

## Построение шаблона и настройка тонарма

### или Винил не терпит суеты!

В этой статье я хочу поделиться своим опытом по установке и настройке тонармов. В ней описывается настройка тонарма SME3009, но, те же самые приемы можно применять и для любых других тонармов.

#### Часть 1

#### Немного теории.

При записи пластинки резец движется по прямой – радиусу от края пластинки, головка резака всегда перпендикулярна этому радиусу.

Для идеального извлечения информации из дорожки необходимо, чтобы игла точно повторяла траекторию движения резака, но это возможно только при применении тангенциального тонарма.

С поворотными тонармами всегда присутствует некоторая ошибка трекинга, приводящая к появлению искажений трекинга, это нелинейные искажения, хорошо регистрируемые измерительными приборами. Чем длиннее тонарм, тем меньше ошибка, так как при увеличении радиуса дуги она постепенно приближается к прямой.

Для решения задачи минимизации ошибки трекинга есть два базовых метода- решение Баерволда и Лофгрена. Отличаются они тем, что формула Баерволда дает меньшую среднюю погрешность, а формула Лофгрена дает минимальную погрешность в центральной зоне пластинки, но большую погрешность в начале и конце записи.

Формулы решения Баерволда следующие:

$L = \text{Effective Length}$     $r_1 = \text{Innermost Groove Radius}$     $r_2 = \text{Outermost Groove Radius}$

$$N_1 = \frac{2r_1r_2}{\left(1 + \frac{1}{\sqrt{2}}\right)r_2 + \left(1 - \frac{1}{\sqrt{2}}\right)r_1} \quad N_2 = \frac{2r_1r_2}{\left(1 - \frac{1}{\sqrt{2}}\right)r_2 + \left(1 + \frac{1}{\sqrt{2}}\right)r_1}$$

$$D = L - \sqrt{\frac{N_2(L^2 + N_1^2) - N_1(L^2 + N_2^2)}{N_2 - N_1}} \quad p = L \sin \alpha$$

$$\alpha = \arcsin \left( \frac{r_1 + r_2}{L \cdot \left( \frac{\left( \frac{r_1 + r_2}{2} \right)^2}{r_1 r_2} + 1 \right)} \right)$$

Здесь

$N_1$  – Inner Null radius    $D$  – Stylus Overhang

$N_2$  – Outer Null radius    $\alpha$  – Angular Offset    $p$  – Linear Offset

Формулы решения Лофгрена:

$$n_1 = p - \sqrt{p^2 - \frac{3r_1r_2\{p(r_1+r_2) - r_1r_2\}}{r_1^2 + r_1r_2 + r_2^2}}$$

$$n_2 = p + \sqrt{p^2 - \frac{3r_1r_2\{p(r_1+r_2) - r_1r_2\}}{r_1^2 + r_1r_2 + r_2^2}}$$

$$\alpha = \arcsin \left( \frac{r_1 + r_2}{L \cdot \left( \frac{\left( \frac{r_1 + r_2}{2} \right)^2}{r_1r_2} + 1 \right)} \right)$$

$$p = L \sin \alpha$$

$$d = L - \sqrt{L^2 - \frac{3r_1r_2\{p(r_1+r_2) - r_1r_2\}}{r_1^2 + r_1r_2 + r_2^2}}$$

Я рекомендую использовать для расчета собственного шаблона формулу Баерволда.

Вводными для расчета являются:

1. Радиус дорожек пластинки – наружный и внутренний, из них по двум формулам высчитываются нулевые радиусы, на которых головка строго перпендикулярна радиусу.
2. Эффективная длина тонарма – расстояние между иглой и поворотной осью тонарма. Из этой величины и вычисленных нулевых радиусов рассчитывается величина Оверхэнг - вычтя ее из эффективной длины, мы получим расстояние между центром пластинки и осью поворота тонарма – расстояние Pivot to Spindle.

Из этих величин мы можем посчитать также оптимальный угол поворота головки относительно тонарма, а можем получить эту величину геометрически, как будет показано ниже.

Для стандартных 12`` пластинок радиус внешней дорожки записи равен 146,05 мм, внутренней – 60,325мм, отсюда нулевые радиусы получаются 66 и 120,89мм.

Итак, возьмем для примера тонарм SME3009.

Его эффективная длина равна 231,2 мм..

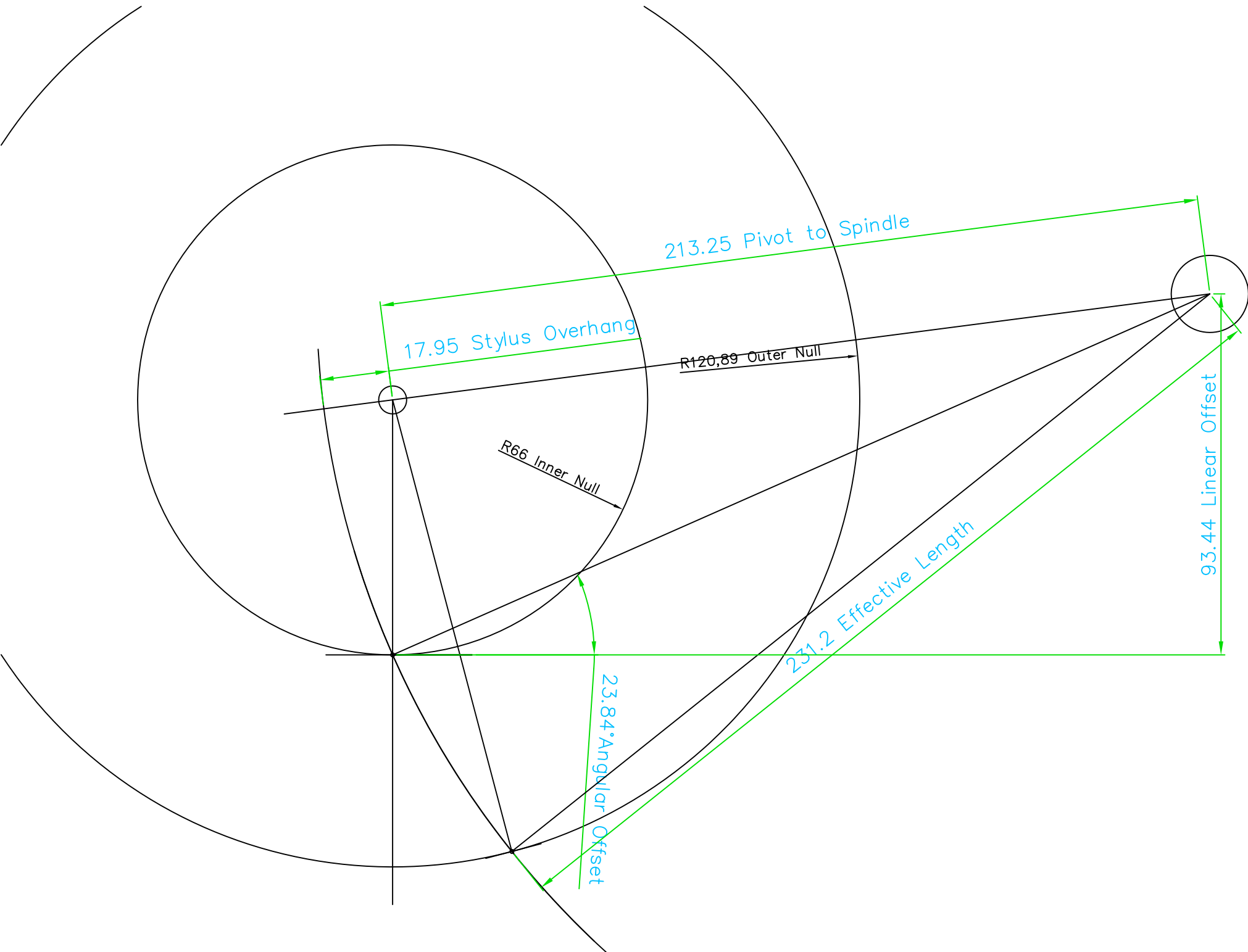
Решение уравнения по Баерволду дает:

Оверхэнг 17,952мм

Расстояние центр пластинки – ось поворота тонарма =231,2-17,952=213,248мм.

Угол поворота головки = 23,84 градуса

Следующий чертеж объясняет эти величины геометрически.

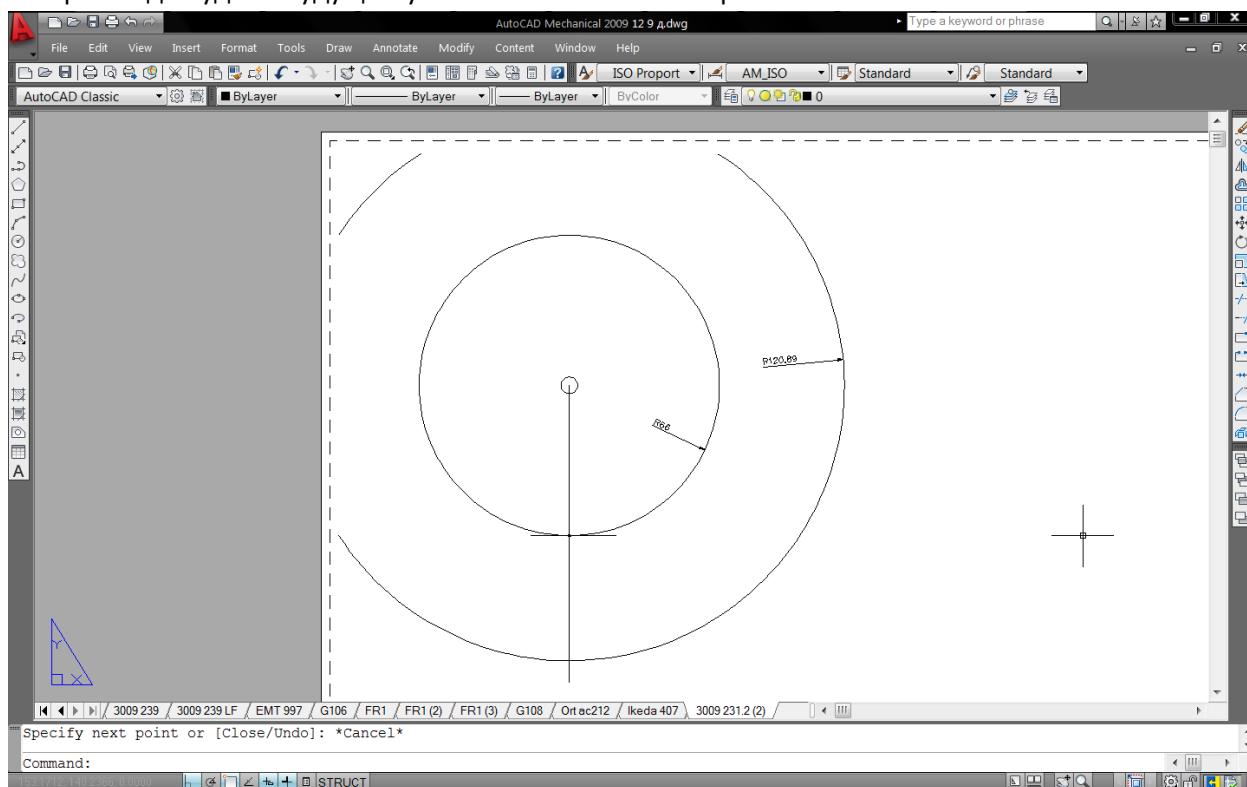


## Часть 2

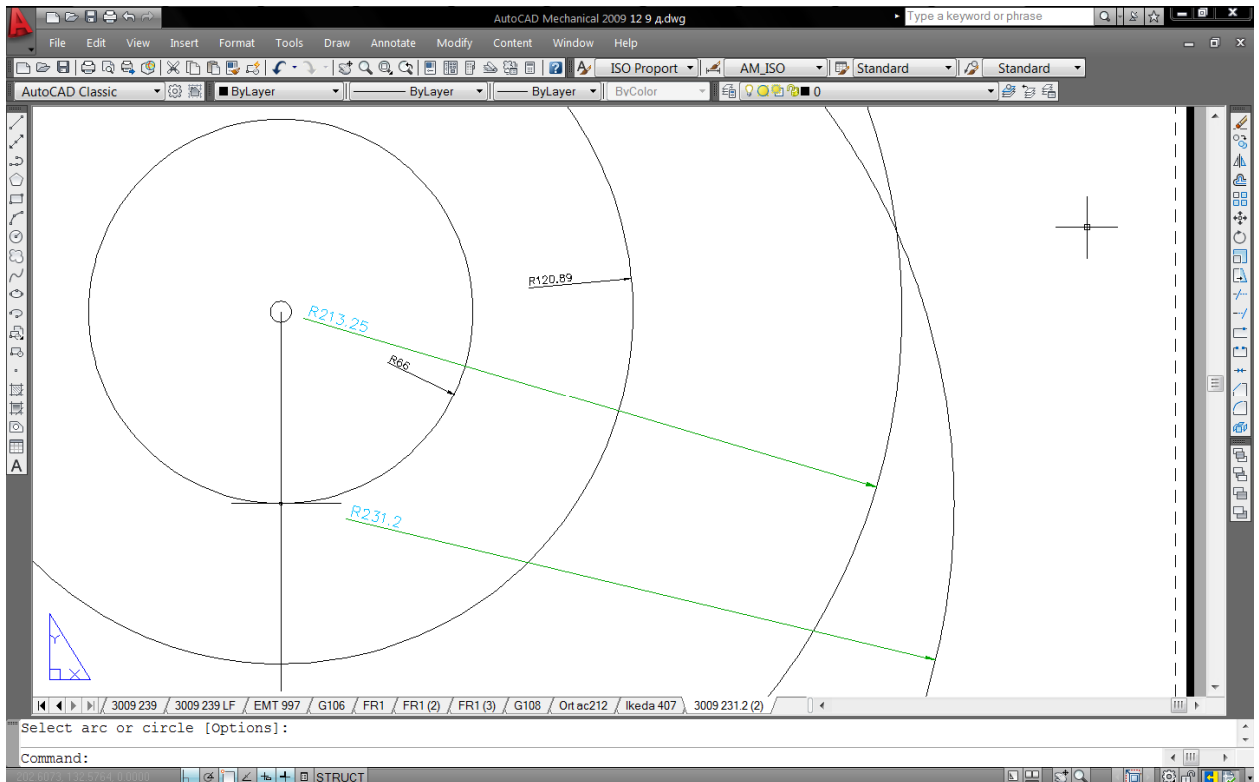
### Построение шаблона.

Для построения шаблона лучше всего использовать программу Autodesk Autocad, или другую специализированную программу, предназначенную для машиностроительного проектирования, например, Компас 3D. Можно начертить и вручную.

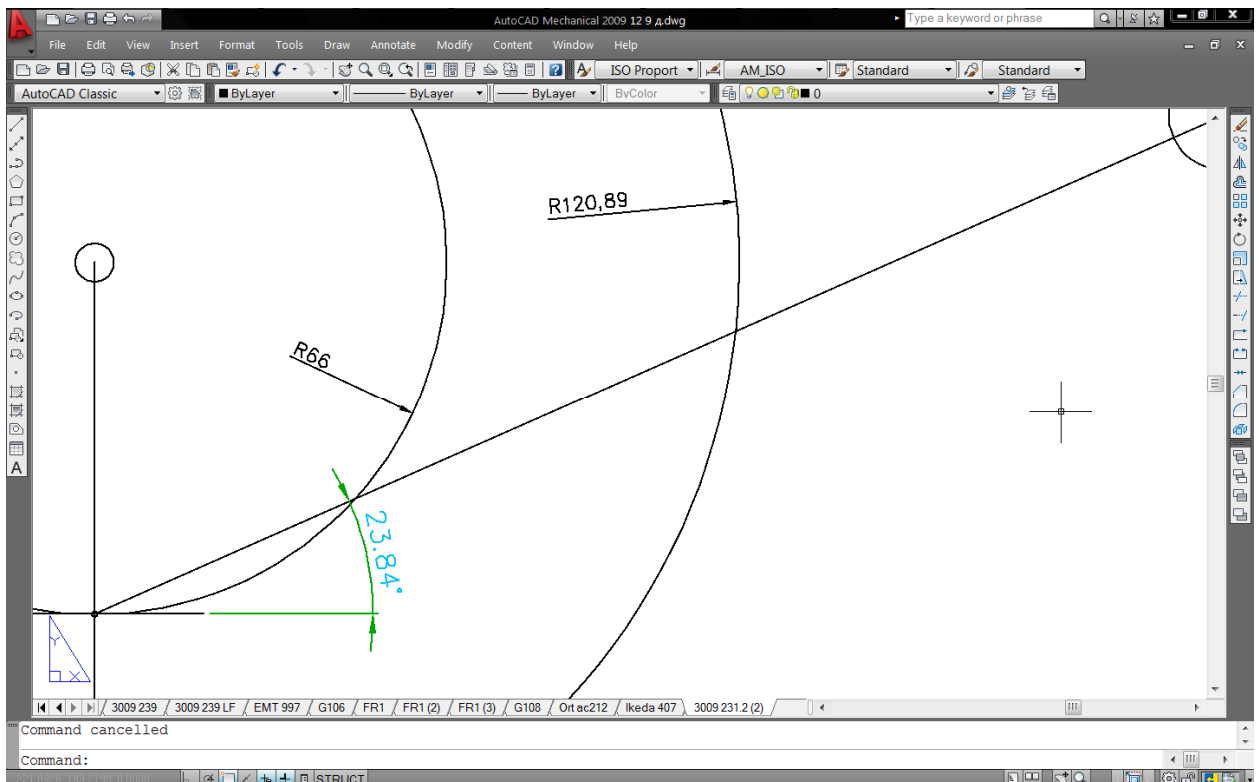
1. Чертим две окружности – 66 и 120,89мм, затем чертим вертикально вниз радиус, его пересечение с окружностью 66мм принимаем за первую нулевую точку. Касательная к окружности – линия, по которой надо будет в будущем устанавливать кантеливер.



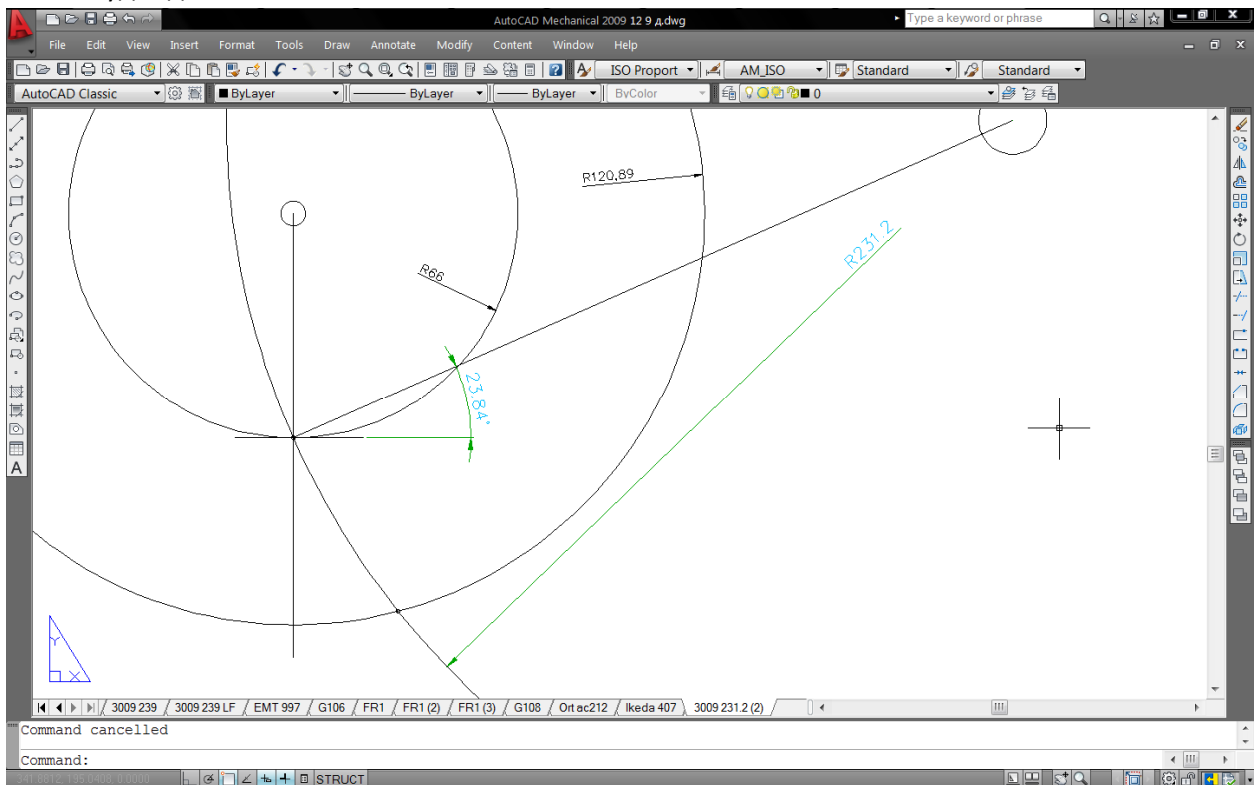
2. Чертим еще две окружности – одну из центра пластинки и с радиусом, равным вычисленному расстоянию центр пластинки – ось поворота тонарма, вторую окружность – из нулевой точки и с радиусом, равным эффективной длине тонарма. Точка их пересечения – точка расположения оси тонарма.



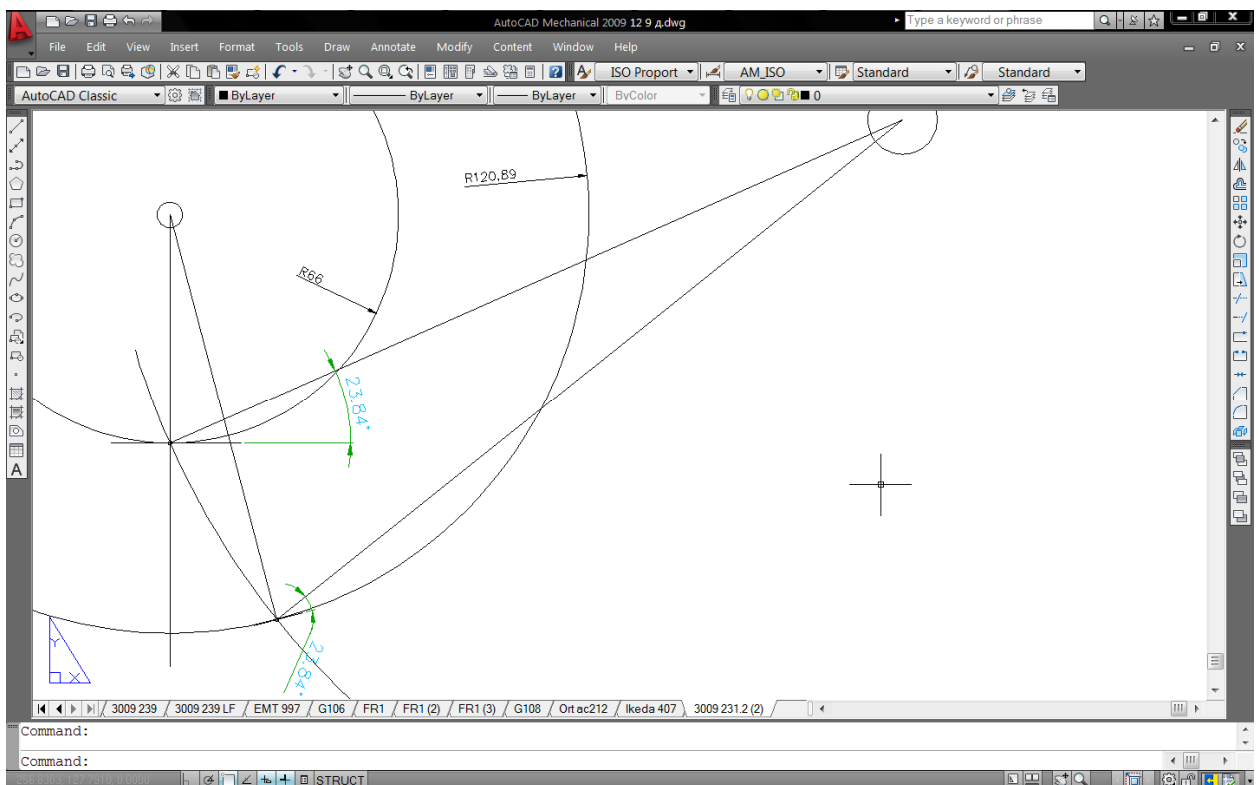
3. Чертим окружность диаметром, равным диаметру оси тонарма, в полученной точке, убираем лишнее, чертим прямую между нулем и осью поворота. Получаем геометрически вычисленный угол поворота головки – 23,84 градуса. Проверяем его соответствие расчетному, при совпадении идем дальше.



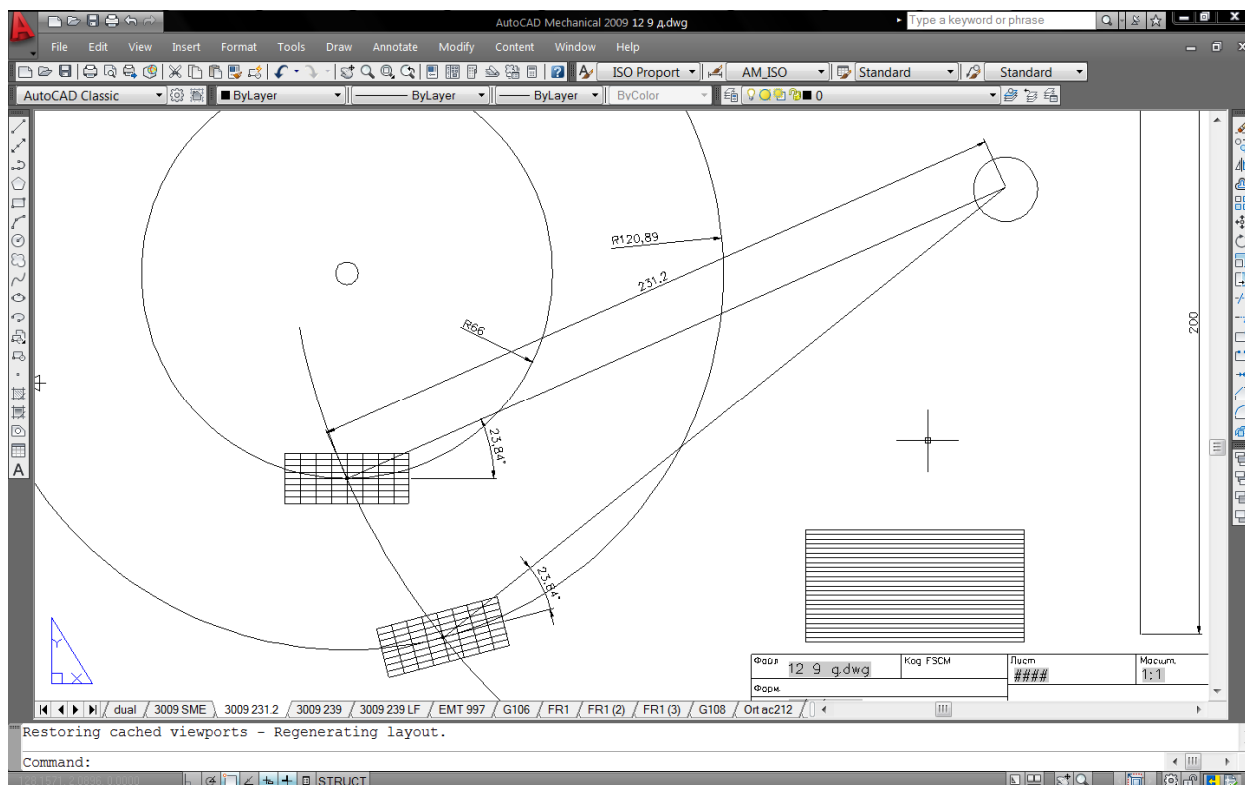
4. Из оси поворота тонарма чертим окружность, равную эффективной длине тонарма, точка ее пересечения с окружностью 120,89мм дают вторую нулевую точку, а также линию, по которой потом будет двигаться игла.



5. Чертим отрезок от центра пластинки до наружной нулевой точки, чертим перпендикуляр к нему, чертим отрезок из нулевой точки к оси поворота тонарма. Убеждаемся, что угол между прямой к центру тонарма и перпендикуляром к радиусу соответствует расчетному.



На этом основные построения окончены. Остается только навести красоту.



Построив шаблон, необходимо распечатать его на глянцевой фотобумаге, проверить соответствие размеров с помощью хорошей линейки, аккуратно вырезать и – можно приступать к настройке тонарма.

Готовые шаблоны для некоторых популярных тонармах, а также некоторые другие полезные материалы можно найти в Приложении к статье здесь: <http://classicaudio.ru/tech/templates.rar>

Для печати шаблонов лучше всего использовать струйный фотоприпринтер формата А3, например, Epson Stylus Photo 1410. Необходимо установить масштаб печати 1:1. При использовании лазерных принтеров часто приходится корректировать масштаб по горизонтали и вертикали.

Готовые шаблоны в формате PDF, опубликованные в приложении к статье, можно печатать прямо из программы Acrobat Reader, сначала в масштабе 1:1, затем, при необходимости, скорректировать в настройках принтера масштабы по горизонтали и по вертикали.

## Часть 3

### Настройка тонарма.

Желательно иметь следующее «оборудование»

1. Уровень маленький пузырьковый. Маленький – значит такой, который можно положить на шелл и выставить его горизонталь. Если такого нет, можно купить в «Нота+». Вещь совершенно необходимая.
2. Уровень большой, для точного выставления горизонта стола.
3. Весы, желательно, чтобы они уверенно измеряли сотые доли грамма и измеряли вес на высоте пластинки.
4. Шаблон под тонарм, который мы изготовили.
5. Набор шестигранников и отверток в соответствии с винтами на тонарме.
6. Измерительная пластинка с треками для установки антискейтинга либо с полями без дорожек.
7. Пачка визитных карточек





Начинаем с того, что выставляем стол по горизонтали с помощью большого уровня. Проверяем две вещи – горизонтальность диска вертушки и горизонтальность корпуса. Если корпус «кривой», а тонарм прикручен к корпусу, есть большая вероятность, что площадка тонарма окажется не горизонтальна, а поворотная ось не вертикальна. В таком случае придется вооружиться маленьким уровнем и выставлять горизонталь площадки тонарма, подкладывая под нее шайбы.

После того, как мы убедились в том, что у нас все в горизонтали, все винты крутятся, все детали двигаются и ничто нам не мешает, приступаем к важной операции - Выдвигаем ось тонарма повыше, кладем на шпindelь шаблон и упираем его вторую сторону с «вилкой» в ногу тонарма. Она должна стоять от шпинделя на расчетном расстоянии. Если расстояние не совпадает – регулируем (это касается СМЕ), тут важны десятые доли миллиметра!

Если тонарм не СМЕ, и подвинуть его никак нельзя, измеряем расстояние шпindelь – ось поворота. Если ось у нас дальше, это просто – по получившемуся зазору, если ближе, придется подумать. Зная расстояние, делаем новый шаблон.

Оставляем шаблон на месте и приступаем к следующей операции – установке головки. Ставим ее на шелл, опускаем на шаблон и смотрим, куда попала игла. Игла должна попасть в нулевую точку на «решетке», а кантеливер (и обычно корпус головки) должен быть строго по линии, касательной к окружности. Регулируем головку так, чтобы все совпало, затем ставим на вторую нулевую точку, не трогая шаблон (он у нас зафиксирован между двумя осями) и проверяем, что все совпало и во второй нулевой точке. Если не совпадает – ищем ошибку! Скорее всего или шаблон сбился, или расстояние между осями не то.

После того, как мы выставили головку, выставляем прижимную силу с помощью весов.

Теперь для СМЕ3009-3012 проверка горизонтального баланса. Берем тонкую отвертку или любой другой круглый предмет, подсовываем под трубку тонарма там, где микролифт, и, держа отвертку горизонтально, пробуем приподнять трубку так, чтобы подшипник – нож оторвался от седла.

Если с горизонтальным балансом все в порядке, обе стороны ножа оторвутся от седла одновременно, а трубка не будет стремиться повернуться и опрокинуться. Если же баланса нет, надо регулировать «вылет» бокового противовеса, для этого придется открутить еще один шестигранник ☺

Эта операция не требует большой точности, трубку не должно сильно крутить, поэтому не тратьте на эту операцию много времени и терпения, они вам еще понадобятся.

После регулировки горизонтального баланса еще раз устанавливаем прижимную силу, рекомендованную производителем головки, и приступаем к следующей фазе.

Снимаем шаблон, кладем вместо него пластинку, которую не жалко, опускаем на нее иглу и кладем на шелл маленький уровень.

Теперь наша задача – выставить шелл горизонтально в обеих плоскостях. В одной плоскости – меняя высоту «ноги» тонарма, во второй – поворачивая шелл в трубке (СМЕ это позволяет, многие другие тонармы – нет).

Над этим иногда можно попотеть, но операция необходимая.

После того, как горизонталы выставлены, еще раз проверяем вес, кладем вместо пластинки шаблон и проверяем попадание иглы в точки и параллельность головки «решетке».

Теперь можно приступать к следующему этапу – запуску.

Ставим антискейтинг на ноль, кладем измерительную пластинку, запускаем мотор и опускаем иглу на гладкую дорожку. Игла заскользит к центру пластинки, задача – выставить антискейтинг так, чтобы игла бежала по одному радиусу.

После этой операции можно производить пробное прослушивание.

Наверняка первые звуки, которые вы услышите, будут ужасными 😊

Не пугайтесь, впереди много работы! Теперь надо на слух точно выставить высоту тонарма (VTA), прижимную силу и антискейтинг.

Начинаем с VTA. Для его регулировки берем серьезный измерительный инвентарь – визитки и проверяем, сколько визиток у нас поместилось в зазор между двумя «кольцами» ноги тонарма СМЕ. Допустим, у нас влезло десять, одиннадцатая не влезает. Кладем десять, отпускаем винт «ноги» и позволяем тонарму опуститься на визитки, затягиваем. Теперь мы знаем, что высота тонарма – десять визиток 😊

Слушаем. Только при одной, правильной высоте звучание будет сбалансированным, и понять, в какую сторону двигаться, можно, либо пошагово поставив тонарм на «девять визиток», а потом на «одиннадцать визиток», либо подложив под прослушиваемую пластинку вторую пластинку (поднять ее), или убрать мат.

В одном случае звук становится «жирнее», во втором – суше.

Если есть спектроанализатор, можно посмотреть по искажениям и найти минимум, если нет, придется пользоваться слухом!

Нескольких часов прослушиваний – подвижек обычно хватает.

Скорее всего понадобится немного поправить прижимную силу, добиваясь наилучшего «дыхания», и антискейтинг, который влияет на сцену.

После нескольких дней кручения получите отлично отрегулированный тонарм.

Есть ряд способов проверить точность регулировок – измерительные пластинки с модулированными канавками для слуховых оценок установки антискейтинга, проверки частоты резонанса тонарма и т.д., есть инструментальные методы – с помощью измерительной пластинки, спектроанализатора и двухканального осциллографа, но, по моему опыту, после установки описанными выше методами такая проверка всегда только подтверждает то, что все сделано правильно.

Написано для [www.classicaudio.ru](http://www.classicaudio.ru)

(с) Евгений Комиссаров, Москва 2009-10гг.