

ВИНТ ИЗМЕНЯЕМОГО ШАГА (ВИШ). ПРИМЕНЕНИЕ С ДВИГАТЕЛЕМ ДДА-120

А. В. Кузьмин¹, А. О. Борисов²

¹ andrey131194@yandex.ru, ² bor_ao@mail.ru

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет» (УГАТУ)

Аннотация. Рассматривается винт изменяемого шага, его особенности, виды винта изменяемого шага, описывается конструкция винта с гидравлическим приводом изменения угла атаки лопастей, механизм поворота лопасти физический смысл. Рассматривается перспектива применения винта с двигателем ДДА-120 для малой авиации.

Ключевые слова: воздушный винт; двигатель; эффективность; режим работы; КПД; экономичность; расход топлива.

ВВЕДЕНИЕ

Повышение эффективности использования поршневых моторов на всех режимах полета привело к применению винтов регулируемого шага. Нормальный винт с жестко закрепленными лопастями имеет обычно такой шаг, при котором мотор развивает максимально допустимое число оборотов при полностью открытом дросселе в горизонтальном полете на одной какой-либо определенной, для данного самолета, высоте. Такой винт снижает используемую мощность мотора на 15–25 % на взлете и при наборе высоты. Этих потерь можно избежать, применяя винты изменяемого в полете шага [1].

Применение винта изменяемого шага (ВИШ) в авиации предполагает ряд преимуществ, среди которых снижение расхода топлива и возможность проектирования двигателя для работы в узком, оптимальном для данного двигателя диапазоне оборотов. Это позволяет сохранять высокий КПД в широком диапазоне скоростей, улучшить характеристики взлета и набора высоты и обеспечить экономию топлива в крейсерском полете.

Схема простейшего ВИШ с ручным регулятором представлена на рис. 1.

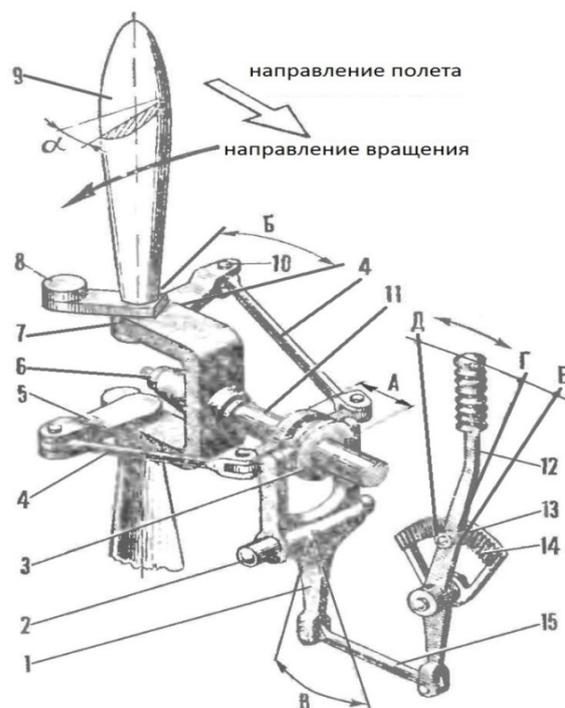


Рис. 1. Схема ВИШ [4]: 1 – промежуточная качалка; 2 – ось; 3 – скользящая муфта; 4 – тяга управления; 5 – рычаг лопасти; 6 – гайка крепления втулки; 7 – втулка винта; 8 – противовес; 9 – лопасть; 10 – шарнир тяги; 11 – приводной вал; 12 – рычаг управления изменением шага винта в кабине водителя; 13 – фиксатор рычага управления; 14 – зубчатый сектор; 15 – тяга. А – ход муфты; Б – ход рычагов лопасти; В – ход промежуточной качалки; Г – ручка в положении малого шага; Д – ручка в положении большого шага; Е – ручка в положении реверса

Удобнее иметь винт с изменяемым во время движения шагом. Их можно разделить на два типа: двухдиапазонные, которые могут по желанию водителя устанавливаться в два предельных положения — «малый» или «большой шаг», и с принудительной установкой лопастей на нужный шаг во всем диапазоне. Изменение шага осуществляется механическим приводом.

В этой схеме винт имеет металлическую втулку с гнездами, в которые на шарикоподшипниках устанавливаются попопасти. На комлевой части каждой лопасти есть рычаг, соединенный тягой со скользящей по приводному валу муфтой. При перемещении муфта поворачивает тяги лопастей, переводя их с большого шага на малый. Продвигаясь дальше, муфта может установить лопасти в положение реверса, то есть создать винтом обратную тягу для торможения саней.

Скользкая муфта перемещается по валу специальным рычагом из кабины водителя. Для фиксации рычага в нужном положении имеется зубчатый сектор. От рычага тягой или тросом усилие передается на промежуточную качалку, которая и передвигает скользящую муфту по приводному валу. Обычно управление изменением шага одностороннее — перевод лопастей возможен только в одну сторону: с большого шага на малый и в положение реверса. На большой шаг винт переходит сам под действием аэродинамических сил и моментов, создаваемых противовесами, установленными на комлевых частях лопастей.

В таких винтах лопасти поворачиваются во втулке относительно продольной оси.

С увеличением скорости полета углы атаки лопасти винта, неизменяемого шага и фиксированного быстро уменьшаются, тяга винта падает. Наибольший угол атаки лопасти винта будет на скорости полета, равной нулю, при полных оборотах двигателя.

Тяговое усилие, развиваемое любым винтом, зависит от его диаметра, скорости вращения, угла атаки лопастей по отношению к плоскости вращения и от профиля поперечного сечения лопасти, создающего подъемную силу.

Поместим в воздушный поток под некоторым углом атаки плоскую пластинку

(рис. 2). Набегающий поток давит на ее нижнюю поверхность с силой P_1 . Одновременно на верхней поверхности из-за несимметричности обтекания воздушный поток завихряется, возникает разрежение, создающее силу P_2 . Эти силы направлены в одну сторону, действуют перпендикулярно плоскости пластины и приложены в ее геометрическом центре. Они могут быть заменены одной — равнодействующей силой P . Если же последнюю разложить на вертикальную и горизонтальную составляющие, то получим соответственно подъемную силу T и силу сопротивления воздуха X .

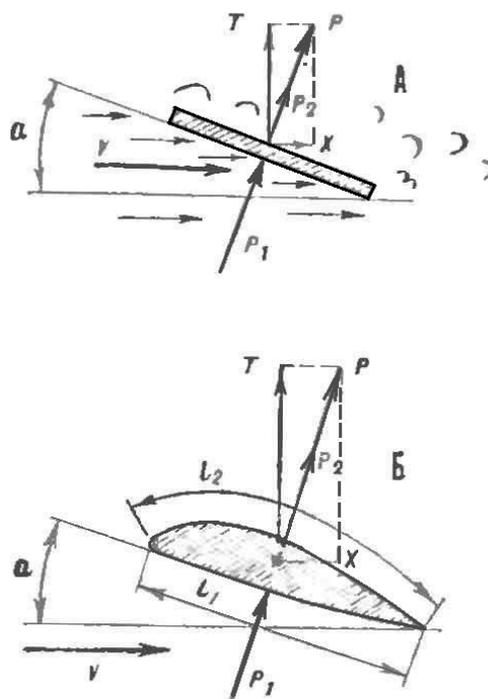


Рис. 2. Силы, действующие на прямую пластинку и аэродинамический профиль при движении в воздушном потоке

Величина силы T зависит от угла атаки и скорости, с которой пластина движется в потоке.

Если рассматривать соотношение сил T и X в зависимости от угла атаки при постоянной скорости, то окажется, что сопротивление постепенно увеличивается и достигает максимума при вертикальном положении пластины. Сила же тяги сначала растет (до наиболее выгодного для данной скорости движения угла атаки), а затем резко уменьшается. Следовательно, для каждой скорости может быть только один выгодный угол атаки.

Важным параметром, определяющим назначение воздушного винта, является величина его шага (Н). Шаг определяется по углу атаки поперечного сечения лопасти, расположенного на 0,75 радиуса винта. Выражается Н расстоянием, которое проходит винт за один полный оборот. Винт образно можно сравнить с гайкой, наворачиваемой на болт. Расстояние, которое гайка проходит по резьбе за один полный оборот, есть шаг. Он определяется по формуле:

$$H = 1,5 PR \operatorname{tg} \alpha,$$

где R – радиус винта; α – угол атаки (установки) профиля.

Но болт и гайка – твердые тела. Воздушный же винт вращается в сжимаемой среде, имеющей малую плотность. При этом он проскальзывает, продвигается вперед на значительно меньшее расстояние, чем его расчетный шаг.

Чем больше нагрузка на винт, больше величина скольжения и больше фактический шаг винта. Фактический шаг определяет нагрузку на приводной двигатель и влияет на экономичность.

Для сохранения достаточно высокого КПД во всем диапазоне скоростей полета и мощностей двигателя, а также для получения наименьшего лобового сопротивления воздушный винт при вынужденной остановке двигателя в полете (флюгерный режим) или отрицательной тяги с целью торможения движения самолета при посадке (реверсивный режим) стали применять воздушный винт изменяемого в полете шага (ВИШ) [2].

Лопasti 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. Автоматическое устройство в винтах изменяемого шага предназначено для сохранения постоянными заданных оборотов воздушного винта (двигателя) путем синхронного изменения угла наклона лопастей при изменении режима полета (скорости, высоты) и называется регулятором постоянства оборотов (РПО). На рис. 3 показана схема РПО воздушного винта В-530ТА-Д35.

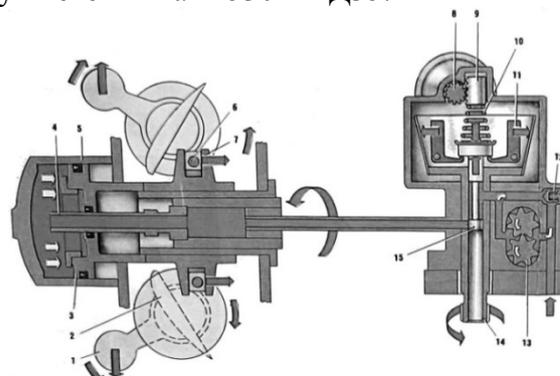


Рис. 3. Винт В-530ТА-Д35: 1 – противовес; 2 – лопасть винта; 3 – поршень; 4 – штицер; 5 – цилиндр винта; 6 – палец; 7 – поводок; 8 – шестерня валика ручного управления; 9 – рейка; 10 – пружина регулятора; 11 – грузики регулятора; 12 – клапан редукционный; 13 – маслонасос; 14 – валок регулятора ведущий; 15 – золотник

РПО совместно с механизмом поворота лопастей изменяет шаг винта (угол наклона лопастей) таким образом, чтобы обороты, заданные летчиком с помощью рычага управления ВИШ, при изменении режима полета оставались неизменными (заданными). Данный винт относится к автоматическим, мотор может на всех режимах работы поддерживать одни и те же обороты, оптимальные для данной нагрузки. При этом внимание летчика освобождается от наблюдения за счетчиком оборотов, так как он может не опасаться раскрутки мотора и превышения максимальных оборотов.

При увеличении высоты полета мощность двигателя уменьшается, и РПО уменьшает угол наклона лопастей, чтобы облегчить работу двигателя, и наоборот. Следовательно, РПО удерживает обороты

двигателя с изменением высоты полета постоянными.

При заходе на посадку воздушный винт устанавливается на малый шаг, что соответствует оборотам взлетного режима. Это дает возможность летчику при выполнении всевозможных маневров на глиссаде посадки получить взлетную мощность двигателя при увеличении оборотов до максимальных.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение ВИШ в авиации предполагает ряд достоинств, среди которых снижение расхода топлива и возможность проектирования двигателя для работы в узком, оптимальном для данного двигателя диапазоне оборотов. Это позволяет сохранять высокий КПД в широком диапазоне скоростей, улучшить характеристики взлета и набора высоты и обеспечить экономию топлива в крейсерском полете. Использование винта изменяемого шага (рис. 4 и 5) для ДДА-120 позволит дать ему все выше перечисленные преимущества и повысить его эксплуатационные характеристики, по сравнению с винтом постоянного шага обеспечить экономию топлива в среднем на 10 %.

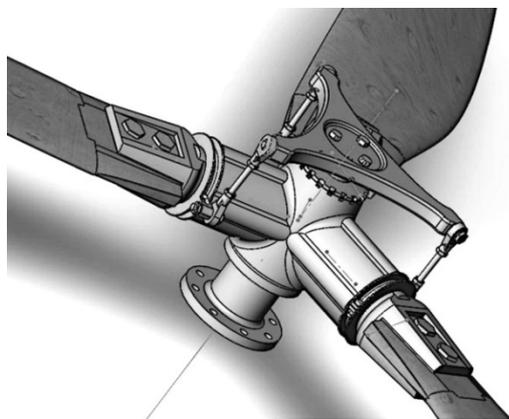


Рис. 4. Модель перспективного винта для двигателя ДДА-120

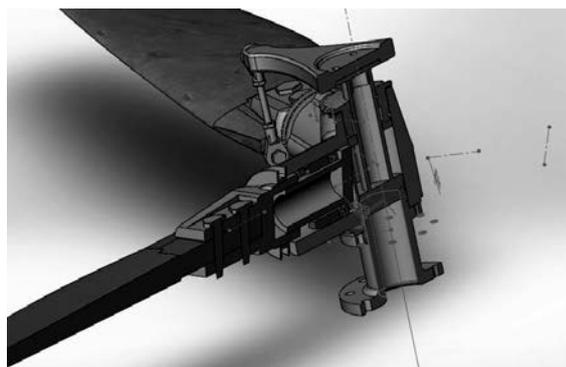


Рис. 5. Общий разрез механизма винта

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузьмин Г. И. Воздушные винты, гл. 4. Винты регулируемого шага: Пособие для авиатехников ВВС РККА М.: Оборонгиз, 1937. 141с. [G. I. Kuzmin Propellers, CH. 4. The controllable pitch propellers a manual for the aircraft, red army air force (in Russian), "Oborongiz", 1937.]
2. Гофман М. Я. Руководство к заданиям по курсу Теория воздушных винтов Ленград: Издание Академии ЛКВВИА, 1949. 25 с. [M. Ya. Hoffmann, A guide to jobs at the rate the Theory of air screws (in Russian) Leningrad: "Academy of LKVVIA", 1949.]
3. Теуш В. Л. Работа воздушного винта Москва: НКАП СССР, 1944. – 84 с. [V. L. Teush The Work of the propeller (in Russian) Moscow: "NKAP USSR", 1944.]
4. А. О. Kosheev NoSQL databases [Электронный ресурс] <https://modelist-konstruktor.com/razrabotki/poslushnyj-vint> ,(дата обращения 10.10.18). [А. О. Kosheev (2018, Nov. 10) [Online]. Available: <https://modelist-konstruktor.com/razrabotki/poslushnyj-vint>.]

ОБ АВТОРАХ

КУЗЬМИН Андрей Валерьевич, магистрант. каф. ДВС.

БОРИСОВ Александр Олегович, канд. техн. наук, доцент каф. ДВС.

METADATA

Title: The variable-pitch propeller (VPP) using with engine DDA-120

Authors: A. V. Kuzmin¹, A. O. Borisov²

Affiliation:

Ufa State Aviation Technical University (UGATU), Russia.

Email: ¹ andrey131194@yandex.ru, ² bor_ao@mail.ru

Language: Russian.

Source: Molodezhnyj Vestnik UGATU (scientific journal of Ufa State Aviation Technical University), no. 2 (21), pp. 64-67, 2019. ISSN 2225-9309 (Print).

Abstract: The screw of a variable pitch, its features, types of the screw of a variable pitch is considered, the design of the screw with a hydraulic drive of change of an angle of attack of blades, the mechanism of rotation of a blade physical sense is described. Races was a matter of perspective of application of screw with the engine DDA-120 for small aircraft.

Key words: propeller; engine; operating mode; efficiency; economy; fuel consumption.

About authors:

KUZMIN, Andrey Valerevich., master student 2 year, Ufa state aviation technical University

BORISOV, Alexander Olegovich ., candidate of technical Sciences, Associate Professor in Ufa state aviation technical University