушных винтов, что приводит к весовому и аэродинамическому дисбалансу, который усиливается из-за их вращения.

Обледенение происходит при определенных метеорологических условиях, а именно высокой влажности (водности) воздуха и температуре окружающей среды от -50° С до -150° С, когда переохлажденные капельки воды находятся в воздухе во взвешенном состоянии в виде шариков незамерзшей жидкости.

При работе пропеллера переохлажденные капельки попадают на лопасть и мгновенно замерзают. Больше всего капелек попадает на переднюю кромку, и от нее начинается обледенение лопастей.

Образование льда на лопастях весьма опасно, так как кроме ухудшения аэродинамических свойств пропеллера лёд вызывает неуравновешенность пропеллера, что ведет к тряске всей силовой установки, величина которой часто вынуждает прерывать полет с целью избежания более тяжелых последствий.

Для борьбы со льдом на пропеллерах существуют два вида противообледенительных систем:

- Химические ПОС(противообледенительные системы)
- Электротермические ПОС(противообледенительные системы).

Химические системы защиты основаны на обработке поверхностей, подверженных обледенению, специальными составами, одни из которых (гидрофобные пасты, лаки, масла) препятствуют сцеплению каплей воды и кристаллов льда с защищаемой поверхностью, другие - спирты, смешиваясь с переохлажденной водой, понижают температуру её замерзания.

Противообледенительная жидкость (чистый 100% спирт (метиловый, этиловый, изопропиловый) или смесь, состоящая из 85% спирта и 15% глицерина или этиленгликоля) из специального бачка через фильтр с помощью жидкостного насоса в определенном количестве (расход жидкости регулируется реостатом за счет изменения частоты вращения насоса) подается в желобковое кольцо, закрепленное на задней стороне втулки пропеллера. Из желобкового кольца по трубкам жидкость под действием центробежных сил поступает и специальные карманы на комелях лопастей. Из этих карманов - тоже под влиянием центробежных сил - по трубкам спирт распределяется по передней кромке лопасти.

41. Статическая балансировка воздушного винта

Перед установкой воздушного винта на двигатель ему необходимо сделать балансировку. Балансировка может быть двух видов: статическая и динамическая.

Винт осторожно поднимают с помощью подъёмного крана до уровня оси двигателя и заводят на шпильки, прижимают к торцовым шлицам и затягивают гайками с определенным крутящим моментом (40...45 кгс·м).

К валу двигателя воздушный винт крепится при помощи торцовых шлиц, шпилек и гаек. Спереди к цилиндру прикреплена втулка для центровки обтекателя. Она является передней опорой обтекателя винта. Внутри втулки для центровки обтекателя размещается штепсельный разъем и электропроводка, соединяющая нагревательный элемент обтекателя винта с электрической системой самолета. Статическая и динамическая балансировка проводится аналогично весовой балансировке колес. Можно проводить на специальном стенде или прибором.

42. Найти шаг Нсечения лопасти $r=85\text{мм}$, при угле установки в 55° .

43. Противообледенительная защита воздушного винта

Образование льда на лопастях весьма опасно, так как кроме ухудшения аэродинамических свойств пропеллера лёд вызывает неуравновешенность пропеллера, что ведет к тряске всей силовой установки, величина которой часто вынуждает прерывать полет с целью избежания более тяжелых последствий.

Для борьбы со льдом на пропеллерах существуют два вида противообледенительных систем:

- Химические ПОС(противообледенительные системы)
- Электротермические ПОС(противообледенительные системы).

Химические системы защиты основаны на обработке поверхностей, подверженных обледенению, специальными составами, одни из которых (гидрофобные пасты, лаки, масла) препятствуют сцеплению капель воды и кристаллов льда с защищаемой поверхностью, другие - спирты, смешиваясь с переохлажденной водой, понижают температуру её замерзания.

На многих современных пропеллерах, используемых на самолетах с ТВД, лед с лопастей удаляют электротермической противообледенительной системой. К носку лопасти, начиная от ее комля, на некоторой длине лопасти клеевым способом прикреплен накладок.

Внутри накладки находится нагревательный элемент. Через элементы пропускается электрический ток для нагревания накладки и таяния льда, который сформировался на передней кромке лопасти. Нагревательный элемент каждой лопасти может состоять из двух секций, обогреваемых поочередно. При таянии лед теряет сцепление с накладкой и далее центробежная сила и набегающий поток уносят лед. Отбрасываемый центробежной силой лед, двигаясь вдоль передней кромки к концу лопасти, сбивает лед, образовавшийся на необогреваемой части передней кромки лопасти.

44.Динамическая балансировка воздушного винта

Перед установкой воздушного винта на двигатель ему необходимо сделать балансировку. Балансировка может быть двух видов: статическая и динамическая.

Винт осторожно поднимают с помощью подъемного крана до уровня оси двигателя и заводят на шпильки, прижимают к торцовым шлицам и затягивают гайками с определенным крутящим моментом (40...45 кгс·м).

К валу двигателя воздушный винт крепится при помощи торцовых шлиц, шпилек и гаек. Спереди к цилиндру прикреплена втулка для центровки обтекателя. Она является передней опорой обтекателя винта. Внутри втулки для центровки обтекателя размещается штепсельный разъем и электропроводка, соединяющая нагревательный элемент обтекателя винта с электрической системой самолета. Статическая и динамическая балансировка проводится аналогично весовой балансировке колес. Можно проводить на специальном стенде или прибором.

45.Рассчитать тягу Р винта с КПД = 75%, при мощности двигателя 0,9 л.с.

46. Установка соосности лопастей

Сразу же после установки и закрепления винта на двигателе самолета проверяют след лопастей . След лопастей пропеллера определяется как дорожка, по которой следуют лопасти. След должен быть один.

Для личного самолета с пропеллером до 6 футов (1,83м в диаметре) металлические лопасти могут оставлять след шириной не более 0,0625' (1,6 мм).

След деревянного пропеллера может быть больше, но не должен превышать 0,125 (3,6 мм).

Прежде, чем проверять пропеллер, самолет должен быть закреплен упорными колодками так, чтобы он не мог переместиться неподвижная контрольная сетка наносится на контрольной пластине в пределах 0.25 x 0,25 (6,35мм).

На пластинку, положенную на подкладки, крепится скотчем бумага с сеткой таким образом, чтобы след каждой лопасти мог быть отмечен.

Пропеллер проворачивается вручную пока одна из лопастей не станет точно вниз. Ее наконечник отмечается на бумаге карандашом. Эта процедура повторяется, пока не будут сделаны отметки всех лопастей. Максимальное различие в линиях следа всех лопастей не должны превышать указанных пределов.

Если метка лопасти будет вне пределов, то необходимо выявить устранить причину. Самый простой способ проверить затяжку крепежных болтов пропеллера.

Если окажется, что все болты затянуты должным образом, то надо снять пропеллер, осмотреть посадочные поверхности на предмет наличия грязи и повреждений и проверить выходной вал двигателя на предмет изгиба.

47. Несущий винт вертолѐта

НЕСУЩИЙ ВИНТ вертолѐта, предназначен для создания аэродинамич. сил (подъёмной и пропульсивной), необходимых для осуществления полѐта и управления ЛА. Состоит из двух или большего числа лопастей, закреплѐнных на втулке, установленной на валу. В зависимости от схемы вертолѐта несущего винта устанавливаются в верхней части фюзеляжа, на конце крыльев либо ферм (вертолѐты поперечного сечения). Различают несущие винты. с механическим и реактивным (не получили распространения из-за высокого расхода топлива) приводами. С помощью системы управления, позволяющей изменять создаваемые несущим винтом величину и направление равнодействующей аэродинамич. силы, вертолѐт может зависать неподвижно в воздухе, перемещаться в пространстве в любом направлении. При отказе двигателей несущий винт может быть переведѐн в режим авторотации (при этом лопасти вращаются за сѐт энергии набегающего потока).

Конструктивно лопасть несущего винта обычно состоит из лонжерона, являющегося её осн. силовым элементом, и хвостовых отсеков. Лонжерон изготавливается из металла (алюминиевые, стальные и титановые сплавы)

или из волокнистых композиционных материалов. Для защиты от обледенения лопасти имеют противообледенительную электрич. систему. Лопасти с металлическими лонжеронами снабжаются системой сигнализации повреждений.

Основными характеристиками несущего являются: его радиус R , угловая скорость вращения вала ω , скорость концов лопастей ωR и создаваемая несущим винтом сила тяги T . Например, несущий винт российского вертолёта Ми-26 имеет восемь лопастей радиусом $R=16$ м и развивает наибольшую среди серийных вертолётов силу тяги $T=520$ кН. Для элементов несущего винта устанавливается ресурс эксплуатации в часах полёта. Аэродинамич. совершенство несущего винта определяется его геометрическими характеристиками (числом лопастей, их формой в плане и геометр. кривой), а также набором специальных аэродинамических профилей, установленных по радиусу лопасти.

48. Найти относительную поступь винта диаметром $D = 140$ мм, при n_s 20'000 оборотах в минуту со скоростью 200 км/ч.

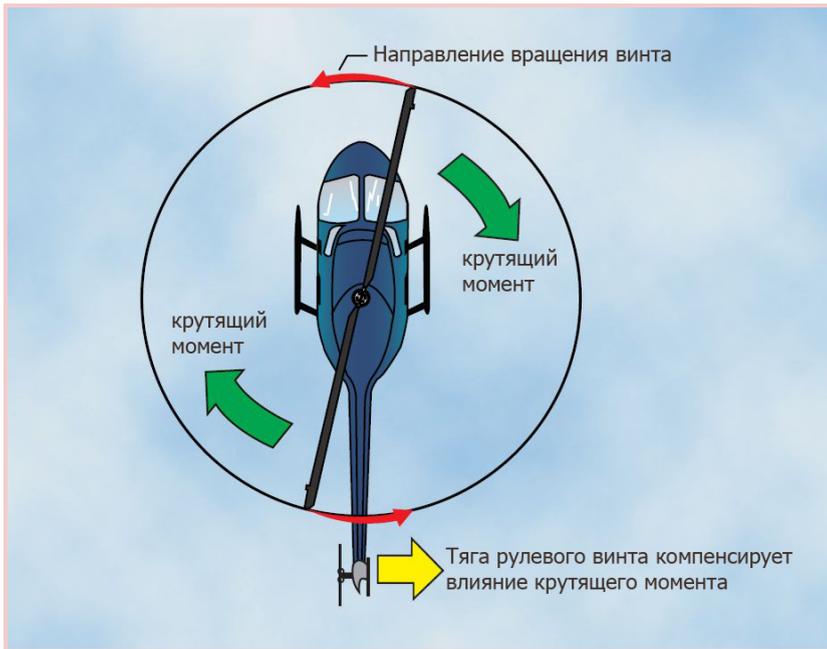
49. Рулевой винт вертолёта

При вращении несущего винта вертолета возникает подъемная сила за счет того, что лопасти направляют поток воздуха вниз, как бы отталкиваясь от него, кроме того на них действует сила трения о воздух, что создает крутящий момент, который стремится повернуть корпус вертолета в противоположную сторону.

Рулевой винт служит для стабилизации вертолета в воздухе и является основным элементом управления вертолетом. С помощью изменения тяги хвостового винта можно разворачивать вертолет вокруг вертикальной оси и задавать курс.

Вращение от двигателя передается через редуктор, расположенный в хвосте вертолета. Редуктор в свою очередь соединяется с двигателем при помощи вала, находящегося внутри хвостовой балки.

Если рулевой винт выйдет из строя - это приведет к неконтролируемому вращению вертолета в воздухе и аварийной посадке.



50. ТОиР лопастей из алюминиевых сплавов

Может показаться, что металл является прекрасным материалом, но он склонен к усталости и остаточным деформациям, не возвращаясь к исходному состоянию. Но, несмотря на это, металлические лопасти нашли широкое применение. Они достаточно удобны при техническом обслуживании, так как позволяют устранять ряд дефектов (забоины, изгиб) в условиях эксплуатационного предприятия, но тем не менее требуют тщательного контроля возникновения усталостных трещин. Литые пропеллеры не могут выдерживать большие нагрузки, что делает их ненадежными и опасными. Моноблочные металлические пропеллеры практически не применяются из-за их дороговизны. Находят применение двухлопастные пропеллеры фиксированного шага благодаря универсализации лопастей.

Перед осмотром пропеллера он должен быть обмыт раствором нейтрального мыла в воде, чтобы удалить всю внешнюю грязь, жиры, зеленение травой.

Лопастей осматриваются на предмет отсутствия точечной коррозии (возможен питтинг), забоин, вмятин, царапин, трещин, нарушения лакокрасочного покрытия, особенно, на передней кромке и лицевой стороне лопасти.

При осмотрах необходимо использовать увеличительные стекла (рекомендуется лупа 4x - кратного увеличения). Если появляется сомнение в том, является ли данное повреждение царапиной или трещиной, то для первичного контроля можно потереть царапину карандашной резинкой. Если

после этого дно дефекта будет блестеть, то это царапина, а не трещина, а если на дне дефекта будет видна черная линия, то очень велика вероятность наличия опасного дефекта - трещины. Более надежным способом контроля является метод проникающих красок и метод вихревых токов. Эти методы могут выявлять даже трещины небольшого размера и раскрытия.

51. Найти коэффициент сопротивления β воздушного винта диаметром $D = 130$ мм, при мощности двигателя $N = 0,7$ л.с. при $n, 20'000$ оборотах в минуту. Принять плотность воздуха равную $1,2754$ кг/м³.

52. ТОиР деревянных пропеллеров

Деревянные лопасти обладают недостаточной твердостью, быстро изнашиваются до шероховатости поверхности, получают многочисленные механические повреждения в виде забоин от попадания твердых предметов, сыреют и коробятся, поэтому требуют сложной защиты кромок и рабочих поверхностей.

Деревянные лопасти сильно деформируются во время работы пропеллера, при этом их форма может измениться настолько, что значительно изменяются их аэродинамические характеристики. Для мощных двигателей деревянные пропеллеры применяются сравнительно редко, так как не удовлетворяют требованиям прочности.

В процессе работы пропеллеры изнашиваются и периодически требуют ремонта. Дерево как конструкционный материал имеет свои особенности, что проявляется в обслуживании, ремонте и хранении деревянного пропеллера. Ниже рассматриваются некоторые из вопросов выбора, эксплуатации и ремонта таких пропеллеров.

Для ремонта пропеллера его надо снять с двигателя и выполнить следующие работы:

-зачистить места повреждений наждачной бумагой;

-обезжирить уайт-спиритом (другие растворители не рекомендуются, так как неблагоприятно воздействуют на лакокрасочное покрытие).

Мелкие повреждения, размеры которых не превышают тех, о которых говорилось выше, можно заделать эпоксидной смолой или полиэфирной шпатлевкой.

Более крупные повреждения устраняются путем вклеивания "на ус" деревянных вставок в места повреждений. Вставки должны изготавливаться из твердых пород дерева (бук, клен, береза), тщательно подогнанных по месту.

Склейка должна производиться эпоксидным клеем К-153 или КДА при сжатии с усилием не менее $2 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2 = 0,2 \text{ МПа}$.

Допускается:

-уменьшение радиуса лопасти не более чем на 2-3 мм;

-уменьшение толщины не более, чем на 0,5 мм;

-местное уменьшение ширины лопасти не более, чем на 2 мм.

В настоящее время деревянные пропеллеры применяют на СЛА, мотодельтапланах и легких самолетах.

53.Проверка работы пропеллера и регулятора поршневого двигателя

После запуска и прогрева поршневого двигателя устанавливают номинальный режим, на котором проверяют исправность работы двигателя как по контрольным приборам, так на слух. При этом лопасти должны быть установлены на Φ_{min} (рычаг мощности (рычаг управления шагом пропеллера) в крайнем переднем положении), иначе двигатель не сможет выдать номинальную частоту вращения ротора.

При проверке системы зажигания лопасти также находятся на упоре Φ_{min} . Систему зажигания проверяют путем поочередного выключения магнето и по величине снижения частоты вращения судят об исправности ее работы. Если при этом пропеллер окажется хотя бы частично „за тяжеленным“, то результаты проверки работы системы зажигания будут неправильными, так как падение частоты вращения, вызванное наличием неисправностей, будут компенсироваться облегчением пропеллера. После этого проверяют работу пропеллера и регулятора. Вначале производят два-три переключения пропеллера с малого шага на большой и обратно, перемещая рычаг мощности (рычаг управления шагом пропеллера) на себя от себя при неизменном положении рычага частоты вращения ротора двигателя. Частота вращения ротора двигателя должна следовать за изменением положения рычага мощности, то есть при перемещении рычага мощности назад (при „затяжелении“ пропеллера) она должна уменьшаться, а при перемещении рычага вперед - увеличиваться. При этой операции производится прогрев масла в цилиндровой группе путем двух- трехкратного его обмена, что обеспечивает надежную работу системы регулирования.

После прогрева цилиндровой группы проверяют работу пропеллера и регулятора неравновесной (заданной) частоте вращения. Для этого, перемещая рычаг мощности (рычаг управления шагом винта) назад (на себя), устанавливают некоторую (заданную) частоту вращения, а затем плавно перемещают рычаг частоты вращения на себя (назад) и от себя (вперед). Если бы система регулирования была идеальной, то частота вращения при изменении рычага частоты вращения должна оставаться постоянной.

В реальных системах имеется некоторое запаздывание, в результате чего появляются забросы частоты вращения, то есть при снижении наддува она несколько уменьшается, а затем восстанавливается; при повышении наддува, наоборот, увеличивается с последующим восстановлением. Закончив проверку пропеллера и регулятора, пропеллер устанавливается на малый шаг для проведения дальнейшего опробования двигателя.

54. Найти шаг Нсечения лопасти $r=90$ мм, при угле установки в 35°

55. Проверка работы пропеллера и регулятора турбовинтового двигателя

Одновальный ТВД запускают на минимальном угле установки лопастей. ТВД со свободной турбиной можно запускать при нахождении лопастей пропеллера на любом угле установки лопастей. Двигатель после запуска прогревают на частоте вращения, соответствующей режиму земного малого газа, лопасти при этом продолжают оставаться на φ_{\min} . Объем и порядок проверок, производимых при опробовании двигателя, определяются инструкцией по эксплуатации данного двигателя.

После того, как частота вращения достигнет заданной по, дальнейшее передвижение РУД вперед вызывает увеличение мощности двигателя при неизменной частоте вращения.

Очевидно, что при снижении режима работы двигателя (при перемещении РУД на себя) мощность двигателя и угол установки лопастей уменьшаются при $n = \text{const}$. Когда подача топлива в двигатель уменьшится настолько, что угол установки лопастей достигнет \min , дальнейшее перемещение РУД на себя вызывает падение частоты вращения и мощности двигателя при $\varphi_{\min} = \text{const}$.

Следовательно, перемещение РУД при $n = n_0$ вперед и назад вызывает изменение угла установки лопастей и маслообмен в цилиндровой группе.

Перед каждым полетом, кроме указанных выше проверок работы пропеллера и регулятора, проверяют также исправность аппаратуры флюгирования.

Объем и порядок выполнения этой операции определяется инструкцией по эксплуатации данного типа двигателя. Для большинства двигателей флюгирования проверяется:

-от датчика измерителя крутящего момента (ИКМ);

-от датчика отрицательной тяги;

-путем частичного принудительного флюгирования пропеллера на работающем и остановленном двигателе.

Аппаратура управления системой автоматического флюгирования пропеллера от датчика ИКМ проверяют на земле на работающем двигателе. Для этого выводят двигатель на режим близкий к номинальному включают выключатель проверки системы по ИКМ, снимают пропеллер с упора, а затем переводят РУД в положение "Земной малый газ"

56.Режимы работы винтов

Рассмотрим характерные режимы работы элемента лопасти винта (рис. 2.10).

1. *Режим работы на месте и режим положительной тяги.* При работе на месте $V = 0$. Сила тяги на элементе лопасти максимальна, так как угол атаки максимален.

С увеличением поступательной скорости уменьшается угол атаки элемента лопасти и сила тяги. Это основной рабочий режим элемента лопасти, при котором лопасть обтекается потоком с положительными углами атаки. Режим положительной тяги называется пропеллерным (рис. 2.10, 1).

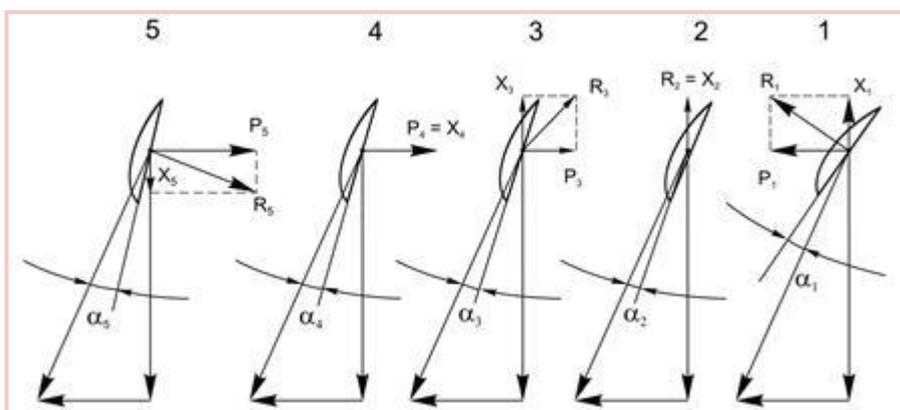


Рис. 2.10. Режимы работы винта:

1 – пропеллерный; 2 – нулевой тяги; 3 – торможения; 4 – авторотации; 5 – ветряка

2. *Режим нулевой тяги.* При увеличении поступательной скорости уменьшается угол атаки элемента лопасти и полная аэродинамическая сила (она разворачивается к плоскости вращения, и ее составляющая P уменьшается, приближаясь к нулю). Элемент лопасти работает с небольшим отрицательным углом атаки ($-0,5...-1^\circ$). Этот режим характерен для планирования с высоты полета самолета при малых режимах.

3. *Режим торможения.* При дальнейшем увеличении поступательной скорости угол атаки элемента лопасти еще более уменьшается. Полная аэродинамическая сила будет направлена в сторону, обратную полету, отрицательная тяга небольшая.

4. *Режим авторотации.* При увеличении скорости полета полная аэродинамическая сила будет направлена по оси вращения винта против полета. Сила сопротивления вращению элемента лопасти в этом случае равна нулю. Винт мощностью от двигателя не потребляет и не отдает, он вращается по инерции. Угол атаки отрицательный.

5. *Режим ветряка.* При больших значениях и отрицательных углах атаки полная аэродинамическая сила отклоняется еще больше, создается значительная отрицательная тяга, а сила сопротивления вращению элемента лопасти оказывается направленной в сторону вращения и, действуя относительно оси вращения, раскручивает вал двигателя.

Все эти режимы винт проходит при отказе двигателя. Из пропеллерного режима винт уходит на режим ветряка и вращается в этом режиме.

Если винт не флюгируется, то необходимо выдерживать наивыгоднейшую скорость планирования, при которой качество максимальное, и произвести посадку на ближайшем аэродроме.

57. Рассчитать тягу P винта с КПД = 80%, при мощности двигателя 0,7 л.с.

58. Кинематические характеристики воздушного винта



Кинематическими характеристиками пропеллера являются окружная U , поступательная V и результирующая скорости W сечения лопасти, углы атаки α

и притекания струй β , коэффициент скорости .

В полете сечение лопасти пропеллера совершает сложное движение - вращается с окружной скоростью

$$= \omega \cdot r = 2 \cdot \pi \cdot n \cdot r ,$$

где : - линейная окружная скорость движения сечения лопасти, [м/с];

ω - окружная скорость вращения пропеллера, [1/с];

r - радиус сечения лопасти, [м];

n - частота вращения пропеллера [об/ мин, об/сек, 1/с];

- движется поступательно со скоростью полета V , [км/ч, м/с].

Окружная скорость U_r зависит от частоты вращения пропеллера ω и положения сечения по радиусу лопасти

Чем дальше элемент лопасти находится от центра вращения воздушного винта, тем больше окружная скорость U_r . Вектор скорости U_r лежит в плоскости вращения и совпадает с направлением вращения лопасти.

Поступательная скорость V — это скорость самолета. Вектор скорости V совпадает с направлением движения самолета.

Результирующая скорость вращения элемента лопасти винта W равна геометрической сумме поступательной и окружной скоростей движения элемента лопасти и находится по правилу прямоугольного треугольника:

$$W_r = \sqrt{U_r^2 + V^2} .$$

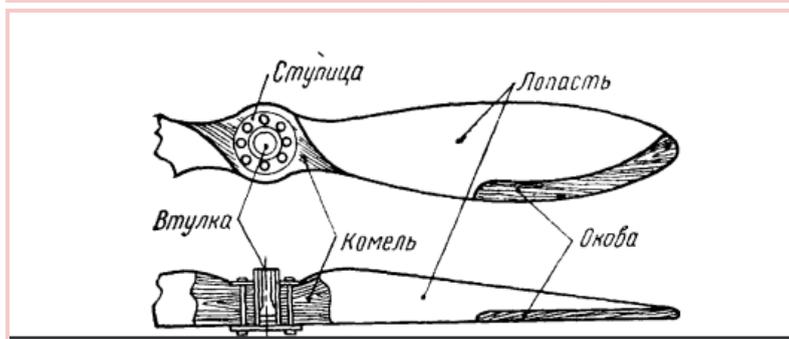
В действительности картина получается сложнее. Так как винт засасывает воздух и отбрасывает назад, ему сообщается дополнительная скорость ΔV , которую называют скоростью подсасывания.

В результате истинная скорость W' и угол атаки будут отличаться от своих теоретических значений.

59. Соосные винты

Воздушный винт – лопастный агрегат, вращаемый валом двигателя, создающий тягу в воздухе, необходимую для движения самолета. Воздушный винт преобразует крутящий момент на валу двигателя в аэродинамическую силу тяги.

Воздушный винт состоит из ступицы, лопастей и укрепляется на валу двигателя с помощью специальной втулки (Рисунок4.1).



Винт изменяемого шага имеет лопасти, которые во время работы могут при помощи гидравлического или электрического управления вращаться вокруг своих осей и устанавливаться под нужным углом к плоскости вращения.

В современной авиации ВИШ имеют следующие разновидности: флюгерные, реверсивные, соосные, туннельные (Рисунок4.11).

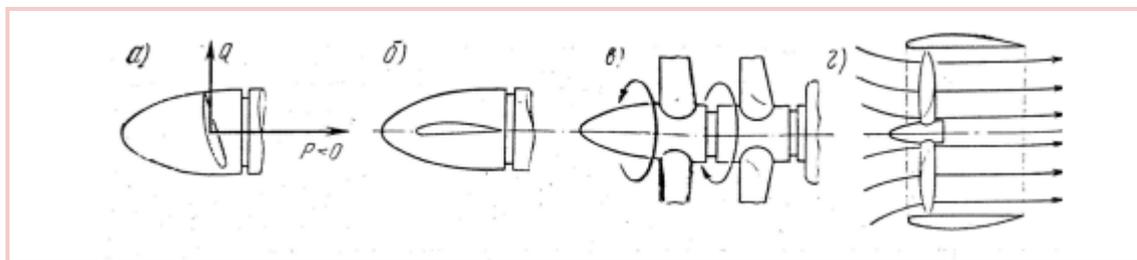


Рисунок4.11 Разновидности ВИШ

Соосные винты состоят из двух ВИШ, расположенных друг за другом, вращающихся в разные стороны вокруг общей геометрической оси. Соосный винт имеет высокий к. п. д., так как отсутствуют потери энергии на закрутку потока за винтами, уравниваются реактивный и гироскопический моменты.

60. Найти относительную поступь винта диаметром $D = 170\text{мм}$, при $n, 22'000$ оборотах в минуту со скоростью 250 км/ч .

61. Аэродинамическая крутка лопасти

При вращении лопасти каждый элемент вращается по своему радиусу и у каждого элемента своя окружная скорость. С увеличением радиуса вращения окружная скорость увеличивается. Из формулы создания подъемной силы скорость стоит в квадрате, значит и подъемная сила по радиусу будет возрастать в квадрате. Чтобы избавиться от чрезмерных изгибательных нагрузок с удлинением лопасти подъемную силу с увеличением радиуса вращения элементов необходимо уменьшать. Для этого применяют геометрическую и аэродинамическую крутку лопасти.

Геометрическая крутка – это конструктивное уменьшение установочного угла сечения элементов лопасти от комлевого сечения к концевому.

Аэродинамическая крутка – это чередование применяемых профилей от комлевого сечения к концевому. В конструкции лопасти вертолета Ми-8 применены профили NACA -230 (до радиуса 0,3) и NACA -230M до конца. Применяв оба вида крутки лопасти, добились, что подъемная сила лопасти достигает своего максимума примерно к 0,7 радиуса, а затем плавно уменьшается практически к нулю. Концы лопастей при расчетных оборотах вращения несущего винта вращаются со скоростями, близкими к скорости звука. На больших скоростях начинают происходить волновые и срывные процессы, колебания типа Флаттер, что приводит к разрушению концов лопастей.

62. Крепление лопастей НВ к втулке

НЕСУЩИЙ ВИНТ вертолѐта, предназначен для создания аэродинамических сил (подъёмной и пропульсивной), необходимых для осуществления полѐта и управления ЛА. Состоит из двух или большего числа лопастей, закреплѐнных на втулке, установленной на валу.

Лопасты несущего винта крепятся к втулке, свободно вращающейся вокруг вала вертолѐта. Существует следующие основные виды таких соединений.

Шарнирное соединение

При шарнирном соединении, изобретѐнном Хуаном де Ла Сьерва, лопасти крепятся к корпусу втулки последовательно через осевой, вертикальный и горизонтальный шарниры.

Упругое (бесшарнирное) соединение

Роль вертикального и горизонтального шарнира при таком соединении играет упругий элемент, изготовленный из композитных материалов, или торсион. Это позволяет по сравнению с шарнирным соединением уменьшить число

деталей, уменьшить трудоёмкость обслуживания, устранить необходимость смазывания и увеличить ресурс несущего винта в 3—10 раз.

Полужёсткое соединение

При такой схеме две лопасти винта жёстко крепятся к центральной втулке по типу качелей (коромысла): когда одна лопасть совершает маховое движение вверх, другая совершает симметричное движение вниз. Лётчик, изменяя положение ручки управления вертолётом, тем самым изменяет положение всей плоскости вращения несущего винта. Вертолёт с полужёсткой втулкой несущего винта обладает хорошими характеристиками управляемости.

Жёсткое соединение

Лопасты винта жёстко крепятся к втулке, установленной на приводном валу, с использованием только осевого шарнира. Такая схема является самой простой, но в то же время наиболее подверженной разрушительным вибрациям. К тому же такая схема обладает повышенной массой по сравнению с шарнирным соединением. Стоит отметить, что переменные нагрузки на лопасти несущего винта в этом случае могут быть уменьшены за счёт гибкости самих лопастей.

63. Геометрическая крутка лопасти

Геометрическая крутка лопасти — разность между установочными углами у корня и у конца лопасти. Эта разность на любом шаге винта остается постоянной. Крутка необходима для выравнивания аэродинамических сил по размаху лопасти, так как вследствие разности окружных скоростей у корня и у конца лопасть по длине обдувается воздушным потоком под разными углами атаки.

Обычно лопасти несущих винтов вертолетов аналогично крыльям самолетов, имеют отрицательную геометрическую крутку, так что у комля углы атаки больше, чем на конце. Такая крутка приводит к затягиванию срыва потока на конце лопасти, идущей по потоку, и увеличивает значение критического изгибающего момента концевых профилей, что позволяет повысить скорость полета вертолета

Геометрическая крутка улучшает условия работы элементов лопасти, углы атаки приближаются к наивыгодней — шим, что приводит к увеличению тяги несущих винтов на 5—7% и увеличивает критическую скорость по срыву потока

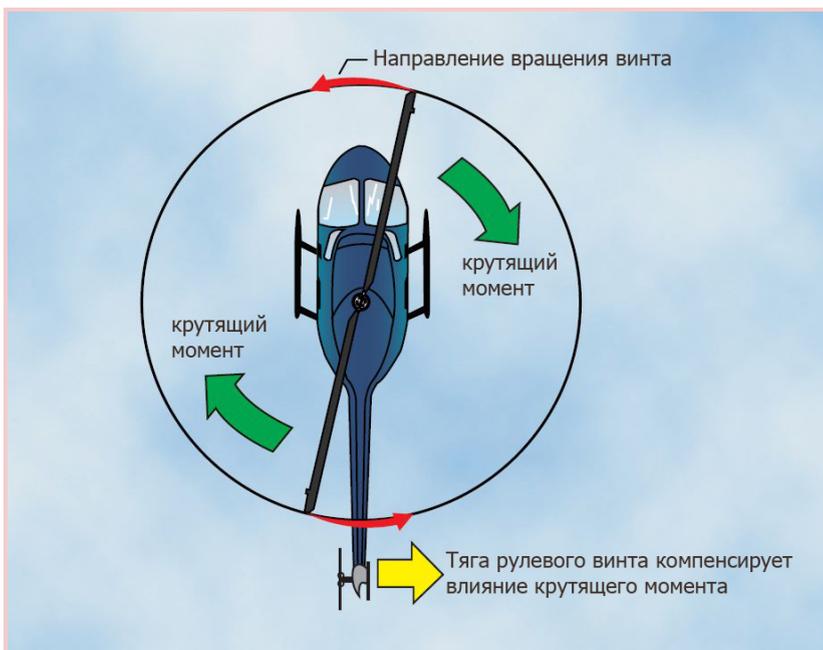
64. Назначение рулевого винта

При вращении несущего винта вертолета возникает подъемная сила за счет того, что лопасти направляют поток воздуха вниз, как бы отталкиваясь от него, кроме того на них действует сила трения о воздух, что создает крутящий момент, который стремится повернуть корпус вертолета в противоположную сторону.

Рулевой винт служит для стабилизации вертолета в воздухе и является основным элементом управления вертолетом. С помощью изменения тяги хвостового винта можно разворачивать вертолет вокруг вертикальной оси и задавать курс.

Вращение от двигателя передается через редуктор, расположенный в хвосте вертолета. Редуктор в свою очередь соединяется с двигателем при помощи вала, находящегося внутри хвостовой балки.

Если рулевой винт выйдет из строя - это приведет к неконтролируемому вращению вертолета в воздухе и аварийной посадке.



65. Найти шаг Нсечения лопасти $r = 100\text{ мм}$, при угле установки в 45°

66. Найти коэффициент сопротивления β воздушного винта диаметром $D = 150\text{ мм}$, при мощности двигателя $N = 0,9$ л.с. при n , 20'000 оборотах в минуту. Принять плотность воздуха равную $1,2754 \text{ кг/м}^3$.

67. Автомат перекоса

НЕСУЩИЙ ВИНТ вертолётa, предназначен для создания аэродинамических сил (подъёмной и пропульсивной), необходимых для осуществления полётa и управления ЛА. Состоит из двух или большего числа лопастей, закреплённых

на втулке, установленной на валу. В зависимости от схемы вертолѐта несущий винт устанавливают в верхней части фюзеляжа, на конце крыльев либо ферм (вертолѐты поперечного сечения).

АВТОМАТ ПЕРЕКОСА, механизм в системе управления несущим винтом вертолѐта, позволяющий регулировать тягу (подъёмную силу) винта и изменять её направление, обеспечивая управляемость вертолѐта. В зависимости от конструкции (при одинаковом принципе действия) различают автоматы перекаса кольцевого типа, рычажные, кривошипные, типа «паук». Наибольшее распространение получил автомат перекаса. кольцевого типа.

В таком автомате перекаса под втулкой несущего винта установлены два кольца, объединѐнные подшипником качения в «тарелку». Наружное (вращающееся) кольцо «тарелки» соединено с лопастями несущего винта посредством рычагов и тяг, которые при изменении положения «тарелки» поворачивают лопасти вокруг их осей. Внутреннее (невращающееся) кольцо посредством кардана закреплено на ползуне, который можно перемещать вдоль вала несущего винта. Таким образом, поднимая (опуская) ползун, удаѐтся одновременно одинаково изменять углы установки всех лопастей винта, т. е. регулировать подъёмную силу и тягу несущего винта, обеспечивая управление вертолѐтом по высоте – набирать высоту, снижаться, «висеть» в воздухе.

68. Назначение горизонтальный шарниров НВ

НЕСУЩИЙ ВИНТ вертолѐта, предназначен для создания аэродинамических сил (подъёмной и пропульсивной), необходимых для осуществления полѐта и управления ЛА. Состоит из двух или большего числа лопастей, закреплѐнных на втулке, установленной на валу. В зависимости от схемы вертолѐта несущий винт устанавливают в верхней части фюзеляжа, на конце крыльев либо ферм (вертолѐты поперечного сечения). Различают несущие винты с механическим и реактивным (не получили распространения из-за высокого расхода топлива) приводами. С помощью системы управления, позволяющей изменять создаваемые несущим винтом величину и направление равнодействующей аэродинамич. силы, вертолѐт может висеть неподвижно в воздухе, перемещаться в пространстве в любом направлении. При отказе двигателей несущий винт может быть переведѐн в режим авторотации (при этом лопасти вращаются за счёт энергии набегающего потока).

В зависимости от способа крепления лопастей к втулке различают шарнирные и жѐсткие несущие винты. Втулка шарнирного несущего винта имеет в большинстве случаев три шарнира – осевой, горизонтальный и вертикальный.

Горизонтальный шарнир позволяет лопасти совершать колебания относительно плоскости вращения Н. в., разгружая при этом её комлевую (корневую) часть от изгибающего момента, обусловленного несимметричным обтеканием при движении по азимуту в горизонтальном полёте вертолётa.

69. Рассчитать тягу P винта с КПД = 84%, при мощности двигателя 0,8 л.с.

70. Назначение осевых шарниров НВ

НЕСУЩИЙ ВИНТ вертолётa, предназначен для создания аэродинамических сил (подъёмной и пропульсивной), необходимых для осуществления полётa и управления ЛА. Состоит из двух или большего числа лопастей, закреплённых на втулке, установленной на валу. В зависимости от схемы вертолётa несущий винт устанавливают в верхней части фюзеляжа, на конце крыльев либо ферм (вертолётa поперечного сечения). Различают несущие винты с механическим и реактивным (не получили распространения из-за высокого расхода топлива) приводами. С помощью системы управления, позволяющей изменять создаваемые несущим винтом величину и направление равнодействующей аэродинамич. силы, вертолёт может зависать неподвижно в воздухе, перемещаться в пространстве в любом направлении. При отказе двигателей несущий винт может быть переведён в режим авторотации (при этом лопасти вращаются за счёт энергии набегающего потока).

В зависимости от способа крепления лопастей к втулке различают шарнирные и жёсткие несущие винты. Втулка шарнирного несущего винта имеет в большинстве случаев три шарнира – осевой, горизонтальный и вертикальный.

Осевой шарнир- это шарнир, обеспечивающий возможность изменения угла установки лопасти. Изменение величины и направления создаваемой несущим винтом силы осуществляется путём поворота лопастей относительно осевого шарнира, соединённого с автоматом перекаса (АП).

71. Опрокидывающий момент

Ответ: Опрокидывающий момент - это предельный кренящий момент, превышение которого, согласно расчету, приводит к опрокидыванию судна. Для определения опрокидывающего момента используют диаграммы устойчивости.

72. Найти относительную поступь винта диаметром $D = 150$ мм, при $n, 22'000$ оборотах в минуту со скоростью 210 км/ч.

$$\lambda = \frac{V}{n_s \cdot D} ;$$

Ответ: $\lambda = 210 \setminus 0,150 * 366 = 210 \setminus 54,9 = 3,8$

73. Назначение вертикальных шарниров НВ

НЕСУЩИЙ ВИНТ вертолѐта, предназначен для создания аэродинамических сил (подъёмной и пропульсивной), необходимых для осуществления полѐта и управления ЛА. Состоит из двух или большего числа лопастей, закреплѐнных на втулке, установленной на валу. В зависимости от схемы вертолѐта несущий винт устанавливают в верхней части фюзеляжа, на конце крыльев либо ферм (вертолѐты поперечного сечения). Различают несущие винты с механическим и реактивным (не получили распространения из-за высокого расхода топлива) приводами. С помощью системы управления, позволяющей изменять создаваемые несущим винтом величину и направление равнодействующей аэродинамич. силы, вертолѐт может зависать неподвижно в воздухе, перемещаться в пространстве в любом направлении. При отказе двигателей несущий винт может быть переведѐн в режим авторотации (при этом лопасти вращаются за сѐт энергии набегающего потока).

В зависимости от способа крепления лопастей к втулке различают шарнирные и жѐсткие несущие винты. Втулка шарнирного несущего винта имеет в большинстве случаев три шарнира – осевой, горизонтальный и вертикальный.

Горизонтальный шарнир позволяет лопасти совершать колебания относительно плоскости вращения Н. в., разгружая при этом её комлевую (корневую) часть от изгибающего момента, обусловленного несимметричным обтеканием при движении по азимуту в горизонтальном полѐте вертолѐта. **Вертикальный шарнир** необходим для разгрузки лопасти от изгибающего момента, возникающего при её колебаниях относительно горизонтального шарнира, и позволяет лопасти совершать качание в плоскости вращения

74. Защита лопастей от обледенения

Образование льда на лопастях весьма опасно, так как кроме ухудшения аэродинамических свойств пропеллера лёд вызывает неуравновешенность пропеллера, что ведет к тряске всей силовой установки, величина которой часто вынуждает прерывать полет с целью избежания более тяжелых последствий.

Для борьбы со льдом на пропеллерах существуют два вида противообледенительных систем:

· Химические ПОС(противообледенительные системы)

· Электротермические ПОС(противообледенительные системы).

Химические системы защиты основаны на обработке поверхностей, подверженных обледенению, специальными составами, одни из которых (гидрофобные пасты, лаки, масла) препятствуют сцеплению капель воды и кристаллов льда с защищаемой поверхностью, другие - спирты, смешиваясь с переохлажденной водой, понижают температуру её замерзания.

На многих современных пропеллерах, используемых на самолетах с ТВД, лед с лопастей удаляют электротермической противообледенительной системой. К носку лопасти, начиная от ее комля, на некоторой длине лопасти клеевым способом прикреплен накладка.

Внутри накладки находится нагревательный элемент. Через элементы пропускается электрический ток для нагревания накладки и таяния льда, который сформировался на передней кромке лопасти. Нагревательный элемент каждой лопасти может состоять из двух секций, обогреваемых поочередно. При таянии лед теряет сцепление с накладкой и далее центробежная сила и набегающий поток уносят лед. Отбрасываемый центробежной силой лед, двигаясь вдоль передней кромки к концу лопасти, сбивает лед, образовавшийся на необогреваемой части передней кромки лопасти.

У НЕСУЩЕГО ВИНТА ВЕРТОЛЕТА: Для защиты от обледенения лопасти имеют противообледенительную электрич. систему.

75. Найти коэффициент сопротивления β воздушного винта диаметром $D = 120$ мм, при мощности двигателя $N = 0,85$ л.с. при $n, 21'000$ оборотах в минуту. Принять плотность воздуха равную $1,2754$ кг/м³.

Ответ : $B=N \cdot \rho \cdot n^3 \cdot D^5$

$B=0.85 \cdot 1.2754 \cdot 42.875.000^3 \cdot 0.00020736 = 63.75 \cdot 11339.02 = 0.005$