

Г.И. Кузьмин

Воздушные винты

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 656
ББК 39.1
Г11

Г11 **Г.И. Кузьмин**
Воздушные винты / Г.И. Кузьмин – М.: Книга по Требованию, 2013. – 142 с.

ISBN 978-5-458-38199-4

Воздушные винты

ISBN 978-5-458-38199-4

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2013

© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2013

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первозданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.



Серия Книжный Ренессанс

www.samizday.ru/reprint

ОГЛАВЛЕНИЕ

Глава I

Общие сведения о воздушных винтах

	<i>Стр.</i>
Назначение воздушного винта	5
Коэффициент полезного действия воздушного винта	8
Физическое представление о работе винта	9
Шаг, поступь и скелажение винта	10
Винты постоянного, переменного и регулируемого шага. Винты правые и левые	14
Аналогия работы винта и крыла. Скоростной и силовой многоугольники	16
Теория идеального пропеллера	23
Задачи к гл. I	30

Глава II

Конструкция воздушных винтов

1. Деревянные винты	32
2. Балансировка винта	37
3. Металлические винты	42
4. Винты регулируемого шага	48

Глава III

Характеристики винтов

1. Испытание винтов	64
2. Формулы подобия	66
3. Аэродинамическая характеристика винта	70
4. Быстроходные винты	74
5. Взаимное влияние винта и самолета	77
6. Семейства винтов	82

Глава IV

Характеристики винтомоторной группы

1. Винты фиксированного шага	96
2. Подбор винта к самолету	102
3. Построение характеристики винтомоторной группы	107
4. Расчет винтов регулируемого шага	121
5. Преимущества винтов регулируемого шага	129

ГРЕЧЕСКИЙ АЛФАВИТ

<i>Буквы</i>	<i>Названия</i>	<i>Буквы</i>	<i>Названия</i>
Α α	альфа	Ν ν	ню
Β β	бета	Ξ ξ	кси
Γ γ	гамма	Ο ο	омикрон
Δ δ	дельта	Π π	пи
Ε ε	эпсилон	Ρ ρ	ро
Ζ ζ	дзэта	Σ σ	сигма
Η η	эта	Τ τ	тау
Θ θ ϑ	тэта	Υ υ	ипсилон
Ι ι	иота	Φ φ	фи
Κ κ	каппа	Χ χ	хи
Λ λ	лямбда	Ψ ψ	пси
Μ μ	мю	Ω ω	омега

ГЛАВА I

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ВОЗДУШНЫХ ВИНТАХ

1. НАЗНАЧЕНИЕ ВОЗДУШНОГО ВИНТА

Движение самолету, дирижаблю, аэросаням и ряду других аппаратов сообщается винтомоторной группой. Она состоит из мотора и укрепленного на носке его вала винта. Последний в отличие от обычных в машиностроении винтов часто называют воздушным винтом, или пропеллером.

Воздушный винт состоит из двух, трех или большего числа одинаковых лопастей, симметрично расположенных радиально в плоскости вращения и скрепленных между собой ступицей или втулкой (фиг. 1). Последняя служит также для крепления винта на носке вала мотора.

Лопастей имеют весьма разнообразную форму, некоторые из них изображены на фиг. 2. Наиболее распространенными являются лопасти овальной формы, близкой к эллиптической. Поперечное сечение лопасти имеет форму профиля крыла и образует некоторый угол с плоскостью вращения винта. Этот угол называется углом наклона лопасти на радиусе r и обозначается буквой φ (фиг. 1). Обычно угол наклона φ и толщина лопасти δ уменьшаются к концу лопасти.

Диаметр окружности, описываемой при вращении концами лопастей, называется диаметром винта. У двухлопастного винта диаметр равен расстоянию между концами лопастей. Диаметр является весьма важной характеристикой винта. Он выражается в метрах и обозначается буквой D .

Мотор преобразует тепловую энергию топлива в механическую работу, производимую вращающимся валом. Работа крутящего момента вала мотора в единицу времени назы-

вается эффективной мощностью мотора, или просто мощностью мотора.

Мощность мотора T выражается в килограммометрах в секунду (кгм/сек) или обычно в лошадиных силах (л. с.)

и тогда обозначается буквой N . Лошадиной силой считается мощность, равная 75 кгм/сек . Следовательно,

$$T = 75 N. \quad (1)$$

Крутящий момент мотора выражается в килограммометрах и обозначается буквой M .

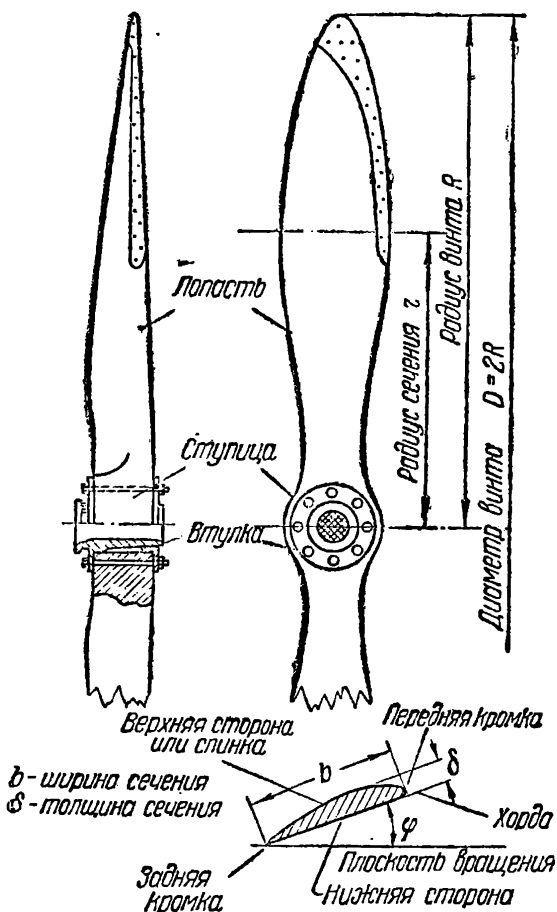
Скорость вращения вала выражается числом оборотов в минуту и обозначается буквой n или числом оборотов в секунду, и в этом случае обозначается той же буквой, но с индексом s , т. е. n_s . Очевидно n и n_s находятся в следующем соотношении:

$$n = 60 n_s. \quad (2)$$

Крутящий момент мотора выражается через мощность и число оборотов следующей формулой:

$$M = \frac{T}{2\pi n_s}, \quad (3)$$

Фиг. 1. Воздушный винт; внизу — поперечное сечение лопасти

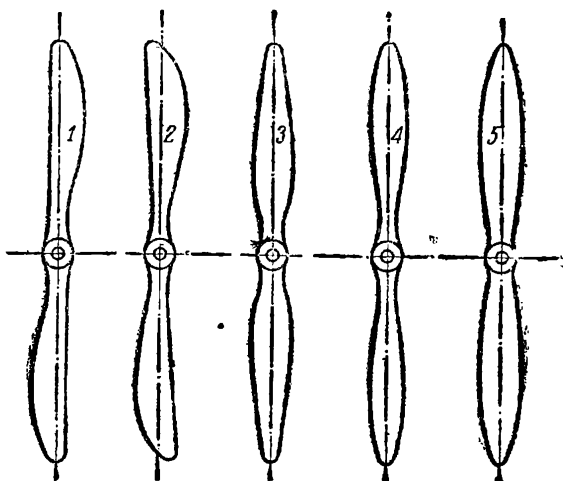


или

$$M = 716,2 \frac{N}{n}. \quad (4)$$

Воздушный винт воспринимает крутящий момент мотора, преобразует его в силу, действующую вдоль оси вращения,

и тянет аппарат в этом направлении. Сила тяги винта сообщает самолету поступательное движение с некоторой скоростью и, следовательно, преодолевая сопротивление его движению, всегда при этом возникающее, производит работу. Работа силы тяги винта за единицу времени будет равна произведению силы тяги на скорость движения самолета в направлении силы тяги. Ее называют полезной мощностью винта или винтомоторной группы.



Фиг. 2. Форма винтов:

1—Шовьера; 2—саблеобразный; 3—Н. Е. Жуковского; 4 и 5—стальные

Сила тяги винта выражается в килограммах и обозначается буквой Φ . Скорость движения аппарата выражается обычно в километрах в час (км/час) и обозначается буквой V . Однако, во всех формулах, как правило, если это не оговорено особо, скорость V выражается в метрах в секунду (м/сек). Она связана со скоростью V в км/час следующим простым соотношением:

$$V \text{ км/час} = 3,6 V \text{ м/сек.} \quad (5)$$

Полезная мощность винтомоторной группы выражается, как и мощность мотора, в килограммометрах в секунду или в лошадиных силах и обозначается теми же буквами, но с индексами u , т. е. $T_u \text{ кгм.сек}$ или $N_u \text{ л. с.}$

2. КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ ВОЗДУШНОГО ВИНТА

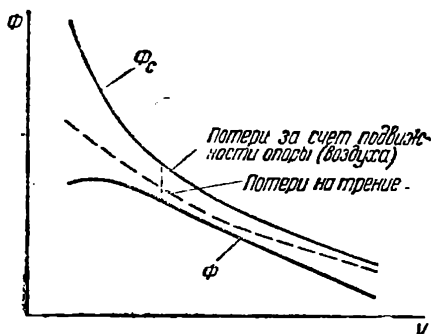
Если бы мы могли построить движущий аппарат без всяких потерь, например, устроили бы его в виде зубчатого колеса, катящегося по неподвижной рейке без трения, то согласно закону сохранения энергии полезная мощность такого совершенного пропеллера равнялась бы мощности, затраченной на его работу, т. е.

$$\Phi_c V = 75 N. \quad (6)$$

Здесь индексом *c* отмечено, что Φ_c — тяга совершенного пропеллера. Из формулы (6) следует, что тяга совершенного пропеллера

$$\Phi_c = \frac{75 N}{V}. \quad (7)$$

При заданной мощности она, как видим, довольно сильно уменьшается с увеличением скорости движения самолета. На фиг. 3 дано примерное изменение величины тяги винта с изменением скорости движения при постоянной мощности винтомоторной группы.



Фиг. 3. Изменение тяги совершенного винта Φ_c и действительного винта Φ с изменением скорости движения самолета V

Так как воздушный винт опирается не на твердую неподвижную рейку, а на податливый, т. е. поддающийся сжатию и сдвигу, воздух и происходит трение лопастей о воздух, то при работе винта происходят потери. Полезная мощность и тяга его будут меньше, чем полезная мощность и тяга совершенного пропеллера.

На фиг. 3 показана тяга воздушного винта; пунктирной кривой приблизительно разделены потери за счет податливости и трения воздуха.

Отношение полезной мощности винта к мощности, затраченной на его вращение, называется коэффициентом полезного действия (к. п. д.) винта. Он обозначается греческой буквой η и выражается следующей формулой:

$$\eta = \frac{\Phi V}{75 N}. \quad (8)$$

Чем больше коэффициент полезного действия винта, тем совершеннее последний.

У лучших современных винтов коэффициент полезного действия достигает 0,85. Обычно у самолетных винтов он близок к 0,80, а у винтов тихоходных аппаратов он равен 0,75—0,70 и даже ниже. С изменением скорости полета он также изменяется, и, например, при взлете самолета он на 5—10% ниже, чем при горизонтальном полете.

При расчете винта обычно сперва находят величину η , а затем вычисляют тягу винта по формуле

$$\Phi = \frac{75 N \eta}{V} . \quad (9)$$

3. ФИЗИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ О РАБОТЕ ВИНТА

Винт как аппарат для создания силы тяги был известен очень давно. Водяные винты, устанавливающиеся на судах, как по конструкции, так и по принципам работы в основном одинаковы с воздушными винтами. Как те, так и другие можно объединить под общим названием гребных винтов. Теория их в основном одинакова. Водяные гребные винты применяются в водном транспорте уже более ста лет, и применительно к ним развивалась теория гребного винта до развития авиации.

Вначале конструкторы гребного винта представляли его работу, как ввинчивание в жидкость, аналогичное ввинчиванию обычного болта в гайку; подвижность точки опоры учитывали, вводя поправочные коэффициенты. На основании этого первые водяные гребные винты составлялись из одного или нескольких витков резьбы, но более глубокой, чем у обычных в машиностроении винтов. Резьба имела форму винтовой поверхности, т. е. такой поверхности, которая образована равномерно вращательным и равномерно поступательным в направлении оси вращения движениями линии, наклоненной под постоянным углом к оси вращения.

Все точки линии, образующей винтовую поверхность, движутся по своим винтовым линиям и за полный оборот проходят в направлении оси вращения одинаковое расстояние, называемое шагом винтовой поверхности. В качестве образующей винтовой поверхности обычно бралась прямая перпендикулярная оси.

В дальнейшем оказалось, что у гребного винта выгоднее вместо целых витков винтовой поверхности оставить только два-три небольших сектора, симметрично расположенных в плоскости вращения. У современных водяных гребных винтов эти секторы — лопасти — имеют овальную форму, близкую к эллиптической. Нижняя, набегающая на жидкость, сторона их образована винтовой поверхностью, а верхняя сторона — выпуклая — для придания лопасти свойств равнопрочной балки. Лопасти воздушных винтов делаются в основном такими же, но только более узкими и с более плавными поперечными сечениями, подобными профилям крыльев.

При вращении винт захватывает воздух и отбрасывает его назад, и вследствие этого сам стремится двигаться вперед. На место отброшенных масс воздуха к винту притекают другие массы воздуха, которые тоже отбрасываются им назад. В результате образуется струя воздуха, пришедшего в движение. Винт все время отбрасывает все новые и новые массы воздуха назад, а этот воздух, противодействуя, толкает его вперед. Таким образом, *сила тяги винта есть реакция воздуха, приведенного им в движение.*

Так как лопасти винта являются отрезками винтовой поверхности, т. е. поверхности, наклоненной к оси, то отбрасывание воздуха назад неизбежно сопровождается и его закручиванием: винт закручивает воздух в том направлении, в каком он вращается. Вследствие этого появляется еще и реактивный момент, тормозящий вращение винта. Следовательно, для вращения винта и создания силы тяги необходим крутящий момент, который и сообщается мотором.

4. ШАГ, ПОСТУПЬ И СКОЛЬЖЕНИЕ ВИНТА

Если бы винт вращался в твердой гайке, специально сделанной для него, то за один полный оборот он прошел бы вдоль оси вращения расстояние, равное шагу винтовой поверхности. Это расстояние называется геометрическим шагом винта.

В действительности же вследствие подвижности воздуха продвижение винта за один оборот, так называемая поступь винта, может быть меньше и даже больше геометрического шага. Все зависит от силы, задерживающей поступательное движение винта. Если эта сила очень боль-

шая, то поступь винта будет значительно меньше шага и может быть даже равной нулю, как, например, при работе винта на месте. Поступь винта бывает и отрицательной — при падении самолета на хвост. Если же вместо задерживающей винт силы будет действовать вдоль оси сила, помогающая его движению вперед, то поступь винта будет больше шага.

Например, при пикировании или при крутом планировании самолет, очень быстро снижаясь под действием собственного веса, тянет вместе с собой винт. При достаточно большой скорости этого снижения поступь будет больше шага.

При планировании самолета с мотором, работающим на малом газе, можно подобрать такие обороты винта, при которых он будет только рассекал воздух, не отбрасывая его назад, и следовательно, не будет развивать силы тяги. Такая поступь винта, когда винт не дает силы тяги, называется динамическим шагом. Динамический шаг обычно больше геометрического. Получается это вследствие крылообразной формы поперечных сечений лопастей.

При поступи, равной шагу, хорды сечений лопасти движутся по винтовой поверхности, и получается явление, близкое к движению крыла вдоль хорды. Как известно, крылья при таком движении дают значительную подъемную силу. Следовательно, и винты дают силу тяги при поступи, равной шагу.

Только в частном случае, когда профиль поперечного сечения лопасти тонкий и симметричный, геометрический и динамический шаг совпадают.

Разница между геометрическим шагом винта и поступью называется скольжением. Из предыдущего ясно, что скольжение может быть как положительным, так и отрицательным.

Иногда скольжение вычисляют как разность между динамическим шагом и поступью. Тогда его называют динамическим скольжением. Динамическое скольжение больше скольжения по геометрическому шагу.

Если динамическое скольжение отрицательно, то винт дает отрицательную тягу, т. е. он не тянет, а, наоборот, дает лобовое сопротивление. При большом динамическом скольжении не только тяга, но и момент получаются отрицательными и винт обращается в ветрянку, или ветряной двигатель; он силу лобового сопротивления преобразует в крутящий момент на валу.

Шаг, поступь и скольжение выражаются в метрах. Геометрический шаг обозначается буквой H , динамический шаг — той же буквой с индексом d , т. е. H_d , поступь — той же буквой с индексом a , т. е. H_a , скольжение — буквой S и динамическое скольжение — той же буквой с индексом d , т. е. S_d . Согласно определению

$$S = H - H_a \quad (10)$$

и

$$S_d = H - H_d. \quad (11)$$

Поступь винта выражается через скорость полета и число оборотов винта следующей формулой:

$$H_a = \frac{V}{n_a}. \quad (12)$$

Для сравнения винтов очень удобно давать шаг, поступь и скольжение не в абсолютных величинах, т. е. в метрах, а в относительных (безразмерных), т. е. в частях диаметра винта. Тогда получим:

относительный геометрический шаг

$$h = \frac{H}{D}, \quad (13)$$

относительный динамический шаг

$$h_d = \frac{H_d}{D}, \quad (14)$$

относительную поступь

$$\lambda = \frac{H_a}{D} = \frac{V}{n_a D}, \quad (15)$$

относительное скольжение

$$s = \frac{S}{D} = h - \lambda, \quad (16)$$

относительное динамическое скольжение

$$s_d = \frac{S_d}{D} = h_d - \lambda. \quad (17)$$