

Департамент образования и науки Костромской области
ОГКОУ ДОД «Костромской областной центр детского (юношеского)
технического творчества»

Всероссийский конкурс
«Юные техники и изобретатели»

Номинация: «УЮТНЫЙ МИР»

**Тема: «Теория воздушного винта от первых
пропеллеров к эффективным агрегатам будущего»**

Автор работы: Никита Вячеславович Надежин,
ОГКОУ ДОД «Костромской областной центр
детского (юношеского) технического творчества»,
объединение «Авиационное моделирование», 5 год
обучения

Руководитель: Виктор Борисович Смирнов,
начальник отдела ОГКОУ ДОД «Костромского
областного центра детского (юношеского)
технического творчества», председатель федерации
авиамодельного спорта Костромской области

г. Кострома

2015 г.

Содержание работы

Аннотация.....	3 стр.
Введение.....	4 стр.
Основное содержание.....	7-21 стр.
1.1. Воздушный винт.....	7 стр.
1.2. Технические требования к модели самолёта класса F1В.....	16 стр.
1.3. Описание конструкции воздушного винта.....	18 стр.
1.4. Описание модели самолёта.....	20 стр.
Заключение.....	22 стр.
Список литературы, программное обеспечение.....	23 стр.
Приложения	

Аннотация

Темой данной работы является теория воздушного винта от первых пропеллеров к эффективным агрегатам будущего. В данном проекте происходит изучение истории создания воздушного винта и проектирование механизмов, позволяющих увеличить коэффициент полезного действия воздушного винта.

Тема работы актуальна для понимания развития современной техники, имеет практическое применение, так как в ней рассматриваются вопросы проектирования более сложных механизмов, которые можно эффективно использовать в будущем при разработке новой авиационной техники.

В теоретической части рассматривается история возникновения воздушного винта и его применение в современном мире.

В практической части работы рассматриваются особенности работы воздушного винта при взлете модели в связи с нелинейными характеристиками резиномотора и возможности увеличения коэффициента полезного действия винта.

Рассматриваются вопросы создания механизмов робототехники, так как при изменении внешних факторов (крутящий момент резиномотора) автоматически изменяется диаметр и шаг винта.

Конструктивной особенностью данной модели является воздушный винт, который во время взлета модели изменяет диаметр и шаг. Это позволяет существенно увеличить коэффициента полезного действия винта и, следовательно, высоту взлёта модели.

На примере проектирования простейшего механизма по увеличению коэффициента полезного действия можно рассмотреть вопросы по созданию более совершенных механизмов. Используя электронные процессоры, а также датчики угловых и линейных ускорений, твердотельные гидроскопы,

тензодатчики крутящего момента можно создать инерциальную систему оптимального взлета модели самолета.

Введение

Воздушный винт, пропеллер, движитель, в котором радиально расположенные профилированные лопасти, вращаясь, отбрасывают воздух и тем самым создают силу тяги («Пропеллер» - студенческая многотиражка в Московском авиационном институте). Воздушный винт состоит из одной, двух или более лопастей, соединенных друг с другом ступицей. Основная часть винта - лопасти, так как только они создают тягу.

Идею воздушного винта предложил в 1475 году Леонардо да Винчи, и применил его для создания тяги впервые в 1754 году В.М. Ломоносов в модели прибора для метеорологических исследований.



М.В. Ломоносов

На самолете А.Ф. Можайского использовались воздушные винты. Братья Райт использовали толкающий винт.

Ещё до начала проектирования первого самолёта, А.Ф. Можайским были изготовлены несколько моделей самолёта, у которых движителем был воздушный винт, приводимый во вращение резиновым жгутом. В Америке

братья Райт также сначала изготавливали модели самолёта, и только потом был спроектирован первый летающий самолёт.

С начала 20 века во всём мире молодые люди начали проектировать и строить модели самолётов и проводить соревнования. В нашей стране первые соревнования напутствовал Н.Е. Жуковский в 1926 году. Авиамодельный спорт стал культивироваться Международной авиационной федерацией FAI, разработан кодекс FAI, проводятся Всероссийские и международные соревнования.

По правилам соревнований все модели участников должны соответствовать определённым требованиям и, чтобы победить на соревнованиях, надо изготовить модель летающую лучше всех. Для этого необходимо увеличить высоту взлёта модели, но сделать это сложно, так как запас энергии на модели ограничен весом резиномотора, который проверяется во время проведения соревнований. Остается только увеличивать коэффициент использования энергии резины, а это механизация в полёте воздушного винта по изменению геометрических характеристик. Крутящий момент резиномотора переменный и имеет нелинейную характеристику. А крутящий момент необходимый для привода воздушного винта пропорционален диаметру винта в пятой степени. Для реализации имеющегося крутящего момента и увеличения КПД воздушного винта надо в полёте изменять диаметр и шаг. В существующих конструкциях изменяют шаг винта, так как это конструктивно проще, но это влечёт за собой увеличение скорости полёта, а значит и вредного сопротивления крыла. Выигрыш получается небольшой. Увеличение диаметра винта с одновременным увеличением шага позволяет использовать воздушный винт более качественно. Выигрыш получается больше.

Задача: проектирование механизмов, позволяющих увеличить КПД, уменьшить расход топлива для выработки различных видов энергии, приводящих к снижению вредных выбросов в атмосферу.

Тема данной работы очень актуальна для понимания развития современной техники. Работа по увеличению КПД воздушного винта делает возможным в дальнейшем проектирование более сложных механизмов, направленных на увеличение КПД других изделий, потребляющих тепловую и электрическую энергию и связанных с улучшением экологии окружающего пространства. В современном мире это очень важно так как применение механизмов, увеличивающих КПД на машинах, генераторах ведет к уменьшению расхода топлива, а, следовательно, выбросов продуктов сгорания в атмосферу и улучшению состояния экологии окружающей среды и здоровья человека.

Цель данной работы: проектирование механизма увеличивающего КПД использования механической энергии воздушным винтом резиномоторной модели самолета.

Значение работы: На примере проектирования простого механизма рассматриваются вопросы проектирования более сложных механизмов, которые можно эффективно использовать в будущем при разработке новой авиационной техники.

1. Воздушный винт

В спокойном воздухе самолет может лететь горизонтально или с набором высоты только тогда, когда у него есть движитель. Таким движителем может быть воздушный винт или реактивный двигатель. Воздушный винт должен приводиться во вращение механическим двигателем. И в том и в другом случае тяга создается за счет того, что некоторая масса воздуха или выхлопных газов отбрасывается в сторону, противоположную движению.

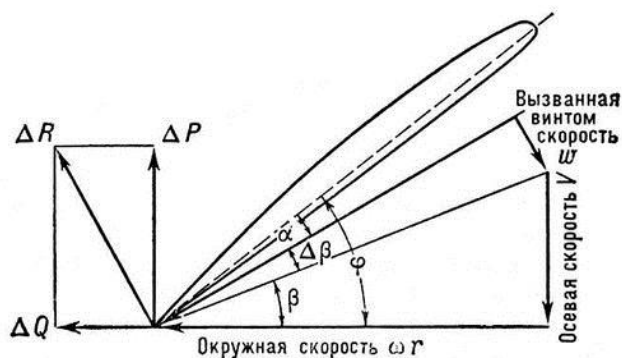


Рис.4. Схема сил, действующих на воздушный винт.

При своем движении лопасть воздушного винта описывает в пространстве винтовую линию. В своем поперечном сечении она имеет форму крыльевых профилей. В правильно спроектированном винте все сечения лопасти встречают поток под некоторым наивыгоднейшим углом. При этом на лопасти развивается сила, аналогичная аэродинамической силе на крыле. Эта сила, будучи разложенной на две составляющие (в плоскости винта и перпендикулярную плоскости) дают тягу и сопротивление рращению данного элемента лопасти. Просуммировав силы, действующие на все элементы лопастей, получают тягу, развиваемую винтом, и момент, потребный для вращения винта (Рисунок 4). В зависимости от величины потребляемой мощности применяются воздушные винты с различным числом лопастей — двух, трех и четырех лопастные, а также соосные винты, вращающиеся в противоположных направлениях для уменьшения потерь мощности на закручивание отбрасываемой струи воздуха. Такие винты

применяют на самолетах Ту-95, Ан-22, Ту-114. На Ту-95 установлены 4 двигателя НК-12 конструкции Николая Кузнецова (Рисунок 5). Концы лопастей у этих винтов вращаются со сверхзвуковой скоростью, создавая сильный шум (Натовское название самолета Ту-95 - «Медведь», принят на вооружение в 1956 году и ВВС России используют этот самолет по сей день). В авиамodelьном спорте для получения высоких результатов на соревнованиях используют и однолопастные винты. Коэффициент полезного действия винта зависит от величины покрытия винта

$$\sigma = \frac{KB_{max}}{D}$$

(где **K** – число лопастей, **B_{max}** – максимальная ширина лопасти), чем меньше величина покрытия винта, тем более высокий КПД винта можно получить. Беспредельному уменьшению покрытия препятствует прочность лопасти. Многолопастные винты не выгодны, так как они понижают КПД.

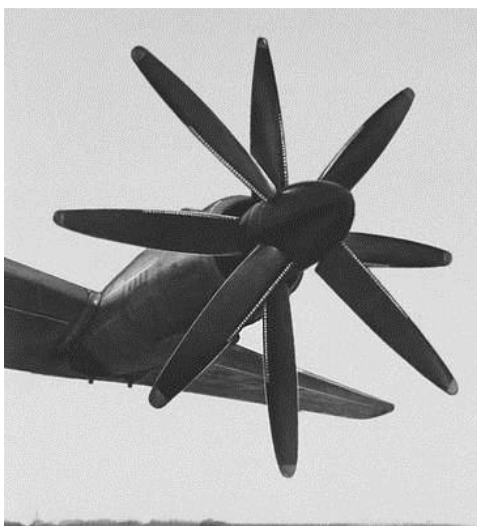


Рис.5. Самолет ТУ-95 с соосным винтом.

Первые воздушные винты имели фиксированный в полете шаг, определяемый постоянным углом установки лопастей винта. Для сохранения достаточно высокого КПД во всем диапазоне скоростей полета и мощностей двигателя, а так же для флюгирования и изменения вектора тяги при посадке

применяются винты изменяемого шага (ВИШ). В таких винтах лопасти поворачиваются во втулке относительно продольной оси механическим, гидравлическим или электрическим механизмом.

Для увеличения тяги и КПД при малой поступательной скорости и большой мощности воздушный винт помещают в профилированное кольцо, в котором скорость струи в плоскости вращения больше, чем у изолированного винта, и само кольцо вследствие циркуляции скорости создает дополнительную тягу.

Лопастей воздушного винта изготавливают из дерева, дюралюминия. Стали, магния, композиционных материалов. При скоростях полета 600-800 км/час КПД воздушного винта достигает 0,8-0,9. При больших скоростях под влиянием сжимаемости воздуха КПД падает. Поэтому воздушный винт выгоден на дозвуковых скоростях полета самолета.

Идею воздушного винта предложил в 1475 году Леонардо да Винчи (Рисунок 1), а применил его для создания тяги впервые в 1754 году М.В. Ломоносов в модели прибора для метеорологических исследований (Рисунок 2). К середине XIX века на пароходах применялись гребные винты, аналогичные воздушному винту. В XX веке воздушные винты стали применяться на дирижаблях, самолетах, аэросанях, вертолетах, аппаратах на воздушной подушке и др.

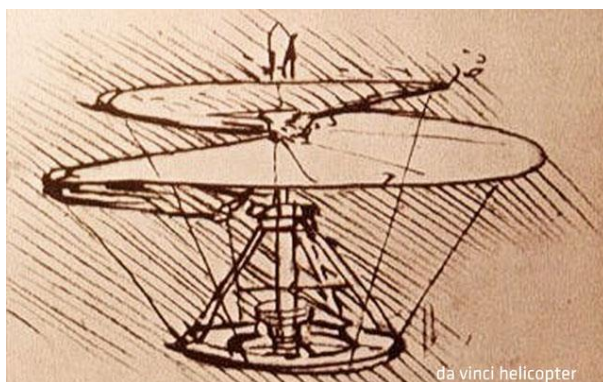


Рис. 1. Геликоптер. Идея, предложенная Леонардо да Винчи. Модель по эскизу Леонардо да Винчи.

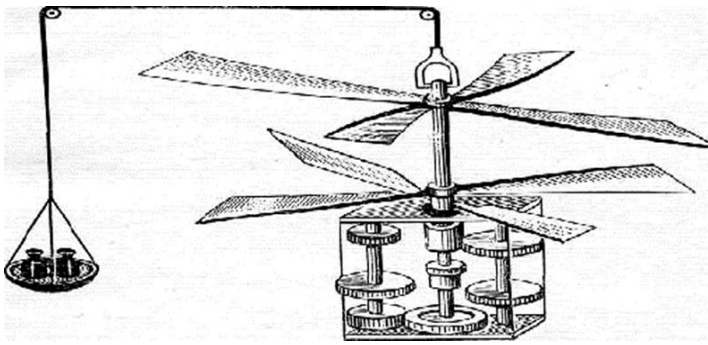
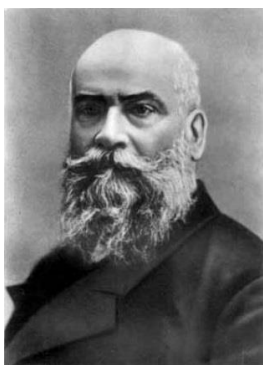


Рис.2. Модель прибора М.В. Ломоносова для метеорологических исследований.

Методы аэродинамического расчета и проектирования воздушных винтов основаны на теоретических и экспериментальных исследованиях. В 1892-1910 годах русский инженер-исследователь, изобретатель С.К. Девецкий разработал теорию изолированного элемента лопасти, а в 1910-1911 годах русские ученые Б.Н. Юрьев и Г.Х. Сабинин развили эту теорию. В 1912-1915 годах Н.Е. Жуковский создал вихревую теорию, дающую наглядное физическое представление о работе винта и других лопаточных устройств и устанавливающую математическую связь между силами, скоростями и геометрическими параметрами в такого рода машинах. В дальнейшем развитии этой теории значительная роль принадлежит В.П. Ветчинкину. В 1956 году советским ученым Г.И. Майкопаровым вихревая теория воздушного винта была распространена на несущий винт вертолета.



Н.Е. Жуковский

В настоящее время для создания крупногабаритных магистральных самолетов потребовались двигательные установки большей мощности и

очень экономичные. Одним из вариантов таких двигателей стали турбовентиляторные двигатели. Они обладают большой тягой и хорошей экономичностью. На всех зарубежных самолетах устанавливаются именно такие двигатели.

Развитие идеи Леонардо да Винчи воплотилось в создании газотурбинных двигателей с осевым компрессором. Лопатки осевого компрессора создают при своем движении повышение давления воздуха. Каждая ступень повышает давление на определенную величину и в конце сжатый компрессором воздух попадает в камеру сгорания, где к нему подводится тепло в виде сгорающего горючего. После чего горячий газ поступает на турбину, которая может быть и осевой и радиальной. Турбина в свою очередь крутит компрессор, а потерявшие часть энергии газы попадают в сопло и создают реактивную тягу.

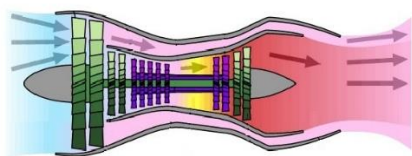
Лопатки компрессора, это часть лопасти воздушного винта. Таких лопаток в каждой ступени может быть несколько десятков. Между ступенями находится неподвижный спрямляющий аппарат, который состоит из таких же лопаток, только установленных под определенным углом к закрученному воздушному потоку. Закрутка происходит за счет движения лопаток компрессора по окружности. Количество ступеней компрессора может быть более 15.

Если всю энергию, полученную в результате сгоревшего топлива, срабатывать на турбине, то на валу двигателя получится избыток мощности, который можно использовать для привода воздушного винта. Получится турбовинтовой двигатель, и тяга будет создаваться воздушным винтом. Тяга за счет выхлопных газов будет минимальна.

Следующим этапом развития стали двухконтурные двигатели. В этих двигателях часть воздуха проходит не через компрессор (снаружи), обычно это происходит после первых двух ступеней компрессора. Такой двигатель

называется турбовентиляторным. Тяга двигателя создается за счет вентилятора (первые две ступени компрессора) и реактивной струи выхлопных газов. В данном случае вентилятор, а это по сути – воздушный винт, находится в профилированном корпусе.

Следующий этап развития это турбовинтовентиляторный двигатель (НК-93). Почему стали изготавливать такие двигатели? Да потому, что КПД винта на дозвуковых скоростях полета может приближаться к 0.9, а КПД реактивной струи гораздо меньше. Турбовинтовентиляторный двигатель в будущем – самый перспективный двигатель для самолетов, летающих на дозвуковых скоростях.



Двухконтурный турбореактивный двигатель.

В 1985 году ОКБ имени Н.Д. Кузнецова началось изучение концепции винтовентиляторного двигателя высокой степени двухконтурности. Было определено, что закапотированный двигатель с соосными винтами обеспечит на 7% большую тягу, чем незакапотированный ТВВД с одноступенчатым вентилятором.

В 1990 году КБ приступило к проектированию такого двигателя, получившего обозначение НК-93. Он предназначался прежде всего для самолетов ИЛ-96М, Ту-204П, Ту-214, но заинтересованность в новом двигателе проявило и Министерство обороны (планируется установка его на военно-транспортном Ту-330).



Самолет ИЛ-76 ЛЛ с двигателем НК-93. Двигатель НК-93.

НК-93 выполнен по трехвальной схеме с двигателем закопотированного двухрядного винтовентилятора противоположного вращения СВ-92 через редуктор. Редуктор планетарный с 7 сателлитами. Первая ступень винтовентилятора 8-лопастная, вторая (на нее приходится 60% мощности) – 10-лопастная. Все лопасти саблевидные с углом стреловидности 30^0 на первых 5 двигателях изготавливали из магниевового сплава. Теперь их изготавливают из углепластика.

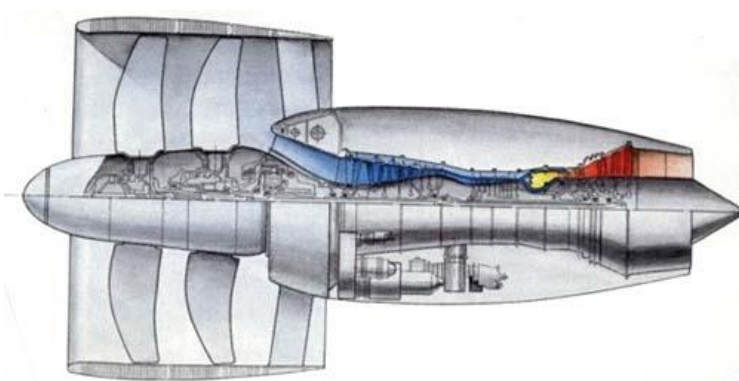


Схема двигателя НК-93.

Технические характеристики нового двигателя в мире аналогов не имеют. По параметрам термодинамического цикла НК-93 близок к ныне разрабатываемым за рубежом двигателям, но имеет лучшую экономичность (на 5%). Летные испытания проводятся на самолете ИЛ-76ЛЛ. Изюминкой этой винтомоторной установки является планетарный редуктор и винтовентилятор. Угол установки лопастей может изменяться в пределах

110° при работе двигателя. Подобный редуктор применяется в двигателях НК-12 на самолете Ту-95 и подобный редуктор используется в установках перекачки газа на магистральных газопроводах (НК-38). Так что опыт у нас есть.

На занятиях в авиамodelьной лаборатории Костромского областного центра детского (юношеского) технического творчества рассматриваются вопросы теории полета самолетов и летающих моделей. С целью улучшения летных характеристик резиномоторных моделей, а также улучшения результатов выступления на соревнованиях была рассмотрена работа винтомоторной установки. Рассмотрев характеристики резиномотора, энергия которого определяет высоту взлета модели, выяснено, что крутящий момент резины на валу винта имеет нелинейную характеристику. Максимальный крутящий момент превышает средний момент в 4-5 раз. Крутящий момент, необходимый для вращения винта равен

$$M_{кр} = \frac{\beta}{2\pi} \rho D^5 n_s^2, \quad где$$

β - аэродинамический коэффициент

ρ - плотность воздуха

D - диаметр винта

n_s - обороты винта в секунду

Из теории известно, что для того, чтобы КПД винта был достаточно высоким, необходимо неограниченно увеличивать диаметр винта. Как известно, конструктивно это условие выполнить нельзя. Но, зная это видим один из возможных способов увеличения продолжительности полета резиномоторной модели. Было принято решение компенсировать изменение крутящего момента изменением диаметра винта. Конструктивно изменять диаметр винта на величину, пропорциональную изменению крутящего момента довольно сложно, поэтому введено еще и изменение шага винта.

Получился винт изменяемого диаметра и шага (ВИДШ). В большой авиации изменение диаметра воздушного винта не применяется из-за сложности конструкции и больших скоростей на концах лопастей, соизмеримых со скоростью звука, уменьшающих КПД винта.

Можно увеличить КПД воздушного винта путем уменьшения покрытия винта. Это значит, сделать винт однолопастным. Такие винты сейчас применяются на скоростных кордовых моделях. Результаты очень положительные. Скорость возрастает на 10-15 км/час, но там другие условия работы. Двигатель работает на постоянных оборотах и постоянной максимальной мощности. На резиномоторных моделях энергия резиномотора переменна и не линейна. При использовании однолопастного винта с изменяемым диаметром и шагом возникают сложности с противовесом лопасти винта. Поэтому принято решение для увеличения КПД воздушного винта резиномоторной модели самолета использовать винт двухлопастный с изменяемым диаметром и шагом (ВИДШ).

2. Технические требования к модели самолета класса F1B

На конкурс представлена резиномоторная модель самолёта по классификации ФАИ – F1B, изготовленная Надежиным Никитой под руководством Смирнова Виктора Борисовича.

С этой моделью Надежин Никита в 2013 году на Первенстве России по авиационному моделированию стал чемпионом.

Резиномоторная модель – это модель летательного аппарата, которая приводится в движение двигателем из резины; подъёмная сила модели возникает за счёт аэродинамических сил, воздействующих на несущие поверхности модели.

Технические характеристики резиномоторных моделей должны соответствовать требованиям FAI:

площадь несущей поверхности – 17-19 дм²

минимальный вес модели без резиномотора – 200 г

максимальный вес смазанного резиномотора – 30 г.

Каждый участник соревнований имеет право на 7 зачётных полётов продолжительностью не более 3-х минут каждый. Запуск модели должен быть произведён в ограниченное время, объявленное заранее. Сумма времени всех зачётных полётов каждого участника используется для окончательного распределения мест среди участников.

За время полёта модель может улетать от места старта на расстояние до 2,5-3 км. Для поиска модели на неё устанавливается радиопередатчик весом 4 грамма с питанием на несколько суток. У участника соревнований имеется радиоприёмник с направленной антенной для обнаружения модели.

Взлёт модели осуществляется за счёт энергии резиномотора, которая приводит во вращение воздушный винт. Изменение крутящего момента

резиномотора при его раскрутке происходит неравномерно и максимальное его значение превосходит среднее значение в 4-5 раз. Поэтому в первоначальный момент взлёта модели воздушный винт работает на нерасчетных режимах, т.е. идет проскальзывание винта в воздушном потоке. Для того чтобы аэродинамически загрузить воздушный винт и использовать имеющуюся энергию резиномотора в полном объёме, необходимо увеличивать диаметр винта и угол установки лопастей винта в начальный период взлёта. Это хорошо показано в книге А.А. Болонкина «Теория полета летающих моделей»

3. Описание конструкции воздушного винта

Особенностью данной модели является воздушный винт (Приложения №4,5,6), который во время взлёта модели изменяет диаметр и шаг. Механизм винта при изменении крутящего момента резиномотора позволяет изменять диаметр винта и угол установки лопастей. Это позволяет существенно увеличить КПД винта и, следовательно, высоту взлёта модели, и, соответственно, увеличиваются продолжительность полёта и результат на соревнованиях.

Конструкция механизма винта представлена на сборочном чертеже 10.1000.5200.00 СБ ВИДШ (винт изменяемого диаметра и шага, Приложение №3) и представляет собой корпус, в котором на 2-х подшипниках вращается вал винта из стали 30ХГСА. На валу установлена ступица винта, также на 2-х подшипниках, далее идёт втулка, имеющая возможность вращаться вокруг вала. На втулке установлены шатуны, на которых подвешены лопасти винта, изготовленные из бальзы. Шатуны установлены на осях, расположенных на радиусе $R=11$ от оси вала и под углом к нему примерно 6 градусов. Втулка и ступица соединены между собой упругим элементом (резиновое кольцо). В ступице имеется паз, ограничивающий перемещение втулки относительно ступицы. Это определяет рабочие углы поворота втулки и величину выдвижения шатунов. При приложении к валу винта крутящего момента относительно лопастей винта возникает сила, проворачивающая втулку относительно ступицы, при этом происходит выдвижение шатунов из ступицы и их проворот вокруг поперечной оси вала за счёт движения осей шатуна по образующей однополостного гиперболоида вокруг вала. В конструкции предусмотрено изменение угла наклона осей шатунов, что позволяет регулировать диапазон изменения шага при регулировке модели. (в первоначальном варианте регулировка пределов изменения шага не предусматривалась, чертёж 10.0000.5100.00 СБ, Приложение №2). Перемещение шатунов пропорционально крутящему моменту,

приложенному к валу винта, относительно лопастей. На втулке установлен стандартный стопор, стопорящий лопасти винта в нужном положении после раскрутки резиномотора. Изменение шага при увеличении диаметра на 25 мм составляет 5^0 , что на R лопасти=200мм изменяет шаг с 670 мм до 815 мм. Для изготовления деталей использованы малогабаритные шарикоподшипники и высокопрочные материалы Д16Т, ЗОХГСА, 65С2ВА, 12х18Н10Т и углепластик.

4. Описание модели самолета

Конструкция самой модели представлена на чертеже 10.0000.5000.00СБ. (Приложение №1,7)

Продольный набор крыла состоит из двух углепластиковых лонжеронов переменного сечения, углепластикового кессона, передней и задней кромок из углепластика.

Поперечный набор состоит из нервюр, выполненных из бальзы, покрытых сверху и снизу углепластиковыми накладками толщиной 0,2 мм. На крыле применен профиль «Андрюков». Центр тяжести расположен на 54% САХ.

Весь набор собран на эпоксидной смоле. Крыло обтянуто синтетической бумагой (полиэстером) на эмалите. Для удобства транспортирования крыло имеет поперечный разъем с узлами крепления. Стабилизатор и киль выполнены аналогично крылу.

Фюзеляж состоит из двух частей. Передняя силовая часть выполнена из трубки, изготовленной из СВМ (кевлар) и углепластикового пилон, в который установлены программный механизм (таймер) и передатчик для поиска модели, спереди и сзади вклеены силовые шпангоуты из алюминиевого сплава Д16Т.

Хвостовая часть представляет конус и состоит из 2-х слоёв высокопрочной алюминиевой фольги Д16Т толщиной 0,03 мм, между которыми вклеен слой углеткани на эпоксидной смоле. На конце хвостовой части установлена площадка для крепления стабилизатора и механизм перебалансировки и посадки модели.

На модели используются резиномоторы из резины FAI “Super sport”, состоящие из 14 колец сечением 1/8^{//}

Применение в данном классе моделей механизма, позволяющего одновременно изменять диаметр и шаг винта в зависимости от крутящего момента резиномотора, позволило увеличить коэффициент полезного действия воздушного винта, что выразилось в прибавлении высоты взлета модели на 10-12 метров, продолжительность полета увеличилась на 35-40 секунд по сравнению с другими моделями, а также улучшилась стабильность полетов. И как следствие - победа на соревнованиях.

Заключение

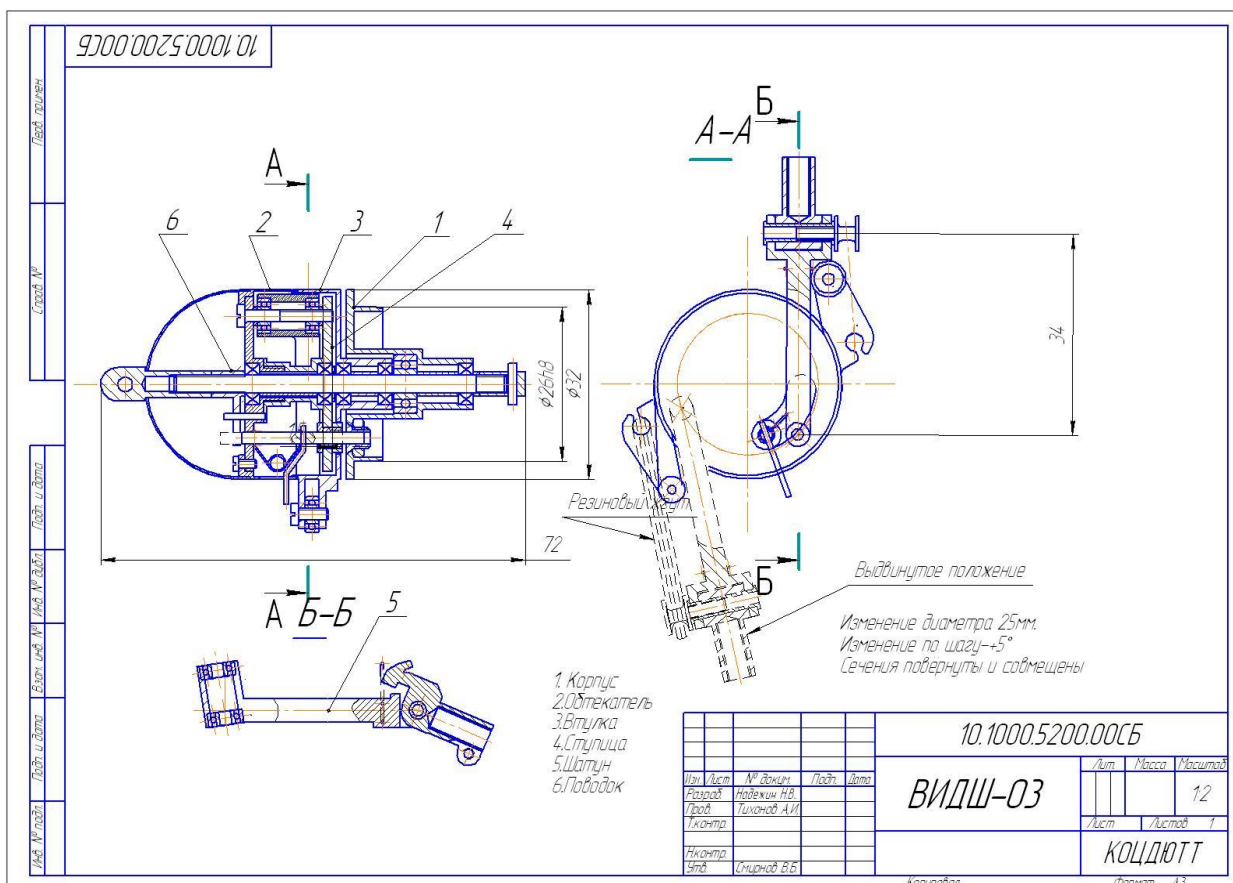
Вывод: Принцип преобразования поступательного движения во вращательное, заложенное в данной конструкции, может использоваться в случаях, когда нельзя использовать простые рычажные механизмы.

Практические рекомендации: Подобный механизм можно использовать в приводе элеронов крылатой ракеты. Поступательное движение тяги внутри крыла, вдоль задней кромки преобразуется во вращательное движение элерона. Использовать другие механизмы довольно сложно из-за малой строительной высоты профиля крыла в районе расположения элерона и удаления элерона от корпуса ракеты.

Таким образом, на примере проектирования простейшего механизма по увеличению КПД можно рассмотреть вопросы по созданию более совершенных механизмов преобразования энергии углеводородов в механическую тепловую и электрическую энергию, что в современных условиях позволит снизить уровень выброса вредных веществ в атмосферу и улучшить состояние экологии окружающей среды и здоровье Человека.

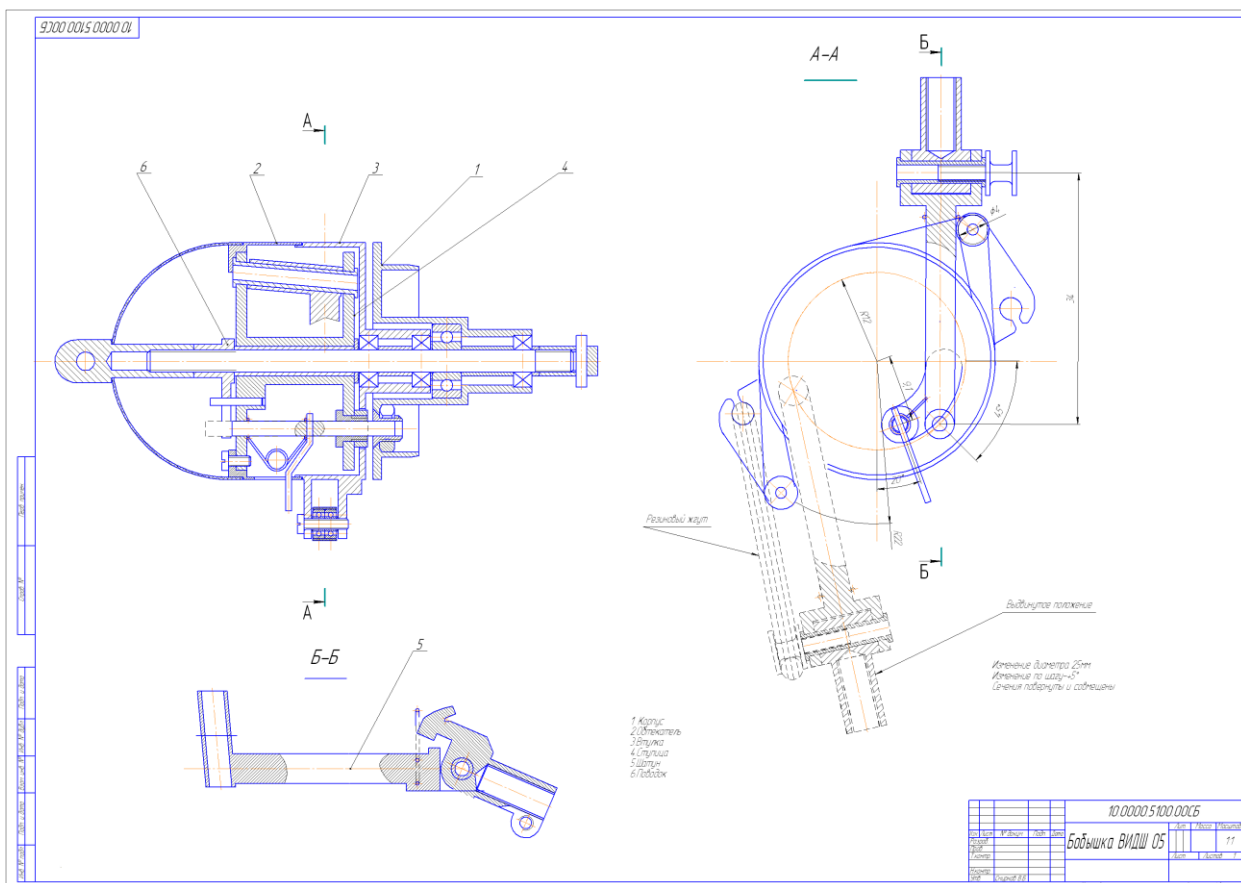
Список литературы, программного обеспечения

1. А.А.Болонкин. Теория полета летающих моделей, изд. ДОСААФ 1962г.
2. Э.П.Смирнов. Как спроектировать и построить летающую модель самолёта, изд. ДОСААФ 1973г.
3. Шмитц Ф.В. Аэродинамика малых скоростей, изд. ДОСААФ 1961г.
4. Проектирование выполнено в программе Компас V-11



(приложение №1)

ЧЕРТЕЖ 10.0000.5000.00СБ



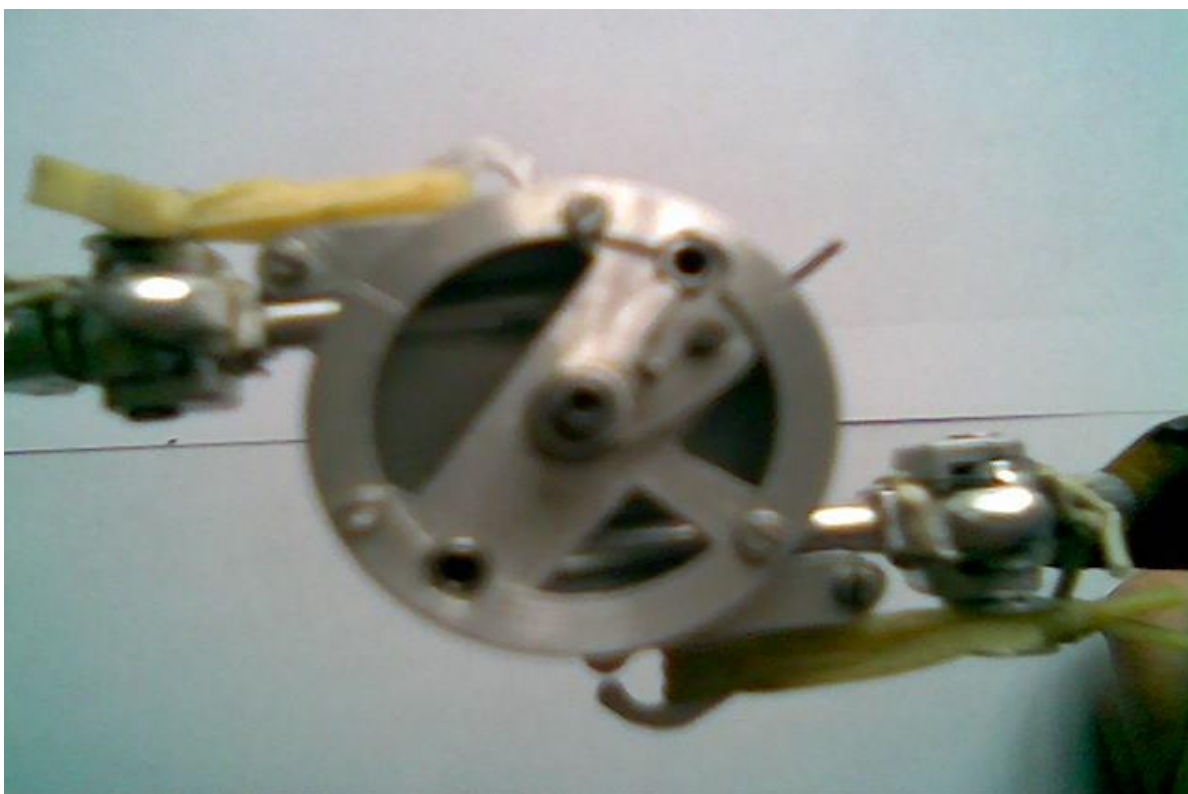
(приложение №2)

ЧЕРТЁЖ 10.0000.5100.00 СБ



(приложение №4)

**ВОЗДУШНЫЙ ВИНТ ИЗМЕНЯЕМОГО
ДИАМЕТРА И ШАГА В СБОРЕ СО
СЛОЖЕННЫМИ ЛОПАСТЯМИ**



(приложение №5)

**ВОЗДУШНЫЙ ВИНТ ИЗМЕНЯЕМОГО
ДИАМЕТРА И ШАГА СО СНЯТЫМ
ОБТЕКАТЕЛЕМ**



Приложение №6

ВОЗДУШНЫЙ ВИНТ ИЗМЕНЯЕМОГО ДИАМЕТРА И ШАГА С РАЗДВИНУТЫМИ ЛОПАСТЯМИ



Приложение №7

РЕЗИНОМОТОРНАЯ МОДЕЛЬ САМОЛЕТА. ВЗЛЕТ