

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕРЕВЯННЫХ ПРОПЕЛЛЕРОВ AXIAL

Исламов Р. А.



Екатеринбург

2012

Технология изготовления деревянных пропеллеров Axial– Екатеринбург. Ravill replica propeller, 2012 г.-57с.

Внимание!

Все права на издание защищены и принадлежат автору. За незаконное воспроизведение в любой форме и любыми средствами, распространение или переработку настоящего издания “Технология изготовления деревянных пропеллеров Axial”, а также его частей, а равно присвоение авторства наступает ответственность, предусмотренная статьями 48 и 49 Закона РФ “Об авторском праве и смежных правах”, статьей 146 Уголовного Кодекса РФ и статьей 7.12 “Кодекса об административных правонарушениях” от 30.12.2001 г.

Оглавление:

Введение.....	3
Основные технические данные.....	4
Краткое описание.....	5
Используемые инструменты и оборудование.....	5
Изготовление шаблонов дрок.....	11
Изготовление шаблонов контрольных сечений.....	14
Исторически верный тип древесины	20
Выбор материала.....	21
Сушка древесины.....	21
Определение влажности материала.....	22
Выпиливание и подготовка дрок к склеиванию.....	23
Склеивание дрок.....	28
Сверловка отверстий.....	35
Обработка лопастей.....	37
Присадка	48
Клеймение и логотипы	50
Лакировка.....	52
Установка пропеллера на самолет.....	54
Приложение: следующий проект Garuda propeller.....	56



Введение

К сожалению, в отечественной литературе уделено очень, мало внимания по теме истории производства деревянных воздушных винтов. Чтобы написать данный материал автору потребовалось проанализировать множество зарубежной литературы по теме воздушных винтов со времен первой мировой войны. Винт является достаточно сложным элементом конструкции самолета не только для его расчета и проектирования, но и для его изготовления. Большие напряжения, которым подвержены лопасти воздушного винта предъявляют к их производству особые требования. Изготовление воздушных винтов требует от мастера владение столярным делом, знание назначения инструментов, умение ими пользоваться. Здесь мы попытаемся подробно рассмотреть пример изготовления деревянного воздушного винта Axial для Fokker DR1.

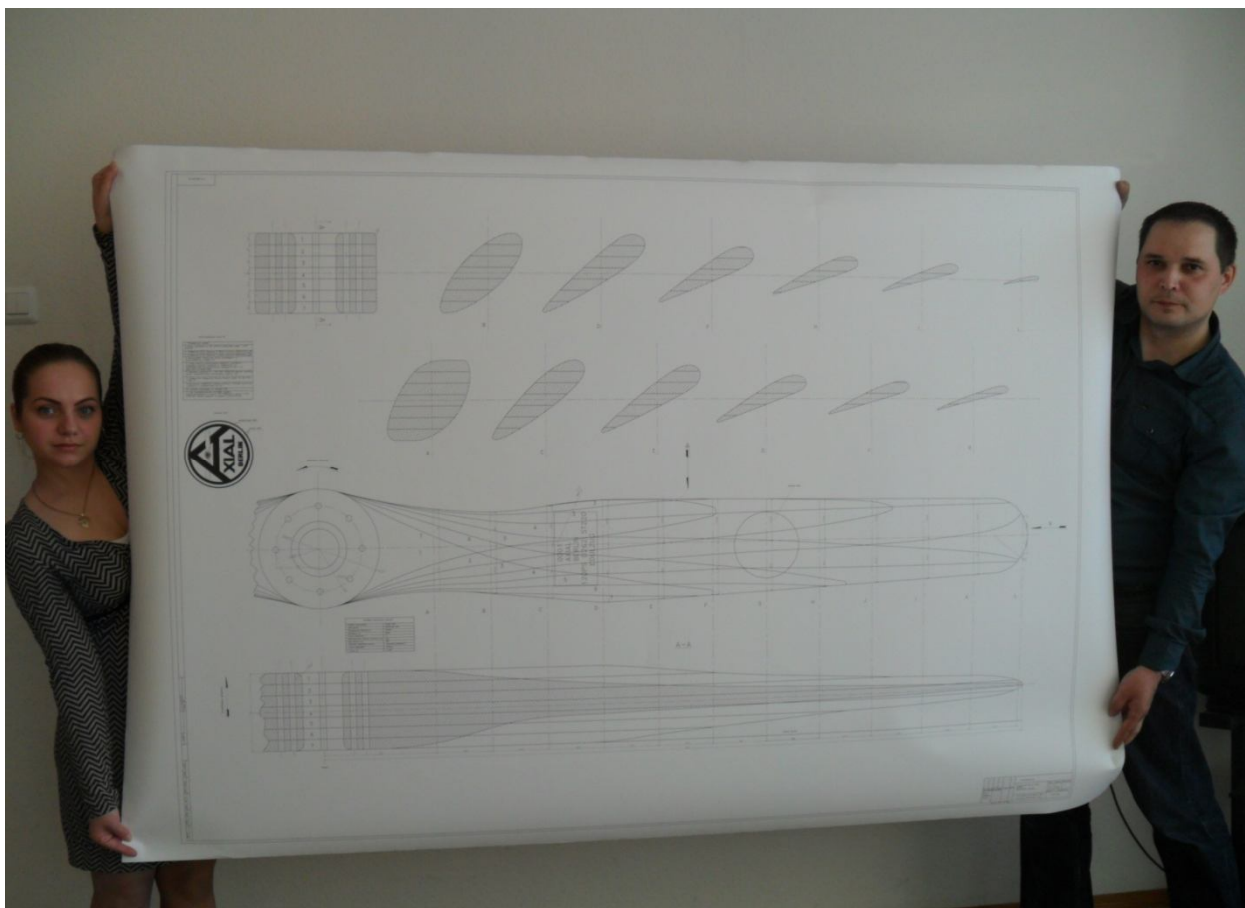
Воздушные винты Axial начиная с 1916 года, являлись, пожалуй, самыми распространенными на аэропланах Германии до конца первой мировой войны. Это обуславливалось не только их высокими техническими характеристиками, но также и относительной простотой в изготовлении по сравнению с другими типами винтов, а значит и быстротой и дешевизной производства, что в условиях военного времени было немаловажно.

По окончании первой мировой Антанта потребовала прекратить производство винтов, фирма Axial Propellerwerke, как и многие другие производители винтов была закрыта, а вся имеющаяся на фабрике продукция была уничтожена. К счастью до наших дней дошло много уцелевших хорошо сохранившихся экземпляров этих типов винтов, которые сейчас хранятся в музеях и частных коллекциях. По ним сегодня любители эпохи ранней авиации восстанавливая технологию их производства делают копии для реплик аэропланов.

Автор: Исламов Р. А.

Основные технические данные воздушного винта Axial для Fokker DR1

Тип винта	тянущий, неизменяемого, переменного шага (сечения имеют разный геометрический шаг)
Схема работы	прямая
Направление вращения	правое
Диаметр винта, м	2,620
Шаг	2200мм
Толщина ступицы	140мм
Диаметр ступицы	210мм
Число лопастей	две
Материал	орех \ береза



Краткое описание

Пропеллер представляет собой одну деталь, склеенную из дрок и обработанную так, чтобы от ступицы исходили лопасти. Лопасти выполнены с переменной толщиной - постепенным утолщением к корню. Форма профиля винта ближе к ступице имеет выпуклую рабочую часть. Сечения у корня не профилированы.

На изготовление пропеллера Axial идут орех и береза. Каждый винт состоит из семи дрок (толщина дрок 20мм).

Ступица имеет сквозное отверстие и зажимается с помощью восьми болтов в стальной втулке. Втулка состоит из фланца с выступающей вперед цилиндрической частью, которая входит в отверстие ступицы винта и на шлицы которой устанавливается второй (передний съемный) фланец.

Использованию инструменты и оборудование

Электровлагомер Humitest MC 300WS



Карандаш простой конструктор ТМ



Угольник цельнометаллический или угольник, регулируемый с уровнем FIT



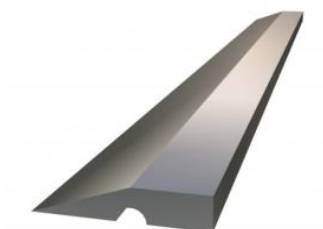
Уровень Stabila 100см



Кисть флейцевая, с натуральной щетиной lux-tools 60мм 20мм



Правило строительное 3м Сибртех



Тиски ручные поворотные Энкор



Верстак столярный ВСт-М



Фрейзер ручной Bosch Gof 2000



Фреза Bosch пазовая D 8мм



Фреза Bosch пазовая D 3мм



Фреза кромочная для закруглений с шарикоподшипником Bosh R12мм



Вертикально-сверлильный станок 2н125



Электролобзик Black Decker KS1000E



Рейсмусовый станок Makita 2012NB



Виброшлифовальная машина Hitachi SV-12V



Углошлифовальная машина Bosch PWS-115



Ленточная шлифовальная машина Hitachi SB8V2



Напильники полукруглый, круглый, плоский № 1,2,3 L 100-250мм PFERD



Набор надфилей Vira



Набор стамесок Narex



Шлифовальная бумага Mirka зернистости до P2000



Рубанок деревянный (шлифтик) 190x55 FIT



Рашпили L 250- 300мм плоский, полукруглый, круглый Stanley



Клейма ручные ударные латинский шрифт, цифровые Pryor



Сверло спиральное по дереву 10х 230 Энкор



Сверло перовое по дереву регулируемое 22-76 Stayler



Струг Pfeil прямой PF-ZUGSD режущая часть 250мм



Струбцина, кованная 120 х 200 – 10шт тип F Энкор



Струбцина, кованная 76 х 150 – 10шт тип G Энкор



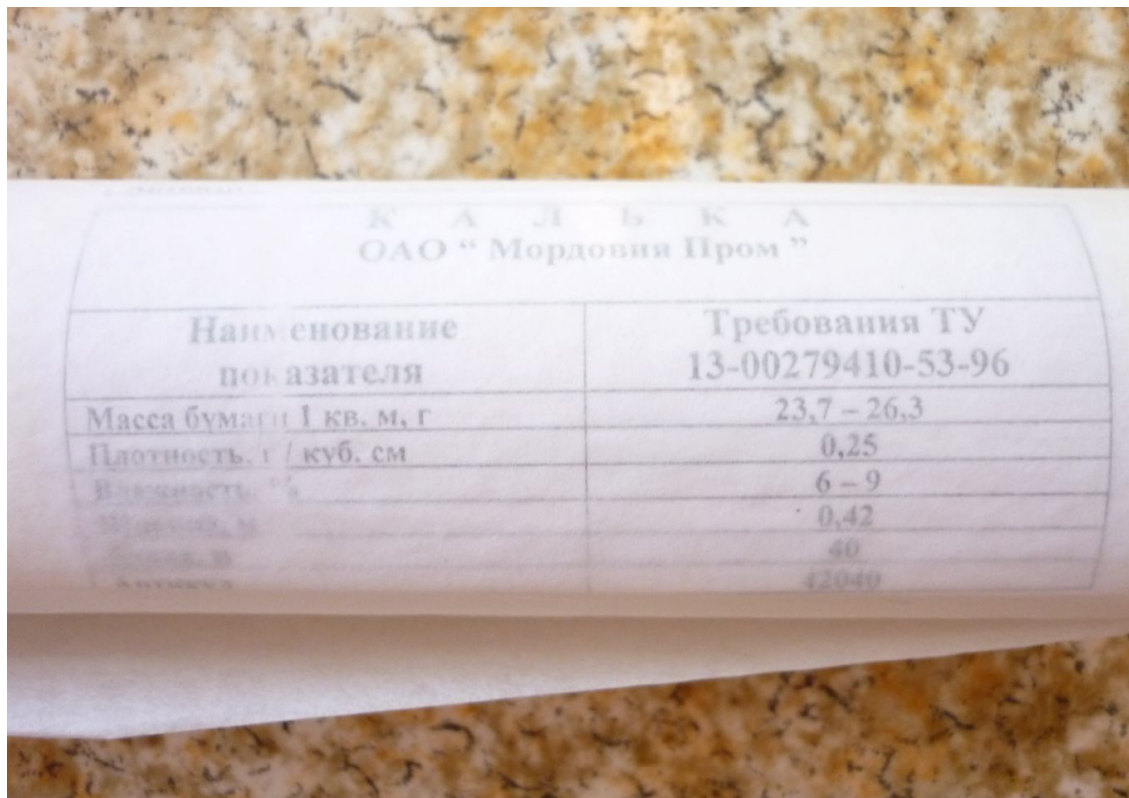
Шпатель резиновый 60мм Stayler



Изготовления шаблонов дрок

До начала изготовления винта необходимо изготовить семь шаблонов дрок пропеллера.

Для изготовления шаблонов дрок необходимо приготовить кальку, фанеру 8мм, клей обойный, например Келид экспресс и кисть флейцевую.



КАЛЬКА
ОАО "Мордовия Пром"

Наименование показателя	Требования ТУ 13-00279410-53-96
Масса бумаги 1 кв. м, г	23,7 – 26,3
Плотность, г / куб. см	0,25
Влажность, %	6 – 9
Скорость, м	0,42
Скорость, м	40
Скорость, м	42040



Выпиливаем заготовки шаблонов.



Переводим контуры дрок, осевые линии и линии сечений профилей на кальку.



Наносим клей с помощью флейцевой кисти 60 мм на поверхность заготовки шаблонов и приклеиваем кальку.



Это может получиться далеко не с первого раза – калька легко рвется, поэтому движения должны быть плавными.



Когда клей высохнет можно приступать к выпиливанию шаблонов.

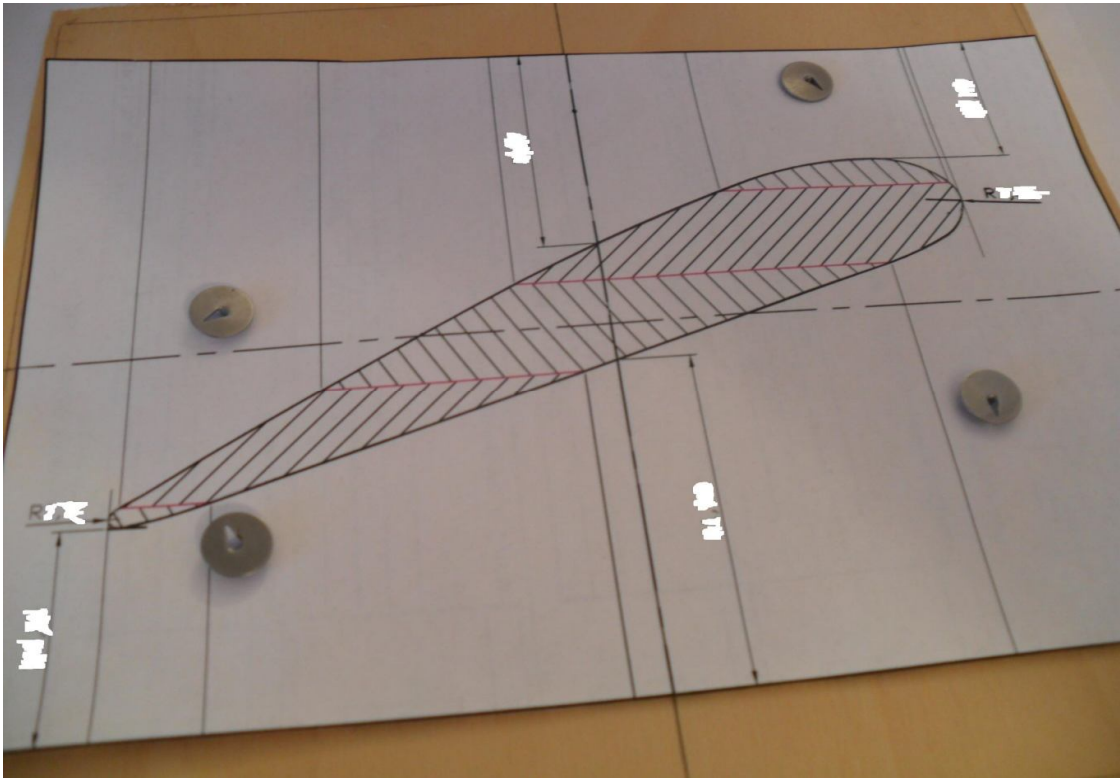


Изготовление шаблонов контрольных сечений

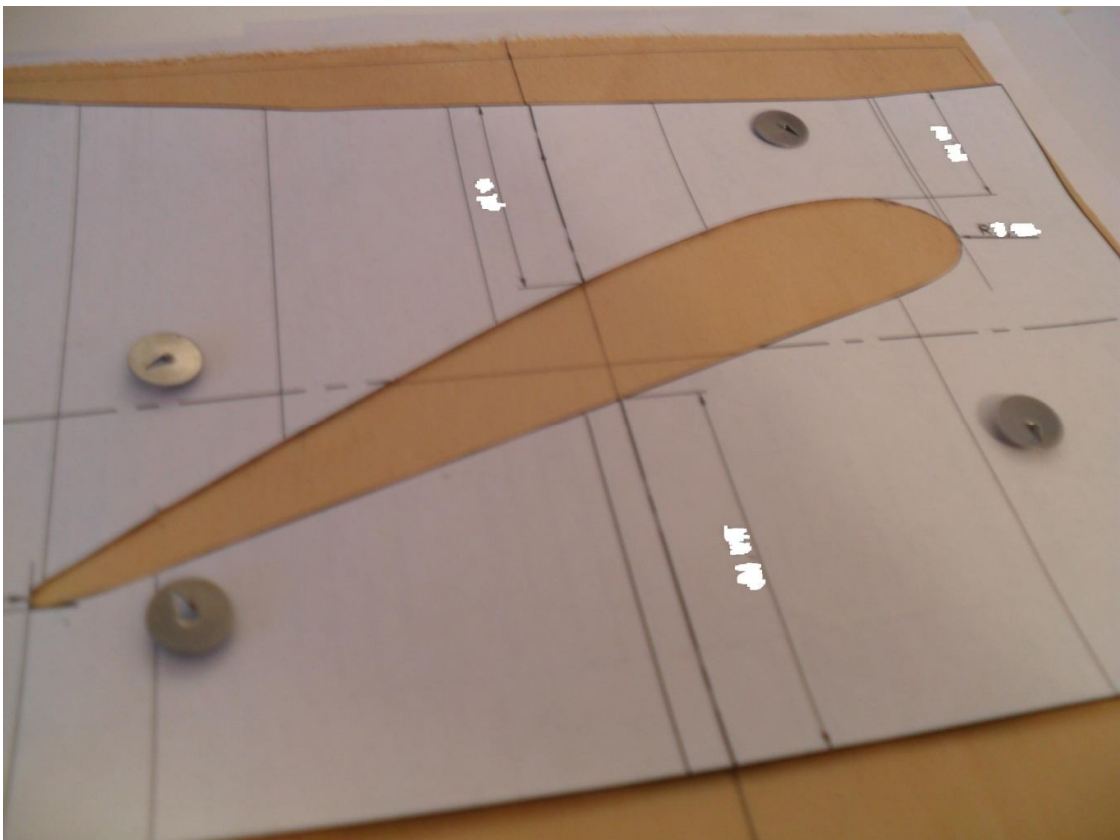
Контрольные сечения расположены начиная от радиуса 200мм через каждые 100мм – всего 12 сечений. Каждому сечению присвоена буква латинского алфавита (A...L). Таким образом, необходимо изготовить 12 шаблонов контрольных сечений рабочей части пропеллера , 12 шаблонов контрольных сечений верхней торцевой части пропеллера согласно чертежу.

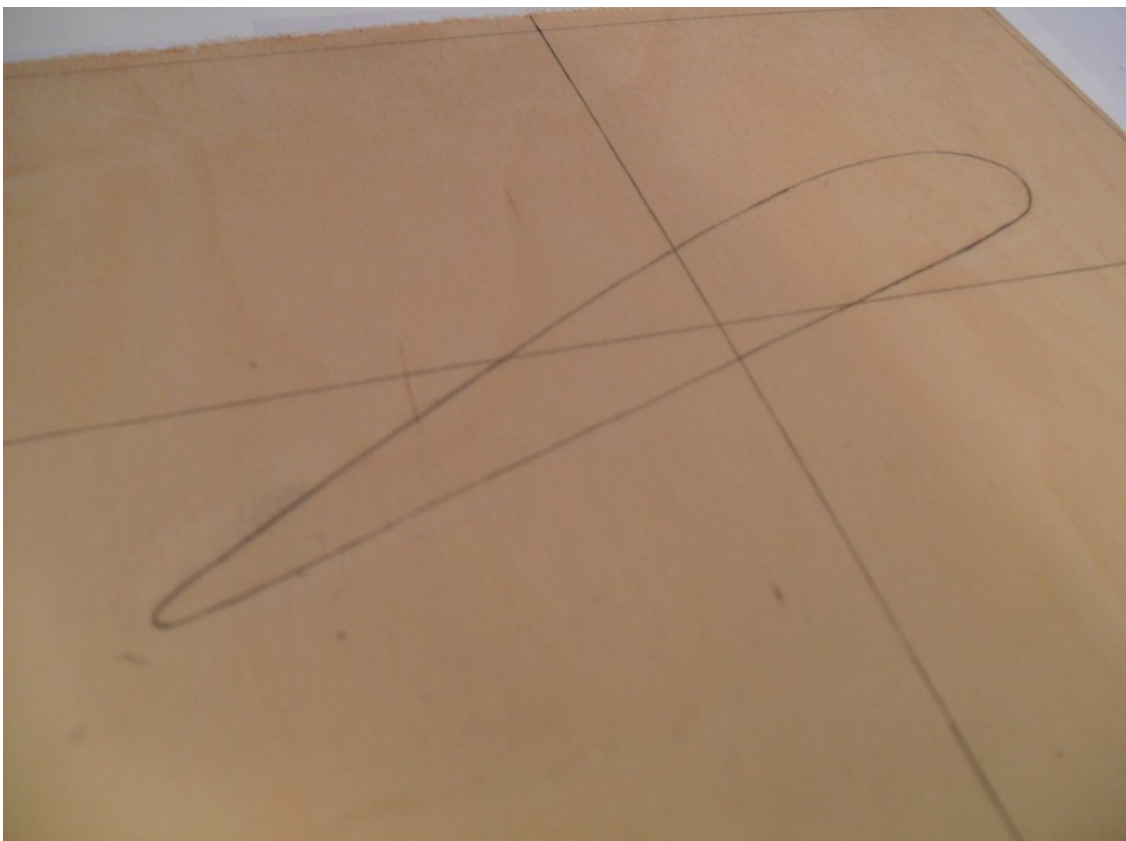
В начале необходимо из трехслойной фанеры выпилить заготовки размером 160 x 230мм т. е. на 10мм с каждой стороны превышающий диаметр и толщину ступицы.

В центре заготовки шаблона выбираем точку "0", через которую проводим осевые линии. Закрепляем на кнопках к заготовке распечатанное сечение контрольного профиля, совместив осевые линии.



Вырезаем изнутри контур и обводим карандашом.





Дальше фрезером вырезаем контур изнутри.



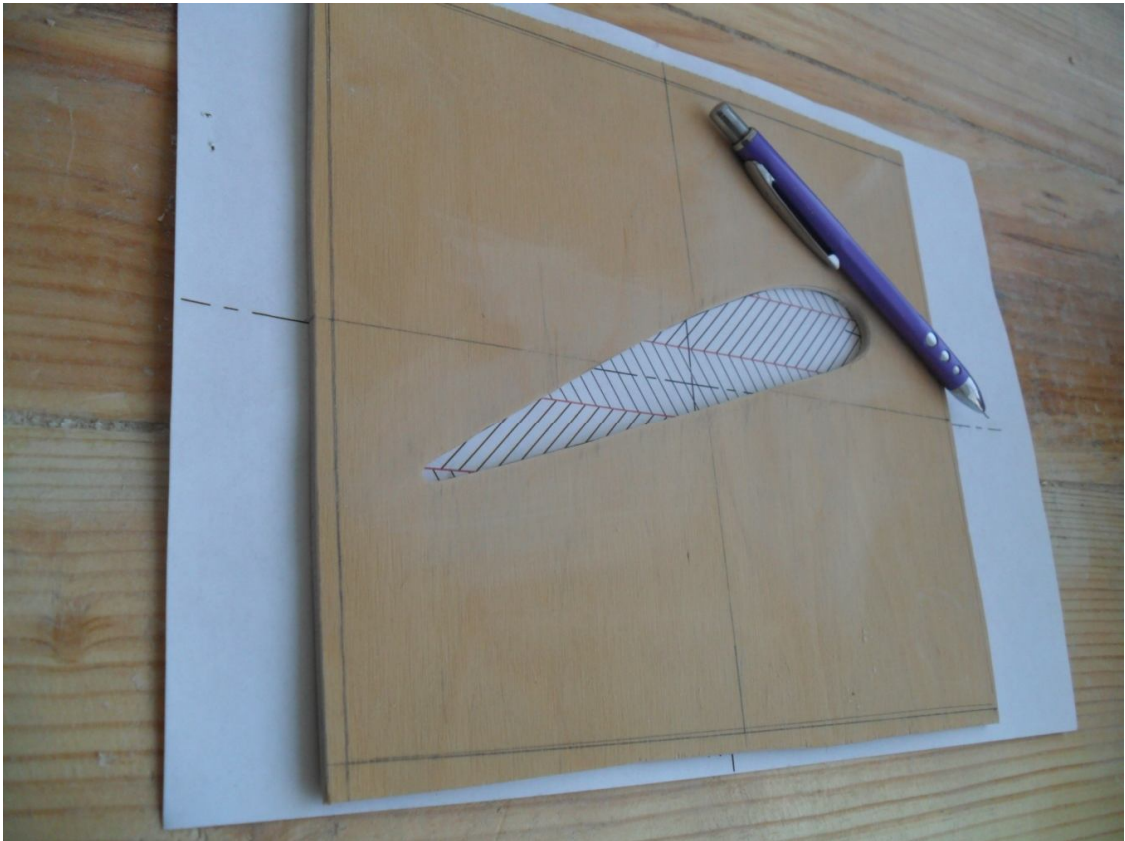
Используйте пазовые фрезы Bosch D 8, D3мм и специальную подкладку которая образует свободное пространство для удобного беспрепятственного фрезерования.



Напильниками и надфилями доводим контур до соответствия с чертежом.



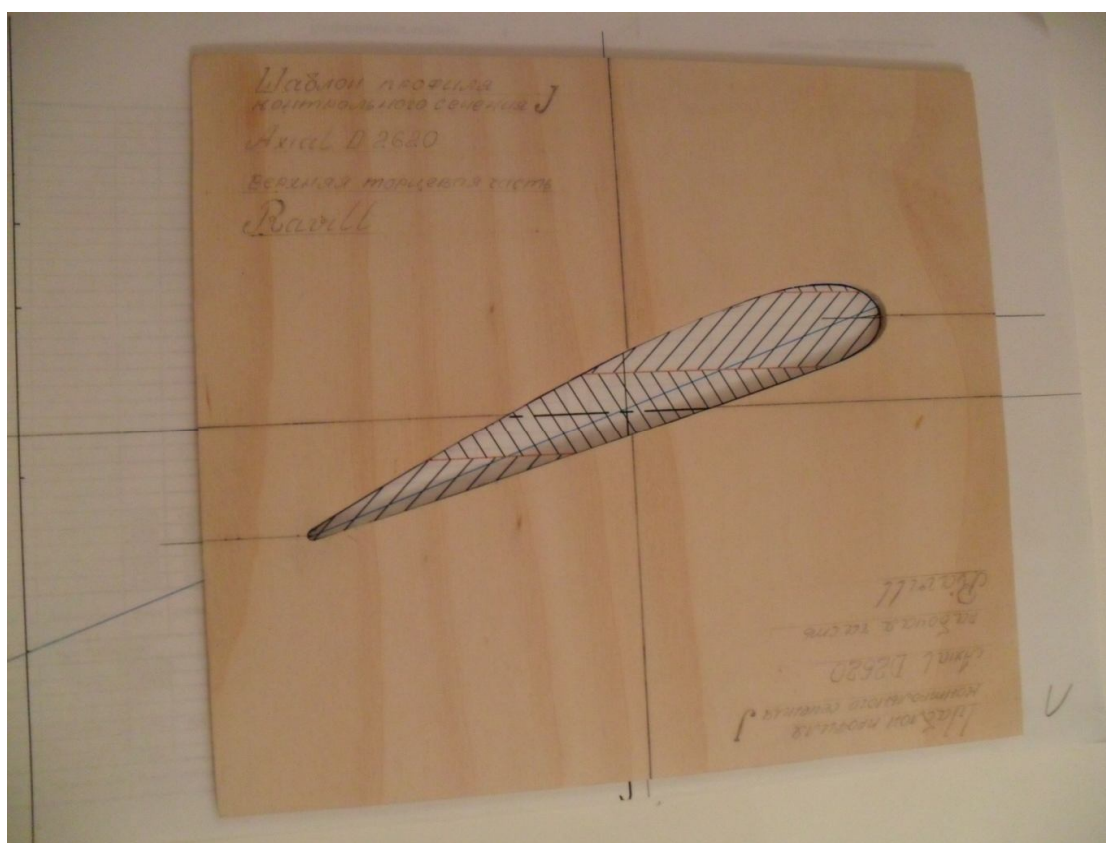
Необходимо стремиться к высокой точности их изготовления.



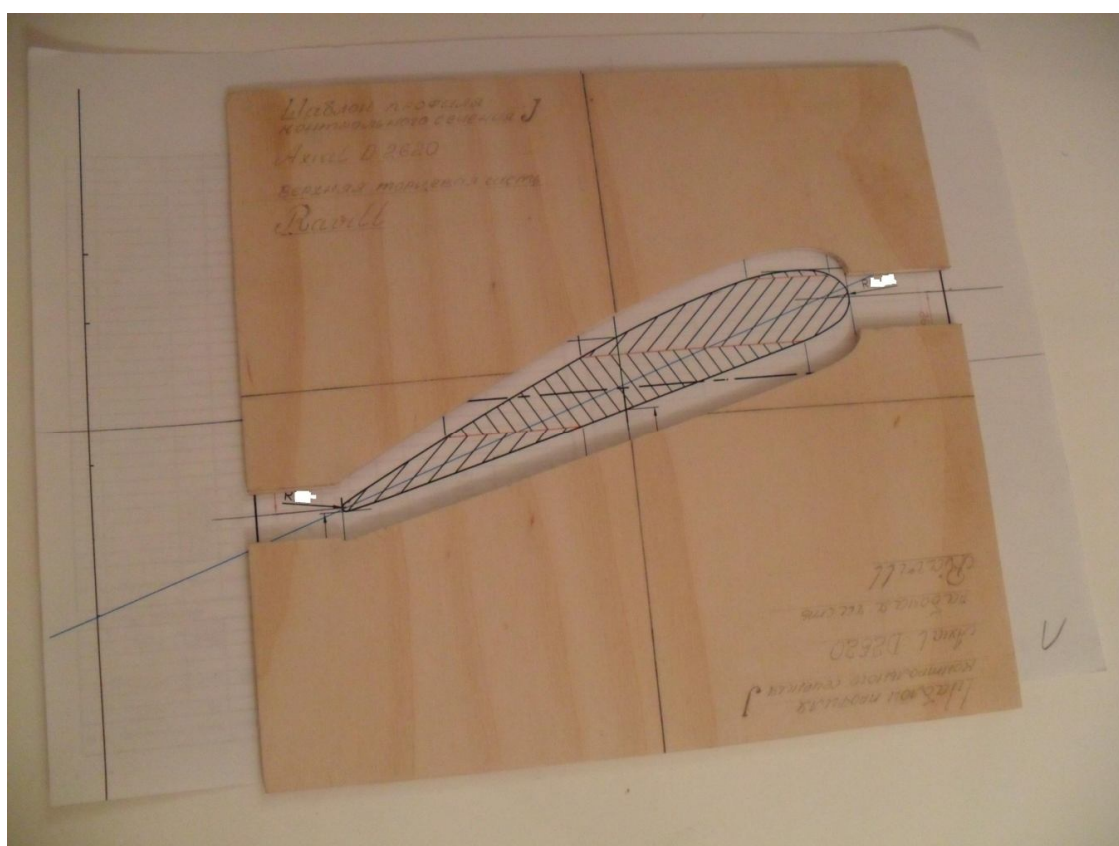
Постоянно контролируем профиль с чертежом.



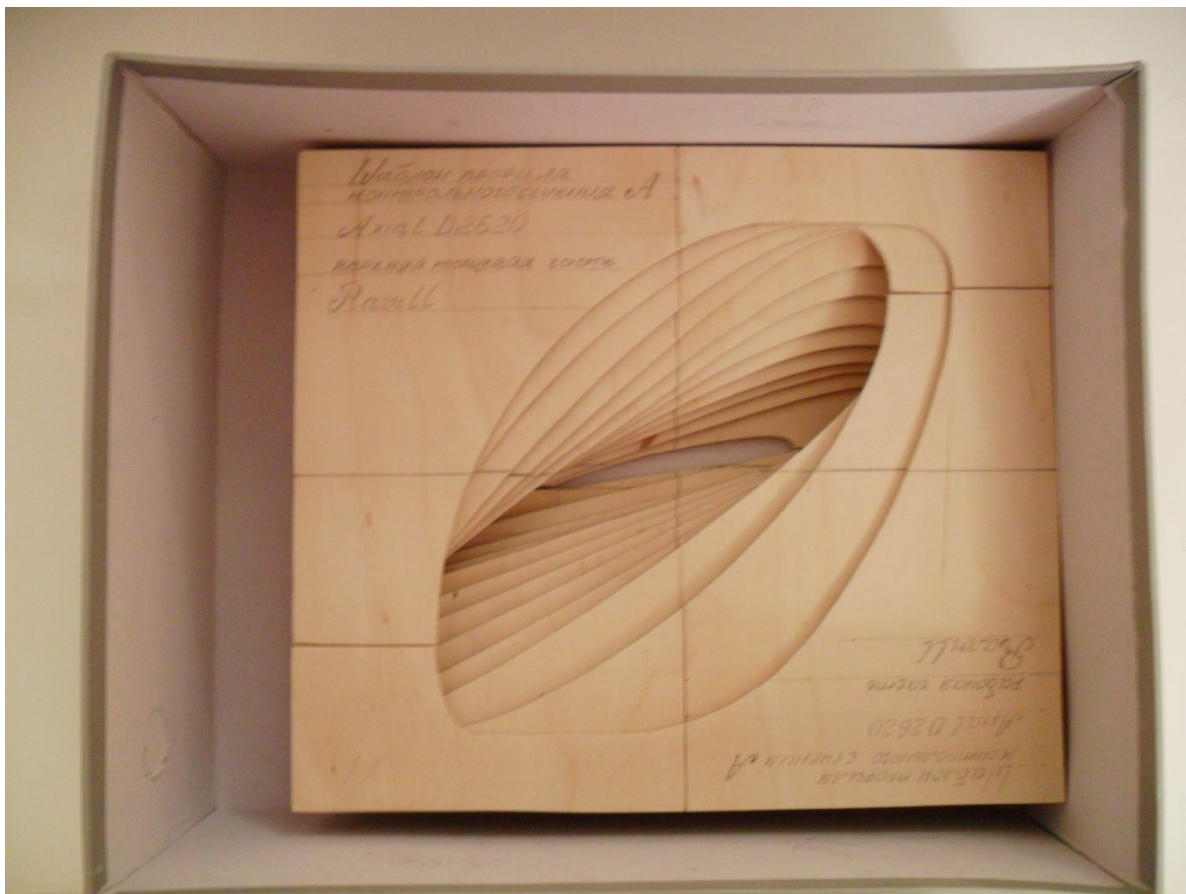
Зашлифовываем поверхность заготовки шаблонов.



Подписываем каждую часть профиля и размечаем линии разделения частей.



Делим заготовку на две части.



Продельываем эту операцию со всеми шаблонами и убираем их в подготовленную коробку. Готово!

Исторически верный тип древесины

Компания Axial в большей части своих винтов использовала орех и березу. Древесина березы отличается однородной плотностью, ее годовичные кольца слабо заметны. Она обладает большой сопротивляемостью раскалыванию, это качество делает березу особенно пригодной для изготовления из нее воздушных винтов. Наилучшим материалом для изготовления воздушных винтов является орех. Винты с использованием древесины ореха могут работать при очень больших окружных скоростях, когда другие сорта дерева оказываются непригодными. Склеивка заготовки из разных сортов древесины увеличивает их прочность, так как этим исключается вероятность совпадения слабых мест строения дерева; кроме того, этим предотвращается коробление дерева под влиянием усушки. Причиной такого совмещения также может быть то, что орех является одним из наиболее жестких типов древесины, в то время как берёза является более гибким. Таким образом, дроки из березы работают как эластичная связь между более жесткими дроками из ореха. Кроме того, сильное различие цветов ореха и березы делает отделку винта гораздо проще.

Известно также о винтах, сделанных компанией Axial, которые были изготовлены из дроков трех различных типов древесины, причем отличается количество дроков и их толщина. Учтите, что вообще толщина дроков воздушных винтов может варьироваться от 10 до 30мм.

Выбор материала



Следующим шагом будет выбор материала. При выборе досок следует обращать внимание на расположение годичных колец в ее толще (оно хорошо просматривается по торцу), отдавая предпочтение доскам с горизонтальным или наклонным расположением слоев, выпиленным из той части ствола, которая ближе к коре. Используйте только ту древесину, которая росла прямо. Видимые пороки древесины (сучки, трещины и т.д.) контролировать по ГОСТ 2140-81.

Обычно доска редко может быть идеально ровной. Иногда ее толщина по длине может немного изменяться или ее может немного повести в процессе сушки. Поэтому рекомендуется приобретать доски толщиной 25 мм, а после выпиливания прогонять дроки на рейсмусовом станке до необходимого размера 20мм, а верхний первый и нижний седьмой 22 - 23мм (обеспечивая припуск на обработку), устраняя различные неровности.

Вырезание дроков может быть начато только после просушки досок до влажности не более 12... 15%. Причина этого проста - могут возникнуть проблемы при склеивании дроков, так как клетки древесины заполнены влагой. Другая проблема заключается в том, что дроки из досок свежесрубленной древесины вскоре после склеивания могут значительно уменьшиться в размерах.

Для предотвращения растрескивания заготовок при сушке их торцы необходимо закрасить масляной краской или олифой. Часто эта операция выполняется уже на лесопильных предприятиях.

Сушка древесины

Существует два типа сушки пиломатериалов: камерная и атмосферная.

Камерная сушка - основной способ, при котором сушку пиломатериалов производят в сушильных камерах, имеющих нужное оборудование и приборы. В камерах регулируют температуру, влажность и степень циркуляции воздуха. Древесина прошедшая камерную сушку должна иметь влажность не более 13%.

Атмосферная сушка - естественная сушка на открытом воздухе под навесом.

Идеальной древесиной для воздушных винтов будет древесина прошедшая атмосферную сушку от 5 до 7 лет. Технические качества такой древесины (в отношении хрупкости и коробления) по сравнению с древесиной, пропускаемой через сушилки непосредственно после распиловки значительно выше, но найти ее в продаже будет не просто.

Определение влажности древесины

В практике применяются следующие способы определения влажности:

Весовой

Этот способ применяют на крупных предприятиях имеющих свои сушильные шкафы. При весовом способе от доски (контрольного образца) на расстоянии от торца 300 - 500 мм отпиливают секцию влажности толщиной 10 - 12 мм, тщательно очищают от заусенцев, опилок и взвешивают. Записывают результат в журнале, а секцию помещают в сушильный шкаф, с температурой до 103 °С. Через 6 часов сушки секцию взвешивают и массу записывают в журнал, затем вновь сушат и через каждые 2 ч после сушки взвешивают. Если после повторных взвешиваний масса секции не меняется, это означает, что секция высушена до абсолютно сухого состояния с влажностью $W_0 = 0\%$ и массой P .

Первоначальную влажность древесины образца определяют по формуле:

$$W = (P_n - P_c) : P_c * 100\%,$$

где W - первоначальная влажность, %;

P_n и P_c - начальная масса и масса в абсолютно сухом состоянии образца.

Метод взвешивания контрольных образцов

Также проверку текущей влажности в процессе сушки можно проводить методом взвешивания контрольных образцов длиной не менее 1000 мм, которые также выпиливают из досок, подлежащих сушке, на расстоянии 300 - 500 мм от торца, очищают от коры, заусенцев, опила, после чего торцы окрашивают краской. Образец взвешивают с точностью до 5г.

Электрический

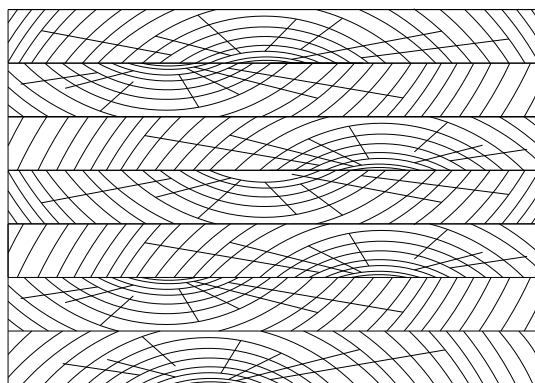
Сегодня широкое распространение получили электровлагомеры, определяющие влажность в диапазонах 7 - 60%. Таким способом влажность древесины может проконтролировать любой покупатель. Влажность древесины с их помощью контролируют на расстоянии не менее 0,5м от торцов, не менее чем в трех местах по длине, соблюдая принцип случайности.

Нельзя склеивать между собой дроки, влажность которых отличается более чем на 2%.
Ниже показана проверка влажности доски ореха с помощью электровлагометра.



Выпиливание и подготовка дроков к склеиванию

Перед выпиливанием дроков необходимо учитывать правила их подбора по годичным слоям. Неправильно подобранные по годичным слоям дроки могут неравномерно разбухать, подвергаться усушке и коробиться, что неизбежно будет вызывать искривление винта относительно оси симметрии лопастей. Такое искривление лопастей помимо изменения его аэродинамики вызывает биение винта, что в эксплуатации недопустимо. Годичные слои у рядом лежащих дроков должны быть направлены в разные стороны или находиться под углом одни к другим, чтобы у соседних досок было стремление коробиться в противоположные стороны.



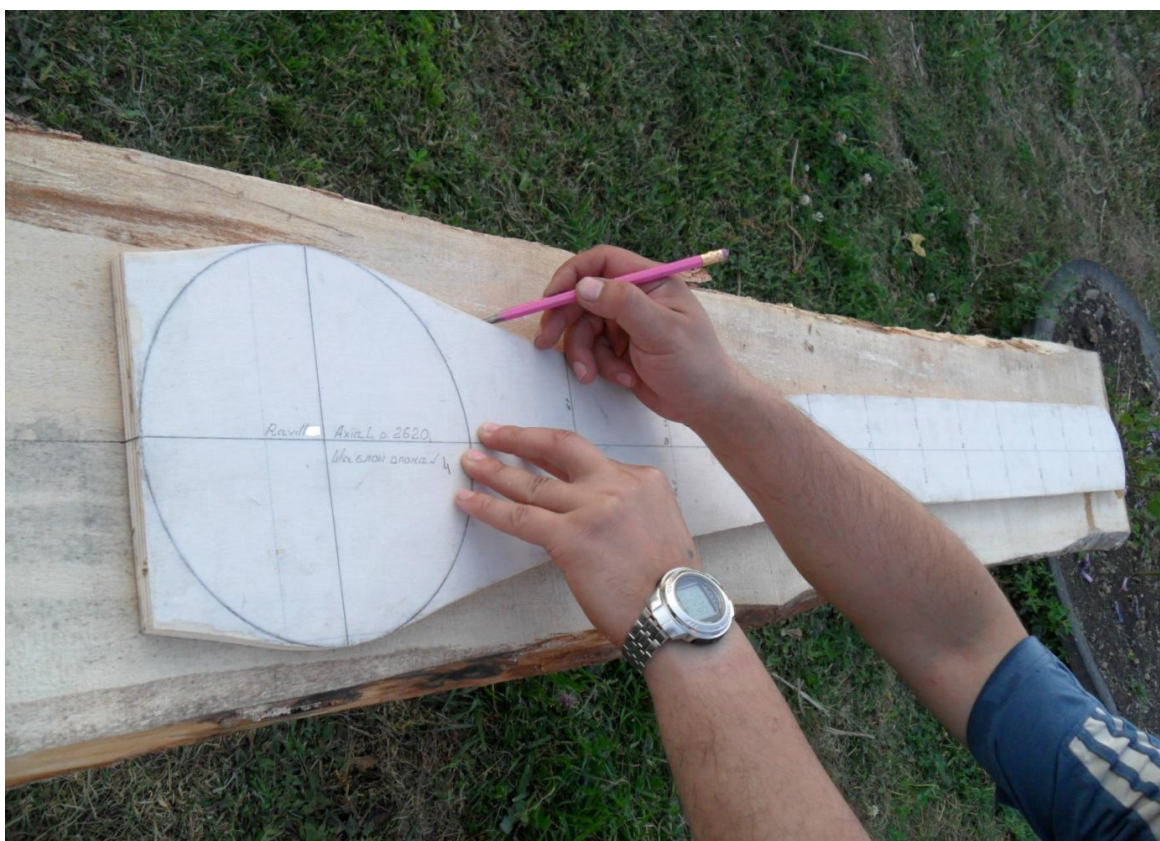
Орех
Береза
Орех
Береза
Орех
Береза
Орех

Расположение арок в пакете заготовки винта.

Самый верхний, и самый нижний дрок, всегда изготавливаются из более твердой породы древесины (в нашем случае орех), чтобы минимизировать проминание ступицы от втулки при затяжке болтов.



Строительным правилом наносим осевую линию на каждую доску.



Наложив шаблон лопасти на заготовку, совмещая осевые линии и укрепив его временно гвоздиками, обводят контур шаблона карандашом.



Затем поворачивают шаблон строго на 180° и обводят вторую лопасть.



После этого вы начинаете выпиливать вычерченные дроки из досок.



Выпиливая дроки необходимо оставлять допуск 5-7 мм на обработку с каждой стороны, так как после нужно будет кропотливо формировать профиль пропеллера. Советую в длину оставлять запас больше – вы убедитесь, так обрабатывать будет легче.



После выпиливания дроков для получения необходимой толщины и ровной поверхности на всей площади их необходимо прогнать на рейсмусовом станке.



Склеивание дрок

Сущность склеивания состоит в том, что клей по поверхности проникает в межклеточные и внутриклеточные пространства древесины, застывает там и таким образом как бы сшивает склеиваемые поверхности громадным количеством тончайших нитей. При этом между склеиваемыми поверхностями образуется очень тонкая клеевая пленка. Технологический процесс склеивания осуществляется в определенной последовательности и включает следующие операции: подготовку склеиваемых поверхностей; нанесение клея; время выдержки после наложения деталей до прессования; прессование; выдержку под давлением и выдержку после склеивания.

Под режимом склеивания понимают совокупность условий, которые необходимо соблюдать при выполнении всех операций. Основными условиями, определяющими режим склеивания, являются: температура и влажность воздуха в помещении; влажность и состояние склеиваемых поверхностей древесины; количество клея, наносимого на единицу склеиваемой поверхности; давление при склеивании и продолжительность выдержки под давлением; температура склеивания; время выдержки деталей после склеивания.

Дроки необходимо склеивать вскоре после фугования. После длительного хранения подготовленной к склеиванию древесины ее нередко приходится фуговать вторично, так как поры на поверхности забиваются пылью, а также может наблюдаться коробление древесины.

Для увеличения прочности склеивания, соединяемые плоскости дрок необходимо с применением грубой (Р40) наждачной бумаги вручную или при помощи шлифовальной машины сделать шероховатыми - это улучшает сцепление при склеивании.



Склеивание нужно производить на верстаке, на столе или на специальной подставке соответствующей высоты. Рабочее место должно хорошо освещаться. Недопустима запыленность участка, где происходит склеивание. Пыль оседает в поры древесины и затрудняет пропитывание клеем. Результат — ухудшение качества склеивания.

Столяр-клеящик должен работать в чистой одежде и чистыми руками. На рабочем месте необходимо иметь обтирочные материалы для удаления с изделий выжатого клея.

Перед склеиванием дрок нельзя допускать на их поверхностях наличие пыли, жирных пятен и любых других материалов, уменьшающих адгезию.

В клеильном помещении должна поддерживаться постоянная температура воздуха 20—30. В помещении не допускаются ни естественные, ни искусственные сквозняки. Под влиянием даже незначительного сквозняка на поверхности клея, нанесенного на древесину, образуется тончайшая студнеобразная пленка, препятствующая прочному склеиванию, поэтому помещение изолируют от других плотно притворяемыми дверьми.



Для нанесения клея использовать резиновый или пластиковый шпатель с мелкими зубьями, позволяющий получить наиболее равномерный слой. Клей наносить равномерно на обе склеиваемые поверхности, быстрыми движениями. Одностороннее нанесение не обеспечивает равномерного смачивания клеем обеих поверхностей, и поэтому в склеенной древесине возникают неравномерные напряжения, снижающие прочность склеивания. Количество наносимого клея (или расход клея) на единицу площади склеивания должно быть оптимальным и зависит от вида склеиваемых материалов; вида клея; способа его нанесения и других факторов. Обильное нанесение клея излишне увлажняет древесину по шву, увеличивает без пользы расход клея и тратится дополнительное время и сила на удаление излишнего клея при запрессовке. В каждом

конкретном случае определены нормы расхода клея, нарушение которых приводит к снижению прочности клеевых соединений.

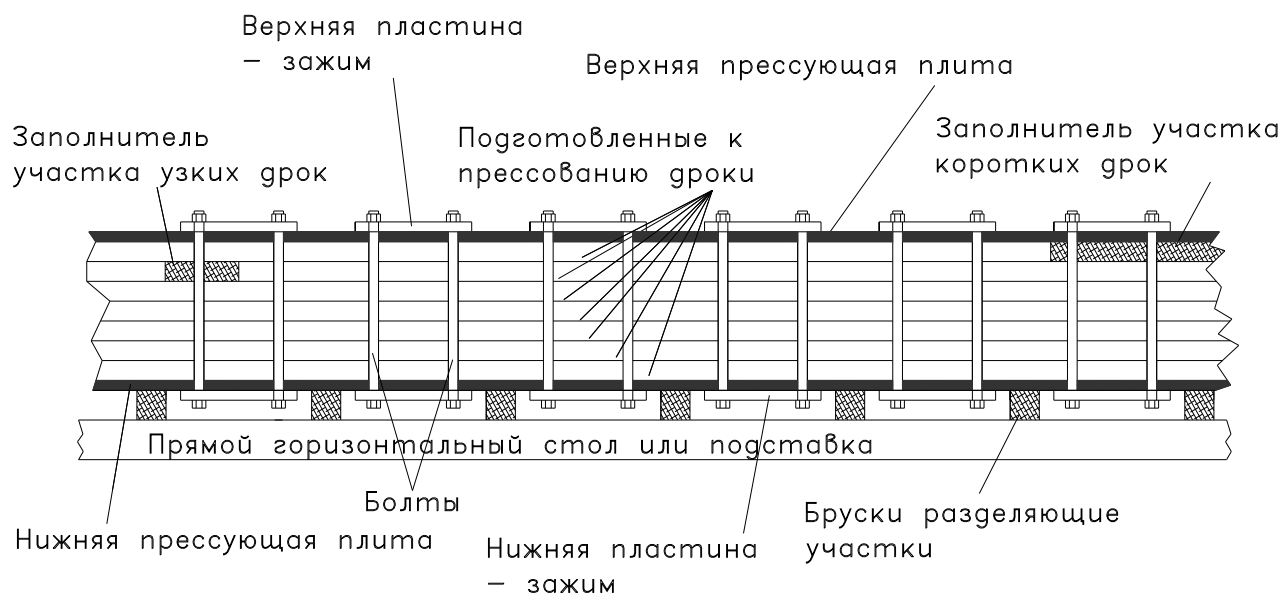
Перед тем как подвергнуть склеиваемое изделие запрессовке (сжатию), его нужно некоторое время выдержать с нанесенным на него клеем. Различают выдержку открытую и закрытую. Открытой называют выдержку в промежуток времени между моментом нанесения клея на склеиваемые поверхности и моментом соединения этих поверхностей без давления. Закрытой называется выдержка в промежуток времени между соединением без сжатия покрытых клеевым раствором поверхностей и их запрессовкой. Во время открытой выдержки, помимо того, что древесина пропитывается нанесенным на ее поверхности клеевым раствором, происходит быстрое испарение влаги из раствора. Благодаря этому древесина меньше увлажняется и одновременно возрастает концентрация клеевого раствора, что позволяет применять более высокое давление и, следовательно, добиться лучшего проникновения клея в древесину. Время открытой выдержки указывается в характеристиках клея, и превышать его категорически нельзя.

Закрытая выдержка способствует лучшему пропитыванию древесины клеем и отдалает начало его застудневания.

Набор дрок совместив осевые линии туго стягивают минимум 20 струбцинами начиная от ступицы постепенно переходя к законцовкам и выдерживают под давлением до полного схватывания клея.



Раньше для склеивания также использовали специальные зажимы, позволявшие более равномерно распределить давление по площади заготовки - смотрите ниже.



Запрессовка должна производиться по возможности ближе к моменту застудневания клея, но ни в коем случае не в самый момент застудневания или после застудневания. Давление прессования также указывается в характеристиках клея и зависит от его вида. Чем выше концентрация и вязкость клеевого раствора, тем большее давление требуется при запрессовке.



При запрессовке следует следить за тем, чтобы заготовка не выпучивалась и не имела перекосов.

Склеиваемые детали выдерживаются до полного схватывания клея, т. е. до того момента, когда уже невозможны ни распад и ни сдвиг склеенных деталей и исключена опасность ослабления клеевого шва. Продолжительность выдержки под давлением, или время запрессовки, зависит от времени отверждения клея, влажности древесины и температурных условий прессования, а также породы склеиваемой древесины. При склеивании твердых пород, дольше поглощающих воду, время выдержки больше, чем при склеивании мягких пород. Для склеивания всех дроков в один этап, требуется большая выдержка, чем при склеивании по отдельности т. к. с клеем вводится большое количество влаги.

Наибольшая прочность склеенных конструкций получается при толщине клеевого шва около 0,08—0,15 мм; при ее большой толщине прочность склеивания снижается. Толстая прослойка из-за большой гигроскопичности клея может впоследствии привести даже к расклею под влиянием изменений температуры и влажности воздуха. Кроме того, толстая прослойка при высыхании дает большую усадку и в ней появляются трещины. Это также снижает прочность склеивания. Недопустима и очень тонкая клеевая прослойка (менее 0,08 мм). Такая прослойка теряет свою непрерывность, т. е. дает только частичное, очень непрочное склеивание.

В освобожденных из-под пресса склеенных деталях клеевые швы могут быть повреждены и ослаблены при последующей обработке этих деталей, если ее производить вскоре после распрессовки. Кроме того, при склеивании детали впитывают влагу из клеевого раствора. Поэтому необходимо произвести выдержку после распрессовки для выравнивания влажности до двух суток.

Вообще изначально склеивание дроков воздушных винтов производили желатиновыми клеями иногда также казеиновыми, но сейчас много других клеев с более высокими характеристиками.

Рекомендую:

"Ponal Супер 3"



Однокомпонентный водонепроницаемый белый клей для дерева на основе поливинилацетата. Высокая прочность сцепления соответствует требованиям DIN EN 204, класс D3 устойчив к старению

Характеристики клея

Значение pH: ок. 3

Теплостойкость по WATT 91 > 7 Н / мм².

Плотность прибл. 1,1 г / см

Температура применения: не ниже +5 ° С, и окружающей среды и температуры материала.

Расход: ок. 150 г / м² в зависимости впитывающей способности поверхности.

Открытое время: макс. 12 минут при комнатной температуре (+20 ° С).

Сила давления в зависимости от структуры, формы и толщины материала.

Усилие прессования для склеивания лиственных пород 0,3 - 0,7 Н / мм²

Titebond II Transparent Premium Wood Glue



Клей влагостойкий для дерева Titebond II Transparent Premium Wood Glue — единственный однокомпонентный клей, удовлетворяющий самому жесткому стандарту Ansy Type II по влагостойкости. После высыхания клей становится прозрачным, обеспечивает сильное начальное схватывание и малое время прессования.

Характеристики клея

Titebond II Transparent Premium Wood Glue столярный клей на основе ПВА – дисперсии обеспечивает прочность клеевого шва более высокую, чем прочность самой древесины. Не абразивен: не портит режущие инструменты при завершающей обработке. Высокая устойчивость к действию тепла и растворителей.

Цвет: бесцветный;

Свойства: влагостойкий;

Время высыхания: 24 часа;

Применять при температуре +12°C, температура эксплуатации составляет -30 — +50°C. Расход составляет 180 г на м². Рабочее время 10—20 минут в зависимости от условий.

Давление прессования для мягких пород дерева 7 кг/см², для средних 10 кг/см², для твердых 15 кг/см².

Клей Тайтбонд удовлетворяет требованиям стандарта ASTM C557 (США) и AFG-01 D3498 Американской Ассоциации производителей фанеры, DIN EN204 D3.

"Bindan-P Propeller Leim"



Bindan-P водонепроницаемый прозрачный столярный клей на основе экологически чистой, высококачественной синтетической смолы, без наполнителей, не содержит растворителей и формальдегида. Bindan P B3/D3 клей / Propellerleim соответствует DIN 68 602 / EN 204.

Характеристики клея

Теплостойкость по WATT 91 > 7 Н / мм².

Средняя разрывная нагрузка составляет 1400 кг / см².

Минимальная температура использования + 10 ° С.

Благоприятная влажность: 8 - 12% .

Открытое время применения при Т около 20 ° С: 8 - 10 мин.

Температура прессования от + 15 ° С до + 80 ° С.

Давление прессования около 0,7 Н / мм², при температуре (20 + / -2) ° С.

Лично я категорически против применения эпоксидного клея. Вы замучаетесь с ним уже на стадии изготовления. Кроме того используя его при обработке заготовки вы перепортите весь инструмент. И вообще, я уверен, что изготовленный с его помощью винт в эксплуатации развалится очень скоро, так как, вращаясь, винт, несколько изгибается, а эпоксидный клей в силу своей монолитности изгибов не терпит и начинает трескаться. К тому же, в жидком виде он очень токсичен.

Я знаю, что многие строители реплик аэропланов для склеивания дроков воздушных винтов, деревянных деталей крыльев (полки нервюр лонжероны и т.д.) широко используют двухкомпонентный резорциновый клей. Он также широко используется в строительстве яхт. Он темно коричневого цвета, абсолютно водонепроницаем, обладает высокой химической и механической стойкостью, а также выдерживает широкий перепад температур. Минус то, что в его состав входит фенол - формальдегид – очень токсично.



Инструменты, используемые для изготовления винтов в первую мировую войну

Сверловка отверстий

При выборе сверлильного станка следует учесть такую характеристику как ход шпинделя для того чтобы просверлить отверстия в один заход. Ход шпинделя станка должен быть не менее 150мм. Например, у вертикально - сверлильного станка 2н125 ход шпинделя составляет 200мм.

Согласно чертежу на поверхности ступицы делается разметка отверстий под болты и втулку. На сверлильном станке, строго перпендикулярно плоскости винта, высверливаются отверстия под втулку и отверстия под болты. При сверловке отверстий используйте специальный кондуктор. Сверления отверстий под болты производить при частоте вращения шпинделя не менее 2000 оборотов в минуту. Использовать спиральное сверло – оно наиболее подходит для сверления глубоких отверстий.

Сверление отверстия под втулку перьевым регулируемым сверлом Stayler следует производить на малой скорости и при малой подаче. Работая на сверлильном станке использовать защитные очки.



После сверловки в отверстия под втулку фрезеровать радиальную внутреннюю фаску.



Обработка лопастей

Изделие приобрело очертания винта. Теперь начинается самая ответственная часть работы — придание лопастям нужного аэродинамического профиля. Следует отметить что раньше обработка лопастей винтов такого диаметра производилась двумя мастерами, при этом каждый отвечал за качество обработки своей лопасти. Вообще всю обработку можно разделить на две части: грубую и тонкую.



При грубой обработке используя рубанок, плоскую стамеску удаляют древесину с углов дрок, формируя профиль последовательно и не спеша, сначала делая мелкие короткие натесы во избежание отщепления. Перед работой необходимо проверить состояние режущей части стамески и ножа рубанка (качество заточки, угол заточки, отсутствие сколов и вмятин). После правильной заточки стамески киянка практически не потребуется - стамеска должна входить в древесину без особо прилагаемого усилия. Стоит заметить, что древесина ореха в обработке намного податливее чем береза, работать с орехом одно удовольствие.



По каждому из контрольных сечений выполняются разрезы в строгом соответствии с шаблонами сечений (с запасом в 3-4 мм).



Оставшееся пространство обрабатывается после.



Древесину близкую к корню можно также удалять углошлифовальной машиной,



а далее к законцовкам ленточной или виброшлифовальной машиной.



Шаблоны при грубой обработке не используют.

После снова производится разметка контрольных сечений, на каждом сечении отмечается место прохождения осевой линии.

Для разметки прохождения осевой линии прикладываем на поверхность ступицы правило.



Совмещаем боковую плоскость правила стальным угольником с отметками прохождения осевой линии на законцовках обеих лопастей. Фиксируем правило струбциной но, не сильно избегая ее проминание.



Далее отмечаем прохождение осевой линии, на каждом сечении прикладывая угольник к боковой плоскости правила.



Для большего удобства используйте регулируемый угольник от FIT.



При тонкой обработке винт доводится до кондиции полукруглым и плоским рашпилями и напильниками L 250-300мм. с постоянной проверкой контрольными шаблонами.



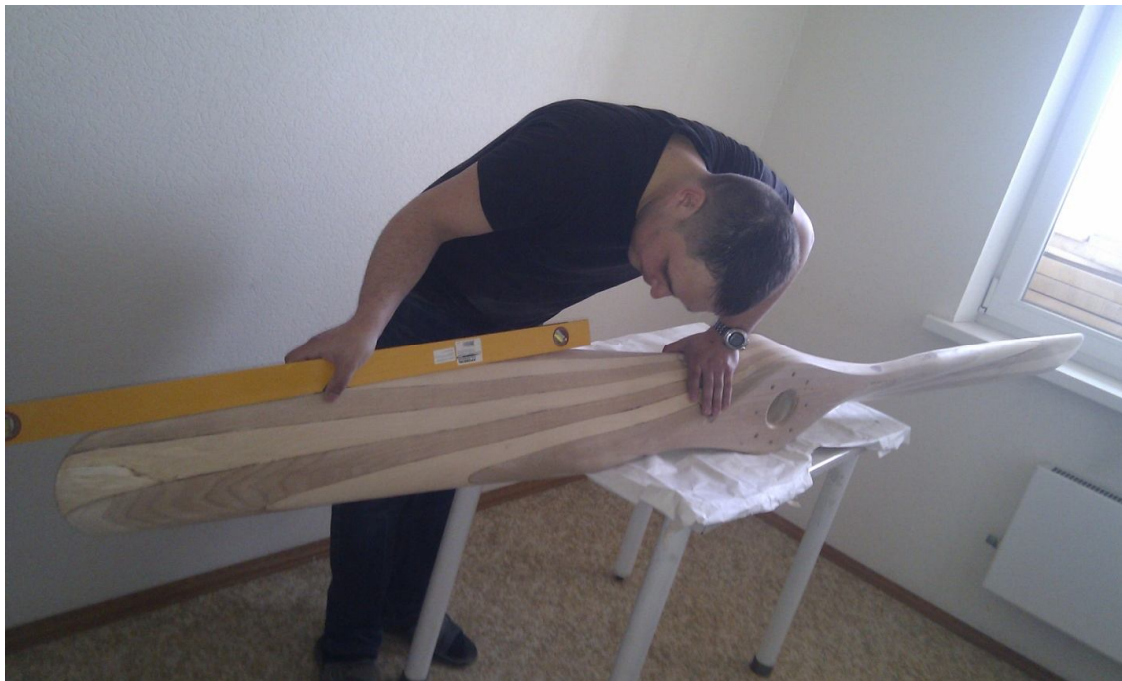
Тонкую обработку начинают производить с рабочей части пропеллера от корня к законцовкам. Держа рашпиль под небольшим углом, тем самым постоянно обеспечивая припуск, начинают, удалять лишнюю древесину у задней и передней кромок формируя контур лопасти в плане.



Вместе с этим постепенно погружая шаблон сечения вглубь лопасти, контролируя, его горизонтальное положение и точное совмещение места прохождения осевой линии на лопасти и осевой линии шаблона формируем радиус скругления кромок. Когда шаблон сечения достигнет своей глубины, следы прежних ступенек исчезнут совсем.



После работы рашпилями в обработке также применяют струг. Он позволяет быстро получить ровную поверхность на большой площади лопасти винта. Взяв струг за рукоятки выполняют длинные движения вдоль лопасти на себя захватывая расстояние в 2- 3 сечения.



При обработке лопасти необходимо также постоянно контролировать, чтобы задние и передние кромки сечений от D до K находились на одной прямой. Используйте для этого алюминиевый уровень, или любой другой предмет с абсолютно ровной плоскостью прикладывая его к кромкам лопастей.

Далее винт переворачивают, также делают разметку сечений и прохождения осевой линии и начинают производить тонкую обработку уже верхней торцевой части. Здесь потребуется затратить значительно большее количество времени на обработку передней кромки вместе с выпуклой поверхностью.

Обработку начинают, производить аналогично сначала рашпилем под углом формируя контур лопасти в плане, затем переходя на обработку передней кромки и после на обработку выпуклой поверхности.

При зачистке поверхности деревянного винта следует учитывать направление волокон древесины; строгание, циклевку и ошкуривание можно вести только «по слою» во избежание задигов и образования шероховатых участков.



От соответствия профилей чертежу зависит и шаг винта поэтому операция окончательной обработки должна производиться с особой тщательностью.



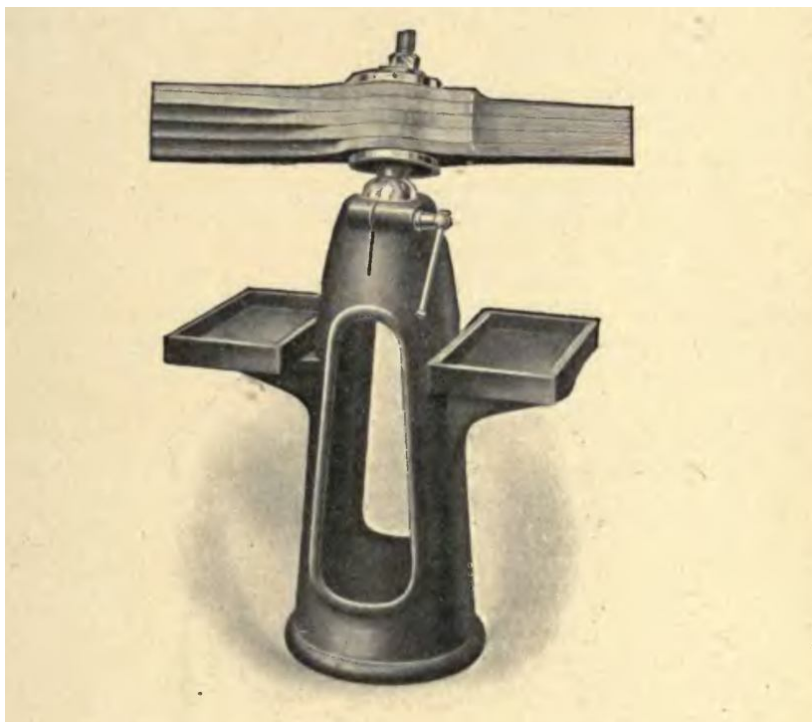
В конце обработки поверхностей шаблоны верхней и рабочей части должны точно совместиться.



Заканчиваем обработку наждачной бумагой зернистостью до P2000.



Всю обработку можно производить кому как удобно – на изготовленном заранее стапеле или же просто на верстаке. Пожалуй, наиболее удобное для этой цели приспособление использовалось в Англии со времен первой мировой.



Это специальная шаровая стойка – зажим.



Заготовка пропеллера зажималась, в нем через отверстие в ступице под втулку позволяя мастеру наклонять ее в любом положении.

Присадка винта

По изготовлении винт идет на присадку (проверка симметрии винта, его шага и геометрических размеров), при которой добиваются полного соответствия лопастей по весу, форме и размерам. Появление трещин выкрашивание дерева коробление и т.п. не должны допускаться. Изготовленный винт должен быть тщательно отбалансирован, то есть приведен в такое состояние, когда вес его лопастей совершенно одинаков. Точное уравнивание лопастей винта служит одной из гарантий равномерной и плавной его работы после установки на самолет. Если весовая симметрия будет нарушена, то при работе на самолете вал мотора получит одностороннюю нагрузку, винт будет бить. Неравномерная работа винта вызовет тряску и расшатывание креплений головной части фюзеляжа. Проверка весовой симметрии винта производится с помощью балансировочного станка (эквilibратора).

Эквilibратор позволяет выполнить балансировку с точностью до 1 г. Если одна лопасть тяжелее, то она опустится в низ.



Это несложное приспособление как правило имеет один принцип - на жестко закрепленный по вал насаживается подшипник -который в свою очередь входит в отверстие винта под втулку. Приспособление может быть сварено из металла или изготовлено из дерева.



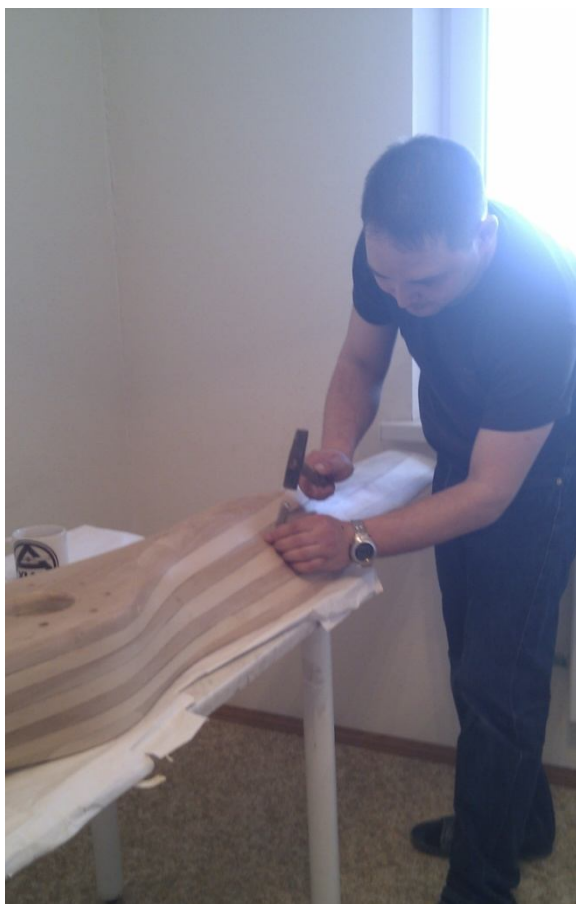
Практика показывает, что даже при очень тщательном изготовлении винта вес лопастей получается неодинаковым.



Это происходит по разным причинам: иногда вследствие разного удельного веса комлевой и верхней частей дроков, из которых изготовлен винт, или разной плотности слоев, местной узловатости и т. п. Подгонять лопасти по весу, сострагивая с более тяжелой какое-то количество древесины, нельзя. В этом случае необходимо утяжелить более легкую лопасть. Для этого просверливается небольшое отверстие, вставляется свинцовая дробинка и заливается клеем.

Клеймение и логотипы

Следующим шагом наносится клеймо на каждую лопасть пропеллера на верхней торцевой стороне, в котором указываются: номер изделия, название винта AXIAL, количество лошадиных сил мотора, диаметр пропеллера, его шаг, иногда условное обозначение аэроплана и надпись EDULZUG ("Entgegen Dem Uhrzeiger Lauf ZUG")



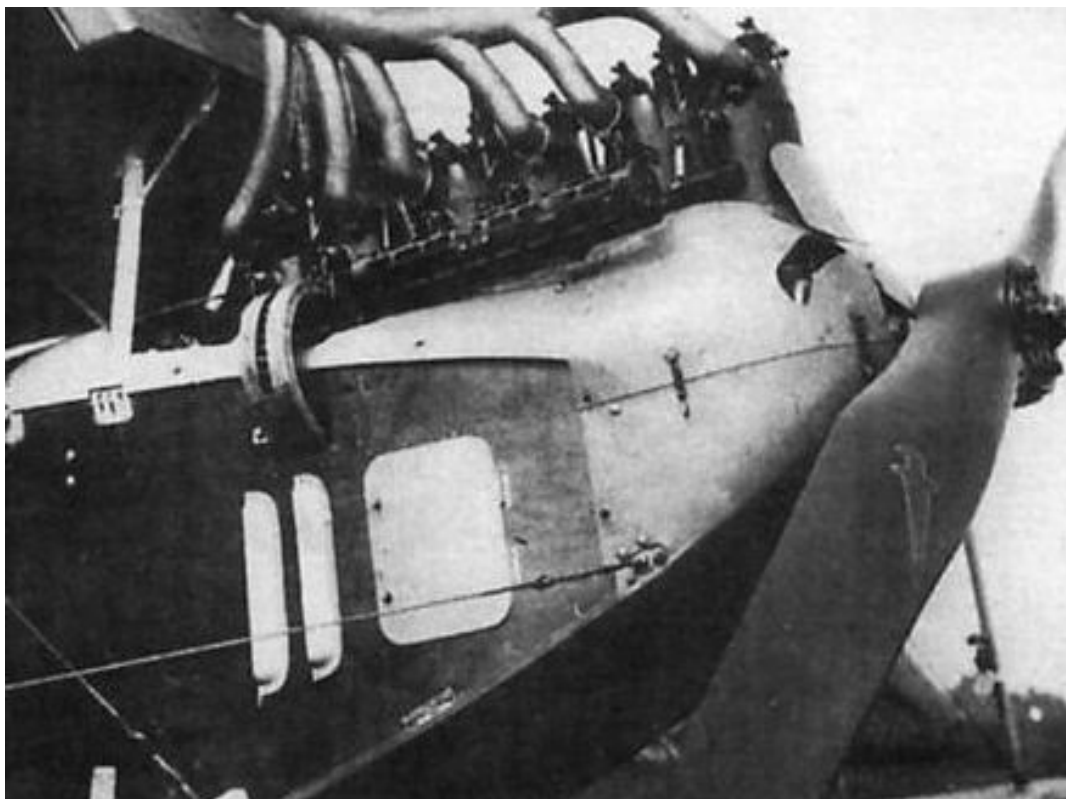
Ударяя по клейму необходимо правильно рассчитать усилие – нет надобности бить сразу сильно, если надпись будет слабая клеймо несложно вставить на то же место и ударить снова. После клеймения перед лакировкой буквы и цифры прокрасить.



После нанесения первого слоя лака на каждую лопасть строго в определенном по чертежу месте приклеиваются логотипы AXIAL.



Интересный факт - ранние пропеллеры Axial имели логотип в виде кинжала - см ниже.



Лакировка

Готовый и тщательно отбалансированный винт должен быть отлакирован. Лакировка необходима для лучшего обтекания и предохранения винта от проникания влаги внутрь материала.

Покрытие лаком необходимо производить также на балансировочном стенде. На нем вы сможете наблюдать равное количество нанесенного лака на лопасти, если одна лопасть достигнет большей тяжести, чем другая.

Воздушные винты Axial как и многие другие деревянные детали самолетов того времени покрывались в три слоя масляным морским лаком. В большинстве случаев использовался масляный лак марки "Прима" (Ollak "Prima") фирмы Kropen (ныне - не существует). Конечно точно такой же лак сегодня не найти, но можно использовать подобный лак.



Окончательно окрашенная поверхность воздушного винта должна удовлетворять следующим требованиям: покрытие не должно иметь шероховатости, рисок, белесоватости, матовости и воздушных пузырей.



Установка пропеллера на самолет

Эта операция уже производится непосредственно на авиационном заводе. Соединение винта с мотором производится при помощи втулки.

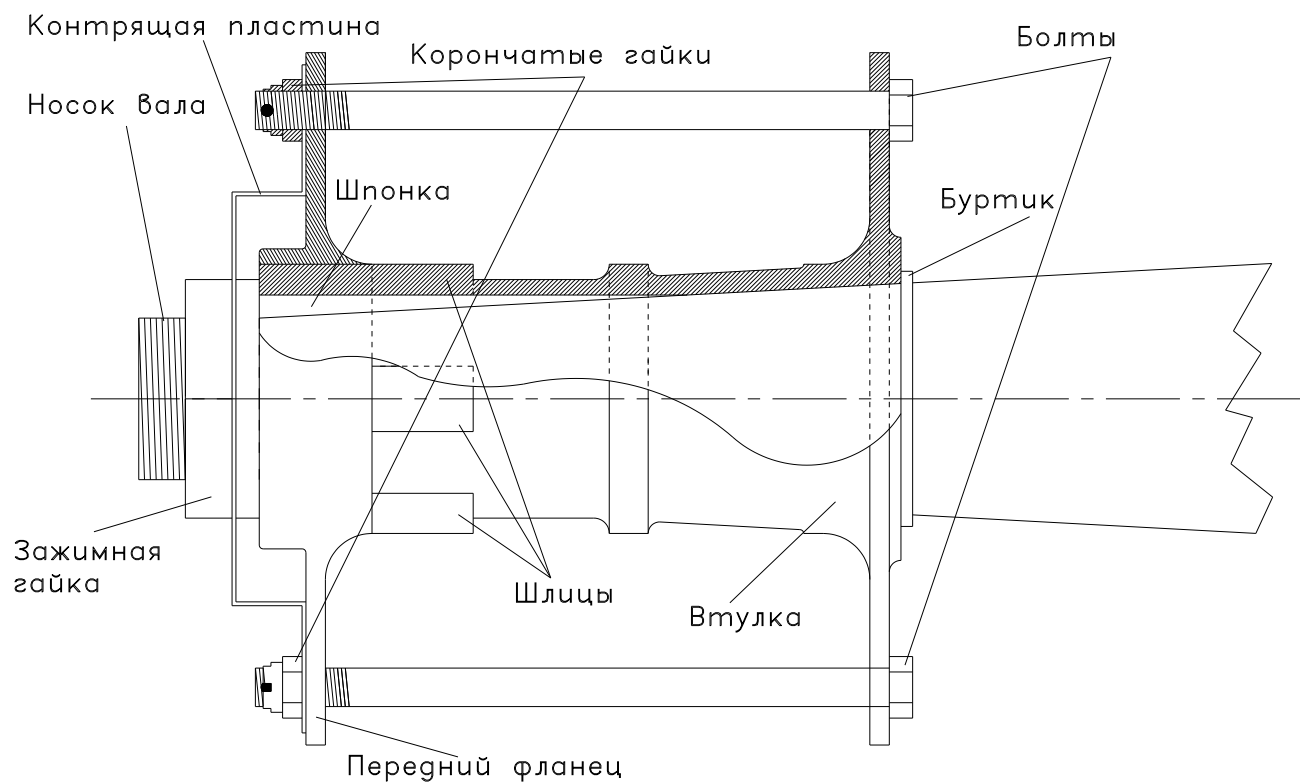


Втулка вставляется в отверстие винта, надевается передний фланец, вставляются болты, закручиваются и зашплинтовываются корончатые гайки.



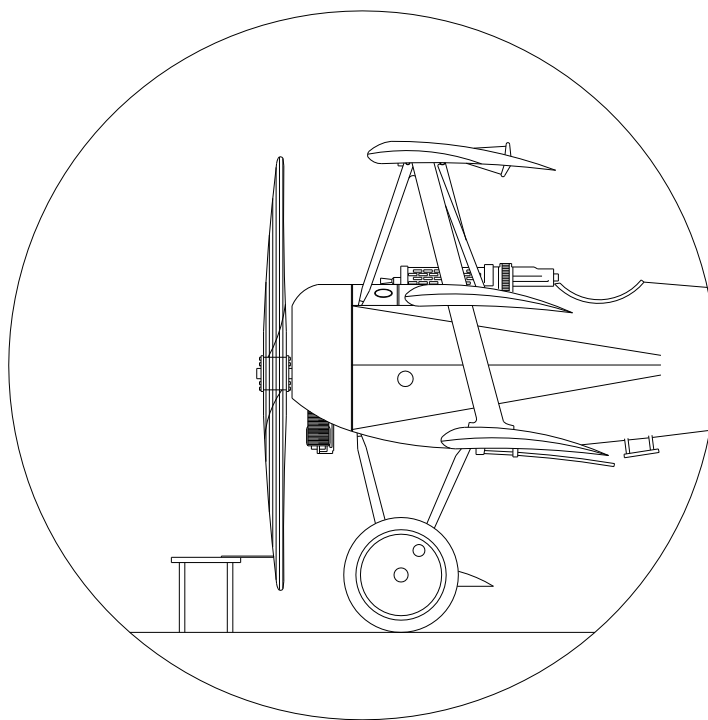
Далее наносятся контрольные риски на болты и гайки красной краской. После насадки на втулку винт ставится на носок вала. По внутреннему диаметру цилиндрическая часть втулки имеет паз для шпонки, с помощью которой винт крепится на валу двигателя. Для

закрепления втулки на конец носка вала мотора навертывается наружная зажимная гайка, контролируемая при помощи пластины прижимаемой поперек гайки двумя болтами.



Втулка роторного мотора Oberrursel Ur.II в сборе

При установке винта на вал проверяется правильность его положения относительно плоскости вращения, которая должна быть перпендикулярна оси вала мотора.



Для проверки правильности установки винта определяется будет ли каждая лопасть винта одинаково подходить к проверочной линейке.

Наличие большого зазора между линейкой и лопастью указывает на необходимость подложить подкладки (из латуни) под фланец втулки винта.

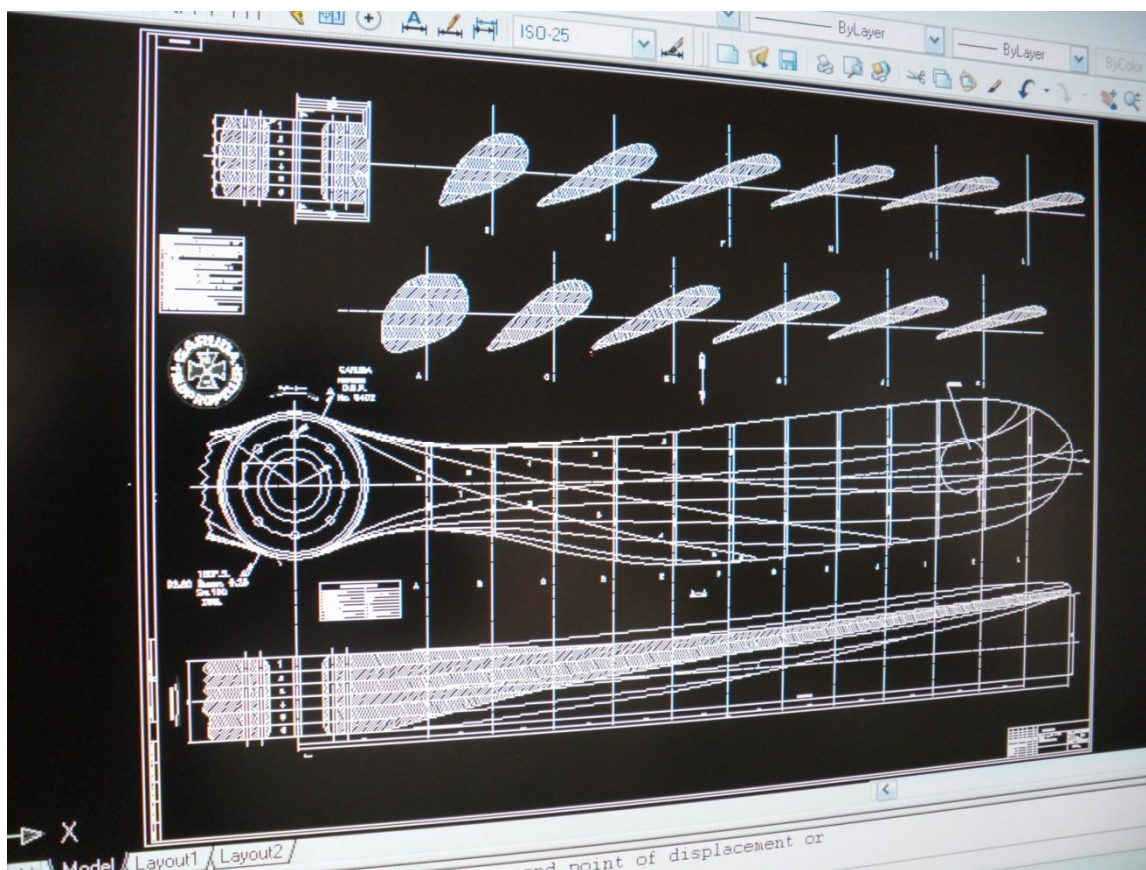
Изготовленный винт нельзя хранить вблизи отопления, окон, на полу. Такое хранение может привести к его короблению, не поддающемуся исправлению.

После установки винта на самолет его необходимо зачехлять, а при хранении проворачивать в горизонтальное положение.

Приложение. Следующий проект Garuda propeller

Скоро! Только у нас следующий проект Garuda propeller. Мы расскажем и покажем Вам все секреты этого винта. Каким образом придавалась ему V-образная форма. Какие материалы использовались в производстве – впервые попытка воссоздать основной используемый пропеллер Германии начала первой мировой.

Диаметр винта 2800мм. шаг 1900мм.





Уважаемый читатель!

Выражаю Вам благодарность за приобретение нашей книги. Ваш вклад позволит нам продолжить дальнейшую работу над изучением технологии изготовления ранних пропеллеров и изготовлении их реплик.

С предложениями и замечаниями пишите нам на наш электронный адрес:

Ravill.replica.propeller@yandex.ru

Интересующимися пропеллерами эпохи ранней авиации рекомендую также посетить сайт:

www.WoodenPropeller.com